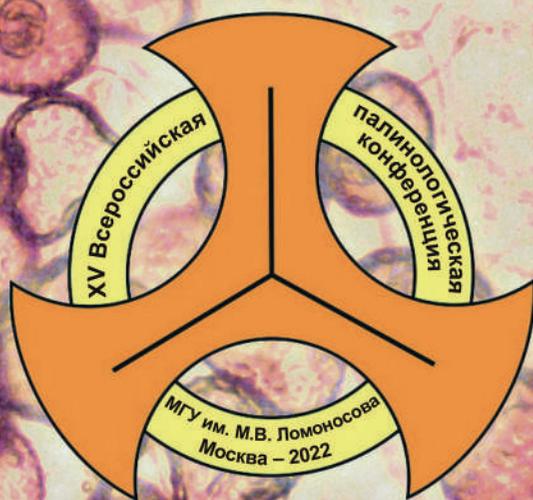


XV ВСЕРОССИЙСКАЯ ПАЛИНОЛОГИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ



АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ СОВРЕМЕННОЙ ПАЛИНОЛОГИИ



2022

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
им. М.В. ЛОМОНОСОВА

ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

ПАЛИНОЛОГИЧЕСКАЯ КОМИССИЯ РОССИИ

ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ РАН

ПАЛЕОНТОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ РАН им. А.А. БОРИСЯКА

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ СОВРЕМЕННОЙ ПАЛИНОЛОГИИ

Материалы XV Всероссийской палинологической конференции,
посвященной памяти доктора геолого-минералогических наук В.С. Волковой и
доктора геолого-минералогических наук М.В. Ошурковой
(Москва, 1-3 июня 2022 г)

*Ответственный редактор
доктор географических наук Н.С. Болиховская
Редактор-составитель Д.А. Мамонтов*

Москва – 2022

УДК 561:581.33:551.71/78

Актуальные проблемы современной палинологии: Материалы XV Всероссийской палинологической конференции. / Отв. редактор Н. С. Болиховская. Редактор-составитель Д. А. Мамонтов. – Москва: МГУ им. М.В. Ломоносова, ГЕОС, 2022. 437 с.

В книге опубликованы материалы, представленные в докладах XV Всероссийской палинологической конференции с международным участием «Актуальные проблемы современной палинологии (1-3 июня 2022 г, Москва)», посвященной памяти выдающихся российских палинологов В.С. Волковой и М.В. Ошурковой.

В публикуемых статьях отражен широкий круг важнейших вопросов современной палинологии в контексте фундаментальных и прикладных аспектов палеогеографии, стратиграфии и корреляции отложений разного возраста и генезиса. В них приводятся новые результаты палеоботанических и мультидисциплинарных исследований кайнозойских, мезозойских и палеозойских отложений различных районов Евразии, положенные в основу определения их возраста, генезиса и ландшафтно-климатических условий образования. Даны реконструкции этапов развития речных, озерных и морских бассейнов, климата, флоры и растительности, природных обстановок обитания древнего человека. Рассматриваются новые данные по морфологии и таксономии пыльцы, спор и других представителей микробиоты, методам их изучения и интерпретации полученных аналитических материалов. В ряде статей освещаются результаты аэропалинологических и мелиссопалинологических исследований.

Книга адресована широкому кругу специалистов различных областей географии, геологии, биологии, археологии, медицины, преподавателям и студентам высших учебных заведений.

Рецензенты:

профессор, доктор географических наук А. А. Лукашов
доктор геолого-минералогических наук С. А. Несмеянов

Actual problems of the modern palynology: Proceedings of XV All-Russian Palynological Conference / Responsible Editor N. S. Bolikhovskaya. Editor-compiler D. A. Mamontov. – Moscow: Lomonosov Moscow State University, GEOS, 2022. – 437 p.

Тексты докладов воспроизведены в авторской редакции,
с технической правкой, если она была необходима.

ISBN 978-5-89118-853-2

DOI 10.54896/9785891188532

© МГУ им. М.В. Ломоносова, ГЕОС, 2022
© Коллектив авторов, 2022



XV Всероссийская палинологическая конференция с международным участием «Актуальные проблемы современной палинологии (1-3 июня 2022 г, Москва)», посвященная памяти выдающихся российских палинологов д.г.-м.н. В.С. Волковой и д.г.-м.н. М.В. Ошурковой, 95 и 90 лет (соответственно) со дня рождения которых исполняется в 2022 году, организована Палинологической комиссией России, Географическим и Геологическим факультетами Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова, Геологическим институтом РАН и Палеонтологическим институтом РАН им. А.А. Борисяка. Основная цель конференции – широкий обмен мнениями по самым актуальным и дискуссионным вопросам фундаментальных и прикладных задач современной палинологии, презентация и обсуждение новых результатов палинологических, комплексных палеоботанических и междисциплинарных исследований, новейших методических разработок.

ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ

Председатель – *Болиховская Наталия Степановна*, д.г.н.

Зам. председателя – *Новенко Елена Юрьевна*, д.г.н.

Зам. председателя – *Мамонтов Дмитрий Аркадьевич*

Завьялова Наталья Евгеньевна, к.б.н.

Збукова Дарья Владимировна

ПРОГРАММНЫЙ КОМИТЕТ

Председатель – *Янина Тамара Алексеевна*, д.г.н.

Зам. председателя – *Болиховская Наталия Степановна*, д.г.н.

Александрова Галина Николаевна, к.г.-м.н.

Борисова Ольга Кимовна, д.г.н.

Васильчук Алла Константиновна, д.г.н.

Орлова Ольга Александровна, к.г.-м.н.

Полевова Светлана Вячеславовна, к.б.н.

Полякова Елена Ивановна, д.г.н.

Раевская Елена Геннадьевна, к.г.-м.н.

Тарасевич Валентина Федоровна, к.б.н.

ОСНОВНЫЕ НАУЧНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАБОТЫ КОНФЕРЕНЦИИ

- Морфология, систематика и таксономия спор и пыльцы.
- Новые лабораторные методы палинологии, усовершенствование методов интерпретации результатов палинологических исследований.
- Палинология кайнозоя: стратиграфия, палеогеография, условия осадконакопления, эволюция климата и растительности.
- Палинология мезозоя: стратиграфия, палеогеография, условия осадконакопления, климат и растительность.
- Палинология палеозоя и докембрия: стратиграфия, палеогеография и условия осадконакопления.
- Альгофлора. Использование диатомей и других микроводорослей в палеоэкологии и биостратиграфии.
- Аэропалинология, мелиссопалинология, палинология как индикатор среды обитания.

Участники XIII Всероссийской палинологической конференции, посвященной светлой памяти выдающихся палинологов Е.Д. Заклинской и Л.В. Ровниной. 5–8 сентября 2011 г., Сыктывкар, Институт геологии Коми научного центра



Группа участников XIV Всероссийской палинологической конференции, посвященной светлой памяти выдающегося палинолога В.П. Гричука. 5–8 июня 2017 г., Москва, МГУ имени М.В. Ломоносова, географический факультет





**ВСЯ ЖИЗНЬ В ПАЛЕОБОТАНИКЕ: К 90-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ МАЙИ
ВЛАДИМИРОВНЫ ОШУРКОВОЙ**

В.В. Горшенина¹, Д.В. Збукова¹, К.М. Петров², Е.Л. Грундан¹

¹ *Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А.П. Карпинского,
Санкт-Петербург, Daria_Zbukova@vsegei.ru*

² *Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, K.Petrov@spbu.ru*

**PALEOBOTANY AS THE WHOLE LIFE: THE 90TH ANNIVERSARY OF MAYA
VLADIMIROVNA OSHURKOVA**

V.V. Gorshenina¹, D.V. Zbukova¹, K.M. Petrov², E.L. Grundan¹

¹ *A.P. Karpinsky Russian Geological Research Institute, St. Petersburg*

² *St. Petersburg University, St. Petersburg*



Студенческие годы (начало 1950-х гг.)

Свой путь в науке Майя Владимировна Ошуркова начала в 1951 году, поступив на кафедру ботанической географии Ленинградского Университета. Выбор географического факультета был не случаен, так как в то время остро стояла необходимость преобразования природы и изучения ресурсов для восстановления народного хозяйства СССР после Великой Отечественной войны, и география была на подъеме.

Интерес к палинологии и дальнейшая научная деятельность определились благодаря наставничеству профессора кафедры геоморфологии, одного из крупнейших специалистов страны по микропалеоботанике, Ирины Митрофановны Покровской.

Дипломную работу по изучению пыльцы берез Майя Владимировна написала и защитила под руководством доктора биологических наук Людмилы Андреевны Куприяновой, старейшего сотрудника отдела систематики БИН АН СССР. Диплом стал основой первой публикации, которая до сих пор используется палинологами для определения видов ископаемой пыльцы берез.

Именно вопрос естественной принадлежности спор и пыльцы, а не формальная их классификация, стал определяющим и занимал Майю Владимировну в дальнейшей научной деятельности. Эту интересную и важную проблему ей удалось успешно решить, несмотря на всю сложность поставленной задачи. Приходилось самой изготавливать на микротоме срезы пыльцевых зерен для изучения раскрытия краев проростковых апертур микроспор. Трудно даже представить процесс выполнения точного среза из таких мелких и тонких частиц, как пыльца, тем не менее, Майя Владимировна с этим превосходно справилась. В результате исследований были идентифицированы около 30 видов берез, многие из которых играли заметную роль в стратиграфии четвертичных отложений Ленинградской области [Ошуркова, 1959]. Впоследствии многие палинологи неоднократно подтверждали большое значение и научный вклад этой работы.

В 1956 г. Майя Владимировна поступила на должность старшего лаборанта в лабораторию геологии угля АН СССР, которой заведовал член-корреспондент И. И. Горский, в числе сотрудников были академик Дмитрий Васильевич Наливкин и целый ряд крупных ученых-палинологов, таких как Ирма Эрнестовна Вальц и Аглаида Андреевна Любер – специалисты-угольщики широкого профиля, помимо палинологии занимающиеся также и петрографией, и литологией. Работа под их руководством, безусловно, открывала широкие научные перспективы. Вскоре после поступления в лабораторию, в свой первый полевой сезон,

Майя Владимировна вместе с А. А. Любер отправилась на Карагандинское месторождение угля. В экспедиции женщины жили прямо в лаборатории, где выполнялись первичные анализы, так как отдельного барака в лагере буровиков не было предусмотрено. Там же, на электрической плитке Майя Владимировна готовила себе манную кашу. Кернахранилища или камеральные помещения отсутствовали, и выполнять тщательное, до миллиметра, послойное описание керна и отбор образцов на палинологический анализ приходилось прямо под палящим солнцем на открытой площадке возле буровых.

И такая необычайно тяжелая работа продолжалась еще долгие годы экспедиций, когда палинологи жили в палаточных лагерях рядом с буровыми, так как помимо сбора материала для своей кандидатской диссертации, Майя Владимировна изучала и описывала отложения Карагандинского и Экибастузского угольных бассейнов. Исследование и опробование проводились непосредственно в открытых карьерах, где черная угольная стенка раскалялась чуть ли не до 100 градусов. Такая тщательность сбора материала, целенаправленность исследовательских работ были обусловлены не только личными интересами и перспективами дальнейших публикаций, но и планами лаборатории угля Академии наук СССР. С 1962 г., после объединения лаборатории со Всесоюзным Геологическим Институтом (далее – ВСЕГЕИ), в область научных интересов вошли также Кузнецкий, Московский, Минусинский, Донецкий и Львовско-Волынский угольные бассейны Советского Союза, а по международной договоренности – ряд месторождений Болгарии. В итоге была охвачена значительная часть бассейнов Евразийской палеофлористической области, уникальный по своему содержанию материал. Более того, Майя Владимировна знакомилась с исследованиями по североамериканским угольным месторождениям, расположенным в Аппалачах. Итогом этого труда стала защита в 1964 г. кандидатской диссертации на тему «Палеофитологическое обоснование стратиграфии верхних свит карбона Карагандинского угольного бассейна».

Следует отметить, что в 60–70-е годы прошлого столетия особую популярность приобретали идеи тафономии и ориктоценоза. Майя Владимировна, будучи географом, а точнее даже ботанико-географом, подошла к исследованию так, что каждый образец превращался в точку палеогеографического описания. Она изучала не только споро-пыльцевые комплексы, но и флористические остатки, органический детрит, которые также содержали определенную информацию о дальности переноса. В результате связывались между собой фациальный, литологический и географический анализ. Многие известные специалисты, такие как А. В. Македонов, Г. П. Радченко, А. К. Щеголев и О. П. Фисуненко занимались этой проблемой. Но именно Майе Владимировне принадлежит детальная разработка и в дальнейшем публикация методических рекомендаций фациально-палеоэкологических исследований в палеоботанике. Ею были продуманы основные принципы данного метода, введен термин «фитоориктоценоз» и дано его определение. Впоследствии, к сожалению, это направление не получило развития. Однако идея корреляции угленосных отложений по палеофитологическим данным легла в основу докторской диссертации, которую Майя Владимировна успешно защитила в 1982 г. по теме «Фациально-палеоэкологический метод фитологических исследований для целей детальной стратиграфии и корреляции (на примере угленосного карбона Центрального Казахстана)». Объемный том текста и комплект стратиграфических таблиц в дальнейшем неоднократно демонстрировались, как наиболее успешная по содержанию и оформлению докторская диссертация.



В одной из экспедиций (1950-1960-е гг.)

Трудно переоценить вклад Майи Владимировны в разработку и усовершенствование морфологической классификации и описание форма-родов миоспор. С конца 1930-х годов в отечественной палинологии использовалась классификация, предложенная С. Н. Наумовой, основанная на генетических и морфологических началах. Методика позволяла решать лишь самые простейшие задачи по стратиграфии в пределах страны, но не давала возможности проводить более широкие сопоставления с международными угольными месторождениями. Изучая эту проблему, Майя Владимировна, всегда следившая за литературой по тематике, обратила внимание на публикацию зарубежных исследователей Р. Потонье и Г. Кремпа, где основой классификации дисперсных спор являлся выбор четких морфологических критериев для каждой ее ступени. По такой классификации, объединяющей таксоны в единую иерархическую систему на четырех уровнях, авторами было систематизировано более 60 родов в основном каменноугольных спор. Надо сказать, что в советские годы получить зарубежную публикацию было сложной задачей. Выписать ее удалось благодаря свекру – доктору биологических наук, профессору ЛГУ Михаилу Платоновичу Петрову, который, как академик, имел право заказывать иностранную литературу. Майя Владимировна провела ревизию существовавших в то время классификаций и опубликовала работу, в которой не только осветила, но и усовершенствовала методику и внесла уточнения в систематику споро-пыльцевых комплексов [Ошуркова, Пашкевич, 1990]. Благодаря этой публикации отечественные палинологи получили возможность работать на международном уровне.

В течение многих лет Майя Владимировна продолжала изучать морфологическую классификацию, и в 2003 г. вышла в свет фундаментальная монография с описанием методики Р. Потонье и Г. Кремпа, внесенными в нее изменениями и уточнениями, касающихся строгих правил систематики – выделения таксонов одного иерархического уровня по единому морфологическому признаку; а также диагнозами родов на русском и английском языках. Эта классификация широко применяется палинологами и позволяет систематизировать все разнообразие дисперсных миоспор позднего палеозоя [Ошуркова, 2003].

Общее количество публикаций за годы профессиональной деятельности Майи Владимировны превышает 120 изданий.



Во время поездки в Лондон (конец 1990-х гг.)

Майя Владимировна одной из первых задалась вопросом унификации регистрации и единообразного оформления результатов палинологических исследований, то есть разработкой информационно-поисковой системы. В качестве носителя информации была выбрана перфокарта с двурядной краевой перфорацией, позволяющая произвести кодирование большого числа признаков и сортировку ручным или механическим способом.

С появлением в научной отрасли компьютерных технологий, Майя Владимировна на самых первых порах, когда существовала только программа Volkov Commander, разработала электронную версию определителя палеозойских спор с собственным ключом, красочным и удобным интерфейсом. Применение такого рода определителя заметно облегчало и ускоряло анализ споро-пыльцевых комплексов. К сожалению, в силу разных причин, определитель не был переведен на современные программные оболочки.

В дальнейшем Майя Владимировна продолжала разработки в этом направлении. Именно ей принадлежит идея создания фундаментальной базы данных «Электронный стратиграфический словарь фанерозоя России», предназначенной для удобства ввода, хранения и извлечения сведений по характеристике стратиграфических подразделений различного ранга. Конечно, само программное обеспечение было реализовано специалистом;

но разработку унифицированной формы для ввода информации, справочников и словарей, позволяющих обеспечить необходимую четкость и полноту описаний, выполнила Майя Владимировна. Поначалу она сама заполняла, вела и редактировала базу данных. В дальнейшем «Электронный словарь» стал одним из базовых проектов ВСЕГЕИ, и работа по его заполнению, которую Майя Владимировна курировала до последнего момента, продолжается сотрудниками отдела стратиграфии и палеонтологии по сей день. По данной тематике издан ряд публикаций, а в 2019 г. база данных «Электронный словарь картографируемых стратиграфических подразделений России» была представлена на международном стратиграфическом конгрессе «Strati 2019» в Милане.

В 2008 г. Майей Владимировной создан электронный справочник «Палинологи России», включающий 170 унифицированных биографо-библиографических описаний. В него вошли биографии специалистов в области палинологии и палеопалинологии с библиографическими сведениями. В 2013 г. справочник издан в печатном варианте [Ошуркова, 2013].

Майя Владимировна скоропостижно скончалась 30 ноября 2020 г. в канун своего 88-летия. Научное сообщество лишилось не только большого ученого и ведущего палинолога, выдающегося наставника, исключительного мастера своего дела, но и по-настоящему интеллигентного, внимательного, в высшей степени порядочного и светлого человека. Для всех знавших ее, друзей, сослуживцев, коллег, учеников, Майя Владимировна остается ярчайшим примером истинного и бескорыстного служения науке.

Литература:

Ошуркова М. В. Описание пыльцы некоторых видов берез, произрастающих на территории СССР // Проблемы ботаники. М.: Изд-во АН СССР. Вып. 4. 1959.

Ошуркова М.В., Пашкевич Н.Г. Морфологическая классификация ископаемых дисперсных спор // Практическая палиностратиграфия. Л.: Недра. 1990.

Ошуркова М. В. Морфология, классификация и описания форма-родов миоспор позднего палеозоя. СПб: Изд-во ВСЕГЕИ. 2003. 377 с.

Палинологи России: биографо-библиографический справочник / составитель М. В. Ошуркова. — Санкт-Петербург: Издательство ВСЕГЕИ, 2013. — 464 с.



На 85-летнем юбилее (2017 г.)



**ВАЛЕНТИНА СЕРГЕЕВНА ВОЛКОВА - ВЫДАЮЩИЙСЯ СТРАТИГРАФ И
ПАЛИНОЛОГ СИБИРСКОЙ ШКОЛЫ**

Н.К. Лебедева, А.А. Горячева, О.Б. Кузьмина

*Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН, Новосибирск,
LebedevaNK@ipgg.sbras.ru*

**VALENTINA SERGEEVNA VOLKOVA - AN OUTSTANDING STRATIGRAPHER AND
PALYNOLOGIST OF THE SIBERIAN SCHOOL**

N.K. Lebedeva, A.A. Goryacheva, O.B. Kuzmina

Trofimuk Institute of Petroleum Geology SB RAS, Novosibirsk



Валентина Сергеевна Волкова

20 октября 2021 года ушла из жизни Валентина Сергеевна Волкова – крупный ученый сибирской школы, специалист в области палинологии, палеофлористики, стратиграфии и палеогеографии кайнозоя Северной Азии. Ее работы широко известны как в нашей стране, так и за рубежом. Долгие годы научная деятельность Валентины Сергеевны была связана с Институтом геологии и геофизики СО АН СССР, позднее он стал Объединенным институтом (ОИГГиМ СО РАН), а с 1993 по 2019 гг. В.С. Волкова трудилась в Институте нефтегазовой геологии и геофизики (ИНГГ СО РАН), являющимся преемником ОИГГиМ СО РАН после реорганизации. Трудовой стаж ее огромен – более 60 лет!

Валентина Сергеевна родилась 21 апреля 1927 года в Ярославской области. Когда началась Великая Отечественная война, она была 14-летней школьницей, вместе со своими одноклассниками трудилась в колхозе, помогала фронту. В год Победы закончила школу и решила поступать в Ленинградский университет. Она часто вспоминала, что время было тяжелое, но все

радовались окончанию войны, возможности вернуться к мирной жизни и приступить к обучению в ВУЗах страны. Со студенческой скамьи Валентина Сергеевна зарекомендовала себя серьезным специалистом - геологом-съемщиком, человеком, которому можно доверить очень непростое дело - вести геолого-съемочные работы в тяжелейших условиях Крайнего Севера, при этом иметь в подчинении большую группу людей, преимущественно мужчин, гораздо старше себя по возрасту. И они беспрекословно слушались ее и подчинялись! Теперь нам даже сложно представить, как это возможно – невысокая, хрупкая, совсем молоденькая девушка, уже начальник геологической партии, проводит по полгода в тундре! На ее плечах огромное хозяйство - лодки, олени, рация, и за все это она одна в ответе! Тем не менее Валентина Сергеевна очень любила вспоминать годы работы в Обской экспедиции Аэрологического треста Министерства геологии СССР. Этот практический опыт в последствии очень пригодился ей в научной работе.

В 1959 г. Игоря Александровича Волкова – мужа Валентины Сергеевны, – пригласили поехать работать в Сибирь, в Сибирское отделение Академии наук, в Академгородок, который еще только начинал строиться посреди тайги. В то время Валентина Сергеевна поступила в аспирантуру в Ленинграде, начала изучать пыльцу и споры под руководством выдающегося российского палинолога, профессора Ирины Митрофановны Покровской. Валентина Сергеевна вспоминала, что ей очень не хотелось покидать полюбившийся ей за годы учебы Ленинград! Но судьба распорядилась иначе, и в итоге вышло так, что и Игорь Александрович, и Валентина Сергеевна все-таки полюбили суровую Сибирь и прожили в Новосибирском Академгородке до конца своих дней.

Без преувеличения можно сказать, что они застали «золотые» годы развития сибирской науки. В Институте геологии и геофизики был собран полный штат специалистов различного профиля, способных вместе решать поставленные задачи по изучению огромной неизведанной территории Сибири. Валентине Сергеевне посчастливилось работать с такими легендарными личностями в геологии, как В.Н. Сакс, А.Л. Яншин, С.Б. Щацкий, С.А. Архипов, В.А. Мартынов и многими другими. Немало интересных публикаций по четвертичному периоду Западной Сибири принесло и сотрудничество с И.А. Волковым, ее замечательным супругом, также всю свою жизнь посвятившим сибирской науке. Валентина Сергеевна с ужасом вспоминала, что по приезду в Новосибирск у нее была почти готова диссертационная работа по Енисею, однако ей было велено переключиться на изучение четвертичных отложений в низовьях Иртыша - территории краевой зоны оледенений, о которой тогда почти ничего не было известно. Палинологи прекрасно могут понять ситуацию, в которой тогда оказалась Валентина Сергеевна. Чтобы сделать палинологическую работу по новому району требуется очень большое время! Три полевых сезона ушло на исследование и опробование разрезов. В результате в 1964 г. увидел свет объемный труд «Четвертичные отложения низовьев Иртыша и их биостратиграфическая характеристика». Палинологи и стратиграфы при изучении четвертичных отложений юга Западной Сибири до сих пор обращаются к этой книге, сверяются с результатами, полученными Валентиной Сергеевной.

Докторская диссертация Валентины Сергеевны также была посвящена стратиграфии и истории развития растительности уже всей Западной Сибири в позднем кайнозое. В ней она показала значение палинологических зон для расчленения и корреляции отложений позднего плиоцена и четвертичного периода, ею была подробно рассмотрена история развития растительности и смежных регионов в этот период.

После защиты докторской диссертации В.Н. Сакс предложил Валентине Сергеевне возглавить коллектив палинологов в Институте геологии и геофизики. В течение многих лет она заведовала сначала кабинетом палинологии, а с 1979 по 1993 годы палинологической лабораторией, проводила научные исследования, направленные на разработку стратиграфии континентальных отложений палеогена, неогена и четвертичного периода Сибири. Ею была разработана методика применения миграционно-климатической концепции для расчленения и корреляции кайнозойских толщ по палинологическим данным. Большой вклад Валентина Сергеевна внесла в изучение палеогеографии кайнозоя. Глубокий анализ отложений различного генезиса и истории развития растительности позволил ей разработать флористические индикаторы климата.

Как руководителю лаборатории Валентине Сергеевне приходилось заниматься не только научной деятельностью, но и решать множество бытовых проблем трудового коллектива. Коллеги с благодарностью вспоминают, что она вникала во все жизненные ситуации и старалась всем помочь.

В течении многих лет Волкова Валентина Сергеевна принимала активное участие в выполнении больших международных программ, таких как “Граница эоцена и олигоцена”, “Нижняя граница неогена”, “Нижняя граница четвертичной системы” и программе ГНТП “Глобальные изменения природной среды и климатов” (новейший этап). На ее счету более 200 научных публикаций!

Многие годы Валентина Сергеевна Волкова вела активную международную деятельность. Она тесно сотрудничала с Вашингтонским Университетом США по созданию палинологической и радиоуглеродной базы позднего плейстоцена Сибири и Российского Дальнего Востока. Результаты исследований были опубликованы на английском и русском языках. Принимала участие в Международной программе «Оптимум голоцена» совместно с МГУ и научными организациями Франции и Швеции. Результаты нашли отражение в публикациях в зарубежных журналах.

Как высококвалифицированный специалист она являлась членом Российской палинологической комиссии, входила в состав комиссий по палеогену и неогену СибРМСК и неоген-четвертичной комиссии МСК. Работая в Институте, Валентина Сергеевна всегда вела большую научно-организационную и общественную работу. Долгие годы она была бессменным ученым секретарем комиссии по изучению четвертичного периода при Президиуме СО РАН,

неоднократно проводила Международные и Всесоюзные совещания. Она также являлась членом Ученого Совета по присуждению ученых степеней, членом Бюро СибРМСК. Под ее руководством был создан ряд региональных стратиграфических схем палеогена, неогена и четвертичной системы Западной и Восточной Сибири. Даже в последние годы работы в Институте, знания и опыт Валентины Сергеевны были широко востребованы. К ней постоянно обращались сотрудники СНИИГГиМСа за советами по написанию отчетов, объяснительных записок к листам геологических карт. Она заслуженно пользовалась непререкаемым авторитетом среди геологов-съемщиков и неоднократно являлась редактором геологических карт нового поколения.

Валентина Сергеевна всегда принимала активное участие в подготовке молодых специалистов. Под ее руководством защитился целый ряд аспирантов. Очень многим она помогала в написании научных работ, давала рекомендательные письма для продолжения исследовательской деятельности в различных научных учреждениях, в том числе и зарубежом. Валентина Сергеевна всегда помнила всех своих учеников, трепетно следила за их научной карьерой и с большой теплотой отзывалась о них, и они отвечали ей взаимностью.

Валентина Сергеевна прожила долгую, интересную, насыщенную жизнь. Почти до конца оставалась верна науке, постоянно стараясь быть в курсе научных событий, и, хотя сама уже не могла принимать активное участие в конференциях, тем не менее прочитывала объемные сборники с трудами коллег «от корки до корки». У нее получалась все, за что она не бралась, будь то статьи, монографии или организация научных мероприятий любого ранга, в том числе и международных. Удивительно, но она успевала все! Всегда очень трепетно относилась к своей семье, воспитала дочь, замечательных внуков, дождалась многочисленных правнуков.

В наших сердцах навсегда сохранится память о Валентине Сергеевне!



ДИАТОМОВЫЕ ВОДОРОСЛИ И ЦИСТЫ ДИНОФЛАГЕЛЛАТ В ОСАДОЧНОМ ВЕЩЕСТВЕ НА МЕРИДИОНАЛЬНОМ РАЗРЕЗЕ ПО 59°30' С. Ш. В СЕВЕРНОЙ АТЛАНТИКЕ

Е.А. Агафонова, Е.А. Новичкова, А.А. Клювиткин, А.Н. Новигатский

Институт океанологии имени П.П. Ширшова РАН, Москва, agafonovaelizaveta@mail.ru, enovichkova@mail.ru, klyuvitkin@ocean.ru, novigatsky@gmail.com

DIATOMS AND DINOFLAGELLATE CYSTS IN SEDIMENTARY MATERIAL ON A MERIDIONAL SECTION AT 59°30'N IN THE NORTH ATLANTIC

E.A. Agafonova, E.A. Novichkova, A.A. Klyuvitkin, A.N. Novigatsky

Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences, Moscow

Северная Атлантика, расположенная в зоне взаимодействия Атлантического и Северного Ледовитого океанов – один из районов, где происходит формирование глобальной термогалинной циркуляции, здесь формируются и перемещаются водные массы, тепло, соли, растворенные элементы и газы в толще океанских вод [Лисицын, 2004; Фалина, Сарафанов, 2015]. Вертикальная структура меридионального переноса вод на севере Атлантического океана представляет собой два слоя противоположно направленных потоков, в верхнем из которых Гольфстрим, продолжающийся в Северо-Атлантическом течении, переносит на север субтропические воды, в нижнем – происходит отток холодных плотных вод из субарктической Атлантики [Sarafanov et al., 2012; Гладышев и др., 2019].

История исследований состава диатомовых ассоциаций планктонных сообществ [Reid et al., 2007; Коç et al., 2013], в поверхностных осадках [Коç, Schrader, 1990; Anderson et al., 2004; Justwan, Коç; 2008; Miettinen, 2018] и плейстоцен-голоценовых отложениях Северной Атлантики [Schrader, Fenner, 1976; Джиноридзе, 1986; Miller et al., 2011 и др.] насчитывает несколько десятилетий. Однако, поскольку субарктические районы Северной Атлантики имеют отличительные особенности состава фитопланктона как части морских экосистем, которые в настоящее время претерпевают существенные изменения, связанные с недавними изменениями климата [Renaut et al., 2018], необходимо более детальное исследование состава диатомовых ассоциаций в осадочном веществе, так как оно несет в себе информацию об особенностях осадочного процесса [Лисицын, 2014], в том числе о влиянии сезонных природно-климатических и биологических процессов на этапе рассеяния осадочного вещества после его возникновения.

Поскольку из рассеянного осадочного вещества, взвешенного в многокилометровой толще вод океанов в итоге образуются донные осадки и осадочные породы [Лисицын, 2014], и первичная продукция фитопланктона играет не последнюю роль в его составе, исследование состава диатомовых ассоциаций в полученном с помощью седиментационных ловушек осадочном веществе, также имеет важное методическое значение для палеогеографических реконструкций.

Материал для исследования собирался в течение года с июня 2015 г. по июнь 2016 г. с помощью малых седиментационных ловушек, установленных в составе автоматической глубоководной седиментационной обсерватории (АГОС), действующей в окрестности восточного склона хр. Рейкьянес (рис. 1а) в области промежуточных вод, образующихся при трансфронтальном обмене, для которых, судя по данным о гидродинамической обстановке, полученных с помощью акустического профилографа, также работавшего в составе АГОС, характерны небольшие скорости течения и сильная завихренность [Клювиткин и др., 2019]. Сбор осадочного вещества осуществлялся с помощью флаконов-пробосборников ловушек, которые заполнялись фильтратом морской воды с раствором $HgCl_2$ (1 % от насыщенного раствора), соленость которого затем доводилась добавлением $NaCl$ до двухкратной солености морской воды на горизонте постановки ловушки (~70 епс) для исключения вымывания фиксирующего раствора из пробосборников. Перед непосредственной подготовкой образцов для микропалеонтологических анализов ловушечные пробы просеивали через сито с размером ячеек 1 мм (для удаления свиммеров), а затем фильтровали под вакуумом через ядерные фильтры производства Объединенного института ядерных исследований (г. Дубна) диаметром 47 мм и размером пор 0.4 мкм [Клювиткин и др., 2019].

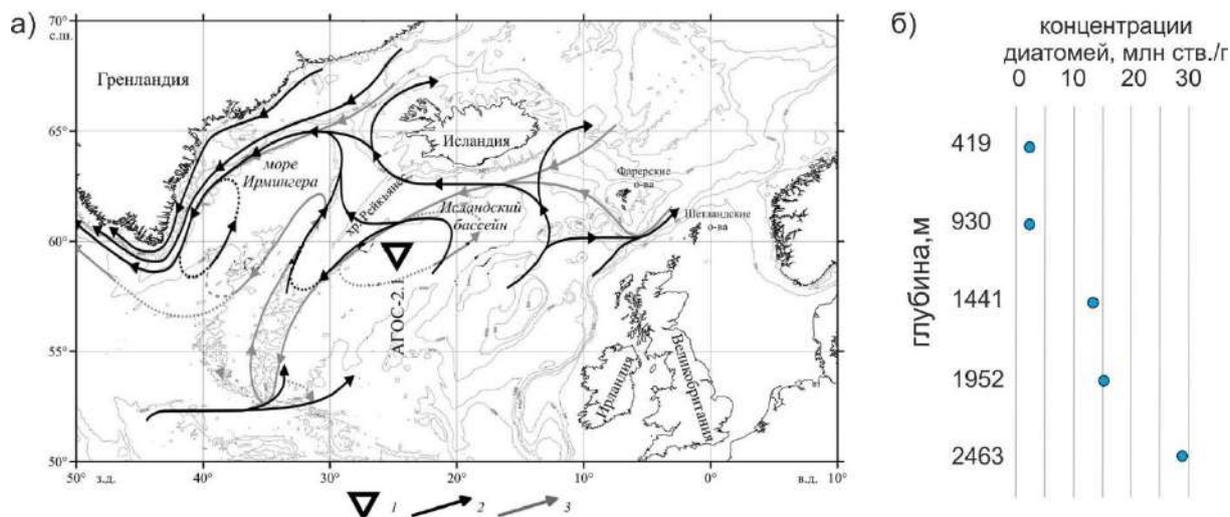


Рис. 1. Схема района работ (а). 1 – расположение постановки АГОС, 2 – поверхностные и 3 – придонные течения по [Daniault et al., 2016]. Концентрации диатомовых водорослей в осадочном веществе (б).

Подготовка проб для диатомового анализа осуществлялась по стандартным методикам [Диатомовые водоросли СССР, 1974]. Вещество на предварительно взвешенных фильтрах термически обрабатывалось в 10% растворе перекиси водорода, с последующей декантацией дистиллированной водой. Расчет концентрации створок диатомей на 1 г сухого осадка (DSK, ств./г) проводился по Battarbee [Battarbee, 1973]. Затем на основе данных о потоке осадочного вещества [Клювиткин и др., 2019] и концентраций диатомей подсчитывалось количество створок диатомовых водорослей поступающих на м^2 в течение года (ств./ $\text{м}^2/\text{год}$).

В данной работе исследован состав диатомовых водорослей в осадочном веществе собранном на пяти горизонтах – 2463 м, 1952 м, 1441 м, 930 м и 419 м. Концентрации диатомей сверху вниз увеличиваются от 2.0 до 29.1 млн ств./г (рис. 1б). В составе диатомовых ассоциаций обнаружен 21 вид диатомей, представленных практически исключительно планктонными неритическими видами (рис. 2). В осадочном веществе, накопившемся на всех изучаемых горизонтах абсолютными доминантами являются виды *Chaetoceros affinis* (9-18%), *Chaetoceros diadema* (17-46%), *Chaetoceros holsaticus* (5.8-20.5%), солонатоводно-морской планктонный неритический, широкобореальный вид *Thalassiosira baltica* (4.5-23%). Среди субдоминантов можно выделить планктонный неритический вид *Coscinodiscus radiatus*, доля которого составляет от 2.2 до 6.6%. От 2.3% в осадочном веществе придонного горизонта до 4.8% в веществе, накопленном на горизонте 1441 м, изменяется доля вида *Shionodiscus oestrupii*, отражающего воздействие теплого североатлантического дрейфа, в то же время не превышает 2.5% содержание вида *Rhizosolenia borealis* характерного для зон смешения атлантических и арктических водных масс [Koç et al., 2013; Andersen et al., 2004]. Последовательно от 20.5 до 5.8 сверху вниз снижается доля вида *Chaetoceros holsaticus*.

В осадочном веществе, собранном с помощью малой цилиндрической седиментационной ловушки МСЛ-110, экспонированной на глубине 419 м концентрации диатомей составляют 2.0 млн ств./г, количество створок диатомей, поступающих на квадратный метр в год составило – 221 тыс. ств./ $\text{м}^2/\text{год}$. В составе диатомовых ассоциаций представлен 11 видами, среди которых большую часть составляют *Chaetoceros* spp. (суммарно до 58%), холодноводный неритический *Rhizosolenia hebetata* f. *hebetata* (12%) и панталасный *Thalassionema nitzschioides* (10%).

На глубине 930 м концентрации диатомей в осадочном веществе составили 2.3 млн ств./г, количество створок диатомей, поступающих на квадратный метр в год составило – 159 тыс. ств./ $\text{м}^2/\text{год}$. Несколько увеличивается видовое разнообразие диатомовых водорослей – до 14 видов (рис. 2), по сравнению осадочным веществом, накопленным на горизонте 419 м, появляются морской меропланктонный вид *Paralia sulcata*, морские неритические и океанические планктонные широкобореальные виды *Thalassiosira angulata* и *Th. anguste-lineata*.

В осадочном веществе, накопленном ниже, на глубине 1441 м, значения потока диатомовых водорослей составило 577 тыс. ств./ $\text{м}^2/\text{год}$, а концентрация диатомовых водорослей

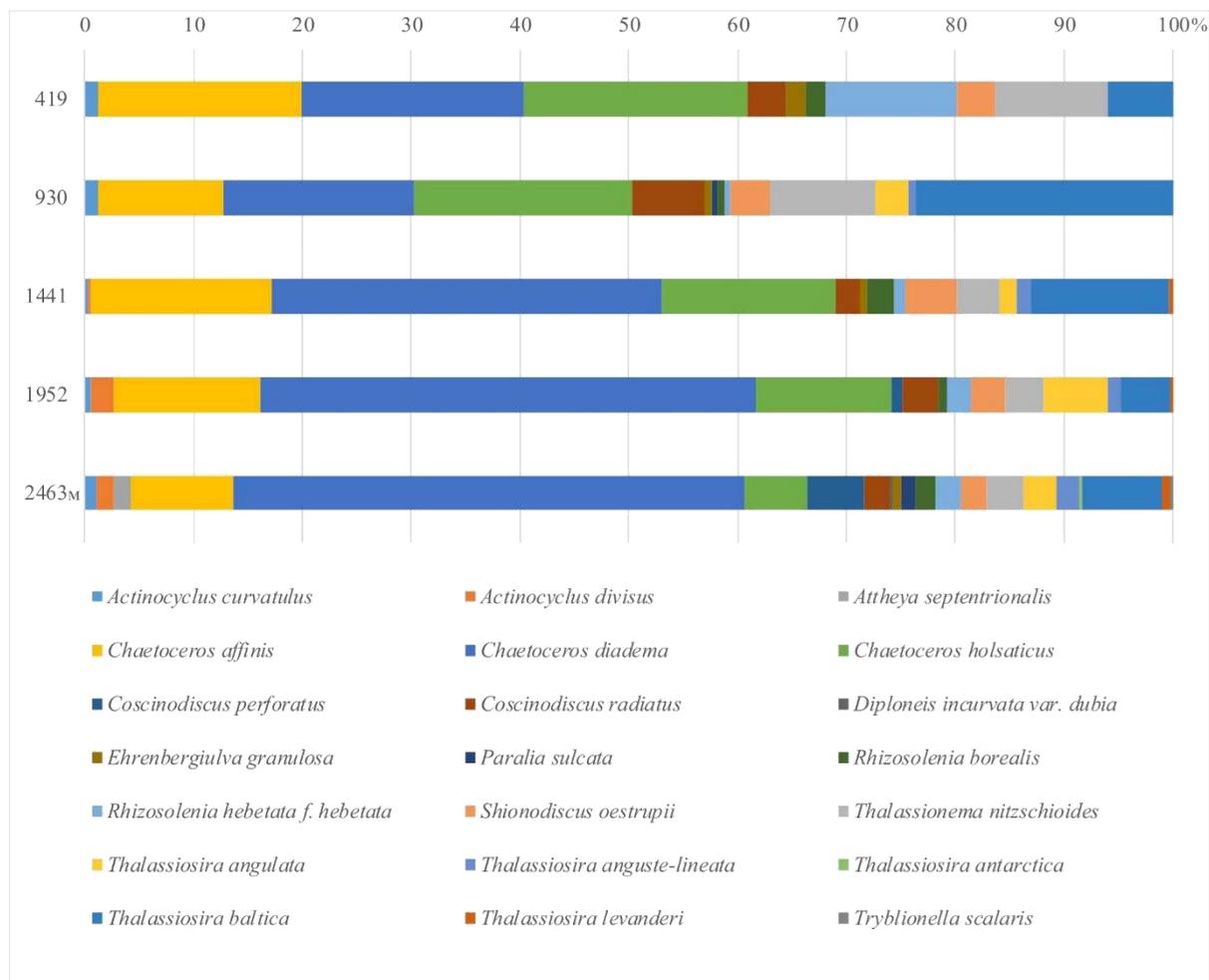


Рис. 2. Распределение видов диатомовых водорослей в осадочном веществе.

увеличилась до 13.4 млн ств./г. В составе сообществ диатомовых водорослей обнаружено 15 видов, появляются солонатоводный среднебореальный вид *Thalassiosira levanderi*, относительно тепловодный вид *Actinocyclus divisus*.

Осадочное вещество, собранное на глубине 1952 м, содержит в себе диатомовые ассоциации, концентрация которых составила 15 млн ств./г, поток диатомовых водорослей достигает 706 тыс. ств./м²/год. Состав диатомовых ассоциаций накопленного на данном горизонте вещества, очень схож с диатомовыми сообществами, накопленными на горизонте выше. Практически 6% составляет доля морского неритического вида *Thalassiosira angulata*, появляется планктонный неритический вид *Coscinodiscus perforatus*.

В придонном слое вод на глубине 2463 м, в 54 м от поверхности дна в осадочном веществе обнаружен 21 вид диатомовых водорослей, концентрации диатомей и поток диатомовых водорослей достигают своих максимальных значений 29.1 млн ств./г и 2.7 млн ств./м²/год соответственно. В составе диатомовых ассоциаций обнаружены солонатоводно-морской вид *Tryblionella scalaris*, морской неритический биполярный вид *Thalassiosira antarctica*, бентосный сублиторальный *Diploneis incurvata var. dubia* и криофильный (ледово-морской) *Attheya septentrionalis*, характерные только для осадочного вещества этого горизонта.

Также был исследован состав ассоциаций цист динофлагеллат (диноцист) в осадочном веществе придонного слоя вод (54 м от дна).

Для извлечения микроорганизмов из осадка применяется методика, включающая в себя обработку осадка соляной (HCl) и фтористоводородной (HF) кислотами и последующую фильтрацию. Особенностью обрабатываемого материала седиментационных ловушек являлось содержание большого количества дополнительного органического вещества планктонных

сообществ. В связи с этим, была применена дополнительная фильтрация через сито с диаметром пор 7–10 мкм и большее разбавление готовой пробы глицерином.

Концентрации диноцист в придонном горизонте составили около 524 тыс. цист/г. Значения потока цист динофлагеллат в период 2015–2016 гг. доходили до 48498 цист/м²/год.

Для состава ассоциаций водной толщи для 1 года определены 7 видов. В составе ассоциаций осадочного вещества придонного горизонта абсолютным доминантом (до 93%) является гетеротрофный вид *Brigantedinium* spp., цисты которого часто встречаются в пробах внутри живых форм динофлагеллат рода *Protoperidinium*. Данный вид является космополитным и его распространение чаще всего связано с повышенными концентрациями диатомей как источником пищи [Zonneveld et al., 2013]. Особенностью цист данного вида является их относительная неустойчивость к растворению при попадании в осадок [Mertens et al., 2009].

Высокие концентрации диатомей и цист динофлагеллат, а также максимальные значения их потоков в осадочном веществе придонного слоя вод связаны с взмучиванием верхнего слоя донных осадков течениями и, как следствие, накоплением не только горизонтальных потоков вещества, но и латеральных.

Работа выполнена в рамках ГЗ № FMWE-2021-0006, гранта РФФИ 19-05-00787 А.

Литература:

Гладышев С. В., Гладышев В. С., Клювиткин А. А., Гулев С. К. Новый взгляд на структуру водообмена между Арктикой и Северной Атлантикой в Исландском бассейне // Доклады РАН. 2019. Т. 485. № 4. С. 502–506.

Джиноридзе Р.Н. Комплексы диатомовых водорослей из осадков Айс-Фиорда, Шпицберген // Вестник ЛГУ. 1986. Сер. 7. №1. С. 108–111.

Клювиткин А.А., Новигатский А.Н., Политова Н.В., Колтовская Е.В. Исследование потоков осадочного везества на многолетнем трансокеаническом разрезе в зоне взаимодействия Северной Атлантики и Арктики // Океанология. 2019. Т. 59. № 3. С. 454-465.

Лисицын А. П. Потоки осадочного вещества, природные фильтры и осадочные системы «живого океана» // Геология и геофизика. 2004. Т. 45. № 1. С. 15–48.

Лисицын А.П. Современные представления об осадкообразовании в океанах и морях. Океан как природный самописец взаимодействия геосфер Земли // Мировой океан. Т. II. Физика, химия и биология океана. Осадкообразование в океане и взаимодействие геосфер Земли / Под общ. ред. Лобковского Л.И. и Нигматулина Р.И. М.: Научный мир, 2014. С. 331–571.

Фалина А. С., Сарафанов А. А. О формировании нижнего звена меридиональной термохалинной циркуляции вод Северной Атлантики // Доклады РАН. 2015. Т. 461. № 6. С. 710–714.

Andersen C., Koç N., Jennings A., Andrews J.T. Nonuniform response of the major surface currents in the Nordic Seas to insolation forcing: Implications for the Holocene climate variability // *Paleoceanography*. 2004. Vol. 19: PA2003.

Battarbee R.W. A new method for the estimation of absolute microfossil numbers, with reference especially to diatoms // *Limnology and Oceanology*. 1973. Vol. 18. No 4. P. 647-65.

Daniault N., Mercier H., Lherminier P. The northern North Atlantic Ocean mean circulation in the early 21st century // *Progress in Oceanography*. 2016. V. 146. P. 142–158

Justwan A., Koç N. A diatom based transfer function for reconstructing sea ice concentration in the North Atlantic // *Marine Micropaleontology*. 2008. Vol.66. P. 264-278.

Koç N., Miettinen A, Stickley C. Diatom Records. North Atlantic and Arctic // *Encyclopedia of Quaternary Science* 2013.P. 562-570.

Koç N., Schrader H. Surface sediment diatom distribution and Holocene paleotemperature variations in the Greenland, Iceland and Norwegian Sea // *Paleoceanography*. 1990. Vol. 5(4). P 557–580.

Mertens K.N., Verhoeven K., Verleye T., Louwye S., Amorim A., Ribeiro S., Deaf A.S., Harding I.C., de Schepper S., González C., Kodrans-Nsiah M., de Vernal A., Henry M., Radi T., Dybkjaer K., Poulsen N.E., Feist-Burkhardt S., Chitolie J., Heilmann-Clausen C., Londeix L., Turon J-L., Marret F., Matthiessen J., McCarthy F.M.G., Prasad V., Pospelova V., Kyffin Hughes J.E., Riding J.B., Rochon A., Sangiorgi F., Welters N., Natalie Sinclair N., Thun C., Soliman A., van Nieuwenhove N., Vink A., Young M. Determining the absolute abundance of dinoflagellate cysts in recent marine sediments: The

Lycopodium marker-grain method put to the test // Review of Palaeobotany and Palynology. 2009. V. 157. P. 238–252. DOI:10.1016/j.revpalbo.2009.05.004

Miettinen A. Diatoms in Arctic regions: Potential tools to decipher environmental changes // Polar Science. 2018. Vol. 18. P. 220-226.

Miller K., Chapman M., Andrews J., Koç N. Diatom phytoplankton response to Holocene climate change in the Subpolar North Atlantic // Global and Planetary Change. 2011. Vol. 79. P. 214–225.

Reid P., Johns D., Edwards M., Starr M., Poulin M., Snoeijis P. A biological consequence of reducing Arctic ice cover: Arrival of the Pacific diatom *Neodenticula seminae* in the North Atlantic for the first time in 800 000 years // Global Change Biology. 2007. Vol.13. P. 1910–1921.

Renaut, S.; Devred, E.; Babin, M. Northward expansion and intensification of phytoplankton growth during the early ice-free season in Arctic // Geophys. Res. Lett. 2018, 45, 10590–10598. doi:10.1029/2018GL078995.

Sarafanov A., Falina A., Mercier H., Sokov A., Lherminier P., Gourcuff C., Gladyshev S., Gaillard F., Daniault N. Mean full-depth summer circulation and transports at the northern periphery of the Atlantic Ocean in the 2000s // J. Geophys. Res. 2012. V. 117. C01014.

Schrader H-J., Fenner J. Norwegian Sea Cenozoic diatom biostratigraphy and taxonomy. // Init. Repts. DSDP 38, Talwani M. and Udintsev G. (eds.). 1976. P. 921–1099.

Zonneveld K.A.F., Marret F., Versteegh G.J.M. et al. Atlas of modern dinoflagellate cyst distribution based on 2405 data points // Review of Palaeobotany and Palynology. 2013. V. 191. P. 1–197. DOI:10.1016/j.revpalbo.2012.08.003.



**ПОСЛЕЛЕДНИКОВЫЕ ПАЛЕООКЕАНОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ РАЗВИТИЯ
БЕЛОГО МОРЯ В ГОЛОЦЕНЕ ПО ДАННЫМ ДИАТОМОВОГО АНАЛИЗА И
АНАЛИЗА ВОДНЫХ ПАЛИНОМОРФ**

Е.А. Агафонова¹, Е.А. Новичкова¹, Е.И. Полякова²

¹*Институт океанологии имени П.П. Ширшова РАН, Москва, agafonovaelizaveta@mail.ru, enovichkova@mail.ru*

²*Московский государственный университет им. М.В.Ломоносова, Москва, ye.polyakova@mail.ru*

**POSTGLACIAL PALEOOCEANOLOGICAL ENVIRONMENTS IN THE WHITE SEA IN
THE HOLOCENE INFERRED FROM DIATOM AND AQUATIC PALYNOFORM
ASSEMBLAGES**

E.A. Agafonova¹, E.A. Novichkova¹, E.I. Polyakova²

¹*Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences, Moscow*

²*Lomonosov Moscow State University, Moscow*

Одно из современных направлений палеогеографических и палеоокеанологических реконструкций – детализация палеосхем для разработки прогностических моделей природно-климатических процессов. В окраинных арктических морях России изменения палеосреды в значительной мере определяются вариациями взаимодействием атлантической и арктической океанской и атмосферной циркуляции [Полякова, 1997; Иванова, 2006]. Изменение интенсивности поступления трансформированных атлантических вод в Белое море является следствием изменения глобальной термохалинной циркуляции, к району формирования которой относится Северная Атлантика [Лисицын, 2004; Фалина, Сарафанов, 2015]. Глобальная система течений – проходя через Баренцево море – заходит в Белое море, изменение интенсивности поступления относительно теплых североатлантических вод в южные районы Баренцева моря приводили к смещению арктического фронта в голоцене [Polyak, Mikhailov, 1996], а усиление интенсивности проникновения баренцевоморских вод оказывало влияние на структуру водного тела Белого моря и его динамику.

Беломорский регион является крайне сложным для палеогеографических реконструкций послеледниковое время в силу одновременного действия таких факторов как эвстатический подъем уровня моря, изменение интенсивности речного стока, гляциоизостатические и тектонические движения [Невеский и др., 1977; Девятова, 1986; Larsen et al., 2006; Demidov et al., 2006; Демидов, 2010; Евзеров, 2010; Hughes et al., 2015 и др.].

В данной работе обсуждаются результаты диатомового анализа и анализа водных палиноморф отложений Кандалакшского залива. Колонка 6066 длиной 242 см, которой снизу-вверх были вскрыты оливково-серые пелитовые илы со стяжениями гидротроилита (140-242 см), над ними – темно-оливковые пелитовые илы (4-140 см) со стяжениями гидротроилита (до глубины 34 см), перекрытые 4-х см слоем темно-бурого глинистого наилка, была получена во внешней глубоководной части Кандалакшского залива Белого моря с глубины 266 м (рис. 1).

Возрастная модель основывалась на двух радиоуглеродных датировках, полученных методом ускорительной масс-спектрометрии AMS-¹⁴C, и была построена с использованием пакета Bacon [Blaauw and Christen, 2011] и набора калибровочных данных IntCal 20 в R Studio. При этом возраст нижней части колонки 6066 оценивался на основании палиностратиграфии района [Малясова, 1976]. Следует отметить, что беломорские отложения содержат мало материала для датирования, большая часть раковин часто агглютинирована. Несмотря на это, нам удалось создать достаточно достоверную возрастную модель, хорошо коррелирующую с микропалеонтологическими данными. Построенная возрастная модель свидетельствует о том, что накопление исследуемых нами отложений, вскрытых колонкой 6066 началось в пребореальный период голоцена и продолжается до настоящего времени.

Микропалеонтологические исследования были выполнены для 32 образцов с интервалом опробования 5-10 см. Палеоэкологические реконструкции основывались на установленных закономерностях формирования диатомовых ассоциаций и ассоциаций водных палиноморф в поверхностном слое осадков Белого моря [Джиноридзе, 1971, 1972; Polyakova et al., 2003;

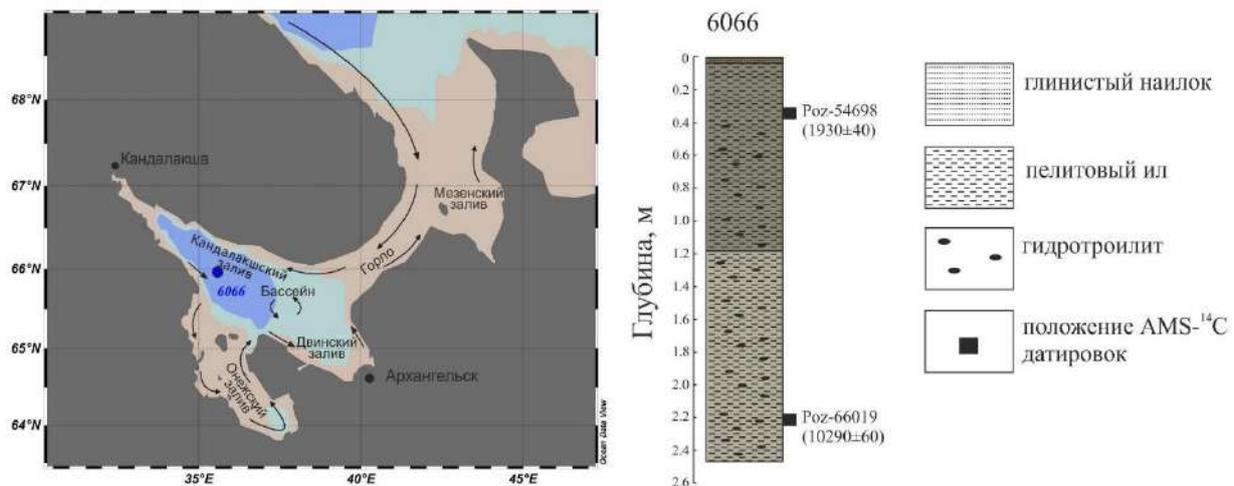


Рис. 1. Расположение и литологический состав исследованной колонки отложений Кандалякшского залива Белого моря. Показан радиоуглеродный возраст (^{14}C), лет.

Полякова и др., 2014; Новичкова, Полякова, 2013; Polyakova, Novichkova, 2018]. Также на основе данных диатомового анализа нам удалось подсчитать значение P/B - критерия, отражающего изменения уровня моря [Wang et al., 2013]. Для количественных реконструкций на основе результатов анализа водных палиноморф мы использовали современный аналоговый метод (MAT) [Guiot and de Vernal, 2007; de Vernal et al., 2005, 2013b]. Таким образом были восстановлены температура и соленость поверхностных вод и продолжительность ледового покрова. Реконструкции основаны на справочной базе данных (n=1492) [de Vernal et al., 2013a, b], включающей большое количество данных о современном распространении ассоциаций диноцист в отложениях с широким диапазоном гидрологических условий.

Концентрации диатомей в осадках колонки в целом высокие и изменяются незначительно – от 0.49 млн ств./г до 1.86 млн ств./г, имея тенденцию к увеличению снизу вверх по разрезу. В результате детальных исследований диатомовых водорослей в 32 образцах был установлен 81 таксон: 17 пресноводных, 64 – морских и солоноватоводно-морских. Последние доминируют по всему разрезу колонки и их суммарное содержание в диатомовых ассоциациях составляет 89 – 100%. В их составе наиболее обильны планктонные неритические и панталассные диатомей (от 29 до 87 %), процентное содержание которых возрастает вверх по разрезу. Среди них постоянно доминирует *Coscinodiscus radiatus*, являющийся индикатором атлантических вод в западно-арктических морях [Джиноридзе 1972; Polyakova et al., 2003; Полякова и др., 2017]. В группе разнообразных морских сублиторальных диатомей постоянно преобладает меропланктонный *Paralia sulcata*, численность которого наиболее высокая (до 52%) в нижних горизонтах и последовательно сокращается вверх по разрезу более чем в два раза, что свидетельствует об увеличении глубин в данном районе моря. Пресноводные диатомей постоянно встречаются в осадках колонки в незначительных количествах (от 8 до 124 тыс. ств./г), и их суммарное содержание в диатомовых ассоциациях составляет от 1 до 8% [Агафонова, 2021].

Микропалеонтологический анализ также показал наличие основных групп водных (цисты динофлагеллат, пресноводные зеленые водоросли, акритархи, органические остатки скелетов фораминифер) и терригенных (споры и пыльца) палиноморф в осадках колонки. Наибольшие концентрации установлены для групп диноцист (до 271 тыс. цист/г), спор и пыльцы наземных растений (до ~2 млн. ед./г) и зеленых водорослей (до 7.4 тыс. ед./г). Цисты динофлагеллат представлены в колонке 14 видами и видовыми группами. В целом в осадках колонки преобладают космополитные виды диноцист, ассоциирующиеся в Арктике с проникновением на шельф североатлантических вод.

На основе данных микропалеонтологических исследований нами выделено три основных этапа формирования толщи морских осадков в голоцене.

Ранний голоцен (11.6–8.2 тыс. кал. л.н.). Низкие концентрации диатомовых сообществ, представленных преимущественно (88%) морскими планктонными неритическими видами *Coscinodiscus radiatus*, *C. perforatus*, *Shionodiscus oestrupii* и др. [Агафонова, 2021], в

раннеголоценовых отложениях Кандалакшского залива, а также обедненные по составу ассоциации диноцист с преобладанием вида-космополита *Operculodinium centricarpum* и его морфологических подвидов (до 71%), и цист рода *Spiniferites* (до 23%) указывают на неблагоприятные гидробиологические условия существовавшего холодноводного низкопродуктивного морского залива. Согласно нашим количественным реконструкциям, в раннем голоцене Белое море покрывалось сезонным ледовым покровом от 4 до 7 месяцев в год, соленость поверхностных вод составляла около 32 епс, а температура поверхностных вод изменялась от 8 до 12 °С.

В пользу более интенсивного поступления трансформированных атлантических вод в Кандалакшский залив Белого моря из Баренцева в период 9–8.6 тыс. кал. л.н. свидетельствует некоторое увеличение концентрации диатомей, начало направленного роста численности вида *Coscinodiscus radiatus* и возрастающее количество вида *Shionodiscus oestrupii*. Также на фоне возрастания концентраций диноцист, в составе водных палиноморф резко увеличивается содержание пресноводных зеленых водорослей (до 7.4 ед./г) и пыльцы и спор наземных растений (до 2 млн. зерен/г), связанное, вероятно, с усилением гидродинамической активности вод в эпоху Фолас [Karlin, Selivanov, 2004]. Во время повышения уровня моря в составе ассоциаций впервые единично встречается вид *Nematosphaeropsis labyrinthus*, обитающий исключительно в полностью морских условиях.

Средний голоцен (8.2~4 тыс. кал. л.н.). Для начала данного периода характерно кратковременное похолодание 8.2 тыс. кал. лет, отраженное в снижении доли относительно тепловодных видов диатомей и концентраций всех основных групп палиноморф (диноцист до 27 тыс. цист/г, зеленых водорослей до 0.9 тыс. ед./г, пыльцы и спор до 262 тыс. ед./г). В составе ассоциаций диноцист увеличилась до 7.9% доля гетеротрофных относительно холодноводных видов (*I. minutum*, *E. karaense*, *S. quante* и *Brigantedinium* spp). Соответствующее похолодание было определено и для северной окраины Баренцева моря [Duplessy et al., 2001], предполагая общее снижение интенсивности поступления атлантических вод в Арктику. После 8.2 тыс. кал. л.н. по данным наших количественных палеореконов наблюдательна тенденция к потеплению и 7.2-7.4 тыс. кал. л.н. внешняя часть Кандалакшского залива была почти свободна от сезонного льда, температура поверхностных вод повышалась в период с 8.2 до 6.8 тыс. кал. л.н. и достигала максимума значений 12-14 °С в оптимум голоцена. Во второй половине среднего голоцена в период 5.8-6.8 тыс. кал. л.н. отмечается увеличение продолжительности сезонного ледового покрова, снижение значений солености (28-30 епс) и температуры (около 8°С) поверхностных вод. Вероятно, это связано с тем, что во время предшествующего оптимума голоцена остатки Скандинавского ледникового щита растаяли и в Белое море поступили большие массы пресной холодной воды, вызвавшие поднятие уровня моря в эпоху Тапес (около 7.0 тыс. кал. л.н.), что отражается в увеличении Р/В-критерия и доли планктонных видов в составе диатомовых ассоциаций.

Для второй половины среднего голоцена 5.8–4 тыс. кал. л.н. характерно некоторое снижение концентраций диатомей, водных и наземных палиноморф. Увеличение доли гетеротрофных относительно холодноводных видов, сокращение доли ведущей группы диноцист рода *Operculodinium*, занимающих в данное время около 50% в составе ассоциаций, и уменьшение доли относительно тепловодных видов диатомей свидетельствует об ухудшении гидробиологических условий, проявившемся в первой половине суббореального периода голоцена (5.8–5.2 тыс. кал. л.н.).

Поздний голоцен (4 тыс. кал. л.н.–н.в.). Для начала данного периода 4–3 тыс. кал. л.н. отмечено повышение концентраций диатомей, водных и наземных палиноморф. После 3 тыс. кал. л.н. содержание палиноморф и диатомей в осадках несколько снизилось и стало сравнимо с современными значениями. В это время происходит увеличение роли пресноводных видов диатомей, что свидетельствует об увеличении речного стока р. Варзуги в эту часть залива. Также пресноводные виды могли появляться в результате миграции и таяния сезонного льда из кутовых и прибрежных частей залива, для которых характерно включение пресных вод в процесс льдообразования. В пользу последнего свидетельствует тот факт, что в составе диноцист в период 1.8–1 тыс. л.н. происходит увеличение до 8% видов-гетеротрофов, хорошо приспособленных к условиям продолжительного ледового покрова и сниженным температурам вод.

Таким образом, использование комплекса современных микропалеонтологических методов исследования позволило реконструировать изменение поверхностных температур моря и продолжительности ледового покрова в Белом море после дегляциации и установления связи с Мировым океаном в раннем голоцене, выявить тренды изменения уровня Белого моря, связать их с известными гидрологическими палеособытиями в Баренцевом море и Северной Атлантике. Полученные данные не только дополняют голоценовую историю Белого моря, но и вносят существенный вклад в восстановление этапов атлантификации западного сектора Российской Арктики.

Работа выполнена в рамках ГЗ № FMWE-2021-0006 и № 121051100135-0, гранта РФФИ № 21-17-00235.

Литература:

Агафонова Е.А. Палеогеографические условия развития Белого моря в голоцене по данным диатомового анализа. Диссертация на соискание ученой степени кандидата географических наук. 2021. 284 с.

Девятова Э.И. Природная среда и ее изменения в голоцене. Петрозаводск, 1986. 109 с.

Демидов И.Н. Геология и динамика новейшего периода формирования акватории Белого моря // Система Белого моря (под ред. академика РАН А.П.Лисицына). Т. 1. М.: Научный мир. Т. 1. С. 58–76.

Джиноридзе Р.Н. Диатомовые водоросли в поверхностном слое осадков Белого моря // Докл. АН СССР. 1972. Т. 204. Вып. 1. С. 207-209.

Джиноридзе Р.Н. Диатомовые водоросли из донных осадков Белого моря в связи с его историей в голоцене. Автореф. дис...канд. биол. наук. Л. 1971. 23 с.

Евзеров В.Я. Позднеплейстоценовые и голоценовые оледенения в районе Ловозерских тундр на Кольском полуострове // Известия РГО. Т.142. Вып. 4. 2010. с. 65- 80.

Лисицын А. П. Потоки осадочного вещества, природные фильтры и осадочные системы «живого океана» // Геология и геофизика. 2004. Т. 45. № 1. С. 15–48.

Малясова Е.С. Палинология донных осадков Белого моря. Л.: ЛГУ. 1976. 120 с.

Невеский Е.Н., Медведев В.С., Калинин В.В. Белое море. Седиментогенез и история развития в голоцене. М.: «Наука». 1977. 236 с.

Новичкова Е. А., Полякова Е. И. Ассоциации микроводорослей в донных осадках областей маргинальных фильтров заливов Белого моря // ДАН. 2013. Т. 449. № 4. С. 474–479.

Полякова Е. И., Новичкова Е. А., Ключевкина Т. С. Диатомеи и палиноморфы в поверхностных осадках арктических морей и их значение для палеоокеанологических исследований в высоких широтах // Система Белого моря (под ред. академика РАН А.П.Лисицына). Т. 4. М.: Научный мир. 2017. С. 792-851.

Полякова Е.И. Арктические моря Евразии в позднем кайнозое. М.: Научный мир. 1997. 145 с.

Полякова Е.И., Новичкова Е.А., Лисицын А.П., Баух Х.А., Рыбалко А.Е. Современные данные по биостратиграфии и геохронологии донных осадков Белого моря // ДАН. 2014. Т. 454. № 4. С. 467-472.

Фалина А. С., Сарафанов А. А. О формировании нижнего звена меридиональной термохалинной циркуляции вод Северной Атлантики // ДАН. 2015. Т. 461. № 6. С. 710–714.

Vlaaiuw, M., Christen, J.A., 2011. Flexible paleoclimate age-depth models using an autoregressive gamma process // Bayesian Analysis. Vol. 6, 457-474.

de Vernal A., Rainer G., Hugues G., Marit-Solveig S., Eric W. Sea ice in the paleoclimate system: The challenge of reconstructing sea ice from proxies - an introduction // Quaternary Science Reviews. 2013 a. 79. 1-8. 10.1016/j.quascirev.2013.08.009.

de Vernal A., Rochon A., & Radi T. Paleoceanography, biological proxies. Dinoflagellates. 2013a. 10.1016/B978-0-444-53643-3.00283-1.

Demidov I.N., Houmark-Nielsen M., Kjaer K.H., Larsen E. The last Scandinavian Ice Sheet in northwestern Russia: ice flow patterns and decay dynamics // Boreas. 2006. Vol. 35. P. 425-433.

Duplessy J.C., Ivanova E.V., Murdmaa I.O., Paterne M., Labeyrie L. Holocene paleoceanography of the Northern Barents Sea and variations of the northward heat transport by the Atlantic Ocean // *Boreas*. 2001.

Guiot J., de Vernal A. Chapter Thirteen Transfer Functions: Methods for Quantitative Paleoceanography Based on Microfossils // *Developments in Marine Geology*. 2007. 1. 10.1016/S1572-5480(07)01018-4.

Hughes, A.L.C., Gyllencreutz, R., Lohne, Ø.S., Mangerud, J., Svendsen, J.I., The last Eurasian ice sheets – a chronological database and time-slice reconstruction, DATED-1 // *Boreas* 45.2016. P. 1–45.

Kaplin P.A., Selivanov A.O. Lateglacial and Holocene sea level changes in semi-enclosed seas of North Eurasia: examples from the contrasting Black and White seas / *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* // Elsevier BV. 2004. P. 19-36.

Larsen, E., Kjær, K. H., Jensen, M., Demidov, I. N., Håkansson, L. & Paus, Early Weichselian palaeoenvironments reconstructed from a mega-scale thrust-fault complex, Kanin Peninsula, northwestern Russia // *Boreas*. 2006. Vol. 35(3). P. 476-492.

Polyak L., Mikhailov V. Post-glacial environments of the southeastern Barents Sea: foraminiferal evidence / In: Andrews, J.T., et al. (Eds.), *Late Quaternary Paleoceanography of the North Atlantic // Margins*. Geol. Soc. Spec. Publ. 1996. Vol. 111. P. 323– 337.

Polyakova Y. I., Novichkova Y. A. Diatoms and aquatic palynomorphs in the White sea sediments as indicators of sedimentation processes and paleoceanography // *Sedimentation Processes in the White Sea: The White Sea Environment*. Lisitzin A.P., Demina L.L. (eds.). Vol. 2 of *Hdb Environmental Chemistry*. Springer International Publishing AG, part of Springer Nature New York. 2018. P. 10–48.

Polyakova Ye.I., Dzinoridze R.N., Novichkova T.S., Golovnina E.A. Diatoms and Palynomorphs in the White Sea sediments as indicators of Ice and Hydrological conditions// *Oceanology*. 2003. Vol. 43. Suppl. 1. P. S144–S158

Wang L., Mackay A.W., Leng M.J., Rioual P., Panizzo V., Lu H., Chu G., Han J., Kendrick C. Influence of the ratio of planktonic to benthic diatoms on lacustrine organic matter d13C from Erlongwan maar lake, northeast China // *Organic Geochemistry*. 2013. Vol. 54.P. 62–68



КОМПЛЕКСЫ ДИНОЦИСТ НИЖНЕГО МИОЦЕНА ПРЕДКАВКАЗЬЯ

Г.Н. Александрова

Геологический институт РАН, Москва, dinoflag@mail.ru

DINOCYSTS COMPLEXES OF THE LOWER MIOCENE CISCAUCASIA

G.N. Aleksandrova

Geological Institute Russian Academy of Sciences, Moscow

В настоящее время наиболее сложной в области стратиграфии неогена Предкавказья является проблема выделения и прослеживания региоарусов нижнего миоцена: кавказского, сакараульского и коцахурского, которым отвечает мощная (500-800 м), очень бедная фаунистически и трудно расчленимая литологическими методами однообразная, бескарбонатная глинистая толща верхов среднего и верхнего подразделений майкопской серии.

Характеристика комплексов диноцист получена по опорному разрезу нижнего миоцена Центрального Предкавказья по р. Кубань. Здесь кавказскому региоарусу отвечают алкунская, зеленчукская и нижняя часть караджалгинской свит; сакаральскому - верхняя часть караджалгинской и ольгинская свиты, коцахурскому – рицевская свита (Рис. 1). Установлено, что диноцисты и прازیнофиты количественно распределены в разрезе неравномерно, сохранность их плохая. Изменения в составе ассоциаций диноцист позволили предложить четыре биостратона в ранге слоев. Наиболее разнообразные и количественно представительные спектры микрофитопланктона установлены в кавказском региоарусе.

1. Слои с *Deflandrea spinulosa*, установлены в алкунской и септариюевых слоях зеленчукской свиты. Нижняя граница установлена по наличию характерного комплекса диноцист в подошве исследованного разреза. Внутри слоев установлена последняя постоянная частая встречаемость (LCO – last common occurrence) *Apteodinium australiense*, *Apteodinium maculatum*, в кровле - LCO *Deflandrea spinulosa*.

Комплекс диноцист слоев с *D. spinulosa* характеризуется высоким таксономическим разнообразием (более 60 таксонов). В нижней части слоев преобладают *Apteodinium maculatum*, *Apteodinium australiense*, *Deflandrea spinulosa*, *Spiniferites* spp. (*S. ramosus*, *S. pseudofurcatus*, *S. sp.*), и таксон неясного систематического положения Gen et species indet 1. Выше - в верхней части слоев сокращается количество *Apteodinium* spp., Gen et species indet 1, увеличивается разнообразие протоперидиноидных диноцист рода *Lejeunecysta* (*L. fallax*, *L. acuminata*, *L. cf. katatonos*, *L. cinctoria*).

Распространение *Chiropteridium galea*, *Cleistosphaeridium diversispinosum*, *Apteodinium maculatum*, *Hystrichosphaeridium cylindratum*, *Palaeocystodinium golzowense*, *Pentadinium lophophorum*, *Thalassiphora* cf. *patula*, ограничено слоями с *Deflandrea spinulosa*.

Среди акритарх присутствуют *Mycrhystridium* sp. и мелкие акантоморфные сколохоратные морфотипы. Среди прازیнофитов для этого уровня очень характерны *Cymatiosphaera invaginata* и крупные *Leiosphaeridia* sp. и *Lancettopsis* sp. Также встречаются акритархи *Paralecaniella indentata*, прازیнофиты *Cymatiosphaera* sp., *Crassosphaera* sp., мелкие сферические фикома зеленых водорослей. Пик встречаемости прازیнофитов выявлен в верхах алкунской свиты.

Многочисленность диноцист и их высокое таксономическое разнообразие в алкунское и раннезеленчукское время указывает на морские высокопродуктивные палеообстановки, с застойными условиями в придонных водах.

2. Слои с *Sumatradinium* spp., установлены в зеленчукской – нижней части караджалгинской свит. Нижняя граница определена по появлению *Sumatradinium* spp., *Trinovantedinium* spp. Комплекс диноцист разнообразный, присутствует около 60 таксонов, прازیнофиты и акритархи встречаются спорадически немногочисленными экземплярами. Среди диноцист большинство видов, присутствовали ниже по разрезу. Переотложенные палеогеновые (*Chiropteridium galea*, *Wetzeliella* sp., *Wetzeliella gochtii*, *Wetzeliella symmetrica*) и мезозойские диноцисты немногочисленны.

На этом уровне впервые встречены (FO – first occurrence) *Sumatradinium soucouyantiae*, *Sumatradinium hamulatum*, *Sumatradinium druggii*, *Sumatradinium* sp., *Trinovantedinium glorianum*, *Trinovantedinium harpagonium*, *Trinovantedinium papula*, *Trinovantedinium variabile*, *Lejeunecysta*

Олигоцен				МИОЦЕН				Отдел
Баталпашинская				НИЖНИЙ				Подотдел
Кавказский		Сакараульский		Коцхурский		Тархан.		Регионарус
Зеленчукская		Караджалгинская		Ольгинская		Рицевская		Свита
Алкун-Ская		слои с <i>Sumatradinium</i> spp.		слои с <i>Hetelaulacacysta campanula</i> - <i>Hetelaulacacysta leptalea</i>		слои с <i>Batiacaspheara micropapillata</i>		Биостратоны по диноцистам (р. Кубань)
1		2		3				
DM1		DM2		DM3		DM4		King, 2016
а		б		с		σ		
D. phosphoritica		Homotryblium spp.		C. amic.		T. pel.		Dybkjaer, Piasecki, 2010
		C. galea		Cordosphaeridium cantharellus		E. insigne		L. truncatum
		D16		D17				Powell, Brinkhuis, 2004
σ		с		σ		σ		de Verteuil, Norris, 1996
DN1		DN2		DN3		DN4		
Chiropteridium galea		Sumatradinium soucouyantiae		Costeaudinium aubryae		Distatodinium paradoxum		
Хатт		σ		σ		σ		
Аквитан		Бурдигал		Лангий				Ярус
Олигоцен		НИЖНИЙ		Средний				Подотдел
Палеоген		МИОЦЕН						Отдел

Рис.1. Корреляция биостратонов по диноцистам Предкавказья с зональными шкалами и диноцистам Европы и Атлантического побережья США.

marieae, *Cribroperidinium tenuitabulatum*, *Membranilarnacia picena* и др. В комплексе относительно часты *Spiniferites* spp. (*S. ramosus*, *S. mirabilis*, *S. pseudofurcatus*, *S. membranaceus*, *Spiniferites* sp.), *Dapsilidinium pseudocolligerum*, *Homotryblium* spp., постоянно присутствуют *Cordosphaeridium cantharellus*, *Cordosphaeridium minimum*, *Deflandrea spinulosa*, *Homotryblium plectilum*, *Homotryblium tenuispinosum*, *Thalassiphora pelagica*, cf. *Bigantedinium*, *Dapsilidinium simplex*, *Operculodinium* spp. и др.

Внутри слоев снизу вверх по разрезу установлено прогрессирующее увеличение количества коричневых сферических оболочек, сближаемых с протоперидиниоидным родом *Bigantedinium*, одновременно сокращается количество *Thalassiphora pelagica*, *Deflandrea spinulosa*. На уровне верхней части зеленчукской свиты установлена последняя встречаемость (LO) *Trinovantedinium* spp., *Tuberculodinium vancampoae*, *Glaphyrocysta reticulosa*, а также впервые встречаются *Hetelaulacacysta campanula*, *Cribroperidinium tenuitabulatum*, *Batiacasphaera sphaerica*, *Lingulodinium machaerophorum*, *Habibacysta-Filisphaera* group, которые получают распространение в более высоких горизонтах нижнего миоцена.

Выявленное в слоях с *Sumatradinium* spp. высокое таксономическое разнообразие и многочисленность тепловодных видов диноцист, сопровождающиеся постоянным присутствием органических оболочек фораминифер, спорадическим участием немногочисленных празиофитов и акритарх, указывает на нормально-морские мелководные обстановки формирования отложений, и свидетельствует о развитии близких к субтропическим условий. В это время происходит кратковременная связь палеобассейна с открыто-морскими акваториями и внедрение субтропических вод в Предкавказье.

3. Слои с *Hetelaulacacysta campanula* - *Hetelaulacacysta leptalea* установлены в большей части караджалгинской, ольгинской и нижней части рицевской свит. Нижняя граница установлена по последней частой встречаемости *Homotryblium* spp., LO *Deflandrea spinulosa*, *Dapsilidinium pseudocolligerum*.

Комплекс диноцист слоев с *H. campanula*– *H. leptalea* резко отличается от комплекса слоев с *Sumatradinium* spp. Отсутствует большинство таксонов встреченных в нижележащих породах. Диноцисты имеют низкое разнообразие и численность, в основании слоев обнаружено 14 таксонов, вверх по разрезу отмечается небольшое увеличение их количества и разнообразия. Наибольшее количество и видовое разнообразие диноцист отмечается на уровне нижней части рицевской свиты.

На основании качественных и количественных изменений в слоях с *H. campanula* – *H. leptalea* выделяются три интервала. Первый интервал (средняя часть караджалгинской свиты), характеризуется крайне низким видовым разнообразием. Доминируют *Bigantedinium*, а также *Habibacysta-Filisphaera* group, *Tectatodinium pellitum*, *Lejeunecysta* sp., остальные таксоны встречаются единичными экземплярами и представлены *Batiacasphaera sphaerica*, *Selenopemphix brevispinosa*, *Selenopemphix nephroides*, *Lejeunecysta* cf. *globosa*, *Spiniferites* spp. На этом уровне установлено появление *Polysphaeridium zoharyi*, последнее присутствие *Coosteaudinium aubryae*, *Deflandrea spinulosa* и *Deflandrea granulata*. Празиофиты и переотложенные таксоны (*Wetzeliella* sp.) отмечаются спорадически единичными экземплярами.

Во втором интервале (верхняя часть караджалгинской – ольгинская свиты) сохраняется низкое количество диноцист. С этого уровня отмечается постоянная частая совместная встречаемость *Heteraulacacysta campanula*, *Heteraulacacysta leptalea*, *Batiacasphaera sphaerica*, *Operculodinium* sp., *Spiniferites* spp., что является характерным для этого стратиграфического уровня. Явно доминирующих таксонов нет. Немного увеличивается разнообразие диноцист за счет присутствия как ранее встречавшихся таксонов, так и новых - *Batiacasphaera micropapillata*, *Batiacasphaera baculata*, *Lingulodinium multivirgatum*, *Nematosphaeropsis labyrinthus*, *Operculodinium* cf. *crassum*, *Thalassiphora* cf. *succincta*, и других. Постоянно присутствуют празиофиты и разнообразные переотложенные диноцисты (*Charlesdowniea* sp., *Chatangiella* sp., *Cordosphaeridium funiculatum*, *Ctenidodinium* sp., *Deflandrea phosphoritica*, *Deflandrea granulata*, *Emmetrocyta* sp., *Enneadocysta pectiniformis*, *Enneadocysta* sp., *Microdinium* sp., *Phthanopetridinium* sp., *Rhombodinium draco*, *Rhombodinium* sp., *Spinidinium* sp., *Wetzeliella* sp., *Wetzeliella gochtii*, *Wetzeliella symmetrica*), споры и пыльца растений позднеюрского – раннемелового возраста.

Третий интервал (нижняя рицевской свиты) характеризуется увеличением количества диноцист в спектрах. Преобладают *Spiniferites* spp., *Operculodinium* spp., *Cleistosphaeridium placacanthum-ancyreum* group, *Heteraulacacysta campanula*, *Heteraulacacysta leptalea*, *Batiacasphaera* spp. На этом уровне впервые встречены *Operculodinium* cf. *borgerholtense*, *Operculodinium centrocarpum*, *Operculodinium eirikianum*, *Impletosphaeridium insolitum*, *Huyschokolpoma* cf. *rigaudiae*, мелкие прохиматные цисты (*Echidinium*-type), *Oligokolpoma* cf. *tubulus*, *Distatodinium* cf. *paradoxum*, Gen et species indet 2. Переотложенные таксоны (*Areosphaeridium diktyoplokum*, *Deflandrea granulata*, *Deflandrea phosphoritica*, *Rhombodinium draco*, *Rhombodinium* sp., *Wetzeliella* sp., *Cordosphaeridium funiculatum*, *Fibrocysta* sp., *Trichodinium* sp.) встречены в малом количестве. Часты мелкие акантоморфные акритархи, постоянно присутствует *Paralecaniella indentata*.

Установленная динамика изменений ассоциаций, свидетельствует о формировании верхней части караджалгинской, ольгинской и нижней части рицевской свит в нестабильных с затруднённым водообменном и привносом пресных вод палеообстановках.

4. Слои с *Batiacasphaera micropapillata* выделены в верхней части рицевской свиты. Нижняя граница установлена по LO *Heteraulacacysta campanula*. Ассоциация диноцист существенно обедняется количественно, и представлена преимущественно таксонами, установленными в нижележащем стратиграфическом уровне. В спектре диноцист в большей части слоев доминируют различные виды *Batiacasphaera* – *B. micropapillata*, *B. sphaerica*, *B. baculata*. В верхней части слоев отмечаются частые *Bigantodinium*, *Selenopemphix nephroides*, *Operculodinium centrocarpum*, *Spiniferites* spp., *Echidinium*-type. Остальные таксоны встречены в незначительном количестве. В нижней части слоев впервые встречены *Distatodinium* cf. *tenerum*, Gen et species indet 3, в верхней - *Lejeunecysta fallax*, *Lejeunecysta* cf. *cowiei*, *Reticulosphaera actinocoronata*, Gen et species indet 4, 5.

Для слоев с *B. micropapillata* характерна постоянная встречаемость разнообразных прازیнофитов, пресноводных водорослей (*Pediastrum*, *Ovoidites*, *Leiosphaeridia*, *Sigmopolis*, *Schizosporis*, *Zygnemataceae*, *Tasmanites*, *Botryococcus*). В основании слоев установлено акме мелких *Leiosphaeridia*. В верхней части слоев значительном количестве встречаются переотложенные диноцисты мезозоя, эоцена и олигоцена, пыльца и споры юрского – раннемелового возраста, споры палеозоя.

Преобладание различных видов *Batiacasphaera*, вероятно, отражает более холодные условия формирования, чем в ранее, а значительное разнообразие прازیнофитов и зеленых водорослей, большое количество переотложенных таксонов, свидетельствует о приближении береговой линии и усилении сноса с прилегающей суши.

Анализ установленных ассоциаций цист динофлагеллат из раннего миоцена Центрального Предкавказья позволяет коррелировать их с зонами по диноцистам Северо-Западной Европы, датского сектора Северного моря и атлантического побережья США [de Verteuil, Norris, 1996; Dybkjær, Piasecki, 2010; King, 2016, и др.] (Рис. 1). На основании корреляций установлено, что алкунская и низы зеленчукской свиты могут быть датированы поздним хаттом – инициальным аквитаном, зеленчукская и нижняя часть караджалгинской свиты – аквитаном, верхняя часть караджалгинской, ольгинская и большая часть рицевской свиты – бурдигалом-?нижним лангием. Полученные данные по диноцистам указывают, что они могут быть использованы при уточнении стратиграфии и восстановлении палеогеографических остановок на территории Предкавказья в неогене.

Литература:

De Verteuil L., Norris G. Miocene dinoflagellate stratigraphy and systematics of Maryland and Virginia // Micropaleontology. 1996. Vol. 42 (Suppl.). P. 1–172.

Dybkjær K., Piasecki S. Neogene dinocyst zonation for the eastern North Sea Basin, Denmark // Review of Palaeobotany and Palynology. 2010. Vol. 161. P. 1–29.

King C. Biostratigraphy // A revised correlation of Tertiary rocks in the British Isles and adjacent areas of NW Europe. Geological Society, London. Special Reports. 2016. Vol. 27. P. 19-57.



ПАЛЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСТРОЕНИЯ И СТРАТИГРАФИЯ ДРЕВНЕОЗЕРНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ПО КОМПЛЕКСАМ ДИАТОМОВЫХ ВОДОРΟΣЛЕЙ

Г.А. Анциферова

Воронежский государственный университет, Воронеж, g_antsiferova@mail.ru

PALEOECOLOGICAL RECONSTRUCTIONS AND STRATIGRAPHY OF ANCIENT LACUSTRINE DEPOSITS BY COMPLEXES OF DIATOMS

G.A. Antsiferova

Voronezh State University, Voronezh

Палеоэкологические построения на основе метода биоиндикации по сообществам фитопланктона, представленного диатомовыми водорослями, широко используются для восстановления эволюции древних озер. Они также позволяют определять возраст вмещающих остатки диатомовых водорослей отложений, и проводить их корреляцию.

Типичным примером проявления основных закономерностей процесса осадконакопления в межледниковых озерах, являются водоемы, существовавшие в раннеплейстоценовое мучкапское время в пределах Окско-Донской равнины. Данная территория выделяется как Польнолапинский страторайон, где детально исследованы такие разрезы как Польное Лапино (скважина 105, описание и отбор образцов сделаны Г.В. Холмовым и Г.А. Анциферовой) и Тамбов (скважина 59-н, описание и отбор образцов сделаны М.И. Маудиной). Собственно, именно результаты изучения озерных отложений Польнолапинского страторайона положены в основу приведенных в данном обзоре представлений о значимости диатомовых водорослей для палеоэкологии и стратиграфии неоплейстоцена в целом [Анциферова, 2001].

Заложение глубоких озерных котловин экзарационно-аккумулятивного происхождения характерно для ледниковых областей Восточно-европейской равнины. Они связаны с краевыми зонами предшествующих оледенений, в данном случае – донского оледенения. Мощность озерных осадков, накопившихся в течение межледниковья, достигает 28–30 м [Анциферова, Швырев, Калашников. 2012].

Озерные отложения представляются классическими объектами применения диатомового анализа. Диатомовые водоросли являются преобладающей группой в составе сообществ фитопланктона и микрофитобентоса. Для палеоэкологических построений используется свойственное для сообществ диатомовых водорослей качество изменять свой систематический и экологический состав. Он формируется как отклик водной экосистемы в соответствии с изменениями абиотических и биотических факторов, таких как минерализация, температура, морфометрические параметры водоема, в первую очередь, глубина, режим трофности и другие характеристики состояния вод [Анциферова, Трегуб, Стародубцева, 2005].

Среди абиотических (физико-химических) факторов выделяется морфометрия водоемов, в первую очередь, их глубина. В разрезах вскрываются озерные осадки, имеющие разнофациальную приуроченность, которая наиболее четко выявляется при анализе соотношения групп диатомей по местообитанию. Для глубоководной фации характерно повышенное значение содержания группы планктонных диатомей, а для прибрежной – резкое понижение их роли, вплоть до исчезновения и повышение значения группы бентосных диатомей, особенно видов, связанных с зарослями высшей водной растительности.

Диатомовые водоросли могут развиваться в водоемах как в течение отдельного вегетационного сезона, так и многих лет, веков и тысячелетий. Длительность существования водоема зависит от первоначальной глубины озерной котловины, и наиболее благоприятными в этом отношении являются озера, имеющие экзарационно-аккумулятивное происхождение. В течение времени, в соответствии с любой из межледниковых эпох неоплейстоцена (в том числе и мучкапской), последовательно происходили изменения климата и ландшафтов на водосборах. На этом фоне в водных экосистемах прослеживаются смены этапов и фаз развития, что сопровождается сменами различных режимов трофности вод.

Общепринятой, с начала XX века, является классификация озер по обеспеченности вод биогенными веществами. Выделяются водоемы олиготрофного, мезотрофного и эвтрофного (и дистрофного) типов. Состояние трофности водоемов предопределяется, по В.Г. Дробковой (1986), процессами поступления органического вещества извне, его образованием и деструкцией

внутри водоема. Поскольку состояние абиотических и биотических характеристик водной экосистемы меняется как в течение отдельного вегетационного периода, так и в течение многих лет и веков существования того или иного водоема, то соответственно происходит смена режимов трофности водоема.

При определении режима трофности водоемов обращается внимание на соотношение групп диатомей по географическому распространению. Так, для мезотрофных и мезотрофных с признаками эвтрофирования среднеглубоких и неглубоких водоемов времени климатического оптимума характерно преобладание видов космополитов. Бореальные и арктобореальные (североальпийские) формы уступают им. При этом в условиях климатического оптимума содержание холодолюбивых арктобореальных форм в составе комплексов диатомей прибрежной зоны несколько выше, чем глубоководной. Возможно, это объясняется тем, что на мелководьях более проявляется локальное влияние подземного питания. В условиях глубоководной зоны водоема, по мере отмирания и выпадения створок диатомей в осадок, возможно определенное смешивание, которое отражает все многообразие местообитаний экосистемы древнего бассейна. Для глубоководного комплекса, наряду с доминирующей планктонной группой, наблюдается чрезвычайное разнообразие форм обрастаний и донных. Они попадают в осадок не только вследствие естественного обитания в глубоководной зоне водоема, что справедливо для большей части этих форм, но и в результате некоторого сноса из характерной для них мелководной зоны под действием течений, волнения, а в случае большой крутизны склонов котловины, – сползания осадков. По данным диатомового анализа осадков прибрежной зоны хорошо прослеживаются колебания уровня воды в озере в течение межледниковья. Но здесь возможны перерывы в осадконакоплении.

По существу, каждая отдельно взятая проба древнеозерных осадков характеризует обстановку осадконакопления в пределах конкретного временного интервала межледниковья. Она отражает устойчивое состояние экосистемы отдельного водоема в разные моменты его существования. Стабильность экосистемы водоема определяется ее стремлением к саморегуляции. Вследствие стабильности появляется возможность прослеживания смены комплексов диатомей и на основе этого выделение этапов и фаз их развития, которые. Выявленные границы смены комплексов диатомей фиксируют переходы экосистемы из одного равновесного состояния в другое на разных уровнях ее развития. Они объясняются взаимодействием абиотических и биотических факторов. В целом абиотическая среда более консервативна в своих реакциях на изменения отдельных ее параметров по сравнению с биотической составляющей. Например, изменения температуры сопровождаются колебаниями уровня воды, ее прозрачности. Сообщества диатомей при этом реагируют изменением состава доминирующих и субдоминирующих форм. Так определяются отдельные фазы развития водоема и диатомовых водорослей.

Граница между этапами отражает достаточно продолжительное и устойчивое состояние в развитии водоемов и сообществ диатомей. Она определяется изменением режима трофности вод. Изменение трофности сопровождается переходом от одного качественного состояния всей экосистемы к другому. Подобная смена завершает переход через критическое состояние процессов саморегуляции, приводящий к достижению нового равновесного состояния при образовании и деструкции органического вещества. В результате по составу ископаемых сообществ микроскопических водорослей воссоздается состояние экосистемы в течение отдельного межледниковья.

Экосистема межледникового водоема, достаточно долго находясь в определенном режиме трофности, после перехода через границу смены трофности к прежнему режиму не возвращается. Это процесс необратимый, и он подтверждается соответствующим составом сообществ диатомей. Аналогично ведет себя и экосистема современного водоема. Преступив определенный порог состояния саморегуляции, экосистема переходит на новый уровень регулирования жизнеобеспечивающих процессов. При этом она теряет возможность самостоятельного возврата к прежнему уровню саморегуляции. Это важнейший вывод, на который опирается биоиндикация современных водоемов при оценке эколого-биологического качества их вод, определении состояния кризисности водной экосистемы и прогноза их развития в будущем.

Анализ пресноводных диатомовых является биохроностратиграфическим. По диатомовым водорослям разработаны возрастные и коррелятивные критерии, способствующие развитию стратиграфии и палеогеографии четвертичного времени.

Из сопоставления разнофациальных комплексов диатомей следует, что для стратиграфических исследований и определения возраста вмещающих отложений большее значение имеют разрезы глубоководной зоны. Для глубоководного комплекса диатомей характерно преобладание планктонных центральных форм, по которым и разработаны возрастные и коррелятивные критерии комплексов межледниковых диатомовых водорослей.

Анализ систематического состава последовательного ряда межледниковых комплексов диатомовых водорослей показывает, что уже в раннем плейстоцене в позднедонское время наблюдались виды, получившие в последовавшее затем мучкапское межледниковье широкое распространение. Ряд видов и внутривидовых таксонов диатомей входит в состав группы вымерших плейстоценовых форм, по которым разработаны возрастные и коррелятивные критерии разновозрастных комплексов. Это позволяет определять возраст озерных отложений и межледниковых ландшафтов.

Вымершие плейстоценовые формы объединяются в три следующих группы: [Анциферова, 2001].

Группа 1. Реликты верхнего плиоцена (эоплейстоцена), а) сохранившиеся лишь в составе комплексов диатомей раннего плейстоцена: *Aulacoseira sphaerica* (Herib.) Sim., *Navicula gastrum* var. *punctata* Jouravleva, *N. meniscus* var. *bipunctata* Loss. (известны из разреза Омарский Починок в Прикамье, по Э.И. Лосевой, 1982), б) сохранившиеся в плейстоцене более продолжительное время в составе лихвинских (по сводному списку по разрезам средней полосы Восточно-Европейской равнины, по Л.П. Логиновой, 1979) и микулинских реликтовых комплексов диатомей: *Cyclotella comta* var. *lichvinensis* (Jousé) Log., *C. comta* var. *plioaenica* Krasske, *C. temperiana* (Log.) Log., *Fragilaria brevistriata* var. *constricta* Loss., *Navicula cari* var. *minuta* Loss., *N. subglobosa* Gasse, *Amphora staurosira* Loss., *Rhopalodia gracilis* O.Müll., споры *Cyclotella comta*, *Cyclotella* sp.

Группа 2. Раннеплейстоценовые диатомей, а) виды-индексы, известные лишь в составе комплексов диатомовых водорослей раннего плейстоцена: *Stephanodiscus determinatus* Khurs., *S. raripunctatus* Khurs., *S. rotula* var. *intermedia* (Fricke) Khurs., *S. rotula* var. *paucus* Khurs., *S. styliferum* Khurs., *Stephanidiscus* sp., *Navicula jentzschii* f. *kuptzoviae* Khurs., б) сохранившиеся в плейстоцене более продолжительное время в составе лихвинских: *Stephanodiscus niagarae* f. *insuetus* Khurs. et Log. и микулинских реликтовых комплексов диатомей: *Stephanodiscus peculiaris* Khurs., *Cyclotella reczickiae* Khurs. et Log., *C. reczickiae* var. *diversa* Log., *Navicula variabilis* Khurs. et Log., споры *Cyclotella cyclopuncta* и *C. krammeri*.

Группа 3. Среднеплейстоценовые диатомей, а) виды-индексы, известные лишь в составе комплексов диатомовых водорослей среднего плейстоцена Беларуси: *Stephanodiscus fascicularis* Khurs. и *S. immemorus* var. *minor* Khurs. (по Г.К. Хурсевич, 1992), б) вид, сохранившийся в плейстоцене более продолжительное время, встреченные также в составе комплексов микулинских реликтовых диатомовых водорослей: *Navicula mikolajskiensis* Log.

Таким образом, к видам-индексам относятся диатомей, которые приведены в подгруппах 1 а, 2 а и 3 а. Диатомей, показанные в составе подгрупп 1 б, 2 б, 3 б, свидетельствуют о возрасте вмещающих отложений при сопоставлении их с данными других палеонтологических методов, в первую очередь, с материалами спорово-пыльцевого анализа. Вымершие плейстоценовые формы диатомей следует рассматривать в качестве руководящих для межледниковых комплексов плейстоценовых диатомовых водорослей. Они имеют четко выраженное вертикальное и широкое географическое распространение, в частности, в пределах ледниковых областей Европы. Наличие в составе комплексов диатомей видов-индексов раннего и среднего плейстоцена позволяет считать подобные комплексы руководящими для этих диапазонов времени.

Плейстоценовые, голоценовые и современные диатомовые водоросли, выделенные из разрезов плейстоценовых отложений центральных районов Восточно-Европейской равнины, выстраиваются в последовательный ряд, обладающий четко выраженными возрастными и коррелятивными признаками.

Литература:

Анциферова Г.А. Эволюция диатомовой флоры и озерного осадконакопления центра Восточно-Европейской равнины в неоплейстоцене // Воронеж, 2001. Труды НИИ Геологии Воронежского университета. 2001. Вып. 2. 198 с.

Анциферова Г.А., Шевырев С.Л., Калашиников А.О. Происхождение межледниковых и современных озерных котловин бассейнов верхнего и среднего Дона // Вестник Воронежского государственного университета. Серия География. Геоэкология. 2012. № 1. С.42–49.

Анциферова Г.А., Трегуб Т.Ф., Стародубцева Н.В. Палеоботанические методы в палеоэкологии неоплейстоцена центра Восточно-Европейской равнины // Воронеж, 2005. – Труды НИИ геологии. Вып. 31. 100 с.



**БИОСТРАТИГРАФИЧЕСКОЕ РАСЧЛЕНЕНИЕ ЭОЦЕНОВЫХ
ОТЛОЖЕНИЙ ФЕРГАНСКОЙ ДЕПРЕССИИ**

М.К.Арипова¹, С.О.Сатторова², Б.Ф.Мелибоев³

*Национальный Университет Узбекистана им. Мирзо Улугбека, Ташкент,
uz.aripova@mail.ru, b.meliboyev@mail.ru*

**BIOSTRATIGRAPHIC DISSECTION OF THE EOCENE DEPOSITS
OF THE FERGANA DEPRESSION**

M.K. Aripova¹, S.O. Sattorova², B.F. Meliboev³

The National University of Uzbekistan named after Mirzo Ulugbek, Tashkent

Палеогеновые отложения Ферганской депрессии широко распространены и обнажаются в предгорных частях региона: на севере и северо-западе они простираются от пос. Чаркессар до пос. Сузак на северо-востоке; на юге, юго-западе от пос. Шураб до Соха, Исфайрам-Соха, басс. р. Кува.

Вопросы их стратиграфии рассмотрены в работах [О.С. Вялова (1935, 1945, М.Г. Барковской (1938), Б.А. Борнемана (1940), А.М. Акрамходжаева (1953, 1960), А.М. Габрильяна (1957), С.Н. Симакова (1953, 1957), Л.Б. Рухина и Е.В. Рухиной (1961), Н.Н. Верзилина (1961, 1963), А.В. Сочавы (1965, 1968), Г.Г. Мартинсона (1965), З.Н. Поярковой (1969)] и др.

Палеогеновые отложения достаточно хорошо фаунистически охарактеризованы как для Ферганской депрессии, так и за пределами территории Узбекистана. Составленные для этих районов схемы [Салибаев, 1982ф; Макарова и др., 1975ф; 1984ф; Абдусаматов и др., 1988ф; Ким, Абдусаматов и др., 2000ф] с некоторой долей условности могут быть применены для территории Узбекистана.

В настоящее время в Международной стратиграфической шкале палеогена изменено расчленение и границы подразделений палеоцена, лютетского и бартонского ярусов в эоцене [Постановления МСК, 1989, 1994, 2001; Постановления МГК, 2000, 2008]. Эти изменения должны найти отражение в региональной и местных схемах палеогена Узбекистана и на основе комплекса органических остатков быть сопоставлены с Международной ярусной шкалой.

НИЖНИЙ ЭОЦЕН E_2^1

Ипрский ярус E_2^1i

Опичекская свита E_2^1op

Сузакская свита E_2^1sz

Опичекская свита E_2^1op

Опичекская свита распространена в Ферганской депрессии по её северной окраине. Она простирается от пос. Курнас на западе до бассейна р. Ничкесай на востоке. Литологически делится на две части. Нижняя, это крепкие белые светло серые известняки, иногда песчанистые; верхняя – красные, зеленовато-серые гравелиты с алевролитистым цементом, местами в верхней части с косою слоистостью (Ташкумыр). Гравелиты плохо отсортированные, содержат хорошо окатанную или угловатой формы гальку и гравий. В основании опичекской свиты в большинстве изученных разрезов наблюдается массовое скопление раковин устриц *Ostrea hemiglobosa* Rom., характерных для нижнего эоцена Юго-западных отрогов Гиссарского хребта, а в районе Чангирташ в средней части опичекской свиты в известняках и в нижней части гравелитов обнаружены и определены хорошей сохранности *Rusnodonta erro* Vial. ранне эоценового возраста. Наряду с устрицами в разрезе Гава-Варзыгон встречены *Venericardia planicosta*, *Pitar sp.*, *Natica labellota*, *Ampullina sp.*, *Calyptraea sp.* Контакт опичекской свиты с гавасайской согласный. Мощность свиты изменяется от 17 до 330 м.

Сузакская свита E_2^1sz

В юго-восточных окраинах Ферганской депрессии возрастным аналогом опичекской свиты являются глины зеленовато-серые с прослоями гипсов сахаровидных и маломощных песчаников (Чангирташ), коричневых, тонкослоистых (Сузак), которые условно относятся к

сузакской свите, и расположена между фаунистически охарактеризованными отложениями позднего палеоцена и среднего эоцена. Мощность свиты изменяется в пределах 27 -53 м.

Отложения опичекской и сузакской свит сопоставляются с гиварской свитой Юго-западных отрогов Гиссарского хребта (начиная с горючих сланцев), лона *Ostrea hemiglobosa* – *Pycnodonta camelus*. В районе в самом основании опичекской свиты в известняках выделена лона с *Ostrea hemiglobosa*, выдержанная по простиранию.

СРЕДНИЙ ЭОЦЕН E_2^2

В среднем эоцене по литологическим особенностям и палеонтологическим данным выделены лютетский (алайская и нижняя часть туркестанской свит) и бартонский ярусы (верхняя часть туркестанской и риштанская свиты).

Лютетский ярус $E_2^2 1$

Алайская свита $E_2^2 al$

Туркестанская свита (нижняя и средняя части) $E_2^2 tr_{1-2}$

Алайская свита $E_2^2 al$

Отложения алайской свиты развиты на изучаемой территории повсеместно и выходят на поверхность в предгорной части Ферганской долины (Чаркессар, Гава, Опичек, Кызылджар, Майлисай, Ничкесай, Сузак, Сарыкамышсай, Шорсу, Исфара, Сох, Исфайрам и др. Она на большей территории залегает согласно на гравелитах опичекской свиты, в некоторых разрезах (Кызылджар, Нарын) в её основании в конгломератах наблюдается волнистая поверхность, карманы, что свидетельствует о кратковременном перерыве в осадконакоплении. Литологически алайская свита представлена известняками песчанистыми, реже глинистыми, песчаниками, устричниками с прослоями маломощных мергелей светло-серого цвета, в верхней части разреза породы огипсованные красноцветные.

В районе Ничкесай в основании наблюдается: конгломерат (1,2 м), выше залегают известняки песчанистые (5,6 м), алевролиты песчанистые красные (9,0 м), светло-серые песчаники и известняки (17 м). Завершается алайская свита мергелями светло-серыми, зеленовато-серыми (1,5 м). Из свиты собран и определен комплекс моллюсков: *Ostrea (Turnostea) turkestanensis* Rom., *O. (T.) calvata* Vial., *O.(T.) callipyga* Vial., *Lucina consobrina* Desh., *Pitar gumberensis* Arch., *P. tranquilla* Desh., *P. globulosa* Desh., *Corbula exariformis* Makar., *Cordita cf. angusticostata* Lam. и мн. др. По всему разрезу алайской свиты встречаются толстостенные ребристые раковины устриц *Ostrea (Turnostea) turkestanensis*. Этот вид нами хорошо прослеживается во всех разрезах юго-восточной части Средней Азии, по её названию выделяется лона *Ostrea (Turkosteia) turkestanensis*.

Комплекс, обнаруженный в отложениях этой лоны встречается в осадках Юкарского горизонта Таджикской депрессии; в районе Бадхыза Туркмении (в карачопской, шорсафетской и гайпатринских свитах) (Голстикова Н.В., 1964).

В свите кроме моллюсков встречены фораминиферы: *Discorbis ferganensis**, *Cibicides infraferganensis*, *Pseudohastigerina sharkriverensis*, *Anomalina ammophila**, *Rotalia alaica**, *Nonion ex gr. laevis*, *Gribrononion ferganensis*. Фораминиферы помеченные значками, встречаются и в вышележащие отложения туркестанской свиты. Граница с опичекской свитой проводится по смене красноцветных, зеленовато-серых гравелитов и песчаников, песчаниками, известняками песчанистыми светло-серого цвета, образующими на поверхности бронирующие склоны. Среднеэоценовый возраст установлен по комплексу моллюсков и фораминифер и подробно рассмотрен и обоснован в работах Е.М. Швецово́й и др. [1975ф], Р.К. Макаровой и А.А. Абдусаматова, Э.Ф. Цацир [1984ф], А.А. Абдусаматова, Э.Ф. Цацир [1988ф].

Общая мощность свиты изменяется от 12,8 до 50,0 м.

Туркестанская свита (нижняя и средняя части) $E_2^2 tr_{1-2}$

Отложения туркестанской свиты на территории Ферганской депрессии широко развиты, выдержаны по простиранию, выходят на поверхность и обнажаются там же, где и отложения алайской свиты. Они изучались в районах Курнас, Теразалы, Каракурбан, Гава, Шорсу, Исфайрам и др. Свита содержит богатый комплекс моллюсков и фораминифер. Свита согласно залегает на алайской и согласно перекрывается риштанской. Литологически свита сложена в

нижней и верхней частях преимущественно глинами карбонатными, зеленовато-серыми местами алевролитистыми с прослоями песчаников и песчанистых известняков в средней части, устричниками. В районе пос. Гава и Опичек верхняя часть свиты состоит из известняков и песчаников.

Своеобразное литологическое строение имеет разрез свиты в районе левобережье р. Нарын. Здесь на алайских известняках и гравелитах снизу вверх залегают:

1. Известняки, устричники с зеленовато-серым глинистым цементом – 11,3 м.
2. Песчаники глинисто-известковистые, серые, в верхней части оолитовые – 12,6 м.
3. Глины зеленые, табачно-зеленые, голубовато-зеленые с прослоями и гнездами песчаников и красноцветных глин (5,6 м) – 20 м.

Мощность свиты изменяется от 30 м (Кызылджар) до 58 м (Нарын).

В свите обнаружен богатый комплекс моллюсков: *Fatina (Sokolovia) bohmi* Vial., *F. (S.) bohmi bohmi* Vial., *F. (S.) beldersaensis* Vial., *F. (S.) bohmi transita* Vial., *F. (S.) nude* Vial., *F. (S.) esterhazyi gamma* Vial., *F. (S.) esterhazyi bunsei* Grev., *Liostrea (Kokanostrea) kokanensis* Sok., *Nuculana galleotiana* Nyst., *Glycymeris aralensis* (Rom.), *G. pulvinatus* Lam., *Chlamys turkestanensis* Mak., *Ch. surchensis* Mak., *Cardita veguesneli* Arch., *C. mensis* Opp., *C. mokkattamensis* Opp., *C. angusticostata* Lam., *Lucina menardi* Desh., *L. consobrina* Desh., *Cardium porulosum* Sol., *Nemocardium parile* Desh., *N. noni* Nyst., *Pitar triansquilla* Desh., *P. sulcataria* Desh., *P. gumberensis* Arch., *P. nitidula* Lam., *P. akssuensis* Kachan, *Tellina scalaroides* Lam., *Gari producta* Opp., *Panope oppenheimi* Korob., *P. intermedia* Sow., *Homalina lamarcki* Desh., *Calyptrea lamellosa* Desh., *Sunetta semisulcata* Lam., *Ampullaria ivanovi* Rom. Этот комплекс двустворчатых моллюсков хорошо сопоставляется с ассоциацией видов из разновозрастных свит бассейнов р. Чирчик, Ангрэн, Юго-западных отрогов Гиссарского хребта, таджикской депрессии (юкарский, бешкентский горизонты), бадхызской свитой Туркмении.

Встреченная устричная фауна прослеживается по всей Ферганской долине, Приташкентскому району и Юго-западным отрогам Гиссарского хребта. В этой свите по устрицам выделяется лоны *Fatina (Sokolovia) bohmi* (в нижней части свиты) и *Liostrea (Kokanostrea) kokanensis* (в средней части) и *F. (S.) esterhazyi gamma* (в верхней части свиты). Большинство встреченных видов моллюсков известны из лютетского яруса Парижского бассейна, Германии, Англии. Кроме моллюсков в свите встречены фораминиферы: *Popovia rugosa* Sul., *Gaudruina superturkestanica* N.Бык., *Discorbis ferganensis* N.Бык., *Rotalia alaica* N.Бык., *R. illini* N.Бык., *Anomalina ammophila* (Gumb.), *Cibicides artemi* N.Бык., *Pseudohastigerina sharkriverensis* (Berg. et Olss.), *Nonion ex gr. laevis* (d'Orb.). По составу фораминиферы как и моллюски близки к алайским и сопоставляются с комплексами зоны *Globigerina turkmenica*, *Haplophragmoides orfaensis* южных районов России и Западного Узбекистана (рис. 3.17., 3.18.) (табл.3.4, 3.5).

Нижняя граница свиты проходит по кровле песчаников и известняков с *Ostrea (Turknostrea) turkestanensis* Rom., верхняя – по подошве глин с массовым скоплением устриц рода *Fatina* с вогнутой створкой. Необходимо отметить, что в Северной Фергане (Опичек, Кызылджар) как и в Южной Фергане, в основании туркестанской свиты наблюдается глины и песчаники (1-1,5 м), содержащие смешанные устрицы родов *Ostrea* и *Fatina* (переходные слои).

Бартонский ярус E₂^{2b}

Туркестанская свита (верхняя часть) E₂^{2tr3}

Риштанская свита E₂^{2r5}

Туркестанская свита (верхняя часть) E₂^{2tr3}

Как уже было сказано, верхняя часть туркестанской свиты преимущественно представлена глинами тонкослоистыми, зеленовато-серыми, иногда слабо алевролитистыми. В разрезах Кучар, Гава, Кызылджар в верхней части свиты развиты песчаники, иногда крепкие известковистые светло-серого цвета. В местах, где эта часть свиты представлена глинами, встречаются крупные устрицы *Fatina esterhazyi* Pav., *F. esterhazyi gamma* Vial., *F. Esterhazyi bunsei* Vial., которые хорошо выдержаны по простиранию и разделяют верхнюю часть свиты от основной части. Наряду с устрицами здесь также встречен комплекс двустворок, характерный для бартонского яруса среднего эоцена Западной Европы [Абдусаматов, 1984ф].

Мощность этой части свиты изменяется от 3 до 19 м.

Нижняя и верхняя границы этой части свиты согласные связаны с постепенным переходом.

Риштанская свита $E_2^2 r\delta$

Литологически на всей территории Ферганской депрессии она представлена, преимущественно органогенными известняками, глинисто-песчанистыми, мергельными в нижней части и зелеными, табачно-зелеными с прослоями известняков-ракушечников в верхней. По литологическим и фаунистическим особенностям в отложениях риштанской свиты выделены две лоны: нижняя *Ostrea simplex* и верхняя *Rlatigena asiatica*.

1. Нижняя лона с *Ostrea simplex* ранее была известна как горизонт «п» Калицкого П. Она представлена песчаниками, песчано-глинистыми, песчано-алевритистыми, мергельными породами. В отдельных разрезах глинистые песчаники и глинистые алевролиты переслаиваются с более мелководными осадками литоральной зоны, представленными мелкой галькой и гравием или песками, а иногда глинами и мергелями белого цвета.

Моллюски нижней части риштанской свиты немногочисленны и представлены следующим составом: *Nucula kasakstanica* Ruch., *Ostrea simplex* Desh., *Liostrea rischtanica* (Vial.), *Lucina menardi* Desh., *Pitar gumberensis* Arch., *P. suberycinoides* Desh., *Turritella subangulata* Brocc, *Ampullaria ivanovi* Rom. Комплекс моллюсков не богат по составу, но встречаются в массовом количестве экземпляров за исключением *Pitar gumberensis* Arch. На отдельных участках депрессии (Шураб, Сох и др.) они образуют сплошной ракушняк. Почти все встреченные виды известны из саксаульской свиты Северного Приаралья, а *Nucula kasakstanica* является руководящей. Мощность этой части изменяется от 4,5 до 11 м.

2. Верхняя лона *Platigena asiatica* литологически представлена глинами, с прослоями ракушечников, зеленого, табачно-зеленого цветов. Глины слабо известковистые, тонкослоистые, на поверхности выветривания листоватые, по своей окраске очень резко отличаются от сравнительно ярко-зеленых, зеленовато-серых глин туркестанской свиты и от светло-серых, опоковидных, кремнистых, оскольчатых кофейного цвета глин исфаринской свиты. Глины огипсованные, чередуются с 5-6 тонкими (5-10 см) прослоями устричников, состоящих из крупных плоских (блюдецобразных) створок *Platigena asiatica* Rom., много *Nucula kasakstanica* Ruch., *N. praelonga* Wood., *N. ferganensis* Ruch., *Nuculina schurabica* Liver., *Lucina menardi* Desh., *Miltha saxorum* Lam., *Tellina rhomboidalis* Desh., *T. korobkovi* Lark., *Crassatella lamellosa* Desh., *C. aksaraensis* Ivan., *Pitar gumberensis* Arch., *P. suberycinoides* Desh., *Cordiopsis aff. incrassata* Sow., *Pteria media* Desh., *Panope heberti* Bosg., *Modiolus subrostrata* Desh., *Lithophaga isfarensis* Merkl., *Corbula ficus* Bron., *Calyptraea aperta* Sol., *Turritella subangulata* Brocc., *T. uniangularis* Lam., *Polinices achatensis* Rec. Большинство видов моллюсков приведенного комплекса являются общими с видами, описанными из саксаульской свиты Западного Казахстана (Овечкин Н.К. и др., 1963) и видами из среднего эоцена Западной Европы.

Мощность верхней части свиты изменяется в пределах 15-17,5 м. Общая мощность риштанской свиты в Ферганской депрессии изменяется в пределах 20-48 м.

ВЕРХНИЙ ЭОЦЕН E_2^3

Приабонский ярус $E_2^3 p$

Исфаринская $E_2^3 is$ + ханабадская $E_2^3 hn$ свиты

Исфаринская свита $E_2^3 is$.

Свита на территории Ферганской депрессии широко развита на южном, восточном и северном окраинах, отсутствует в её западной части. Они обнажены в разрезах Чаркасар, Гава, Опичек, Шорсу, Исфайрам, Сох, Сузак и др.

Свита сложена кремнистыми, бескарбонатными глинами серыми (Опичек), коричневыми (Кошболот) светло-коричневыми, табачными (Исфайрам, Нарын) опоковидными (Кызылджар). Во всех изученных разрезах глины тонкослоистые, с конкрециями и линзами мергелистых (известковистых) разностей. Она без признаков размыва залегает на риштанской свите и согласно перекрывается глинами ханабадской свиты. Характерной особенностью исфаринских отложений является образование на поверхности щебенки угловатой формы. Она легко узнается как по цвету, так и по структурным особенностям. Мощность свиты изменяется в пределах 7,5 м (Нарын) до 50,1 м (Сарыкамышсай).

Остатки моллюсков здесь обнаружены, преимущественно, в мергелистых линзах и конкрециях. Они обычно хорошей сохранности, иногда с раковинным слоем. В их составе присутствуют: *Isocardia (Aralocardia) abichiana* Vial., *I.(A.) eichwaldiana* Rom., *I.(A.) turkomanica* Vial., *Pitar latilamellosa* Desh., *Lucina menardi* Desh., *Modiolus bernayi* Desh., *Crassatella raricostata* Alex., *Cyprina alexeevi* Ovetsch., *Cordiopsis tenuis* Alex., *C. incrassata* Sow., *Panope turgaica* Makar., *Pholodomya ornata* Alex., *Turritella supracarinata* Alex., *Isfarina erra* Vial. et Soloun.

В исфаринской свите Южной Ферганы выделены лоны с *Aralocardia eichwaldiana* и *Turritella supracarinata*. В Северной Фергане прослеживается нижняя большая по мощности часть лоны с *Aralocardia eichwaldiana*. Лона с *Turritella supracarinata*, из-за бедности и редкой встречаемости фауны моллюсков, не выделяются. Наличие её в разрезах Северной Ферганы удалось установить лишь в районе Опичек.

Приведенный комплекс моллюсков обнаруживает наибольшее сходство с комплексом моллюсков чеганской (верхний эоцен) свиты Устюрта и Северного Приаралья (зоной *Vermetus bogoriensis* и крупных *Turritella*); с белоглинским горизонтом (верхний эоцен) Южного Приаралья, Кызылкумов и Крыма-Кавказской области, нижней частью кушанского горизонта (лона *Aralocardia gigantea* – верхний эоцен) Таджикской депрессии.

Ханабадская свита E₂³hn

Ханабадская свита, так же как и исфаринская, широко развита и хорошо обнажается по всем предгорным окраинам Ферганской депрессии.

В нижней части ханабадской свиты залегают глины зеленые, табачно-зеленые с прослойками и линзами песчаников, местами глины алевролитистые. В верхней части, ближе к кровле, увеличивается песчаный материал и они становятся сильно запесоченными. Глины сильно ожелезненные, загипсованные, тонкорассланцованные, при выветривании образуют «пухляк». В верхней части свиты встречаются выдержанные по простираанию шаровидные, линзовидные конкреции 0,5-0,7 м. По составу эти конкреции сильно известковистые, крепкие неслоистые. Местами конкреции образуют выдержанные пласты в количестве 3-5, обычно в этих конкрециях встречаются обильные остатки моллюсков хорошей сохранности. Общая мощность ханабадских глин изменяется в пределах от 17,0 м (Чангарташ) до 60 м (Майлисай).

В комплексе моллюсков ханабадской свиты встречены: *Nucula aralensis* Luk., *N. korobkovi* Aslan., *N. praelonga* Wood., *N.turgaica* Miron., *Nuculana crispata crispata* Koen., *Pecten karadarjensis* Korob., *Chlamys dichaticosta* Korob., *Astarte chanabadica* Makar., *Isocardia (Aralocardia) mica* Ovetsch., *I.(A.) turkomanica* Vial., *Laevicardium cingulatum* Goldf., *L. subellipticum* Alex., *Crassatella wachschica* Salib., *C. deshyesiana* Nyst., *Cordita lukovichi* Ruch., *Ostrea tianschanensis* Rom., *Cyprina alexeevi* Ovetsch., *Cultellus grignonensis* Desh., *Pitar latilamella* Luk., *Cordiopsis incrassata* Sow., *C.tenuis* Alex., *Panope heberti* Bosq., *Thracia cf. asiatica* Alex., *Corbula henkeliusiana* Nyst., *Tellina cf. praepostera* Koen.

По составу этот комплекс обнаруживает сходство с моллюсками исфаринской свиты (кроме устриц) и сопоставляется с ассоциацией видов из чеганской свиты (верхний эоцен) Северного Приаралья, Устюрта; белоглинского горизонта (верхний эоцен) Южного Приаралья и Крымо-Кавказской области, из верхней части кушанского горизонта (слои с *Cubitostrea tianschanensis* = *Ostrea tianschanensis*) Таджикской депрессии.

В разрезе левобережья р. Нарын в отложениях свиты установлен следующий комплекс наннопланктона: *Discoaster binodosus* Mart., *D. saipanensis* Braml. et Ried., *Reticulofenestra umbilica* (Levin), *R. bisecta* (Hay, Mohler et Wade), *R. placomorpha* (Kampt), *Discolithuana multipora* (Kampt), *Helicopontosphaera lophota* (Bram. et Sul.), *Neococcolithus dubius* (Defl.), *Istmolithus recurvus* Defl., *Coccolithus eopelagicus* Bram. et Reid., *Ericsonia subdisticha* (Bram. et Sul.), *Cyclococcolithus formosus* Kamptn., *Spaenolithus calludus* Perch-Niel, которые по заключению Н.В.Авербург, датирует возраст ханабадской свиты как поздний эоцен. Присутствие в нем зонального вида *Istmolithus recurvus* позволяет выделить в позднем эоцене одноименную зону (NP-19 Стандартной шкалы Мартини). Из ханабадской свиты определены также фораминиферы: *Spiroplectamina tuaevi* Moroz., *Gavelinella munda* N.Бук., *Baggina iphigenia* Sam., *Qlobigerina nana* Bolli, *Haplophragmoides* sp., *Guinqueloculina* sp., которые не противоречат позднеэоценовому возрасту вмещающих отложений.

Литература:

- Вялов О.С.* Схема деления третичных отложений Ферганы // Докл. АН СССР, № 3-4, 1935.
- Вялов О.С.* Руководящие устрицы палеогена Ферганы // Изв. Ком.наук УзССР, Ташкент, 1937.
- Геккер Р.Ф.* О некоторых результатах комплексного и геологического изучения палеогеновых отложений Ферганской впадины // Тр. Всес.научно-исслед.геол.нефтяного ин-та. Москва, 1964.
- Кушаков А.Р.* Роль наннопланктона в расчленении эоценовых отложений (на примере Узбекистана). В кн.: Эволюция геологических процессов Тянь-Шаня. Ташкент: "Университет", 1996.
- Мионова Л.В.* Ферганская впадина. В кн. "Стратиграфия СССР. Палеогеновая система". М., 1975.
- Абдуазимова И.М., Абдусаматов А.А., Кремлякова Т.М.* Биостратиграфическое расчленение верхнемеловых и палеогеновых отложений Ферганской депрессии миоцена и плиоцена Приташкентского района. 2007-2010 ф.



**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПАЛИНОМОРФ В
РАЗНОФАЦИАЛЬНЫХ БАЙОС-КЕЛЛОВЕЙСКИХ ОТЛОЖЕНИЯХ УВАТСКОГО
РАЙОНА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ**

О.В. Аркадьева¹, А.В. Данилова², О.В. Кочубей³, Е.Ю. Мещерякова³

¹АО «ВНИГРИ-Геологоразведка», Санкт-Петербург, olar@mail.ru

²ФГБУ «ВНИИОкеангеология», Санкт-Петербург, andaniлова@gmail.com

³СПФ ФГБУ «ВНИГНИ», Санкт-Петербург, slavyanskok@yandex.ru, kotya101@mail.ru

**COMPARATIVE ANALYSIS OF THE DISTRIBUTION OF PALYNOMORPHS IN
DIFFERENT FACIAL BAJOCIAN-CALLOVAN DEPOSITS OF THE UVAT REGION,
WESTERN SIBERIA**

O.V. Arkadeva¹, A.V. Danilova², O.V. Kochubey³, E.Yu. Meshcheryakova³

¹JSC «VNIGRI-Geologorazvedka», Saint-Petersburg

²FSBI «VNIIOceangeologia», Saint-Petersburg

³SPF FSBI «VNIGNI», Saint-Petersburg

Палинологическое изучение юрских отложений Западной Сибири проводится уже несколько десятилетий и является одним из основных биостратиграфических инструментов при расчленении и корреляции разнофациальных толщ. В настоящее время разработана детальная зональная шкала по спорам и пыльце, увязанная с эталонными палинокомплексами, описанными из морских, фаунистически охарактеризованных отложений севера Восточной Сибири [Ильина 1985; Ильина и др., 2003; Шурыгин и др., 2000]. Для отложений байоса и бата установлены палинозоны, для келловея – слои со спорами и пыльцой и зоны по диноцистам [Решение..., 2004]. Однако, как известно, часто при изучении разнофациальных толщ сложно провести корректное расчленение байос-келловейских отложений палинологическим методом. Это в значительной степени обусловлено медленным развитием флоры, долговременностью существования многих видов растений в юрский период, зависимостью составов палинокомплексов от фациальных обстановок формирования вмещающих пород.

В настоящей работе приведены результаты анализа распространения палиноморф в палинокомплексах байоса, бата и келловея, и их связь с условиями осадконакопления. Материалом послужили результаты палиностратиграфических исследований байос-келловейских отложений, вскрытых девятнадцатью скважинами на территории Уватского района Западной Сибири. Для удобства сопоставления одновозрастных среднеюрских палинокомплексов, выделенных из разнофациальных пород, мы решили проследить смену компонентных составов этих комплексов в соответствии с профилем Северо-Демьянская – Таврическая – Уимская – Герасимовская – Тамаргинская – Кирилкинская – Урненская – Лянтинская нефтеносные площади (Рис. 1). В совокупности с палинологическим материалом по разрезам скважин Уватского района использовалась имеющаяся информация по литологии, палеогеографии и палеонтологии изучаемого региона, что позволило не только выявить закономерности распределения отдельных таксонов и количественного соотношения различных групп палиноморф в разнофациальных породах, но и уточнить привязку выделенных палиностратонов средней юры к определенному типу осадков.

К началу байосского века Западная Сибирь представляла собой преимущественно равнину со сглаженным рельефом, подверженную прогибанию в западной и юго-восточной частях. В результате разрушения и погружения внутренних областей денудации происходило расширение областей аккумуляции. Низкое положение базиса эрозии явилось причиной возникновения обширных озерных водоемов, формирования значительных по площадям пойм в речных долинах [Конторович и др., 2013].

На изученных площадях Уватского района Западной Сибири в байосское время выделяются следующие палеогеографические области: прибрежные равнины, временами заливаемые морем и равнины низменные, аккумулятивные [Конторович и др., 2013].

Прибрежные равнины, временами заливаемые морем, были распространены на территории современной Лянтинской, Кирилкинской и Герасимовской площадей. Отложения представлены глинистыми алевролитами, аргиллитами с остатками наземной флоры и мощными пластами углей. Процессы торфообразования неоднократно прерывались ингрессиями морских вод (о чем

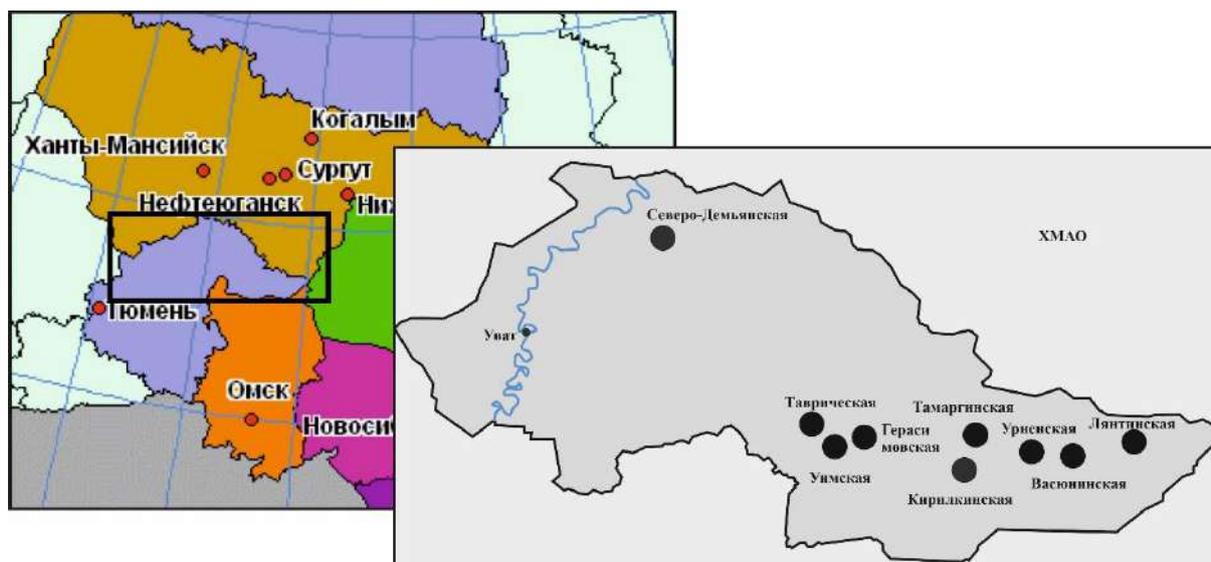


Рис. 1. Схема расположения изученных нефтеносных площадей на территории Уватского района Тюменской области Западной Сибири

свидетельствуют редкие находки фораминифер и морских двустворок в изученных разрезах). В результате палинологического изучения были установлены две эколого-фациальные ассоциации микрофитофоссилий. Первая выявлена в байосских отложениях Кирилкинской и Лянтинской площадей. Для нее характерно преобладание в спектрах разнообразных спор, среди которых доминируют *Cyathidites* spp., *Leiotriletes* spp., относящиеся к циатейным папоротникам, современные представители которых обитают во влажных лесах на склонах гор, реже – по берегам широких рек [Schweitzer, 1978; Пещевицкая и др. 2008; Ростовцева, 2014]. В большом количестве присутствуют осмундовые папоротники (*Osmundacidites* spp.) и плауновидные (*Lycopodiumsporites* spp., *Neoraistrickia* spp.), произраставшие в условиях маршей или болот. Пыльцевая часть спектров не отличается разнообразием составов, преобладают двухмешковые формы *Disaccites* gen. indet., заметно содержание *Ginkgocycadophytus* spp., в небольшом количестве присутствуют *Sciadopityspollenites* spp., *Perinopollenites* spp., *Araucariacites* spp., произрастание которых приурочено в основном к побережьям крупных акваторий [Ильина, 1985]. Микрофитопланктон единичный (не более 2%), представлен диноцистами *Nannoceratopsis* spp., *Nannoceratopsis pellucida* Delf., *Pareodinia* spp., прازیнофитами *Tasmanites* sp., *Pterospermella* sp., *Leiosphaeridia* sp., остатками водорослей *Algae* gen. indet. и распространен по разрезу неравномерно; его присутствие зависит от ингрессий моря. Данная палинологическая ассоциация, вероятно, характерна для пойменных и дельтовых осадков прибрежной равнины, временами заливаемой морем.

Вторая ассоциация установлена в байосских отложениях Герасимовской площади. В спектрах незначительно доминирует пыльца голосеменных растений (преимущественно *Disaccites* gen. indet., *Pinuspollenites* spp., *Ginkgocycadophytus* spp.). Споры не отличаются многообразием состава. Также преобладают папоротники *Cyathidites* spp., *Leiotriletes* spp., но заметно возрастает роль и видовое разнообразие осмундовых и сфагновых мхов, что свидетельствует о заболачивании территории осадконакопления. Микрофитопланктон отсутствует или представлен единичными остатками водорослей. Эта ассоциация палиноморф характерна, вероятно, для озерно-болотных осадков прибрежной равнины, однако единичные находки фораминифер в байосских породах Герасимовской площади указывают на мелководные прибрежно-морские заболоченные обстановки, возможно, марши.

Низменные аккумулятивные равнины в байосском веке были распространены на территории современного Васюнинского месторождения. Палинокомплекс характеризуется преобладанием спор над пыльцой. Микрофитопланктон отсутствует. Пыльца представлена, преимущественно, дальнотраносными зёрнами двухмешковых голосеменных *Disaccites* gen. indet. Таксономическое разнообразие спор очень низкое, папоротники *Cyathidites* spp., *Leiotriletes* spp. составляют основной фон спектров (до 65%), меньше *Osmundacidites* spp., *Lycopodiumsporites*

spp., единично встречаются споры сфагновых мхов. Такой состав палинологической ассоциации может свидетельствовать о пойменном или озерном осадконакоплении в относительной отдаленности от береговой линии.

В батском веке прогибание Западно-Сибирской геосинеклизы продолжилось, происходило значительное сокращение площадей внутренних выступов денудационной суши, увеличивались периоды морских ингрессий. Выравнивание рельефа привело к формированию в пределах изучаемого района аллювиальных систем меандрирующего типа. На большей части территории Уватского района в батское время осадконакопление происходило в области прибрежной равнины, временами заливаемой морем. Осадки, как правило, представлены монотонной песчано-глинисто-алевритовой толщей, их формирование осуществлялось на фоне общей трансгрессии, осложнённой дифференцированностью палеорельефа и влиянием местных источников сноса (палеорусел) [Конторович и др., 2013].

На Уимской, Кирилкинской, Тамаргинской, Урненской, Лянтинской площадях породы формировались в обстановках прибрежных равнин, временами заливаемых морем. На это указывает присутствие в некоторых палинологических спектрах немногочисленных диноцист плохой сохранности, а также значительное участие пыльцы *Classopollis* spp. [Колпенская и др., 2006], причем количество хейролепидиевых заметно возрастает по направлению с северо-запада на юго-восток, что, вероятно, обусловлено особенностями палеорельефа. Представители рода *Classopollis* тяготели к более возвышенным, хорошо дренированным участкам, расположенным в юго-восточной части Уватского района [Вахрамеев, 1980; Конторович и др., 2013].

Палинокомплексы бата, характеризующие условия прибрежных равнин, заливаемых морем, отличаются богатым таксономическим составом спор и пыльцы. Среди споровых преобладают гладкие формы папоротников *Cyathidites* spp., *Leiotriletes* spp., постоянными компонентами спектров являются представители родов и семейств *Osmundacidites* spp., *Lycopodiumsporites* spp., *Neoraistrickia* spp., Dipteridaceae gen. indet., *Lophotriletes* spp. (в том числе, *Lophotriletes torosus* Sach. et Iljina), *Pilasporites* spp., *Duplexisporites* spp., *Densoisporites* spp., *Contignisporites* spp. и др. В составе голосеменных помимо многочисленных двухмешковых форм, велико участие гинкговых и хейролепидиевых (как уже упоминалось выше), что косвенно свидетельствует о влажном климате и о близости береговой линии [Вахрамеев, 1980]. На периодические подтопления указывает присутствие в спектрах бата немногочисленного микрофитопланктона смешанного состава, представленного единичными диноцистами плохой сохранности (часто недиагностируемыми даже до рода), зелеными колониальными водорослями *Botryococcus* spp., прازیнофитами (*Leiosphaeridia* spp., *Tasmanites* spp., *Pterospermella* spp.) и зигнемовыми водорослями (*Ovoidites* spp., *Schizosporis* spp.).

Аналогичные по составу спорово-пыльцевые спектры прослежены в батских отложениях Таврической и Герасимовской площадей, но микрофитопланктон здесь представлен только немногочисленными цистами динофлагеллат и прازیнофитами *Leiosphaeridia* sp. Кроме того, в породах присутствуют фораминиферы, что позволяет предполагать существование в бате прибрежно-морских мелководных обстановок осадконакопления.

На Урненской площади выявлен батский палинокомплекс с сильно обедненным таксономическим составом (преимущественно, споры гладких циатейных, двухмешковая и моносулькатная пыльца голосеменных, заметно участие хейролепидиевых) соответствующий, вероятно, фациям речного русла или зоне береговой линии в период смены регрессивно-трансгрессивных фаз [Шиховцева, 2002]. Песчаные породы характеризуются слабой насыщенностью палиноморфами плохой сохранности, со следами механических повреждений.

Начавшаяся в конце позднего бата обширная трансгрессия моря достигла максимума в келловее [Ильина, 1985; Шурыгин и др., 2000; Конторович и др., 2013]. На изучаемой территории установился морской режим седиментации. В этот период формировались преимущественно глинистые морские осадки. В келловейских отложениях Уватского района удалось выделить две ассоциации микрофитофоссилий. Первая ассоциация установлена в породах раннего келловоя, вскрытых разрезами скважин на Северо-Демьянской, Уимской, Кирилкинской и Таврической площадях. В палинологических спектрах микрофитопланктон и пыльца голосеменных содержатся примерно в одинаковом количестве. Среди пыльцы доминируют двухмешковые пыльцевые зерна и *Classopollis* spp., много *Ginkgocycadophytus* spp. Большое содержание последних приурочено, в первую очередь, к мелководным, прибрежно-морским и дельтовым

осадкам [Вахрамеев, 1980]. Споры не многочисленны и не разнообразны по составу, преобладают гладкие *Syathidites* spp., *Leiotriletes* spp. Спорово-пыльцевая часть палинокомплекса, по-видимому, отражает прибрежно-лесной тип растительности, заселявший водоразделы, доминируют растения равнин и склонов. Микрофитопланктон постоянно присутствует в спектрах, его количество колеблется от 14 до 40%, представлен преимущественно цистами динофлагеллят. Таксономический состав диноцист не отличается разнообразием, выявлены таксоны, характерные для динозоны *Fromea tornatilis* (Ft) [Решение., 2004] - *Fromea tornatilis* (Drug.) Lent. et Will., *Nannoceratopsis pellucida* Deflandre, *Pareodinia* spp., *Sentusidinium* spp., *Gonyaulacysta* spp., *Impletosphaeridium* spp., *Chytroeisphaeridia* spp., *Kallosphaeridium* spp., *Escharisphaeridia* spp. и др. Акритархи и прازیнофиты немногочисленные; установлены единичные *Pterospermella* spp., *Micrhystridium* spp., *Ovoidites* spp., заметно больше *Leiosphaeridia* sp. Такой состав палиноспектров отражает прибрежно-морские обстановки осадконакопления. Колебание количества микрофитопланктона, небольшое его родовое разнообразие, присутствие заметного числа прازیнофитов *Leiosphaeridia* spp. могут свидетельствовать о трансгрессивной направленности процессов седиментогенеза [Никитенко и др., 2002].

Вторая ассоциация приурочена к отложениям позднего келловея и установлена в разрезах скважин Кирилкинской, Лянтинской и Васюнинской площадей. Породы представлены аргиллитами с прослоями алевролитов, как правило, биотурбированными, иногда с остатками раковинной фауны, что указывает на морские обстановки осадконакопления. В спектрах попеременно доминируют микрофитопланктон и пыльца голосеменных. Среди последних отмечается высокое содержание *Classopollis* spp., за исключением разрезов Кирилкинской площади, где в позднем келловее область сноса материала, вероятно, находилась в значительном удалении от мест седиментации. Количество и разнообразие споровых в изученных разрезах не велико, в основном это представители циатейных и диптерисовых папоротников. Микрофитопланктон многочисленный и разнообразный по составу, отвечает зональному диноцистовому комплексу *Wanaea thysanota* (Wth) [Решение., 2004] с участием таких таксонов как: *Wanaea thysanota* Woollam, *Trichodinium scarburghense* (Sarjent) Will., *Stephonyltron* sp., *Wanaea* spp., *Rigaudella* sp., *Lithodinia* spp., *Sirmiodinium grossi* Warren, *Sirmiodinium* sp., *Dingodinium* sp., *Gonyaulacysta* spp., *Paragonyaulacysta* spp., *Rhynchodiniopsis* spp., *Rigaudella* sp. и др. Акритархи и прازیнофиты единичны. Увеличение родового и видового разнообразия диноцист, вероятно, отражает установление относительно спокойных морских мелководных обстановок в бассейне, также это может быть связано с увеличением прогрева толщи воды [Никитенко и др., 2002].

В некоторых разрезах скважин Уимской, Урненской и Кирилкинской площадей по палинологическим данным не удалось расчленить байос-батские отложения. Разделение байосских и батских палинокомплексов осложнено изначальной схожестью таксономических составов зональных комплексов [Ильина, 1985; Решение., 2004]. Кроме того, вероятно, локальные фациальные условия повлияли на усреднение составов комплексов. Для Уимской площади отсутствие существенных колебаний уровня моря в прибрежно-морских обстановках на рубеже байоса и бата обусловило формирование однотипной палинофлоры, что затруднило расчленение пород этого возрастного интервала. На Урненской площади формирование байос-батских аллювиальных отложений происходило в условиях с повышенным гидродинамическим режимом (влияние палеорула или зона береговой линии в период смены регрессивно-трансгрессивных фаз), что нашло отражение в обеденных составах палиноспектров, не позволивших уверенно провести возрастную границу.

В разрезах Северо-Демьянской, Уимской, Кирилкинской, Урненской и Лянтинской площадей выделяются нерасчлененные позднебатские-раннекелловейские отложения. Наличие проходящих форм спор, пыльцы и диноцист в палиноспектрах позднего бата – раннего келловея, установленных на этих площадях, свидетельствуют о постепенном развитии палинофлоры в условиях обширной трансгрессии, что, в свою очередь, также не позволило уточнить возрастной рубеж между батом и келловеем.

В результате проведенного исследования на основании выделенных палиноассоциаций удалось не только определить возраст изученных пород, но и уточнить фациальные особенности осадконакопления на определенных площадях Уватского района Западной Сибири в байос-келловейское время. Подробная стратиграфическая изученность Уватского района во многом

определяет эффективное проведение поисков и разведки новых месторождений нефти и газа на территории всей провинции. Результаты многочисленных палеонтологических (в том числе, палинологических) исследований разрезов скважин являются одним из основных критериев реконструкции обстановок осадконакопления, что, в конечном счете, позволяет установить или уточнить перспективные зоны развития возможных ловушек.

Литература:

Вахрамеев В.А. Пыльца *Classopollis* как индикатор климата юры и мела // Советская геология, Вып. 8. – М.: «Недра», 1980, С. 48–56.

Ильина В.И. Палинология юры Сибири. М.: Наука, 1985. 237 с.

Ильина В.И., Кабанова В.М., Костеша О.Н., Касаткина Г.В., Сушакова А.В., Трубицына А.Н., Фрадкина А.Ф. К палинологическому обоснованию региональной стратиграфической схемы нижней и средней юры (без келловая) Западной Сибири // Проблемы стратиграфии мезозоя Западно-Сибирской плиты. Новосибирск: СНИИГГиМС, 2003. С. 49–67

Колпенская Н.Н., Танинская Н.В., Хафизов С.Ф., Шиманский В.В. Литолого-палеогеографические критерии прогноза зон развития неструктурных ловушек УВ в юрских отложениях юга Тюменской области – СПб.: Недра, 2006. 168 с.

Конторович А.Э., Конторович В.А., Рыжкова С.В., Шурыгин Б.Н., Вакуленко Л.Г., Гайдебурова Е.А., Данилова В.П., Казаненков В.А., Ким Н.С., Костырева Е.А., Москвин В.И., Ян П.А. Палеогеография Западно-Сибирского осадочного бассейна в юрском периоде // Геология и геофизика, 2013, т. 54, №8. С. 972–1012.

Никитенко Б.Л., Ильина В.И., Глинских Л.А. Стратиграфия, микрофоссилии и биофацции опорного разреза келловая и верхней юры Тюменской сверхглубокой скважины (Западная Сибирь) // Геология и геофизика. Т. 43 (№8). Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2002 С. 762–790.

Пещевицкая Е.Б., Хафаева С.Н. Палеофациальный анализ нижнемелового разреза скв. Северо-Вологодчанская-18 (Западная Сибирь) по фораминиферам и палинофлоре // Новости палеонтологии и стратиграфии: Вып. 10-11: Прил. к журналу «Геология и геофизика». Т. 49 – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2008. С. 273–278.

Решение 6-го Межведомственного стратиграфического совещания по рассмотрению и принятию уточненных стратиграфических схем мезозойских отложений Западной Сибири, Новосибирск, 2003 г. Объяснительная записка. Новосибирск, 2004. 114 с.

Ростовцева Ю.И. Палинокомплексы из среднеюрских отложений центра Европейской части России / Автореф. на соиск. уч. ст. к. г.-м. н. – Москва, 2014. 17 с.

Шиховцева Л.Г. Стратиграфия и палинофацции верхнеюрских отложений юго-востока Западно-Сибирской равнины. Дис. на соиск. уч. ст. к. г.-м. н. – Томск, 2002. 180 с.

Шурыгин Б.Н., Никитенко Б.Л., Девятов В.П., Ильина В.И., Меледина С.В., Гайдебурова Е. А., Дзюба О.С., Казаков А.М., Могучева Н.К. Стратиграфия нефтегазоносных бассейнов Сибири. Юрская система. Новосибирск: Изд-во СО РАН, филиал «Гео», 2000, 480 с.

Schweitzer H.J. Die rätö-jurassischen Floren des Iran und Afghanistans. 5. *Todites princeps*, *Thaumatopteris brauniana* und *Phlebopteris polypodioides* // *Palaeontographica* Abt. B. 1978. Bd. 168. P. 17-60.

РАСТИТЕЛЬНОСТЬ И КЛИМАТ ОКИНСКОГО ПЛАТО (ВОСТОЧНЫЙ СЯЯН) В ПОСЛЕДНИЕ 8.2 ТЫСЯЧ ЛЕТ: НА ПРИМЕРЕ БАССЕЙНА ОЗ. САГАН-НУР**Е.В. Безрукова¹, С.А. Решетова¹, Н.В. Кулагина², Е.В. Волчатова¹,
М. ван Харденбрук³, А.А. Щетников²**¹*Институт геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН, Иркутск, bezrukova@igc.irk.ru*²*Институт земной коры СО РАН, Иркутск, kulagina@crust.irk.ru*³*Университет Ньюкасла, Ньюкасл, maarten.vanhardenbroek@newcastle.ac.uk***VEGETATION AND CLIMATE OF THE OKA PLATEAU (EASTERN SAYAN) IN THE LAST 8.2 THOUSAND YEARS: CASE STUDY OF THE SAGAN-NUR LAKE BASIN****E.V. Bezrukova¹, S.A. Reshetova¹, N.V. Kulagina², E.V. Volchatova¹,
M. van Hardenbroek³, A.A. Shchetnikov²**¹*Vinogradov Institute of Geochemistry SB RAS, Irkutsk, bezrukova@igc.irk.ru*²*Institute of the Earth Crust SB RAS, Irkutsk, kulagina@crust.irk.ru*³*Newcastle University, Newcastle, maarten.vanhardenbroek@newcastle.ac.uk*

Ультрапресное оз. Саган-Нур является одним из самых примечательных, но очень слабо изученных географических объектов Окинского плато. Озеро ледникового происхождения, возникшее при заполнении экзарационной котловины водой в процессе дегляциации. Оно расположено в междуречье р. Оки и р. Сорок, в межгорной котловине, в окружении плосковершинных гор высотой до 1734-1824 м над у.м (рис. 1). Площадь водосборного бассейна оз. Саган-Нур составляет 8,5 км², максимальная глубина – 23 м, с севера на юг озеро простирается на 3.2 км, площадь водной поверхности небольшая, ок. 1. км² [Vladimirov et al., 2019]. Между тем, до настоящего времени нет информации о динамике растительности, климата в бассейне озера, истории его водной экосистемы. Настоящее исследование направлено на частичное восполнение этого пробела и получение первой реконструкции палеогеографического развития бассейна оз. Саган-Нур в голоцене.

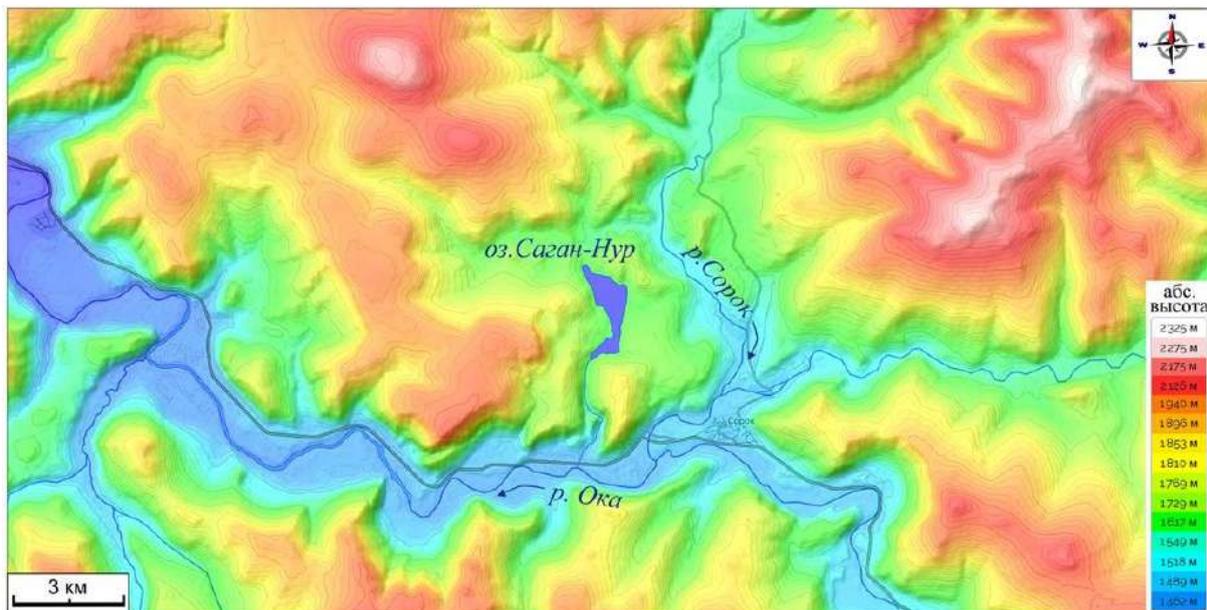


Рис. 1. Топографическая схема центральной части Окинского плато и положение оз. Саган-Нур

Климат Окинского плато резко континентальный с коротким и относительно теплым летом. Зимой в регионе доминирует Сибирский антициклон, летом погоду контролирует западный атмосферный перенос. Среднегодовая температура воздуха июля и января составляет +13,1°C и -24,4°C, соответственно, среднегодовая равна -5,1°C. Средняя годовая сумма атмосферных осадков около 325 мм, 95% которых выпадает с мая по сентябрь [Vladimirov et al., 2019).

В ландшафтной структуре Окинского плато доминируют лиственничные из *Larix sibirica* леса и редколесья, характерные для горно-таежного пояса континентального и резко-континентального климатических секторов Алтае-Саянской горной области. Степная растительность занимает хорошо прогреваемые южные склоны и вместе с лугами в долинах рек составляет основные пастбищные угодья. Уникальное сочетание остепненных участков и лиственничной тайги придают геосистемам этого региона высокое значение для природопользования. Это один из немногих регионов России, где разводятся яков.

В водосборном бассейне и на берегах оз. Саган-Нур преобладают лиственничные кустарниковые редколесья, долинная лугово-болотная растительность, иногда с елями *Picea obovata* и лиственницами, лиственничные моховые, лиственничные иногда с сосной сибирской *Pinus sibirica* леса и редколесья [Vladimirov et al., 2019].

Керн длиной 187 см был получен из донных отложений оз. Саган-Нур в 2020 г. В его литологическом составе преобладают биогенно-терригенные илы. Возраст отложений определен по массе осадка радиоуглеродным методом для пяти образцов. Датирование проведено в ЦКП «Лаборатория радиоуглеродного датирования и электронной микроскопии» Института географии РАН и Центре прикладных изотопных исследований Университета Джорджии (США). Значения радиоуглеродного возраста откалиброваны в программе OxCal с использованием калибровочной кривой Int Cal20 [Heaton et al., 2020]. Расчет возраста каждого сантиметра в керне из оз. Саган-Нур проведен методом интерполяции между двумя соседними датами с учетом средней скорости осадконакопления между ними. Палинологический анализ проведен для каждого второго сантиметра в керне. Измерение содержания биогенного кремнезема $SiO_2_{био}$ и магнитной восприимчивости МВ выполнено для каждого сантиметра. Длительные тенденции в изменении содержаний $SiO_2_{био}$ и МВ выражены пунктирной линией скользящей средней по пяти точкам (рис. 2).

Расчет процентного содержания таксонов, построение спорово-пыльцевой диаграммы и выделение трех локальных пыльцевых зон (Сгн-1-3, рис. 2) проведены в программе TILIA 1.7.16 с использованием стратиграфически ограниченного кластерного анализа CONISS [Grimm, 2011.]. Расчет процентного содержания индивидуальных пыльцевых таксонов основан на сумме пыльцы древесных и недревесных растений. Процентное содержание спор рассчитано на основе общей суммы наземной пыльцы и спор, принятой за 100%. Колонка *Betula* (рис. 2) включает сумму неразделенной на секции пыльцы берез. Интерпретация пыльцы *Betula* далее в тексте проводится с допущением, что пыльца этого рода состоит преимущественно из пыльцы кустарниковых берез, поскольку именно они в настоящее время часто формируют подлесок в лиственничных лесах или образуют самостоятельные ассоциации. Береза древовидная в бассейне озера встречается редко.

Состав спорово-пыльцевых спектров (СПС) зоны Сгн-3 предполагает мозаичный характер растительности с преобладанием кустарниковых тундр из березки кустарниковой *Betula sect. Nanae*, ольховника *Duschekia fruticosa*, ив *Salix* ок. 8120-7000 калиброванных лет назад (к.л.н.). Однако в растительности водосборного бассейна оз. Саган-Нур существовала и лесная растительность из *Picea obovata* и *Larix* (рис. 2), подразумевающая развитие хорошо увлажненных, холодных почв. С другой стороны, относительно высокий процент пыльцы полыней *Artemisia*, маревых *Chenopodiaceae/Amaranthaceae* указывает на неустойчивый и периодически или сезонно засушливый климат. Это могло быть результатом более высокой, чем в настоящее время, степени континентальности климата из-за еще низкого глобального уровня моря, высокой летней и низкой зимней инсоляции в умеренных широтах северного полушария [Laskar et al., 2004]. Низкое обилие пыльцы сосны обыкновенной *Pinus sylvestris* (27-35%) и *Pinus sibirica* (2-10%) позволяет рассматривать ее как заносный компонент.

Состав реконструированной растительности предполагает континентальный климат с высоким почвенным увлажнением из-за таяния многолетней мерзлоты летом. Резкие изменения значений МВ в донных отложениях (рис. 2) свидетельствует о ритмичном поступлении в оз. Саган-Нур терригенного материала, вероятно, из-за частых паводков. Паводки могли быть следствием активного таяния снега и верхнего слоя многолетней мерзлоты летом, что могло быть обусловлено еще высокой летней инсоляцией [Laskar et al., 2004] и связанными с ней теплыми летними сезонами. Этот интервал соотносится с финалом термического оптимума голоцена во внетропической области северного полушария [Marcott et al., 2013].

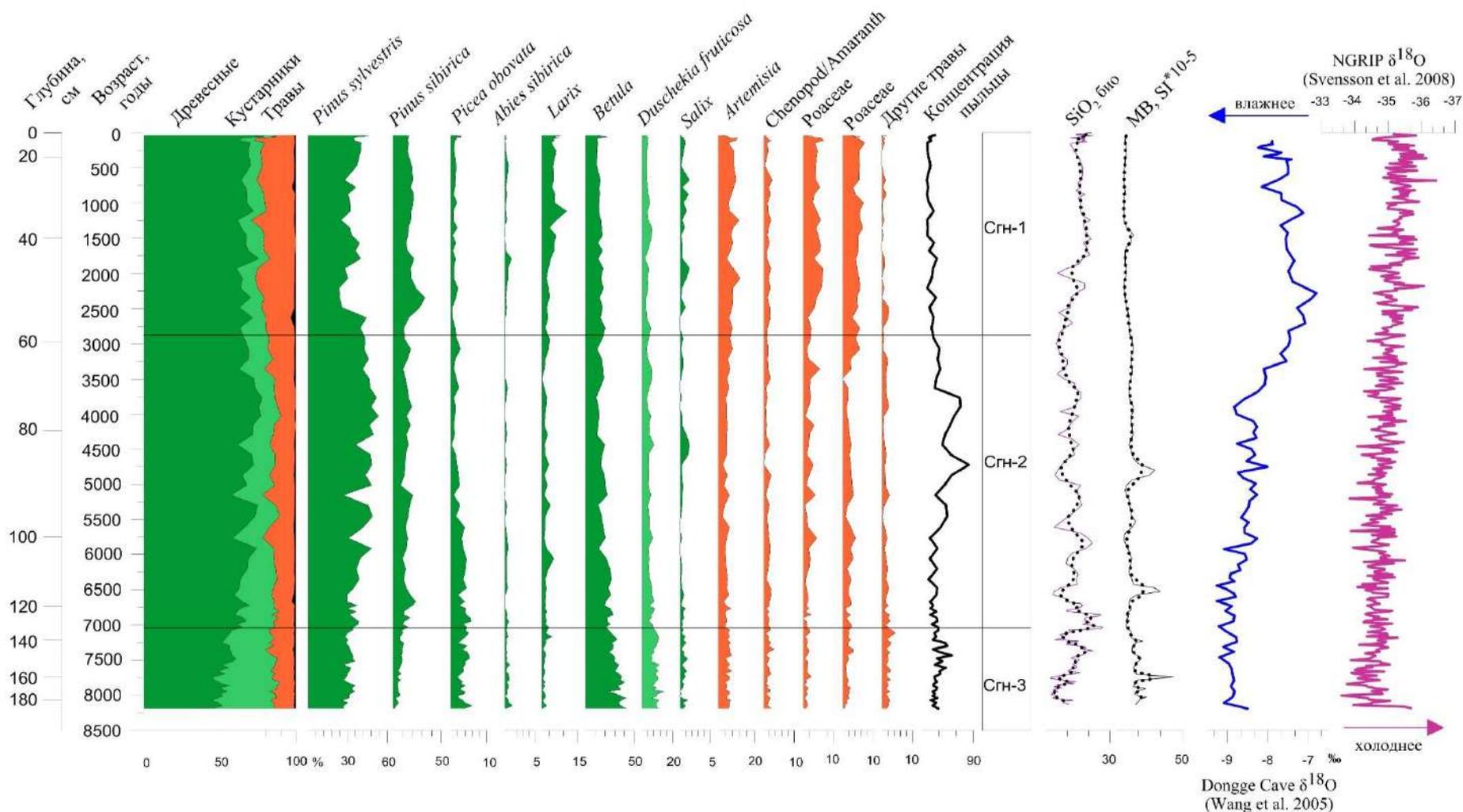


Рис. 2. Обобщающий график, показывающий вариации процентного соотношения пыльцевых таксонов, изменение SiO₂_{б/ю}, магнитной восприимчивости MB в донных отложениях оз. Саган-Нур в сравнении с записями глобального климата: NGRIP δ¹⁸O из ледников Гренландии как показателя температуры воздуха в северном полушарии [Svensson et al. 2008], Dongge Cave δ¹⁸O из китайских сталагмитов [Yuan et al., 2004] как показателя интенсивности влагонесущего восточно-азиатского летнего муссона

Повышение относительного обилия пыльцы древесных наряду с пыльцой *Pinus sylvestris* ок. 7000 л.н., реконструкция биомов (рис. 2) свидетельствует о расширении лесной растительности с сосной обыкновенной с этого времени и предполагают дальнейшее потепление климата и частичную деградацию вечной мерзлоты, что является важным фактором, ограничивающим рост этого вида в Сибири [Шумилова, 1960]. Прогрессирующий подъем верхней границы леса с участием сосны в Восточном Саяне с ~7000 происходил синхронно с ее экспансией в горах юга Сибири и многих районах Северной Азии [Zhang, Feng, 2018]. Однако в составе местной растительности котловины оз. Саган-Нур преобладали разреженные лиственничные леса, тундровые ассоциации из березок, ольховника, ивы.

Сокращение долинных ельников ~7000-3200 к.л.н. могло быть обусловлено наступлением более сухого климата. Низкие значения МВ в этот время свидетельствуют о снижении потока терригенного вещества в воды озера. Однако следует рассматривать еще одну и, возможно, более важную причину сокращения площадей ели. Этой причиной могла стать перестройка гидрографической сети в центральной части Окинского плато и в бассейне оз. Саган-Нур. Известно, что в дополнение к атмосферным осадкам поступление талых вод от таяния мерзлоты и ледников также может играть ключевую роль в колебаниях уровня озер в раннем голоцене при высокой летней инсоляции, особенно в случае ледниковых озерных бассейнов на горных плато [Hou et al., 2021]. Согласно исследованиям динамики ледников юга Восточной Сибири, предполагается что позднеплейстоценовые ледники могли полностью исчезнуть в среднем голоцене [Stepanova et al., 2019]. Сокращение объема поступающих в оз. Саган-Нур талых вод приводило к меньшей водности рек, исчезновению временных водотоков, и, в итоге, сокращению влажных и прохладных долинных мест обитания для ели.

Начиная с ~3000 л.н. повысившееся обилие пыльцы трав *Artemisia*, *Poaceae*, *Chenopodiaceae/Amaranthaceae*, *Syringaceae* свидетельствует о том, что региональная растительность стала менее сомкнутой. Снижение относительного обилия пыльцы *Pinus sylvestris* и повышение - *Pinus sibirica*, *Larix*, предполагает расширение в бассейне озера участия *Pinus sibirica* и региональное преобладание лиственничных лесов. В горах Южной Сибири древостой из лиственницы сибирской с участием *Pinus sibirica* связаны с холодными мерзлотными почвами [Огуреева, Бочарников, 2014], и широкое развитие лиственничных лесов позволяет сделать вывод о более холодном, чем ранее климате последних 3200 лет в бассейне оз. Саган-Нур. Повышенное содержание пыльцы *Salix*, *Syringaceae* могло быть результатом заболачивания берегов оз. Саган-Нур из-за постепенного снижения его уровня. Минимальные значения МВ отложений в последние ~3000 лет означают слабый поток терригенного материала с береговым стоком в менее влажном климате.

Вариации значений $SiO_{26но}$ в донных отложениях озера могут означать неустойчивость водной системы оз. Саган-Нур, в которой интервалы относительно высокой продуктивности через каждые несколько сотен лет чередовались с интервалами низкой продуктивности.

Сравнение реконструированной динамики растительности бассейна оз. Саган-Нур с изменением глобального климата из различных природных архивов умеренных широт Евразии (рис. 2) показывает, что процентная кривая пыльцы древесных растений очень напоминает изотопную запись NGRIP $\delta^{18}O$, а повышение относительного обилия пыльцы трав происходило параллельно с изменением активности летнего муссона. Усиление позиций *Larix u Pinus sibirica* в позднем голоцене соотносится с неоплейстоценовым похолоданием, хорошо заметным по изотопным записям из Гренландии и Китая (рис. 2) и ассоциируется с ослаблением летней инсоляции (Laskar et al., 2004).

В результате проведенных исследований получена первая детальная реконструкция растительности и климата Окинского плато на территории бассейна оз. Саган-Нур за последние 8120 лет. Основные изменения состава пыльцы в отложениях оз. Саган-Нур синхронны изменениям глобального климата, что указывает на высокую чувствительность региональной растительности к изменениям глобального/регионального климата в среднем-позднем голоцене. Отсутствие в СПС из донных отложений оз. Саган-Нур пыльцы растений-индикаторов сельскохозяйственных культур или выпаса животных предполагает незначительную активность человека в бассейне и береговой зоне озера вплоть до настоящего времени.

Полученные реконструкции будут способствовать определению наиболее перспективных озер и их бассейнов в горах Восточного Саяна для потенциального устойчивого развития с помощью специальных проектов (например, образовательных, туризм, геоохрана и т. д.).

Исследования выполнены при финансовой поддержке гранта РФФИ-Лондонское Королевское общество № 21-55-10001) и в соответствии с государственным заданием Института геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН (проект № № 0284-2021-0003).

Литература:

Огуреева Г.Н., Бочарников М.В. География разнообразия бореальных лесов у южной границы распространения и их картографирование (горы Южной Сибири и Монголии) // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. 2014. № 5. С. 53–61.

Шумилова Л.В. Основные черты коренного растительного покрова Сибири и закономерности его географического распределения // Труды Томского государственного университета. 1960. Т. 148. С. 171–182.

Grimm E.C. Tilia 1.7.16 Software. Springfield, IL: Illinois State Museum. Research and Collection Center. 2011.

Heaton T.J., Blaauw M., Blackwell P.J., Bronk Ramsey Ch. et al. The IntCal20 Approach to Radiocarbon Calibration Curve Construction: A New Methodology Using Bayesian Splines and Errors-invariables // Radiocarbon. 2020. № 62 (4). P. 821–863.

Hou Y., Long Ha., Shen J., Gao L. Holocene lake-level fluctuations of Selin Co on the central Tibetan plateau: Regulated by monsoonal precipitation or meltwater? // Quaternary Science Reviews. 2021. Vol. 261. 106919.

Laskar, J., Robutel, P., Joutel, F., Gastineau, M. et al. A long-term numerical solution for the insolation quantities of the Earth // Astron. Astrophys. 2004. Vol. 428. P. 261–285.

Marcott Sh.A., Shakun J.D., Clark P.U., Mix A.C. et al. Reconstruction of Regional and Global Temperature for the Past 11,300 Years // Science. 2013. Vol. 339. P. 1198–1201.

Stepanova O.G., Trunova V.A., Osipov E.Yu. et al. Glacier dynamics in the southern part of East Siberia (Russia) from the final part of the LGM to the present based on from biogeochemical proxies from bottom sediments of proglacial lakes // Quaternary International. 2019. Vol. 524. P. 4–12.

Svensson A., Andersen K.K., Bigler M., Clausen H.B. et al. A 60000 year Greenland stratigraphic ice core chronology // Clim. Past. 2008. Vol. 4. P. 47–57.

Vladimirov I.N., Vyrkin V.B., Ilyicheva E.A., Kobylkin D.V. et al. Natural Conditions and Ecological Potential of Geosystems in the Central Part of the Oka Plateau (Eastern Sayan) // Geography and Natural Resources. 2019. Vol. 40 (No. 3). P. 264–274.

Yuan D.X., Cheng H., Edwards R.L., Dykoski C.A. et al. Timing, duration, and transitions of the last interglacial Asian monsoon // Science. 2004. Vol. 304. P. 575–578.

Zhang D., Feng Z. Holocene climate variations in the Altai Mountains and the surrounding areas: A synthesis of pollen records // Earth-Science Reviews. 2018. Vol. 185. P. 847–869.

**ПОСЛЕЛЕДНИКОВАЯ ИСТОРИЯ *PINUS KORAIENSIS* НА ЮГЕ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА РОССИИ****П.С. Белянин, Н.И. Белянина***Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, Владивосток, pavelbels@yandex.ru***POSTGLACIAL HISTORY OF THE *PINUS KORAIENSIS* IN THE SOUTH OF THE RUSSIAN FAR EAST****P.S. Belyanin, N.I. Belyanina***Pacific Geographical Institute of the FEB RAS, Vladivostok
Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences*

Сосна корейская или сосна кедровая (*Pinus koraiensis*), представитель семейства сосновых (Pinaceae), рода сосна (*Pinus*) – одна из главных лесообразующих пород на юге Дальнего Востока России. Это одно из немногих мест в Восточной Азии, где сохранились малонарушенные лесные массивы и коренные древостои [Krestov, 2003].

Вопрос о времени появления этого растения в континентальных экосистемах юга Дальнего Востока России в постледниковое время и его динамике в растительных формациях голоцена является интересным и до последнего времени оставался до конца не выясненным. Согласно современным палеогеографическим представлениям, в эпоху последнего плейстоценового криохрона, соответствующего морской изотопной стадии (МИС) 2, произошла значительная перестройка структуры растительного покрова Земли, затронувшая и Япономорский бассейн. Тогда, из-за ухудшения природных условий на юге Дальнего Востока России доминировали растительные формации елово-пихтовых, березовых и лиственничных лесов с кустарниковой березкой [Андерсон и др., 2017; Короткий и др., 2005], в которых участие сосны корейской сходило на нет. По всей видимости, ее ареал располагался южнее и восточнее, охватывая юг Корейского полуострова и юг Японского архипелага, которые, вследствие низкого уровня моря [Хершберг 2013] соединялись с Японскими островами сухопутным мостом, прерывавшимся лишь узким проливом [Park et al., 2000].

Исчезновение *Pinus koraiensis* на юге Дальнего Востока России подтверждают и многочисленные пыльцевые летописи из отложений, накапливавшихся в криохроны позднего плейстоцена. Тем не менее, найденные в осадках интерстадиалов позднего плейстоцена (МИС 2) на юге Дальнего Востока пыльцевые зерна пятихвойных сосен *Pinus s/g Haploxyton*, принадлежат *Pinus koraiensis* (Belyanin, Belyanina, 2021). Об этом свидетельствует и таксономический состав палиноспектров, отражающих широкое распространение разнообразных по структуре, сомкнутых темнохвойных лесов с елью и пихтой. Это позволяет исключить участие в них соснового стланика (*Pinus pumila*), плохо переносящего затенение и конкуренцию с другими кустарниками и деревьями под сомкнутым лесным пологом [Кабанов, 1977].

Такие биостратиграфические данные получены нами по аллювиально-озерным отложениям в восточном секторе Приханкайской равнины (скв. 579, гл. 5.2 м), возраст которых по результатам радиоуглеродного датирования составил 21 402±453 кал. л. н. (Ки-2166), а доля пыльцы *Pinus koraiensis* в палиноспектрах – 6.2% [Белянин, Белянина, 2012]. В близких по возрасту (20 599±83 кал. л. н., SAMS # 73291) осадках оз. Карасье отмечены единичные зерна *Pinus koraiensis* [Андерсон и др., 2017]. В палиноспектрах долинных отложениях нижнего течения р. Бикин, по разрезам 6204 и 6205, датированных 21 673±448 кал. л. н. (Ки-3293), 18 138±288 кал. л. н. (Ки-3294) и 13 173±112 кал. л. н. (Ки-3343) ее пыльцевые зерна встречаются единично [Белянин, 2013].

Несмотря на значительный объем палеоботанических исследований юга Дальнего Востока России [Алексеев, Голубева 1980; Андерсон и др., 2017; Короткий, 2002; Голубева, Караулова, 1983; Короткий и др., 2005; Павлюткин, Белянина, 2002; Mikishin et al., 2008; Razjigaeva et al., 2017; 2018], эволюция растительности этого региона остается еще недостаточно детально исследованной. Это обусловлено малым количеством изученных разрезов и скважин, позволяющих зафиксировать влияние короткопериодных климатических осцилляций голоцена на изменения в растительности. Практически отсутствуют палинологические данные по отложениям раннего голоцена, а имеющиеся пыльцевые летописи по среднему и позднему голоцену часто не подкреплены радиоуглеродными датами.

По данным Г.М. Шумовой и В.А. Климановой [1989], началом экспансии *Pinus koraiensis* является временной рубеж около 900 кал. л. н. В.М. Урусов [1999] считает, что распространение *Pinus koraiensis* произошло после 4000 кал. л. н. Иного мнения придерживался М.И. Нейштадт [1952]. Основываясь на результаты палинологического изучения торфяников, он сделал выводы, согласно которым, сосна корейская появилась в предгорьях южного Сихотэ-Алиня и Восточно-Маньчжурских гор 12 000-9500 л. н. (13 800-10 800 кал. л. н.). Однако, ограниченное количество пыльцевых летописей и отсутствие результатов радиоуглеродного датирования по ним не позволило представить убедительные доказательства. Первые свидетельства о начале экспансии сосны корейской на юге Дальнего Востока России в раннем голоцене удалось получить позднее [Павлюткин, Белянина, 2002; Mikishin et al., 2008; Андерсон, 2017]. Цель настоящего исследования – реконструировать распространение *Pinus koraiensis* в растительности юга Дальнего Востока России в послеледниковое время.

В полученных нами пыльцевых летописях, датированных по органическим остаткам 11 700-10 500 кал. л. н., отмечается появление пыльцевых зерен *Pinus koraiensis* (рис. 1). Это хорошо соотносится с данными о глобальном улучшении природных условий в это время (Короткий и др., 2005; Безрукова и др., 2005; Андерсон и др., 2017; Белянин и др., 2018), обусловивших существенное изменение структуры растительных формаций из-за активизировавшихся миграций растений к северу. Тогда, на юге Дальнего Востока сложились благоприятные природные условия для расселения сосны корейской под лесным пологом разнообразной по структуре растительности. Началось становление современного облика экосистем, в которых *Pinus koraiensis* получила широкое распространение.

В раннем голоцене в предгорьях Среднего Сихотэ-Алиня, участие *Pinus koraiensis* оставалось еще незначительным. Однако, в южных отрогах этой горной системы и Восточно-Маньчжурских гор сосна корейская уже стала одним из эдификаторов темнохвойно-мелколиственных лесов с дубом монгольским и ильмом. Об этом свидетельствуют пыльцевые летописи, в которых содержание пыльцы *Pinus koraiensis* заметно выше, чем в долинных отложениях Среднего Сихотэ-Алиня. Схожие процессы протекали и в Прибайкалье, где около 11 000 кал. л. н. началась экспансия другой кедровой сосны – сосны сибирской *Pinus sibirica* [Безрукова, 2005].

Увеличение доли пыльцы *Pinus koraiensis* в палиноспектрах раннего голоцена к югу свидетельствует, что ее расселение в горных системах Сихотэ-Алиня и Маньчжуро-Корейских гор происходило с Корейского п-ва, где даже в МИС 2, сохранялся более мягкий климат [Nakamura, Krestov, 2005; Tsukada, 1984].

Наступившее при переходе от раннего к среднему голоцену кратковременное похолодание, привело к частичному вытеснению *Pinus koraiensis* более холоднотойкими хвойными породами. В горных экосистемах, особенно на склонах северных экспозиций *Pinus koraiensis*, наряду с широколиственными породами в значительной мере уступила место пихте и ели. Лишь в Южном Приморье сохранялось ее участие в растительности.

В среднем голоцене продолжился рост теплообеспеченности, что спровоцировало сдвиг природных зон на 200-400 км к северу [Хотинский 1977]. Согласно материалам А.А. Величко, в оптимальную фазу голоцена глобальная температура была выше на 0.7-1° [Величко, 2012], в Приморье, по всей видимости они были выше на 3-5° [Короткий и др., 1999], а на юге Корейского п-ва на 2-3° [Sohn, 1984].

В результате возрастания среднегодовых температур, сосна корейская заметно расширила свой ареал на юге Дальнего Востока, где видовой состав растительных формаций стал более богатым, по сравнению с современным. По всей видимости, в растительности присутствовали виды, ареалы которых в настоящее время охватывают Северную Корею (севернее 40° с. ш.), восточные районы Маньчжурии, при этом, некоторые роды были представлены большим видовым разнообразием. Схожие процессы протекали и в Прибайкалье, где около 6800 кал. л. н. *Pinus sibirica* стала одной из главных лесообразующих пород [Безрукова и др., 2009]. Начавшееся в конце среднего голоцена снижение среднегодовых температур обострило конкуренцию *Pinus koraiensis* с более холоднотойкими породами – елью и пихтой, что вновь привело к сокращению площадей сосновых лесов. Пульсации ареала сосны корейской в позднем голоцене происходили на фоне нестабильности климатических условий, с трендом к снижению теплообеспеченности [Wanner et al., 2008]. Полученные в ходе исследования палинологические

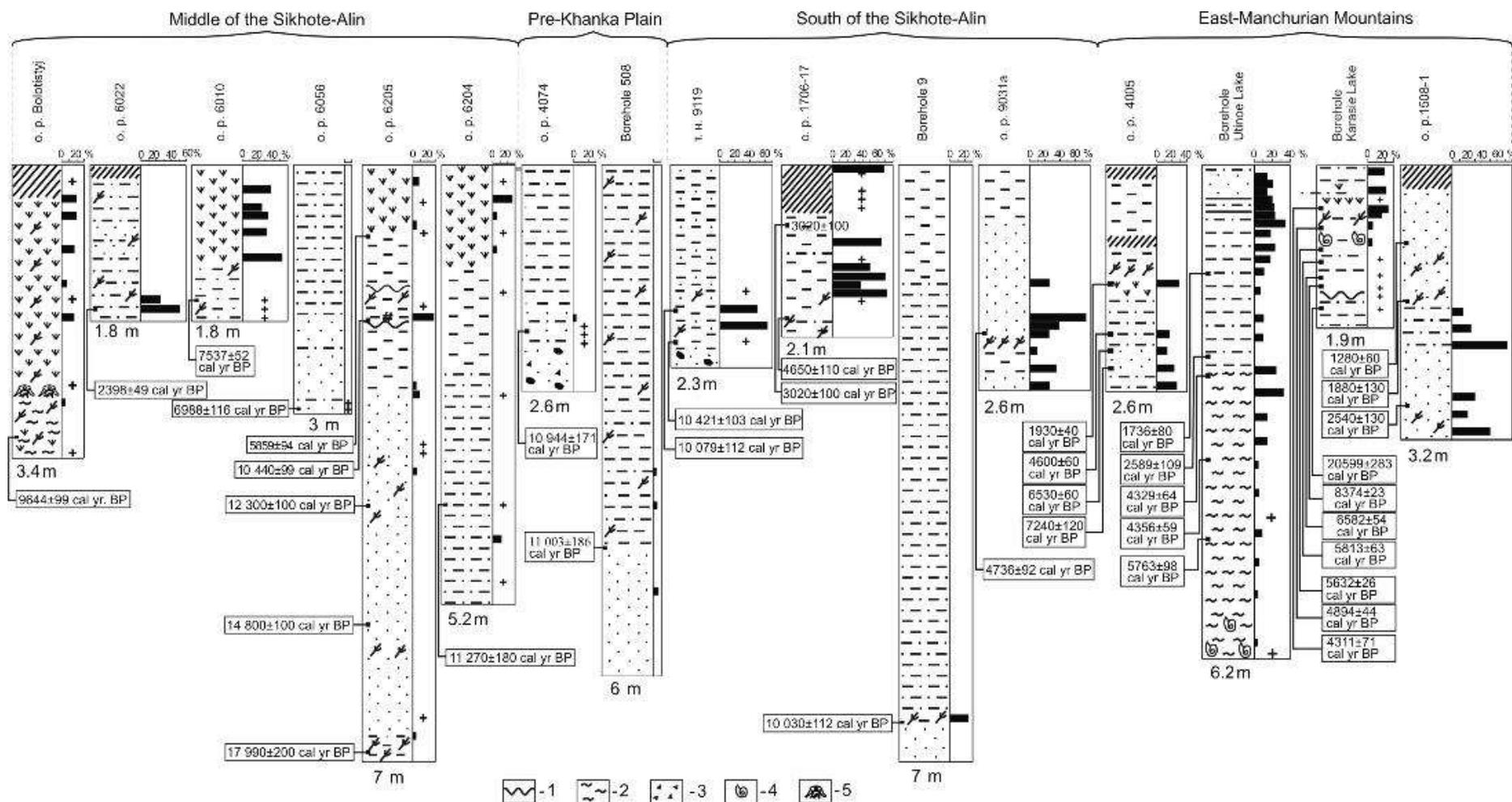


Рис. 1. Доля пыльцы *Pinus koraiensis* в палиносpectрах изученных отложений скважин и разрезов на юге Дальнего Востока России в голоцене

данные свидетельствуют, что изменение участия *Pinus koraiensis* в растительных формациях происходило волнообразно.

Похолодание в начале позднего голоцена вызвало широкое распространение темнохвойных и мелколиственных растений с одновременным снижением участия *Pinus koraiensis* в растительности. Однако, во время этого похолодания, имело место и короткое потепление. Тогда, в горных отрогах вновь возросла роль *Pinus koraiensis*. По всей видимости она являлась кодоминантом растительных формаций с *Pinus densiflora*, *Quercus mongolica*, *Abies holophylla*, *Abies neprolepsis* и другими породами. Синхронные процессы протекали и в Прибайкалье 2600-1800 кал. л. н., где расширились площади лесов из кедровой сибирской сосны *Pinus sibirica* [Безрукова, 2009].

Последовавшее затем снижение теплообеспеченности, повлекло трансформацию на склонах гор кедрово-широколиственных лесов в кедрово-темнохвойные и мелколиственные, из-за вытеснения сосны корейской елью и пихтой, а также снижение ее высотного распространения.

Другое кратковременное потепление [Wanner et al., 2008], сопоставляемое нами с хорошо проявившейся в средних широтах Средневековой климатической аномалией, произошло во второй половине позднего голоцена. В экосистемах Сихотэ-Алиня и Восточно-Маньчжурских гор оно обусловило расширение площадей полидоминантных лесов с высоким участием *Pinus koraiensis*. Вероятно, в древостое преобладали *Pinus densiflora*, *Betula sect. Albae*, *Betula sect. Costatae*, *Betula davurica*, *Abies holophylla*, *Carpinus cordata* и другие растения.

В позднем голоцене на юге Дальнего Востока сосна корейская укрепила свои позиции в растительности. В Восточно-Маньчжурских горах и в Южном Сихотэ-Алине она стала главным лесообразователем полидоминантных лесов с сосной густоцветковой и пихтой цельнолистной, а в Среднем Сихотэ-Алине и выше 700-900 м вошла в число основных лесообразующих пород в пихтово-еловых лесах с участием широколиственных и мелколиственных пород.

Выводы

Полученные палинологические и хроностратиграфические данные, позволили датировать появление *Pinus koraiensis* на юге Дальнего Востока России началом раннего голоцена и реконструировать его участие в континентальных экосистемах юга Дальнего Востока России в послеледниковое время. При переходе от последнего криохрона позднего плейстоцена (МИС 2) к термохрону, ознаменовавшего начало голоцена, когда наступило значительное улучшение климата, ареал сосны корейской смещаясь к северу, достиг юга Дальнего Востока России. Началось формирование современного облика континентальных экосистем Тихоокеанского ландшафтного пояса, основным компонентом которых в Южном Сихотэ-Алине и Восточно-Маньчжурских горах стала сосна корейская. Этот природно-климатический рубеж отвечает периоду реабилитации хвойно-широколиственных лесов после завершившейся холодной эпохи.

В среднем голоцене продолжилось усиление позиций *Pinus koraiensis*, прерываемое кратковременными снижениями температур. В Южном Сихотэ-Алине и в Восточно-Маньчжурских горах она стала основным неморальным ценоэлементом сложных по структуре полидоминантных лесов, а в Среднем Сихотэ-Алине входила в состав смешанных лесов с мелколиственными породами, елью аянской, пихтой белокорой и другими широколиственными растениями.

Нестабильные климатические условия в позднем голоцене обусловили разнонаправленные, преимущественно меридиональные миграции *Pinus koraiensis* на Юге Дальнего Востока. В результате улучшения природных условий в конце позднего голоцена расширилось ее распространение, а очертания ареала приняли современное положение. Сформировался современный облик экосистем Тихоокеанского ландшафтного пояса. Тем не менее, видовой состав растительности оставался более бедным, чем в оптимуме голоцена.

Литература:

Алексеев М.Н., Голубева Л.В. К стратиграфии и палеогеографии верхнего плейстоцена южного Приморья // Бюллетень Комиссии по изучению четвертичного периода. 1980. № 50. С. 96–107.

Андерсон П.М., Белянин П.С., Белянина Н.И., Ложкин А.В. Эволюция растительного покрова западного побережья залива Петра Великого в позднем плейстоцене-голоцене // Тихоокеанская геология. 2017. Том 36. № 4. С. 206–215.

Безрукова Е.В., Кривоногов С.К., Абзаева А.А., Вершинин К.Е., Летунова П.П., Орлова Л.А., Такахара Х., Миешуи Н., Накамура Т., Крапивина С.М., Кавамуро К. 2005. Ландшафты и климат Прибайкалья в позднеледниковье и голоцене по результатам комплексных исследований торфяников // Геология и геофизика. Том 46. № 1. С. 21–33.

Безрукова Е.В. Реконструкция развития геосистем Приморского хребта во второй половине голоцена // География и природные ресурсы. 2009. № 3. С. 48–55.

Белянин П.С., Иванов В.В., Леснов С.В., Белянина Н.И., Арсланов Х.А., Максимов Ф.Е. 2018. Биостратиграфия верхнеплейстоцен-голоценовых долинных отложений среднего Сихотэ-Алиня (на примере Болотистого россыпного поля в верховьях р. Хор) // Вестник Северо-Восточного научного центра ДВО РАН. №1. С. 20–31.

Белянин П.С. Развитие геосистем бассейна р. Бикин (Дальний Восток) в среднем и позднем голоцене // География и природные ресурсы. 2013. № 1. С. 105–111.

Белянин П.С., Белянина Н.И. К эволюции растительного покрова Приханкайской впадины и ее горного обрамления в позднем неоплейстоцене-голоцене (по палинологическим данным) // Тихоокеанская геология. 2012. Том 31. № 2. С. 96–100.

Величко А.А. Эволюционная география: Проблемы и решения. М.: ГЕОС, 2012. 564 с.

Голубева Л.В., Караулова Л.П. Растительность и климатостратиграфия плейстоцена и голоцена юга Дальнего Востока // Тр. ГИН. 1983. Вып. 366. 143 с.

Кабанов Н.Е. Хвойные деревья и кустарники Дальнего Востока. М.: Наука, 1977. 175 с.

Короткий А.М. Палинологические характеристики и радиоуглеродные датировки верхнечетвертичных отложений российского Дальнего Востока (низовья р. Амур, Приморье, о. Сахалин, Курильские острова) // Позднечетвертичные растительность и климаты Сибири и Российского Дальнего Востока (палинологическая и радиоуглеродная база данных). Магадан: СВНЦ ДВО РАН, 2002. С. 257–369.

Короткий А.М., Караулова Л.П., Троицкая Т.С. Четвертичные отложения Приморья: Стратиграфия и палеогеография. Новосибирск: Наука, 1980. 234 с.

Короткий А.М., Андерсон П.М., Ложкин А.В., Матросова Т.В., Соломаткина Т.Б., Браун Т.А., Брубейкер Л.Б., Гребенникова Т.А., Мохова Л.М., Ху Ф.С. Особенности эволюции природной среды хр. Сихотэ-Алинь (Приморский край) в голоцене по данным озерных отложений // Страницы четвертичной истории Северо-Восточной Азии. Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 2005. 87 с.

Короткий А.М., Волков В.Г., Гребенникова Т.А., Разжигаева Н.Г., Пушкарь В.С., Ганзей Л.А., Мохова Л.М. Дальний Восток // Изменение климата ландшафтов за последние 65 миллионов лет (кайнозой: от палеоцена до голоцена). М.: ГЕОС, 1999. С. 146–164.

Нейштадт М.И. О корейском кедре на советском Дальнем Востоке, как «реликте» третичного времени. Доклады АН СССР. 1952. Т. 86, № 2. С. 425–428.

Павлюткин Б.И., Белянина Н.И. Четвертичные отложения Приморья: некоторые итоги систематизации и дальнейшие перспективы изучения // Тихоокеанская геология. 2002. Том 21. № 3. С. 80–93.

Разжигаева Н.Г., Ганзей Л.А., Мохова Л.М., Гребенникова Т.А., Паничев А.М., Копотева Т.А., Кудрявцева Е.П., Арсланов Х.А., Максимов Ф.Е., Старикова А.А., Петров А.Ю. Этапы развития ландшафтов западного макросклона Сихотэ-Алиня на рубеже плейстоцена–голоцена (бассейн реки Бикин) // География и природные ресурсы. 2017. № 3. С. 127–138.

Урусов В.М. Сосны и сосняки Дальнего Востока. Владивосток: Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, 1999. 385 с.

Хершберг Л.Б., Михайлик Е.В., Пушкарь В.С., Вачаев Б.И. Строение, вещественный состав илстой толщи шельфа Юга Приморья и перспективы ее освоения // Тихоокеанская геология. 2013. Том 23. № 2. С. 90–99.

Хотинский Н.А. Голоцен Северной Евразии. М.: Наука, 1977. 200 с.

Шумова Г.М., Климанов В.А. Растительность и климат позднеледниковья и голоцена прибрежной зоны среднего Приморья // Палеоклиматы позднеледниковья и голоцена. М.: Наука, 1989. С. 154–160.

Belyanin P.S., Belyanina N.I. The late Pleistocene and Holocene history of *Pinus koraiensis* (Korean Pine) in the south of the Russian Far East based on palynological data // *Acta Palaeobotanica*, 2021. Vol. 61. № 2. P. 148–170.

Krestov P.V. Forest vegetation of Easternmost Russia (Russian Far East). In: *Forest Vegetation of Northeast Asia*. Kluwer, Dordrecht., 2003. P. 91–179.

Mikishin Yu.A., Petrenko T.I., Gvozdeva I.G., Popov A.N. Evolution of Landscapes in Khasansky District (Southwest Primorye) in Late Pleistocene – Holocene // *Proceedings of International Symposium “Human Ecosystem Changes in the Northern Circum Japan Sea Area (NCJSA) in Late Pleistocene*. 2008. Tokyo. P. 82–94

Nakamura Y., Krestov P.V. Coniferous forests of the temperate zone of Asia // *Coniferous forests (Ecosystems of the World, Vol. 6)*. 2005. P. 163–220.

Park S.-C., Yoo D.G., Lee C.W., Lee E.I. Last glacial sea-level changes and paleogeography of the Korea (Tsushima) Strait // *Geo-Marine Letters*, 2000. Vol. 20. № 2. P. 64–71.

Razjigaeva N.G., Ganzeya L.A., Grebennikova T.A., Mokhova L.M., Kudryavtseva E.P., Arslanov Kh.A., Maksimov F.E., Starikova A.A. Landscape and environmental changes along the Eastern Primorye coast during the middle to late Holocene and human effects // *Journal of Asian Earth Sciences*. 2018. Vol. 158. P. 160–172.

Sohn P.K. The paleoenvironment of middle and upper Pleistocene Korea. In: Whyte R.P. (ed.), *The Evolution of the East Asian Environment*. Univ. Hong Kong, Hong Kong, 1984. Vol. 4. P. 877–893.

Tsukada M. A vegetation map of the Japanese Archipelago approximately 20000 years BP // *Japanese Journal of Ecology*. 1984. Vol. 34. P. 203–208.

Wanner H., Beer J., Butikofer J., Crowley T.J., Cubasch U., Fluckiger J., Goosse H., Grosjean M., Joos F., Kaplan J.O., Kuttel M., Muller S.A., Prentice I.C., Solomina O., Stocker T.F., Tarasov P., Wagner M., Widmann M. Mid- to Late Holocene climate change: an overview // *Quaternary Science Reviews*. 2008. Vol. 27. P. 1791–1828.



ДИНАМИКА РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА ЗАПАДНЫХ ПРЕДГОРИЙ АЛТАЯ В ПОЗДНЕЛЕДНИКОВЬЕ И ГОЛОЦЕНЕ ПО ДАННЫМ СПОРОВО-ПЫЛЬЦЕВОГО АНАЛИЗА ТОРФЯНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ БОЛОТА «МОХОВОЕ»

Т.А. Бляхарчук^{1,2}

¹*Институт мониторинга климатических и экологических систем Сибирского отделения Российской Академии Наук, Томск. blyakharchuk@mail.ru*

²*Томский государственный университет (ТГУ)*

DYNAMICS OF THE VEGETATION COVER IN WESTERN FOOTHILLS OF THE ALTAI MTS. DURING LATE GLACIAL AND HOLOCENE ACCORDING TO DATA OF SPORE-POLLEN ANALYSIS OF THE PEAT DEPOSITS OF “MOKHOVOE” BOG

T.A. Blyakharchuk^{1,2}

¹*Institute of Monitoring of Climatic and Ecological Systems of Siberian Branch of Russian Academy of Sciences (IMCEM SB RAS). Tomsk*

²*Tomsk State University (TSU).*

Западные предгорья Алтая являются уникальным регионом для изучения динамики климата в послеледниковое время, поскольку географически они расположены на границе между степной зоной юга Западной Сибири и горными лесами Алтае-Саянской горной области. В силу этого, данный регион очень чувствителен к изменениям климата, особенно к изменениям увлажнённости климата, поскольку именно количество атмосферных осадков является лимитирующим фактором распространения лесов на юге Западной Сибири (Шумилова, 1962). По широте данный регион лежит в пределах степной зоны равнин, но горы Алтая, выполняя барьерную роль, перехватывают атмосферную влагу, приносимую западными циклонами. В результате, западные предгорья Алтая получают достаточное количество осадков для произрастания лесов - берёзовых и сосновых в низкогорьях и темнохвойных с пихтой и кедром в верхнем поясе горных лесов. Это природный экотон гиперчувствительный к любым изменениям климата. Кроме того, Предалтайская равнина и западные предгорья Алтая в течение всего позднего голоцена были ареной развития различных археологических культур [Молодин, 2012]. В современных археологических исследованиях подчеркивается важность реконструкции географической среды обитания древних людей [Фролов, 2010; 2016]. Одним из основных источников палеоклиматической информации являются палеопалинологические данные. Между тем для района западных предгорий Алтая еще очень мало таких данных. Имеющиеся для этой и прилегающей территории палеопалинологические данные охватывают либо очень небольшой период времени в 1500 лет [Blyakharchuk et al., 2017; 2020], либо расположены в менее климатически чувствительных районах степей [Rudaya et al., 2020] и горных лесов [Andreev et al., 2007; Rudaya et al., 2016].

Нами был проведён спорово-пыльцевой анализ разреза торфяных отложений болота «Моховое», расположенного в западных предгорьях Алтая у пос. Ая недалеко от Горно-Алтайска (51°07'160 с.ш., 85°84'6734 в.д.). Отбор керн из отложений производился торфяным буром. Всего отобрано 600 см торфа подстилаемых 40 см озёрных отложений. На спорово-пыльцевой анализ образцы отбирались через 5 см, проанализировано спорово-пыльцевым методом в общей сложности 130 образцов. Получено 5 радиоуглеродных датировок методом УМС в радиоуглеродной лаборатории Национального университета Тайваня, показавших, что осадконакопление в месте исследования началось 16185 календарных лет назад (кал.л.н.). Временное разрешение между образцами в среднем составило 25 лет (минимальное – 17,5 лет, максимальное – 62 года). Полученные высокоразрешающие палеопалинологические данные раскрывают динамику растительного покрова западных предгорий Алтая с позднеледникового времени до современности без перерывов седиментации (рис. 1). На основе полученных палеопалинологических данных и выделенных пыльцевых зон (ПЗ) восстанавливается следующая динамика растительного покрова этой части Алтая:

1. Фаза формирования пояса кедрово-лиственнично-еловых лесов (ПЗ-1), распространившихся по западным предгорьям Алтая в результате потепления и увлажнения климата Бёллинга и Аллерёда 16 000-14 500 кал.л.н. Возможно, почвенная влага в то время была повышена из-за ещё присутствующей в грунтах вечной мерзлоты. На это указывает

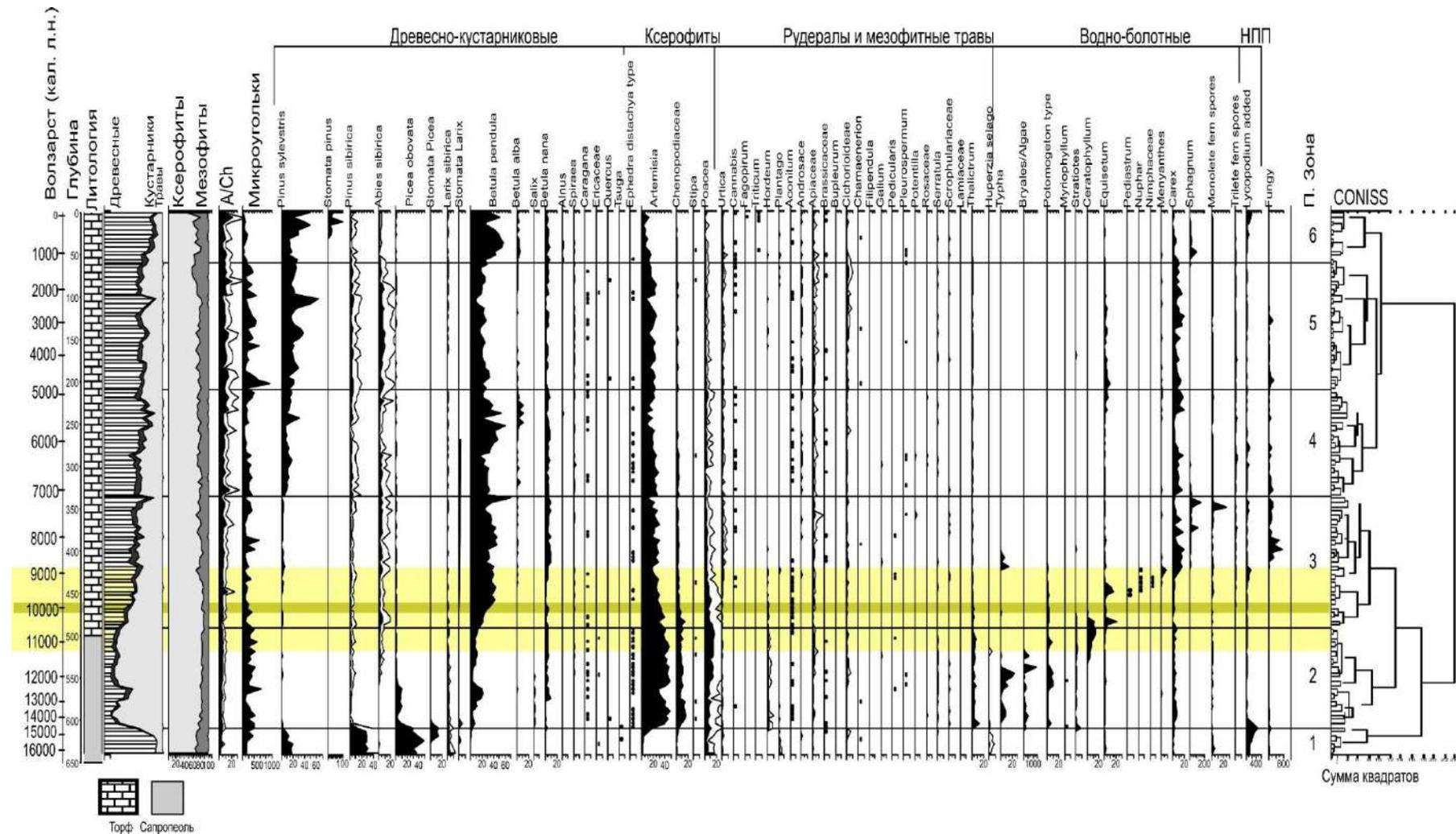


Рис. 1. Процентная спорово-пыльцевая диаграмма болота «Моховое»

состав лесных пород, среди которых выявлены лишь виды способные выносить наличие многолетней мерзлоты в почвах – лиственница (*Larix*) и ель (*Picea*). Устьичные клетки именно этих древесных видов найдены в отложениях этого времени. Сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris*) (с длинным стержневым корнем) могла произрастать в более южных районах Алтая, где вечной мерзлоты в грунтах не было. Обилие пыльцы сосны обыкновенной (равное 20%) вполне могло быть представлено дальнезаносной пыльцы. На месте болота во время этой фазы существовало озеро.

2. Фаза доминирования открытых разнотравно-полынных степей (ПЗ-2) 14500-10600 кал.л.н. на всей территории Алтая. Вероятно, усиление солнечной инсоляции в раннем голоцене способствовало не только мощному потеплению и быстрому таянию ледников, но и иссушению климата в центральных районах Евразии. Около 14000 кал.л.н. озерное осадконакопление сменилось на болотное. Сухим климат оставался и во время глобального импульса похолодания Позднего Дриаса. Хотя в начале этого похолодания 13000 кал.л.н. площадь вечной мерзлоты на Алтае, вероятно, расширялась, создавая водоупор в почве, что повышало содержание влаги в ней. А это в свою очередь, могло поддерживать какое-то время существование пояса берёзовых лесов. Но затем отрицательный водный баланс усилился, и эти берёзовые леса исчезли. Между тем, потепление климата после окончания похолодания Позднего Дриаса (примерно после 11500 кал.л.н.) вызвало окончательное исчезновение вечной мерзлоты в грунтах в окрестностях исследованного болота «Моховое». С этого времени в ландшафтах Алтая стали постепенно расширяться области горных лесов, в которых появилась пихта, самая теплолюбивая древесная порода в Сибири, не произрастающая на многолетне-мёрзлых почвах. Однако полынные степи продолжали доминировать на Алтае в этот период.

3. Фаза доминирования берёзовых лесостепей на Алтае имела место с 10600 по 7200 кал.л.н. (ПЗ-3). В этот период стало интенсивно повышаться увлажнение климата, что способствовало распространению берёзовых лесов и берёзовой лесостепи на западных предгорьях Алтая. Вероятно, исчезновение мерзлоты в почвах и увлажнение климата способствовали повторному затоплению болота. В мелководном тёплом озере обильно произрастали водные макрофиты: *Myriophyllum*, *Stratiotes*, *Ceratophyllum*, *Nuphar*. Лишь после 9000 кал.л.н. озеро окончательно исчезло и торфяные отложения начали формироваться на месте озёрных. В растительном покрове озера-болота появилась вахта, а позже и осока. Сформировалось евтрофное осоковое болото. Довольно рано (около 8000 кал. л.н.) на болоте появились евтрофные сфагновые мхи.

4. Фаза сосново-берёзовых лесов продолжалась с 7100 до 5000 кал.л.н. (ПЗ-4). Это был период расширения площадей пояса горных лесов в низкогорьях Западного Алтая. В составе этих лесов на верхней границе лесного пояса кроме пихты появился и кедр. Выше границы леса сформировался субальпийский пояс кустарничков с карликовой берёзкой. Ниже пояса горных темнохвойных лесов распространились берёзовые и сосновые леса. Площадь степных пространств немного сократилась по сравнению с предыдущей ПЗ-3. В интервале с 6200 по 5200 кал.л.н. увеличивалась роль берёзовых лесов, и уменьшалась роль темнохвойных лесов. На болоте в этот период доминировали осоковые сообщества. Вероятно, потепление голоценового оптимума способствовало некоторому иссушению климата и берёзовые леса предгорий западного Алтая продвигались выше по горным склонам вытесняя мезофильные пихтовые и кедровые леса

5. Фаза берёзово-сосновых с пихтой лесов продолжалась с 5000 до 1200 кал.л.н. (ПЗ-5). В этот период в низкогорьях Западного Алтая сформировалась высотная поясность современного типа. Прежде всего, значительно расширились площади занятые сосновыми лесами, и, напротив, сократились площади берёзовых лесов. Выше по склонам гор существовал пояс кедрово-пихтовых лесов. Разнотравные луга, в составе которых было много зонтичных и других видов мезофильного разнотравья, окаймляли горные леса у подножия. Вероятно, в этот период участились пожары, что в определённой степени было связано с распространением сосновых лесов. На болоте доминировали осоки и хвощи. Можно отметить слабые признаки антропогенного влияния на растительный покров низкогорий Алтая, начиная примерно с 3000 кал.л.н., в виде увеличения обилия пыльцы видов из группы цикориевых, многие из которых являются сорняками на возделываемых полях.

б. Фаза берёзовых и сосновых лесов (ПЗ-6) продолжалась с 1200 кал.л.н. до современности. Во время этой фазы в западных низкогорьях Алтая сначала доминировали берёзовые леса, а затем доминирование перешло к сосновым лесам. В то же время с началом этой фазы резко сократилась роль темнохвойных пород в горных лесах. Уменьшилась частота и интенсивность пожаров. Болото перешло в мезотрофную стадию развития с доминированием сфагновых мхов в растительном покрове. Характерным для этой фазы является существенное сокращение площадей с естественной степной растительностью.

Таким образом, проведённый спорово-пыльцевой анализ отложений болота «Моховое», расположенного в предгорьях Западного Алтая, выявил 4 кардинальные перестройки растительного покрова, вероятно, связанные с глобальными изменениями климата: 14500, 10000, 5000 и 1200 кал.л.н.

Литература:

Молодин В.И. Древние культуры Алтая и Западной Сибири. Новосибирск: Изд-во «Наука» Сибирское отделение, 2012. 200 с.

Фролов Я.В. Возможности реконструкций этносоциальных процессов в эпоху раннего железа на территории Верхнего Приобья // в В.И. Молодин (ред.) Археологические изыскания в Западной Сибири: прошлое, настоящее, будущее (к юбилею профессора Т.Н. Троицкой). Новосибирск: Изд-во НГПУ, 2010. С. 118–127.

Фролов Я.В. Проблемы изучения влияния климатических изменений на динамику этнокультурных процессов на территории юга Обь-Иртышского междуречья в I тыс. до н.э. // Известия Алтайского государственного университета. Сер. «Исторические науки и археология». 2016. №4 (92). С. 286-290.

Шумилова Л.В. Ботаническая география Сибири. Томск: Изд-во Томского Университета. 1962. 433 с.

Andreev A.A., Pierau R., Kalugin I.A., Daryin A.V., Smolyaninova L.G., Diekmann B. Environmental changes in the northern Altai during the last millennium documented in Lake Teletskoye pollen record. // Quat. Res. 2007. Vol.67. P.394-399. <https://doi.org/10.1016/j.yqres.2006.11.004>.

Blyakharchuk T.A., Udachin V., Li, H.C., Kang S.C. AMS 14C Dating Problem and High-Resolution Geochemical Record in Manzherok Lake sediment core From Siberia: Climatic and Environmental Reconstruction for Northwest Altai Over the Past 1500 Years // Frontiers in Earth Science. 2020. Vol. 8. Article 206, DOI: 10.3389/feart.2020.00206.

Blyakharchuk T., Eirikh A., Mitrofanova E.YU., Hong-Chun Li., Suchen Kang. High resolution palaeoecological records for climatic and environmental changes during the last 1350 years from Manzherok Lake, western foothills of the Altai Mountains, Russia // Quaternary International. 2017. Vol.447. P. 59-74. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.quaint.2017.06.014>

Rudaya N., Krivonogov S., Słowinski M., Cao X., Zhilich S. Postglacial history of the Steppe Altai: Climate, fire and plant diversity // Quaternary Science Reviews. 2020. Vol.249. 106616

Rudaya N., Nazarova L. B., Andreev A. A., Kalugin, I. Quantitative reconstructions of mid- to late Holocene climate and vegetation in the north-eastern Altai mountains recorded in lake Teletskoye. // Global and Planetary Change. 2016. Vol.41. P. 12–24.



**ПЕРИОДИЗАЦИЯ, КОРРЕЛЯЦИЯ И ПРИРОДНЫЕ ОБСТАНОВКИ
ПАЛЕОКЛИМАТИЧЕСКИХ ЭТАПОВ ПОСЛЕДНИХ 900 ТЫСЯЧ ЛЕТ (ПО
ПАЛИНОЛОГИЧЕСКИМ ДАННЫМ РАЗРЕЗОВ ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ
РАВНИНЫ)**

Н.С. Болиховская

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, nbolikh@geogr.msu.ru

**PERIODIZATION, CORRELATION AND ENVIRONMENTS OF PALEOCLIMATIC
STAGES OF THE LAST 900 KA (ACCORDING TO PALYNOLOGICAL RECORDS OF
EAST-EUROPEAN PLAIN SEQUENCES)**

N.S. Bolikhovskaya

Lomonosov Moscow State University

Для решения вопросов периодизации, корреляции и реконструкции фитоценологических сукцессий палеоклиматических этапов последних 900 тысяч лет привлечены результаты выполненного автором детального палинологического анализа опорных разрезов Восточно-Европейской равнины (Лихвин, Араповичи, Стрелица, Отказное, Молодова, Кетросы, Кишлянский Яр, Маргаритовка, Ливенцовка, Вока и др.), в которых отложения изучаемого интервала представлены наиболее полно и охарактеризованы всем комплексом палеогеографических методов [Болиховская, 1995, 2007; Болиховская, Судакова, 1996; Фаустов и др., 1997; Болиховская и др., 2015 и др.]. Располагаясь в пределах развития максимальных покровных оледенений и накопления лёссово-почвенных толщ, эти разрезы содержат важнейшие палеогеографические реперы – морены донского, окского и днепровского оледенений и коррелятные им лёссовые горизонты, а также стратотипические горизонты лихвинского, чекалинского, черепетьского и других межледниковий и коррелятные им ископаемые почвы и почвенные комплексы. Для этих разрезов А.К. Агаджаняном [2009] и А.К. Марковой [1992; Болиховская и др., 2015] выполнены датирующие определения фаун мелких млекопитающих. По палеомагнитным данным Е.И. Вириной и С.С. Фаустовым установлено положение инверсии Матуяма-Брюнес, имеющей возраст ~ 780 тысяч лет назад [Фаустов и др., 1997; Bolikhovskaya et al., 2016].

Обобщение детальных палинологических записей и результатов мультидисциплинарного изучения указанных опорных разрезов позволило определить возраст содержащихся в них межледниковых и перигляциальных палинофлор, реконструировать фазы в развитии растительности почти непрерывного ряда трансконтинентальных климатических ритмов разного ранга и, используя обширный комплекс историко-флористических, палеофитоценологических и климато-стратиграфических критериев, выполнить их детальное климатостратиграфическое расчленение и корреляцию. Согласно полученным палинологическим данным установлено, что изменения природной среды Восточно-Европейской равнины в последние 900 тысяч лет были обусловлены сменами 17 глобальных климатических событий – 9 межледниковий и 8 ледниковых эпох. В холодные (ледникового ранга) этапы при отсутствии покровных оледенений здесь существовала обширная зона развития многолетней мерзлоты.

Выполненная по палинологическим материалам реконструкция непрерывной последовательности межледниковых и ледниковых событий позволила уточнить положение границы Матуяма-Брюнес в системе плейстоценовых климатических ритмов, реконструированных на основании изучения плейстоценовых отложений опорных разрезов Восточно-Европейской равнины. Инверсия Матуяма-Брюнес в разрезах Стрелица (на Верхнем Дону), Отказное (на Средней Куме), Ливенцовка и Маргаритовка (в северо-восточном Приазовье) находится в зоне перехода от покровского холодного этапа к первому в хроне Брюнес неоплейстоценовому гремячевскому межледниковью [Болиховская, 1995, 1997]. Таким образом, отложения гремячевского межледниковья залегают на относящихся к хрону Матуяма горизонтах петропавловского межледниковья, коррелируемого с 21-ой изотопно-кислородной стадией (далее – ИКС), и покровского похолодания (ИКС 20).

Ранний неоплейстоцен (в пределах хрона Брюнес) охватывает 3 межледниковья и 3 холодные эпохи: гремячевское межледниковье (ИКС 19), девичьё похолодание (ИКС 18), семилукское межледниковье (ИКС 17), донское оледенение (ИКС 16), мучкапское

межледниковье (ИКС 15) и окское оледенение (ИКС 14-12). Средний неоплейстоцен включает 3 межледниковья и 3 похолодания: лихвинское *sensu strictum* межледниковье (ИКС 11), калужское похолодание (ИКС 10), чекалинское межледниковье (ИКС 9), жиздринское похолодание (ИКС 8), черепетьское межледниковье (ИКС 7) и днепровское оледенение (ИКС 6). В позднеплейстоценовое звено входят микулинское межледниковье (ИКС 5) и валдайская *sensu lato* ледниковая эпоха (ИКС 4-2). Особо нужно отметить, что внутри днепровских аккумуляций, а также между днепровскими и микулинскими образованиями в разрезах и ледниково-перигляциальных, и внеледниковых областей отсутствуют отложения, которые по палинологическим критериям могли бы соответствовать межледниковому горизонту. Днепровское (*sensu lato*, ИКС 6) оледенение, по нашим данным, разделялось длительным межстадиалом на две (днепровскую и московскую) стадии, внутри которых установлены раннеднепровский и позднемосковский межстадиалы.

На основании сопоставления континентальных отложений и палеоклиматических событий, реконструированных по палино-климато-фитоценотическим и палино-флористическим данным разрезов внеледниковой и ледниково-перигляциальной зон Восточно-Европейской равнины, с палеоклиматическими событиями, выделенными и датированными методом электронно-парамагнито-резонансного (ЭПР) анализа раковин морских моллюсков из трансгрессивных отложений палеошельфовой зоны Северной Евразии, определены возраст и продолжительность реконструированных межледниковых и ледниковых эпох плейстоцена [Molodkov, Bolikhovskaya, 2010; Болиховская, Молодьков, 1999, 2012, 2018].

Палеоботанические и хронологические материалы по предшествующим хроно Брунес этапам плейстоцена – петропавловскому межледниковью и покровскому похолоданию – малочисленны и крайне редко охарактеризованы всем комплексом палеогеографических данных в одном местонахождении. Поэтому большой интерес представляют ландшафтно-климатические реконструкции этих интервалов, полученные по результатам палинологического анализа разрезов Стрелица, Отказное, Ливенцовка и Маргаритовка [Болиховская, 1995, 1997, 2004].

На протяжении *петропавловского межледниковья* (ИКС 21) в разрезе Ливенцовка формировались нижняя красноцветная почва и нижняя часть вышележащих серых глин скифской толщи. Доминирующую роль в автоморфных ландшафтах Нижнего Дона в это время играли вязово-грабово-дубовые леса, а менее благоприятные места обитания занимали сосново-кедрово-пихтово-еловые и березовые леса. Список характерных таксонов петропавловской дендрофлоры Ливенцовки довольно обширен – *Picea* sect. *Omorica*, *P.* sect. *Eupicea*, *Abies* sp., *Pinus* s.g. *Haploxylon*, *P. sylvestris*, *Juniperus* sp., *Betula* sect. *Albae*, *Alnus incana*, *A. glutinosa*, *Quercus robur*, *Q.* cf. *pubescens*, *Ilex* sp., *Carpinus betulus*, *C. orientalis*, *Corylus avellana*, *Tilia cordata*, *Ulmus* cf. *foliacea*, *U. pumila*, *Alnaster* sp. и др. (Болиховская, 1997). В *покровское похолодание* (ИКС 20) в большинстве восточно-европейских лёссовых областей доминировали перигляциальные степи. В Ливенцовском разрезе оно нашло отражение в палиноспектрах верхней части серых глин и «горизонта В» верхней красноцветной почвы, свидетельствующих, что на Нижнем Дону это было время развития перигляциальных тундро-лесостепей с господством ерниковых формаций из *Betula fruticosa*, *Alnaster fruticosus* и *Salix* sp., хвойно-березовых редколесий и открытых пространств, травяно-кустарничковый покров которых составляли *Ephedra* sp., *Ericales*, *Poaceae*, *Suuperaceae*, *Chenopodiaceae*, *Artemisia* sp., *Thalictrum* sp. и др.

Длительный интервал (примерно от 780 до 660 тыс. л. н.), включающий *гремячевское межледниковье* (ИКС 19), *девицкое похолодание* (ИКС 18) и последующее *семилукское межледниковье* (ИКС 17), подробно охарактеризован в разрезах Верхнего Дона и Средней Кумы. В большинстве лёссовых областей Восточной Европы во время двух начальных межледниковий хроно Брунес преобладали лесостепные ландшафты с сухим летом и влажной зимой. Характерные таксоны *гремячевской* дендрофлоры района Верхнего Дона – *Picea* sect. *Omorica*, *Pinus* sect. *Cembra*, *P. sylvestris*, *Betula* sect. *Costatae*, *B. pendula*, *B. pubescens*, *Quercus robur*, *Q. ilex*, *Carpinus betulus*, *C. orientalis*, *Tilia cordata*, *T. tomentosa*, *Morus*, *Lonicera* и др. Во время *девицкого похолодания* в этом районе были развиты перигляциальные тундры и лесотундры. К числу характерных таксонов межледниковой флоры Стрелицы времени

семилукского термохрона относятся *Picea* sect. *Omorica*, *P.* sect. *Eupicea*, *Pinus* sect. *Cembra*, *P. sylvestris*, *Betula pendula*, *B. pubescens*, *Quercus robur*, *Tilia cordata*, *Ulmus laevis*, *Euonymus* и др.

Донское ледниковое время (~ 660–610 тыс. л. н.) [Molodkov, Bolikhovskaya, 2010]. В фазы его климатического пессимума в районах Верхней Оки и Верхнего Дона преобладали перигляциальные тундры и лесотундры, во внеледниковых областях Приднепровской низменности – перигляциальные лесостепи и степи, а в Восточном Предкавказье – хвойно-березовые редколесья с холодолюбивыми ерниковыми сообществами [Болиховская, 1995, 2004]. Палиноспектры с господством криофитов (*Betula nana*, *B. fruticosa*, *Alnaster fruticosus*, *Dryas octapetala*, *Selaginella selaginoides* и др.) характерны для озерно-ледниковых осадков донского криохрона в Лихвине. В разрезах Верхнего Дона (Стрелице и др.) представлен мощный донской ледниковый комплекс, состоящий из флювиогляциальных осадков и двух морен, разделенных толщей песков. Накопление большей части межморенных песков происходило в приледниковых ландшафтах перигляциальной тундры, а спектры из их нижней части, отражают перигляциально-степные ценозы внутридонского межстадиала.

Мучкапское межледниковье (~ 610–536 тыс. л. н.), согласно палинологическим данным, отличалось от двух предшествующих межледниковий значительно большей влагообеспеченностью. Ни в одном из изученных восточно-европейских районов не зафиксированы фазы зонального развития степных ландшафтов, лесостепи были только в Причерноморье и Приазовье. На большей части Восточно-Европейской лёссовой провинции в климатический оптимум мучкапского межледниковья доминировали хвойно-широколиственные леса с участием неогеновых экзотов, а в Предкавказье – полидоминантные широколиственные леса из видов *Carpinus*, *Fagus*, *Carya*, *Pterocarya*, *Liquidambar*, *Juglans*, *Castanea* и других тепло- и влаголюбивых пород (Болиховская, 1995). Так, на Верхнем Дону большую часть межледниковья господствовали хвойно-широколиственные леса, а в самую оптимальную фазу – темнохвойно-широколиственные леса из пихты, ели (*Picea* sect. *Omorica*, *P.* sect. *Picea*, сосен (*Pinus* sect. *Cembra*, *P.* sect. *Strobus*), *Zelkova* sp., *Carpinus caucasica*, *C. betulus*, *C. orientalis*, *Ostrya* sp., *Corylus colurna*, *Acer* sp., *Quercus petraea*, *Q. robur*, *Q. pubescens*, *Tilia platyphyllos*, *T. tomentosa*, *T. cordata* и др.

Окское похолодание (~ 536–455 тыс. л. н.). Палеофитоценотические реконструкции свидетельствуют о суровом криоаридном климате этого продолжительного похолодания. На Верхнем Дону в развитии ледниковых ландшафтов окского этапа сначала доминировали перигляциальные тундры с преобладанием березовых редколесий из *Betula tortuosa*, *B. pubescens*, *B. pendula* и ерниковых ассоциаций (*Betula fruticosa*, *B. nana*), а впоследствии перигляциальные лесотундры с господством сосново-березовых редколесий. Во внеледниковых районах Поднепровья и на крайнем юго-западе (в бассейне Нижнего Днестра) в это время распространялись перигляциальные степи с участием в составе кустарниковых формаций *Betula fruticosa*. В Восточном Предкавказье господствовали перигляциальные лесостепи.

Лихвинское межледниковье (~ 455–360 тыс. л. н.). Реконструкции изменений растительного покрова в течение лихвинского межледниковья, полученные для различных районов, свидетельствуют, что в южной половине Восточно-Европейской равнины во время лихвинских термических максимумов климатические условия были более теплыми и сухими, чем в предшествующее мучкапское межледниковье. В климатический оптимум лихвинского термохрона в центральных районах Восточной Европы сначала доминировали дубово-грабовые, затем елово-пихтовые и грабово-буково-дубовые леса. В термоксеротический максимум, приуроченный к первой половине межледниковья, в лёссовых областях зональное развитие получили злаковые и разнотравно-злаковые степи. Термоигротический максимум, зафиксированный во вторую половину межледниковья, характеризовался широкой экспансией тепло- и влаголюбивых пород (*Tsuga*, *Pterocarya fraxinifolia*, *Juglans regia*, *Fagus orientalis*, *F. sylvatica*, *Carpinus betulus* и др.) в лесные формации господствовавшей в это время лесной зоны и локализованных на юго-востоке лесостепей.

В самые холодные фазы **калужского похолодания** (~ 360–340 тыс. л. н.) территорию верхней Оки и верхнего Дона занимали перигляциальные тундры и лесотундры, участки тундро-лесостепей и тундро-степей, а в южной части внеледниковой зоны Восточно-Европейской равнины преобладали перигляциальные лесостепи и степи. Во время **чекалинского межледниковья** (~ 340–280 тыс. л. н.) изученные восточноевропейские области были заняты

растительными формациями лесной и лесостепной зон, в дендрофлоре которых резко сократилось, по сравнению с предыдущими межледниковьями, участие плиоценовых экзотов. **Жиздринское похолодание** (~ 280–240 тыс. л. н.) в Восточно-Европейской лёссовой провинции привело к господству в северных ледниково-перигляциальных областях перигляциальных тундр, лесотундр и степей, а в криоаридных ландшафтах Восточного Предкавказья – березовых редколесий и ерниковых формаций. В эпоху **черепетьского межледниковья** (~ 240–205 тыс. л. н.) в лёссовых областях Восточно-Европейской равнины повсеместно господствовали леса, в которых заметную роль играли ксерофитно-широколиственные формации из *Carpinus orientalis*, *Ostrya* sp., *O. carpiniifolia* и др. Данные по Лихвинскому стратотипическому разрезу свидетельствуют, что в самые оптимальные фазы развития межледниковой растительности в районе верхней Оки доминировали грабово-дубовые и кедрово-широколиственные формации.

Во время **днепровского (московского) оледенения** (~ 205–145 тыс. л. н.) в Лихвине формировалась мощная толща: 1) раннеднепровские водно-ледниковые алевриты, характеризующиеся преимущественно тундро-степными палиносpekтрами; 2) трехслойная морена, отвечающая днепровской и московской стадиям оледенения и днепровско-московскому межстадиалу, в ландшафтах которого преобладали сосновые редколесья, ольховниковые и ерниковые заросли; 3) позднемосковские лёссовидные супеси. Первое улучшение климатической обстановки, приведшее к таянию льдов днепровской эпохи, отмечено в верхней части водно-ледниковых алевритов в самом начале изотопной стадии 6. Судя по трем определениям ЭПР-возраста раковин моллюсков, отобранных из поднятых морских горизонтов высокоширотной Арктики, это потепление имело возраст ~ 184 тыс. л. н. [Болиховская, Молодьков, 2018; Molodkov, 2020]. В палиностратиграфической летописи Лихвинского разреза оно, скорее всего, коррелируется с сигналом потепления интерстадиального ранга, отражающим переход от преимущественно тундро-степных ландшафтов к господству перигляциальных сосновых редколесий. В ландшафтах второго (днепровско-московского) интерстадиала преобладали сосновые редколесья, ольховниковые и ерниковые заросли, кустарниковые формации из ольховника и карликовой березы. Четыре ЭПР-датировки по морским отложениям Евразийского Севера свидетельствуют, что второе интерстадиальное потепление имело место ~ 172 тыс. л. н. Третье, позднемосковское интерстадиальное потепление характеризуется развитием березовых редколесий с *Betula fruticosa* в кустарниковом ярусе и травяно-кустарничковым покровом, в котором участвовали *Arctous alpina*, *Cannabis* sp., *Artemisia* s.g. *Seriphidium*, *Thalictrum* cf. *alpinum* и др. На основе трех определений ЭПР-возраста раковин моллюсков из морских отложений п-ова Таймыр, третий интерстадиал днепровского времени датируется нами приблизительно в 155 тыс. л. н. [Болиховская, Молодьков, 2018; Molodkov, 2020].

Микулинское межледниковье (от ~ 145–140 до 70 тыс. л. н., отвечает, согласно А.Н. Молодькову [Molodkov, Bolikhovskaya, 2010; Molodkov, 2020], заключительной части ИКС 6 и ИКС 5). Для микулинского межледникового ритма и по палинологическим [Болиховская, 1995], и по ЭПР данным [Молодьков, Болиховская, 2011] реконструирована сложная климатическая структура.

Результаты детального палинологического анализа лёссово-почвенных и других континентальных отложений, формировавшихся в последнеднепровское (последнемосковское) время, свидетельствуют, что для микулинской эпохи характерны сложный ход изменений растительного покрова, четкое выделение термоксеротической и термогигротической стадий межледникового климатического ритма и наличие одного-двух внутримежледниковых (эндотермальных) похолоданий. Так, по материалам палинологических исследований разрезов внеледниковой зоны (Молодова I и V, Кетросы, Кишлянский Яр и др. в Среднем Приднестровье) реконструированы климато-фитоценологические сукцессии микулинского межледниковья, а также 9 межстадиалов и 10 стадиялов валдайского криохрона [Болиховская, 1982, 1995]. В микулинское межледниковье формировался почвенный комплекс (ПК), состоящий из двух бурых лесных почв и разделяющего их маломощного лёсса, вскрытый на глубине 20 м в разрезе Молодова I. Эволюция природных условий выражена изменениями состава лесных и степных формаций в развитии господствовавших на протяжении большей части интергляциала лесостепей: *Mk1* – сосново-широколиственные и широколиственные леса (из граба, дуба, вяза и клена), марево-полянны и злаково-разнотравные степи; *Mk2* (оптимум термоксеротической

стадии) – господство широколиственных лесов и злаково-разнотравных степей: 2а – в лесах дубовые древостой с примесью граба, вяза и клена; 2б – дубовые леса с примесью граба и ореха (*Juglans regia*); *Mk3* (эндотермальное похолодание) – марево-попынные степи и сосновые леса с *Betula fruticosa* и *Alnaster* sp. в подлеске; *Mk4* – сосновые леса (с примесью ели, граба, дуба, вяза), марево-попынные и злаково-разнотравные степи; *Mk5* (оптимум термогигротической стадии) – грабовые леса с примесью ореха и дуба и степи; *Mk6* – кедрово(из *Pinus* cf. *cembra*)-широколиственные и широколиственные леса из граба, ореха, бука, дуба, вяза и липы, злаково-разнотравные степи; *Mk7* – господство разнотравно-злаковых степей в заключительную фазу межледниковья.

О сложной климаторитмике микулинского термохрона свидетельствуют также материалы, полученные автором по опорному разрезу Араповичи (зона распространения днепровского оледенения, район Средней Десны), в котором на морене залегает 14-метровая позднеплейстоценовая лёссово-почвенная толща. Микулинским межледниковьем, по палинологическим данным, датируются пески и суглинки, лежащие на морене, и большая часть вышележащего мезинского ПК: салынская почва (лессиве) и нижняя треть дерново-черноземной крутицкой почвы (рис.1) [Болиховская, 1993]. Установлены 11 сукцессионных фаз господствовавшей в этот термохрон лесной растительности: *Mk1* – сосново-березовые леса с примесью дуба, граба, липы и вяза; *Mk2* – сосново-березовые леса с примесью ели и подлеском из *Betula fruticosa* (первый эндотермал); *Mk3* – березовые леса с участием *Carpinus betulus*, *Quercus robur*, *Q. petraea*, *Tilia cordata*, *T. tomentosa*, *Corylus colurna*, *Ulmus laevis* и др.; *Mk4* – сосново-еловые леса с дубом, грабом, вязом, медвежьим орешником и др.; *Mk5* – грабово-дубовые леса (термоксеротический максимум); *Mk6* – березово-кедрово-еловые и грабово-дубовые с примесью вяза и липы леса; *Mk7* – сосновые леса с примесью березы и ерниковым ярусом (второй эндотермал); *Mk8* – березово-елово-кедровые и грабово-дубовые леса с примесью бука, липы, ильмовых, древовидной лещины, каркаса и др.; *Mk9* – дубово-грабовые леса с лещиной (термогигротического максимум); *Mk10* – березово-сосновые леса с участием дуба, граба, липы и вяза; *Mk11* – кедрово-еловые и березовые леса [Болиховская, 1995].

Палинологические данные, полученные по всей Восточно-Европейской лёссовой провинции, свидетельствуют, что лесные формации, представленные в оптимальные фазы широколиственными и хвойно-широколиственными ассоциациями европейских и панголарктических элементов дендрофлоры во время микулинского межледниковья доминировали на Волыно-Подолии, на севере Среднерусской возвышенности и Приднепровской низменности, а также в Восточном Предкавказье [Болиховская, 2004]. Приднестровская и Окско-Донская лёссовые области были заняты в это время лесостепными ландшафтами.

Палино-климатостратиграфические и геохронологические данные не подтверждают широко распространенного представления о том, что последнее межледниковье было непродолжительным и сопоставимо лишь с изотопной подстадией 5е (~127–117 тыс. л. н.), а остальная часть (т.е. 5d–5а) отвечала ледниковому (ранневалдайскому в схеме России, ранневейхсельскому в схемах Западной Европы) времени [Molodkov, Bolikhovskaya, 2010; Молодьков, Болиховская, 2011]. Результаты палинологического анализа и ИК-ОСЛ датирования позднеплейстоценовой толщи опорного разреза Вока свидетельствуют о формировании отложений в интервале от ~ 94 до 71 тыс. л. н. во вторую половину микулинского межледниковья [Молодьков, Болиховская, 2015, 2020], т.е. изотопной подстадии 5е отвечают, предположительно, или термоксеротический максимум, или первый из трех климатических оптимумов этого межледниковья.

Валдайская эпоха (от 70 до 11.7 тыс. л. н., ИКС 4–2). О сложной климаторитмике валдайского времени свидетельствуют реконструкции многократных ландшафтно-климатических смен в различных районах Восточно-Европейской равнины. Внутри валдайского периода по палинологическим данным реконструированы три ранневалдайских, три средневалдайских и три поздневалдайских межстадиала и десять холодных этапов. Все они отличаются своеобразием флористических, фитоценологических и климатических характеристик, подробно освещенных нами и другими исследователями. Наглядное представление о динамике ландшафтно-климатических изменений и характере зональных типов перигляциальной растительности каждого холодного и тёплого интервала валдайской эпохи дают реконструкции, выполненные по материалам палинологического анализа и абсолютного датирования изученных

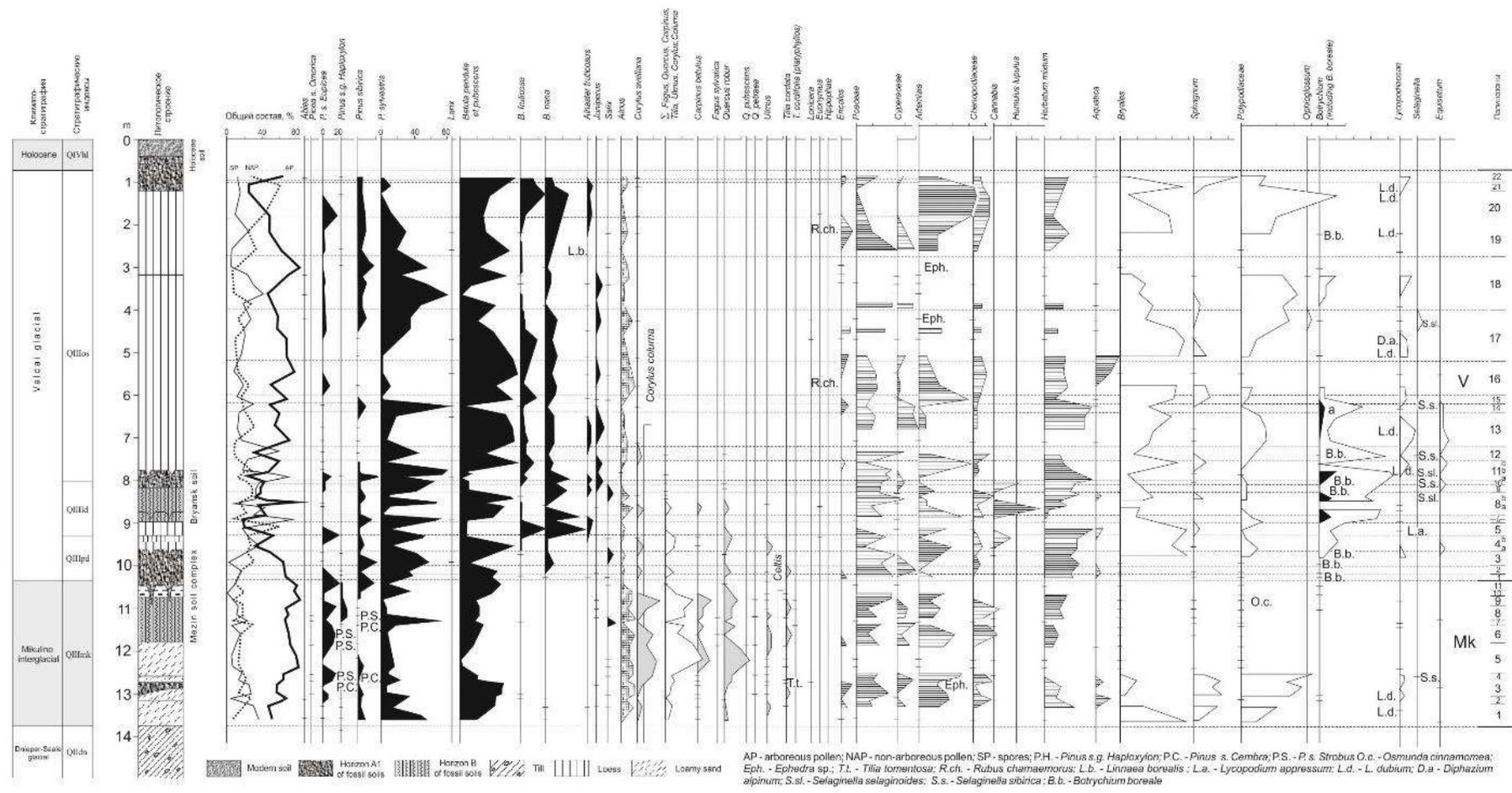


Рис.1. Спорово-пыльцевая диаграмма позднплейстоценовых отложений разреза Араповичи

нами и другими авторами разрезов, расположенных в районах современных смешанных и широколиственных лесов, степей и лесостепей [Болиховская, 2004]. Во время большей части криоксеротических валдайских интервалов в изученных районах доминировали перигляциальные степи и лесостепи, а в криогигротические стадии и субстадии большую часть этой территории занимали перигляциальные тундры, лесотундры, тундро-степи и тундро-лесостепи. Последние не отмечены только в экстрагляциальной области Предкавказья, которую отличало развитие в криогигротическую стадию валдайского времени перигляциальных лесостепей, а в криоксеротическую стадию – перигляциальных полупустынь.

В заключение отметим, что в ряду межледниковых этапов последних 900 тысяч лет самым гумидным было мучкапское межледниковье, самым теплым термохроном было лихвинское межледниковье, а заключительное микулинское межледниковье неоплейстоцена характеризовалось самым континентальным климатом. Анализ неогеновых реликтов, как и суммарных флор раннего, среднего и позднего неоплейстоцена, подтверждает направленный процесс континентализации климата. Выявлены региональные особенности направленного развития флоры, растительности и климата. Установлено, что в современных степных районах направленный процесс сокращения количества таксонов и неогеновых реликтов происходил, начиная с мучкапского межледниковья, характеризовавшегося развитием в оптимум полидоминантных широколиственных лесов, т.к. в предшествующие термохроны господствовали лесостепи, имевшие более бедные флоры. А в современных лесных районах Центра Русской равнины этот процесс происходил начиная с лихвинского межледниковья, отличавшегося здесь самым богатым составом флоры.

Исследования выполнены по теме «Палеогеографические реконструкции природных геосистем и прогнозирование их изменений» (ГЗ).

Литература:

Агаджанян А.К. Мелкие млекопитающие плиоцен-плейстоцена Русской равнины. М.: Наука, 2009. 679 с.

Болиховская Н.С. Глава 3.6. Основные этапы развития растительности и климата в плейстоцене // География, общество, окружающая среда. Т. 1. Структура, динамика и эволюция природных геосистем. М.: ГЕОС, 2004. С. 561–582.

Болиховская Н.С. К проблеме палиоэкологии, климатостратиграфии и корреляции позднекайнозойских отложений Нижнего Дона // Палеомагнетизм новейших отложений бассейна Дона. М.: МГУ, Географический ф-т (ВИНИТИ, №3552-В97), 1997. С. 46–59.

Болиховская Н.С. Пространственно-временные закономерности развития растительности и климата Северной Евразии в неоплейстоцене // Археология, этнография и антропология Евразии. 2007. Т. 4. №32. С. 2–28.

Болиховская Н.С. Растительность микулинского межледниковья по данным палинологического анализа полигенетической ископаемой почвы близ стоянки Молодова I // Молодова I. Уникальное мустьерское поселение на Среднем Днестре. М.: Наука, 1982. С. 145–154.

Болиховская Н.С. Стратиграфия и корреляция позднего плейстоцена Русской равнины на основе детального палинологического изучения разреза Араповичи // Тенденция развития природы в новейшее время (океан-шельф-материк). М.: Изд-во МГУ, 1993. С. 102–126.

Болиховская Н.С. Эволюция лёссово-почвенной формации Северной Евразии. М.: Изд-во Московского университета, 1995. 270 с.

Болиховская Н.С., Маркова А.К., Фаустов С.С. Изменения ландшафтно-климатических условий в Терско-Кумской низменности в плейстоцене // Вестник Московского университета, серия География. 2015. № 1. С. 55–70.

Болиховская Н.С., Молодьков А.Н. Вторая половина МИС 5 (100-70 тысяч лет назад): ледниковье или межледниковье? // Актуальные проблемы палеогеографии плейстоцена и голоцена: Материалы Всерос. научной конференции с международным участием «Марковские чтения 2020 года» / Отв. редакторы Н.С.Болиховская, Т.С.Клювиткина, Т.А.Янина. М.: Географический факультет МГУ, 2020. С. 63–70.

Болиховская Н.С., Молодьков А.Н. К корреляции континентальных и морских четвертичных отложений Северной Евразии по палинологическим данным и результатам ЭПР

датирования // Актуальные проблемы палинологии на пороге третьего тысячелетия. М.: ИГиРГИ, 1999. С. 25–53.

Болиховская Н.С., Молодьков А.Н. Климаторитмика как фактор пространственно-временных изменений природной среды северной Евразии в неоплейстоцене // Современные глобальные изменения природной среды. Т. 4. Факторы глобальных изменений. М.: Научный мир. 2012. С. 206–240.

Болиховская Н.С., Молодьков А.Н. Климато-хроностратиграфическая схема неоплейстоцена Восточно-Европейской равнины: периодизация, корреляция и возраст климатических событий // Неоген и квартал России: стратиграфия, события и палеогеография. Москва: ГЕОС, 2018. С. 99–110.

Болиховская Н.С., Судакова Н.Г. Стратиграфическое и корреляционное значение Чекалинского (Лихвинского) опорного разреза плейстоцена Русской равнины // Стратиграфия. Геологическая корреляция. 1996. Т.4. № 3. С. 86–97.

Маркова А.К. Плейстоценовая микротериофауна Восточной Европы // Стратиграфия и палеогеография четвертичного периода Восточной Европы. М.: Институт географии РАН, 1992. С. 50–94.

Молодьков А.Н., Болиховская Н.С. Климато-хроностратиграфическая схема неоплейстоцена Северной Евразии (по данным палинологического, ЭПР и ИК-ОСЛ анализов отложений) // Проблемы палеогеографии и стратиграфии плейстоцена. Сборник научных статей. Материалы Всероссийской научной конференции «Марковские чтения 2010 года» М.: Географический факультет МГУ, 2011. Вып. 3. С. 44–76.

Молодьков А.Н., Болиховская Н.С. Ландшафтно-климатические реконструкции, хронология и корреляция теплых и холодных этапов позднего плейстоцена в интервале от 100 до 30 тысяч лет назад (по данным разреза Вока на юго-восточном побережье Финского залива) // Актуальные проблемы палеогеографии и стратиграфии плейстоцена: Материалы Всероссийской конференции «Марковские чтения 2015 года». М.: Географический факультет МГУ, 2015. С. 120–124.

Фаустов С.С., Вирина Е.И., Болиховская Н.С., Красенков Р.В., Иосифова Ю.И., Семенов В.В. Палеомагнетизм новейших отложений бассейна Дона. М.: МГУ, Географический ф-т (ВИНИТИ, № 3552-В97), 1997. 125 с.

Bolikhovskaya N.S., Faustov S.S., Markova A.K. Pleistocene climatic stratigraphy and environments of the Terek-Kuma Lowland (NW Caspian Sea region) inferred from palynological, paleomagnetic and rodent records of the long Otkaznoye sediment sequence // Quaternary International. 2016. Volume 409. P. 16–32.

Molodkov A. The Late Pleistocene palaeoenvironmental evolution in Northern Eurasia through the prism of the mollusc shell-based ESR dating evidence. Quaternary International. N 556. 2020. P. 180–197.

Molodkov A., Bolikhovskaya N. Climato-chronostratigraphic framework of Pleistocene terrestrial and marine deposits of Northern Eurasia, based on pollen, electron spin resonance, and infrared optically stimulated luminescence analyses // Estonian Journal of Earth Sciences. 2010. Vol 59. P. 49–62.



**ПАЛИНО-КЛИМАТОСТРАТИГРАФИЯ И ИК-ОСЛ ХРОНОЛОГИЯ ОТЛОЖЕНИЙ
ОПОРНОГО РАЗРЕЗА НА ЮГО-ВОСТОЧНОМ ПОБЕРЕЖЬЕ ФИНСКОГО ЗАЛИВА В
РЕШЕНИИ ВОПРОСОВ КОРРЕЛЯЦИИ ПАЛЕОКЛИМАТИЧЕСКИХ СОБЫТИЙ
ПОЗДНЕГО ПЛЕЙСТОЦЕНА**

Н.С. Болиховская¹, А.Н. Молодьков²

¹*Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия
nbolikh@geogr.msu.ru*

²*Научно-исследовательская лаборатория четвертичной геохронологии, Таллин, Эстония*

**PALYNO-CLIMATOSTRATIGRAPHY AND IR-OSL CHRONOLOGY OF THE
SEDIMENTS FROM THE REFERENCE SECTION ON THE SOUTHEASTERN COAST OF
THE GULF OF FINLAND IN SOLVING THE ISSUES OF CORRELATION OF THE LATE
PLEISTOCENE PALEOCLIMATIC EVENTS**

N.S. Bolikhovskaya¹, A.N. Molodkov²

¹*Moscow State University, Moscow, Russia*

²*Research Laboratory for Quaternary Geochronology, Tallinn, Estonia*

В районах Центра и Северо-Западного сектора Восточно-Европейской равнины вплоть до настоящего времени малочисленны работы с палино-климато-хроностратиграфическими реконструкциями палеогеографических этапов позднего плейстоцена, полученными по разрезам с наиболее полно представленной на данной территории позднеплейстоценовой толщей, вся седиментационная последовательность которой была бы охарактеризована детальными палинологическими записями и хронологическими шкалами, базирующимися на репрезентативных сериях абсолютных дат. В связи с этим к числу дискуссионных вопросов правомерно должны быть отнесены выводы о продолжительности, временных границах, климаторитмике, региональных особенностях флор и климато-фитоценологических сукцессий последнего межледникового, а также выполняемые корреляции палеоклиматических событий позднего плейстоцена.

Тем не менее, вслед за Н. Шеклтоном [Shackleton, 1969], сопоставившим эемское межледниковье с морской изотопной стадией (МИС) 5e, и Я. Мангерудом [Mangerud 1989], выполнившим корреляцию стратиграфических подразделений последнего межледникового / ледникового цикла в Европе с кислородно-изотопной стратиграфией, большинством специалистов принято следующее деление и корреляция стратиграфических единиц позднего плейстоцена: московско-валдайское (микулинское, эемское) межледниковье (МИС 5e, ~ 130–117 тыс. л. н.) и валдайская (вейхсельская) ледниковая эпоха с периодами раннего (МИС 5d-5a, 117–70 тыс. л. н.), среднего (МИС 4 – МИС 3, 70–25 тыс. л. н.) и позднего (МИС 2, 25–11,7 тыс. л. н.) валдайского этапов. Тогда как даже единичные датировки микулинских отложений Восточно-Европейской равнины, полученные ²³⁰Th/U (уран-ториевым) и ОСЛ (оптико-стимулированной люминесценции) методами в разрезах Микулино и Нижняя Боярщина [Кузнецов и др., 2002; Максимов и др., 2021], Нятесос [Gaigalas et al., 2005], Плёс [Boettger et al., 2009], Мурава [Санько, 2004] и др., противоречат этим взглядам.

Материалы геохронологических и палинологических исследований авторов данной работы также не подтверждают доминирующих ныне представлений. По результатам наших исследований в интервале примерно от 145–140 до 70 тыс. л. н., сопоставимом с завершающей фазой МИС 6 и со всей МИС 5, на севере Евразии происходило накопление трансгрессивных морских осадков, что на внутриконтинентальных территориях европейской части России могло отвечать микулинскому межледниковому горизонту [Болиховская, Молодьков, 1999, 2002; Molodkov, Bolikhovskaya, 2002, 2006]. Установлено, что климаторитмика микулинского межледникового этапа была сложной: как по наиболее полным палинологическим данным континентальных разрезов [Болиховская, 1995, 2007], так и по кластерам ЭПР (электронно-парамагнито-резонансных) датировок морских трансгрессивных осадков [Molodkov, Bolikhovskaya, 2009] выделяются несколько термических максимумов, разделенных внутримежледниковыми (эндотермальными) похолоданиями.

Решению дискуссионной проблемы возраста микулинского межледникового и его соотношения с изотопно-кислородной кривой способствуют полученные авторами результаты

абсолютного датирования и палинологического анализа отложений разреза Вока, расположенного у одноименного села на берегу Финского залива, примерно в 25 км западнее устья р. Нарва (59°24,9' с.ш., 27°35,9' в.д.) (рис. 1).



Рис. 1. Местоположение района исследований (А) и схема глиновой бухты Вока и расположения разреза V1-05 (В): 1 — отметки абсолютных высот; 2 — граница глиновой бухты Вока; 3 — обнажения; 4 — 20-метровая изолиния; 5 — береговая линия; 6 — глина.

Геологическое строение разреза и геолого-геоморфологическая характеристика района исследования подробно освещались ранее [Molodkov et al., 2007]. Опорный разрез Вока — уникальный для северо-западного сектора Восточно-Европейской равнины геологический объект, в котором представлены отложения значительной части позднего плейстоцена. В обнажении на побережье залива под современной почвой вскрывается примерно 22-метровая толща субаквальных осадков. Серии абсолютных датировок, полученные А.Н. Молодковым с помощью метода оптически инфракрасно-стимулированной люминесценции (ИК-ОСЛ) по представительной коллекции образцов отложений разреза, свидетельствуют, что изученные осадки имеют возраст в интервале примерно от 100 до 30 тыс. л. н. (рис. 2) [Molodkov, 2007, 2020; Molodkov et al., 2007; Bolikhovskaya, Molodkov, 2014].

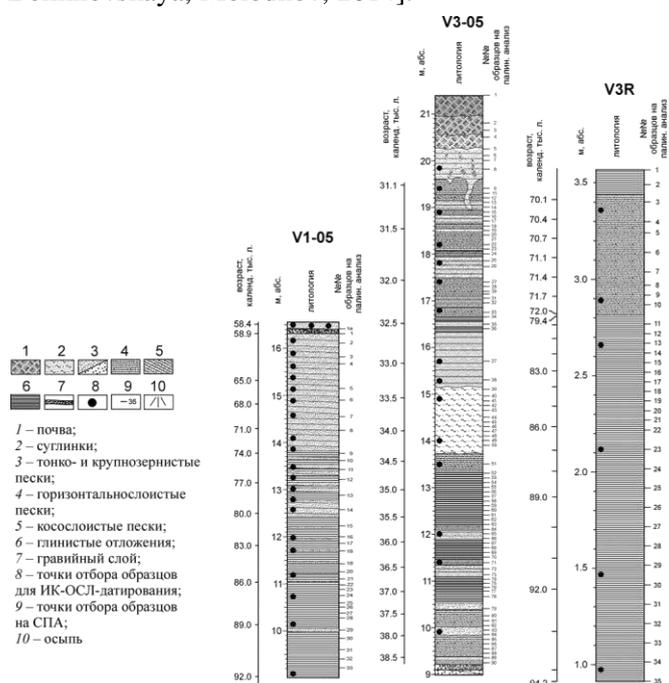


Рис. 2. Схема строения и абсолютный возраст отложений в изученных профилях опорного разреза Вока

Такие разрезы, охватывающие столь длительный период позднего плейстоцена, в Северо-Западном регионе Восточно-Европейской равнины крайне редки. В разрезе выделяются два основных литолого-стратиграфических компонента. Под современной почвой в интервале глубин от 1,85 до 12,15 м обнажается датируемая интервалом от ~ 39 до 30 тыс. л. н. толща «А» (профиль V3-05), сложенная мелко- и тонкозернистыми параллельно-слоистыми песками, местами замещающимися глинистыми отложениями с песчаными прослоями. Эта толща отделяется от нижележащей толщи «В» (профили V1-05 и V3R) микулинских и ранневалдайских осадков маломощным гравийно-галечным «маркерным» прослоем, свидетельствующем наряду с данными ИК-ОСЛ датирования о сравнительно коротком (около 700 лет) перерыве осадконакопления.

Подробные палинологические записи, полученные Н.С. Болиховской по данным ~ 130 репрезентативных спорово-пыльцевых спектров, позволили выполнить детальное климатостратиграфическое расчленение изученной позднеледниковой толщи, зафиксировать «пробелы» в геологической летописи Воки и установить хронологию выделенных межледниковых, межстадиальных и стадийных интервалов. Реконструированы климато-фитоценологические сукцессии примерно 70-ти тысячелетнего интервала, отражающие динамику изменений растительности и климата второй половины последнего (микулинского) межледниковья в диапазоне от ~ 94 до 70 тыс. л. н. (от МИС 5с до перехода МИС 5/МИС 4), ранневалдайского криохрона в диапазоне от 71 до 58 тыс. л. н. (МИС 4) и на протяжении отрезка от 39 до 33 тыс. л. н. средневалдайского мегаинтерстадиала (МИС 3), предшествовавшего эпохе последнего (МИС 2) на исследуемой территории крупного похолодания [Болиховская, Молодьков, 2009, 2020, 2021; Bolikhovskaya, Molodkov, 2007, 2014].

По результатам скрупулёзных палинофауномических и палиноморфологических исследований составлен представительный список изученной палинофлоры и создана коллекция цифровых снимков пыльцы деревьев, кустарников и травяно-кустарничковых растений, спор высших споровых растений и других автохтонных и аллохтонных палиноморф. В составе автохтонных микулинской и ранневалдайской палинофлор определены пыльца и споры более 150 таксонов.

На основании 45 спорово-пыльцевых спектров отложений толщи «А», вскрытых в профиле V3-05, и данных их ИК-ОСЛ-датирования были подробно охарактеризованы изменения растительности и климата периода от ~ 39 до 33 тыс. л. н. [Fig. 3 в Bolikhovskaya, Molodkov, 2007] Изученные средневалдайские отложения отвечают четырем стратиграфическим подразделениям. Реконструированы два интервала, характеризовавшиеся суровым климатом с господством тундро-степи и тундро-лесостепи (37,6–36,8 тыс. л. н.) и перигляциальной лесотундры (35,3–32,6 тыс. л. н.), а также два интервала интерстадиального ранга с заметным смягчением климатических условий. Во время потепления, идентифицированного в диапазоне 38,6–37,6 тыс. л. н., господствовали перигляциальные лесотундры с участками елово-сосновых (с участием *Larix* и *Pinus sibirica*) редколесий, а в следующий теплый интервал (36,8–35,3 тыс. л. н.) господство перигляциальной лесотундры с участками елово-сосновых редколесий дважды сменялось фазами более влажного и более теплого климата и широкого распространения северо-таежных лесных сообществ [Болиховская, Молодьков, 2009].

Для нижележащих, вскрытых под маркерным прослоем, отложений толщи «В» детальные спорово-пыльцевые записи получены по двум дополняющим и дублирующим друг друга профилям V1-05 и V3R (см. рис. 2).

Формировавшаяся в довольно обширном пресноводном водоеме 7-метровая толща (мелко- и среднезернистых песчаных и супесчаных осадков с чередующимися глинистыми прослоями), подстилающая маркерный прослой в восточном крыле обнажения и изученная в профиле V1-05, накапливалась в период от ~ 92 до 58 тыс. л. н., что указывает как минимум на два редких обстоятельства, а именно на существование здесь непрерывной осадочной летописи, охватывающей наиболее противоречивый этап развития природной среды во второй половине МИС 5, и, по-видимому, на уникальную запись динамики осадконакопления под калининским ледниковым покровом (МИС 4), граница которого, согласно классической схеме границ плейстоценовых ледяных щитов Восточно-Европейской равнины [Заррина, 1991], располагалась к югу от Финского залива на расстоянии примерно 800 км.

Временная шкала и детальные палинологические данные, представленные спорово-пыльцевой диаграммой 34 спорово-пыльцевых спектров (рис. 3), однозначно свидетельствуют, что они иллюстрируют климато-фитоценотические сукцессии и хронологию палеоклиматических событий второй половины микулинского межледниковья и ранневалдайского времени. Этот вывод подтверждают сопоставления полученных данных с результатами спорово-пыльцевого и диатомового анализов морских и пресноводных отложений микулинского межледниковья из расположенных в районе Финского залива разрезов Мга, Синявино, Рыбацкое, Красносельское и др. (изучали О.М. Знаменская, Е.А. Черемисинова, В.П. Гричук, М.П. Гричук, М.А. Лаврова, Л.Ф. Соколова, Е.С. Малясова, Е.М. Вишневская и др.), Суур-Прангли (Э. Лийвранд), Пески и Пыхья-Ухтыю (А. Miettinen, К. Rinne, Н. Haila, Н. Huvarinen, М. Eronen, I. Delusina, Е. Kadastik, V. Kalm, Р. Gibbard), для которых выделены региональные палинозоны, соответствующие микулинским палинозонам отложений Центра и Севера Восточно-Европейской равнины. Данные по абсолютному датированию микулинских образований вышеперечисленных разрезов отсутствуют, поэтому следует отметить, что палино-климато-хроностратиграфические материалы, полученные нами по разрезу Вока, имеют важное значение для решения вопросов климатостратиграфии и корреляции палеоклиматических событий позднего плейстоцена не только Северо-Запада, но и других районов Европейского субконтинента.

Согласно всей совокупности полученных палинологических данных, отложения из профиля V1-05, датируемые интервалом от ~ 92 до 70 тыс. л. н. формировались в межледниковом климате. Состав спорово-пыльцевых спектров свидетельствует, что отложения этого интервала соответствуют стандартным палинозонам М6, М7 и М8 [по Гричку, 1961], т.е. накапливались во вторую половину последнего межледниковья. О межледниковых климатических условиях и микулинском (эемском) возрасте формирования этих отложений свидетельствуют последовательность лесных сукцессий, максимумы пыльцы широколиственных пород (*Carpinetum mixtum* – 28% и 29%, *Corylus avellana* – до 20%) и большая роль в автохтонном комплексе характерных таксонов микулинской флоры (*Picea abies* /*P. excelsa*, *Pinus* subgen. *Haploxylon*, *P. cf. cembra*, *P. sylvestris*, *Betula pendula*, *B. pubescens*, *Carpinus betulus*, *Tilia cordata*, *T. tomentosa*, *T. platyphyllos*, *Quercus robur*, *Q. petraea*, *Ulmus laevis*, *U. scabra* /*U. glabra*, *Fraxinus* sp., *Acer* sp., *Corylus avellana*, *Alnus glutinosa*, *A. incana*, *Osmunda cinnamomea* /*Osmundastrum cinnamomeum*).

Наиболее теплomu климату (интервал от ~ 92 до 81.8 тыс. л. н.) отвечает палинозона М6 (*Carpinus-Tilia-Quercus-Fraxinus-Ulmus-Corylus-Pinus sylvestris-Pinus Haploxylon* type), подразделяющаяся на 5 субпалинозон, отражающих последовательные смены в развитии господствовавших хвойно-широколиственных и широколиственных лесных формаций. Реконструированы следующие фазы развития растительности в этом интервале: М6а – хвойно-широколиственные (сосново-грабово-еловые, сосново-грабовые, сосново-дубово-грабовые) леса; М6б – смешанные леса, состоявшие из хвойных (елово-кедрово-сосновых, елово-кедровых) и широколиственных грабовых с примесью дуба, липы, ясеня, вяза сообществ; М6с – елово-кедрово-сосновые леса с примесью граба; М6д – березово-сосновые леса с участием граба и дуба; М6е – сосново-березовые с примесью широколиственных пород леса. В рассматриваемом интервале субпалинозоной М6с, отражающей значительное сокращение (до 6%) доли пыльцы широколиственных деревьев, по-видимому, фиксируется эндотермальное (внутримежледниковое) похолодание.

Отложения, накапливавшиеся в интервале ~ 81.8–70.4 тыс. л. н., охарактеризованы двумя палинозонами – М7 и М8. Палинозона М7 отражает фазу развития преимущественно хвойных лесов с разной долей участия широколиственных пород, которая подразделяется на три подфазы – М7а (смешанные кедрово-еловые и сосново-березовые леса с участием граба, липы, дуба, ольхи и лещиной в подлеске), М7б (кедрово-еловые и сосново-березовые леса с почти полным исчезновением широколиственных деревьев, отвечающие эндотермалу) и М7с (березово-елово-сосновые леса с незначительной примесью граба, липы, вяза, ольхи и участием в подлеске лещины). Спорово-пыльцевые спектры палинозоны М8 иллюстрируют растительный покров заключительной фазы межледниковья. На завершающем этапе микулинского термохрона в рассматриваемом районе господствовали березово-сосново-кедровые леса и редколесья с кедром сибирским (*Pinus sibirica*) в качестве доминанта и лугово-болотные сообщества.

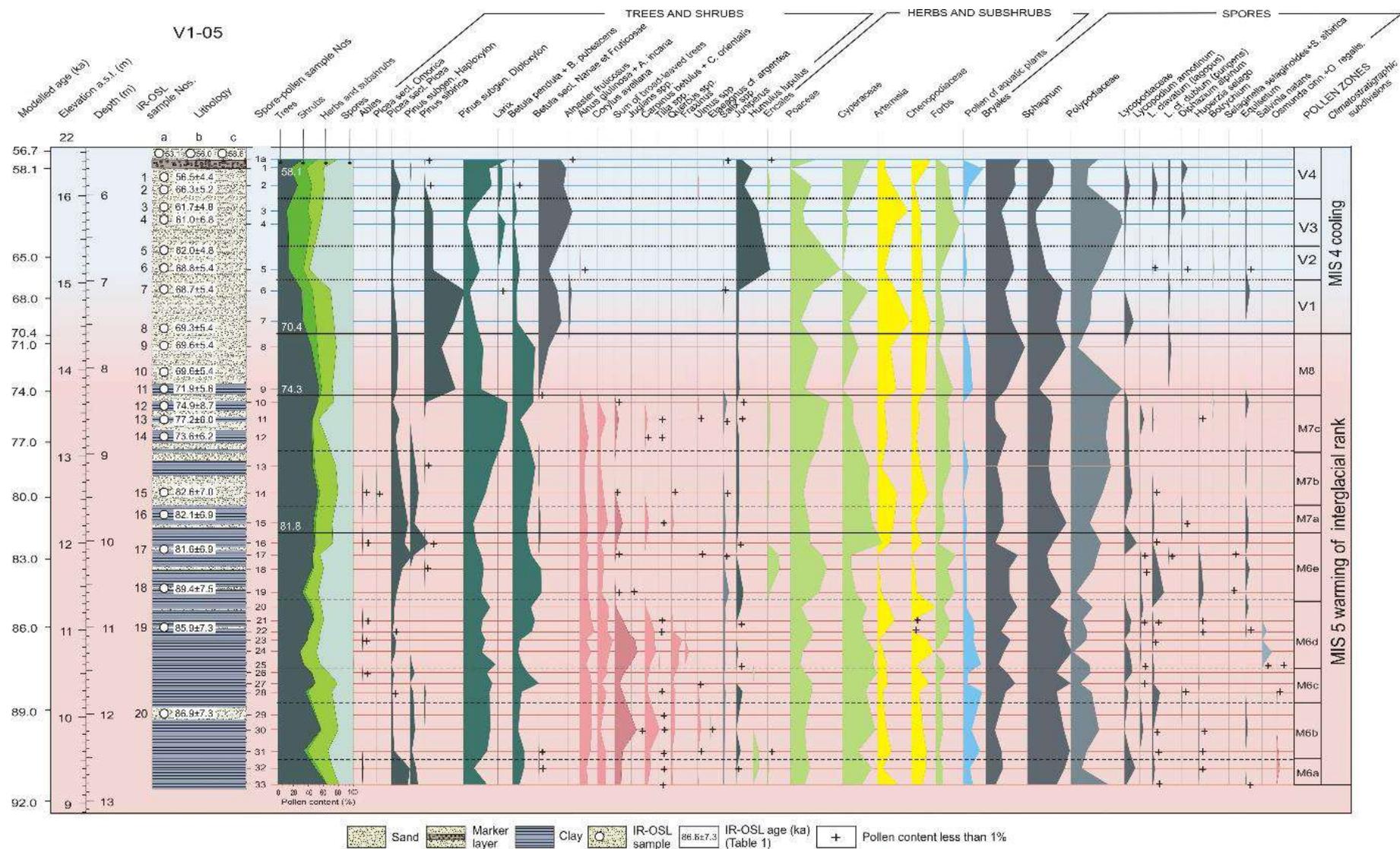


Рис. 3. Спорово-пыльцевая диаграмма и хронологическая шкала микулинских и ранневалдайских отложений из профиля V1-05 разреза Вока.

Отложения, накапливавшиеся в интервале ~ 81.8–70.4 тыс. л. н., охарактеризованы двумя палинозонами – М7 и М8. Палинозона М7 отражает фазу развития преимущественно хвойных лесов с разной долей участия широколиственных пород, которая подразделяется на три подфазы – М7а (смешанные кедрово-еловые и сосново-березовые леса с участием граба, липы, дуба, ольхи и лещиной в подлеске), М7b (кедрово-еловые и сосново-березовые леса с почти полным исчезновением широколиственных деревьев, отвечающие эндотермалу) и М7с (березово-елово-сосновые леса с незначительной примесью граба, липы, вяза, ольхи и участием в подлеске лещины). Спорово-пыльцевые спектры палинозоны М8 иллюстрируют растительный покров заключительной фазы межледниковья. На завершающем этапе микулинского термохрона в рассматриваемом районе господствовали березово-сосново-кедровые леса и редколесья с кедром сибирским (*Pinus sibirica*) в качестве доминанта и лугово-болотные сообщества.

Последующий интервал от ~ 70 до 58 тыс. л. н. характеризуется значительно более суровыми условиями и соответствует времени ранневалдайского криохрона, для которого предполагалось, что исследуемая область была скрыта под мощным ледяным покровом калининского оледенения. Однако, как следует из спорово-пыльцевых спектров исследуемого разреза, развитие фитоценозов продолжалось, хотя и в гораздо более суровых условиях, чем в предыдущий период (MIS 5 d-a). Как свидетельствуют четыре палинозоны (V1-V4) постмикулинских осадков, отражающие эволюцию фитоценозов под влиянием климатических условий периода МИС 4, на протяжении этого интервала в составе растительного покрова изучаемого района доминировали перигляциальные тундровые и лесотундровые фитоценозы с преобладающей ролью ерниковых формаций (*Betula nana*, *Alnaster fruticosus*), лугово-болотных сообществ и участков редколесий из сосны обыкновенной, сибирского кедра и ели. Состав характерных таксонов палинофлоры ранневалдайского холодного этапа включает типичных представителей перигляциальной растительности – *Betula* sect. *Nanae*, *Betula nana*, *B. sect. Fruticosae*, *Betula fruticosa*, *Alnaster fruticosus* / *Duschekia fruticosa*, *Pinus sibirica*, *P. sylvestris*, *Larix* cf. *sibirica*, *Juniperus* sp., *Betula pendula*, *B. pubescens*, *B. cf. tortuosa*, *Ephedra distachya*, *E. monosperma*, *Artemisia* subgenera *Seriphidium*, *A. subgenera Dracunculus*, *Botrychium boreale*, *Lycopodium alpinum*, *L. dubium* / *L. pungens*, *Selaginella selaginoides*, *S. sibirica* и др.

Для пополнения состава палинофлоры, контроля и корректирования полученных климато-хроностратиграфических реконструкций был выполнен также детальный палинологический анализ 35 образцов близких по возрасту осадков, формировавшихся в более глубокой части палеоводоёма на протяжении интервала от ~ 94 до 69 тыс. л. н. [Bolikhovskaya, Molodkov, 2014; Болиховская, Молодков, 2020]. Они вскрыты расчисткой V3R, расположенной в 120 м к западу от профиля V1-05 на абсолютных высотах 0,8–3,6 м, где представлены пачкой однородных глинистых осадков мощностью 2 м и перекрывающим их 0,8 метровым горизонтом переслаивающихся суглинков и песков (см. рис. 2). Полученные спорово-пыльцевые данные дополнили состав позднеплейстоценовой палинофлоры, подтвердили межледниковую специфику реконструированных климато-фитоценологических сукцессий и хронологию выделенных фаз и подфаз в развитии растительности и климата интервала от МИС 5с до границы МИС 5/МИС 4 включительно.

Заключение

Таким образом, полученные палинологические записи позволили реконструировать фитоценологические сукцессии датированных ИК-ОСЛ методом палеоклиматических этапов примерно 70-ти тысячелетнего интервала, включающего период второй половины микулинского межледниковья и ранне-средневалдайских интервалов вплоть до времени наступления на исследуемой территории эпохи последнего (МИС 2) значительного похолодания.

Результаты проведенных нами исследований опорного разреза Вока показали, что, вопреки ожиданиям, в интервале МИС 4 не было обнаружено ни гляциогенных отложений, которые могли бы служить доказательством прохождения ледника через Финский залив в последующий за МИС 5 период времени, ни прерывания осадконакопления. Развитие растительности на исследуемой территории также не прекращалось в этот период.

Кроме того, не было выявлено ожидаемого наступления суровых климатических условий вследствие, как полагают, интенсивного развития Баренцево-Карского ледникового покрова в Северной Евразии [см., напр., Svendsen et al., 2004] во второй половине МИС 5. Напротив,

полученные данные однозначно указывают, что отложения в разрезе Вока, изученные в интервале от 94 –70 тыс. лет назад, т.е. во второй половине МИС 5, которые, вероятно, должны были находиться в зоне перигляциальных процессов, на самом деле формировались в тёплых климатических условиях, полностью соответствующих потеплению межледникового ранга.

Палино-климато-хроностратиграфические записи, полученные по разрезу Вока, имеют важное значение для решения вопросов климатостратиграфии и корреляции палеоклиматических событий позднего плейстоцена как Северо-Запада, так и других районов Восточно-Европейской равнины. В частности, для корреляции с межледниковой/ледниковой ритмичной ледниково-перигляциальных и внеледниковых областей датированных ОСЛ методом осадков карангатской трансгрессии Азово-Черноморского бассейна [Курбанов и др., 2019], а также датированных методами абсолютной хронологии седиментаций различных позднплейстоценовых трансгрессивных и регрессивных стадий и подстадий Понто-Каспия.

Благодарности. Н.С. Болиховской исследования выполнены для целей гранта РФФИ (№22-27-00164), А.Н. Молодьковым – по грантам Эстонского научного фонда № 5440, 6112 и 8425.

Литература:

Болиховская Н.С. Эволюция лёссово-почвенной формации Северной Евразии. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1995. 270 с.

Болиховская Н.С. Пространственно-временные закономерности развития растительности и климата Северной Евразии в неоплейстоцене // Археология, этнография и антропология Евразии. 2007. Т. 4. №32. С. 2–28.

Болиховская Н.С., Молодьков А.Н. Вторая половина МИС 5 (100–70 тысяч лет назад): ледниковье или межледниковье? // Актуальные проблемы палеогеографии плейстоцена и голоцена: Материалы Всероссийской научной конференции с международным участием «Марковские чтения 2020 года» / Отв. редакторы Н. С. Болиховская, Т. С. Кловиткина, Т. А. Янина. М.: Географический факультет МГУ, 2020. С. 63–70.

Болиховская Н.С., Молодьков А.Н. К корреляции континентальных и морских четвертичных отложений Северной Евразии по палинологическим данным и результатам ЭПР датирования // Актуальные проблемы палинологии на пороге третьего тысячелетия. М.: Изд. ИГиРГИ, 1999. С. 25–53.

Болиховская Н.С., Молодьков А.Н. Реконструкция развития палеоклиматических событий плейстоцена по данным палинологических и ЭПР исследований на территории Северной Евразии // Археология, этнография и антропология Евразии. Новосибирск, 2002. Вып. 2 (10). С. 2–21.

Болиховская Н.С., Молодьков А.Н. Эволюция природных обстановок в интервале 100 – 50 тыс. л. н. по данным палино- и хроностратиграфических исследований отложений юго-восточного побережья Финского залива (Bolikhovskaya N.S., Molodkov A.N. Palaeoenvironmental changes between ca. 100 ka and 50 ka as evidenced by palyno- and chronostratigraphical data from the south-eastern coast of the Gulf of Finland) // Рельеф и четвертичные образования Арктики, Субарктики и Северо-Запада России. Материалы ежегодной конференции по результатам экспедиционных исследований. Выпуск 8. С.-Петербург, 2021. С. 26–30.

Болиховская Н.С., Молодьков А.Н. Эволюция растительности и климата на юго-восточном побережье Финского залива в интервале 39–33 тыс. л. н. // Вестник Моск. ун-та. Серия География. 2009. № 6. С. 46–53.

Гричук В.П. Ископаемые флоры как палеонтологическая основа стратиграфии четвертичных отложений // Рельеф и стратиграфия четвертичных отложений северо-запада Русской равнины. М.: Изд-во АН СССР. 1961. С. 25–71.

Кузнецов В.Ю., Арсланов Х.А., Козлов В.Б. и др. Абсолютный возраст погребенного торфа из стратотипического разреза Микулино и парастратотипического разреза Нижняя Боярщина по данным уран-ториевого датирования // Материалы III Всероссийского совещания по изучению четвертичного периода. Том 1. Смоленск: Ойкумена, 2002. С. 135–136.

Курбанов Р.Н., Янина Т.А., Мюррей Э.С. и др. Возраст карангатской трансгрессии (поздний плейстоцен) Черного моря // Вестник Моск. ун-та. Серия География. 2019. № 6. С. 29–38.

Максимов Ф.Е., Кузнецов В.Ю., Савельева Л.А., Григорьев В.А., Петров А.Ю., Фоменко А.П., Баранова Н.Г. К вопросу о временных границах микулинского межледниковья и его отдельных фаз // Пути эволюционной географии. Выпуск 2: Материалы II Всероссийской научной конференции, посвященной памяти профессора А.А.Величко (Москва, 22-25 ноября 2021 г.). М.: Институт географии РАН, 2021. С. 812–816.

Санько А.Ф. Неоплейстоцен северо-восточных районов Белоруссии и смежных районов РСФСР. Минск: Наука и техника, 1987. 176 с.

Boettger T., Novenko E.Yu., Velichko A.A. et al. Instability of climate and vegetation dynamics in Central and Eastern Europe during the final stage of the Last Interglacial (Eemian, Mikulino) and Early Glaciation // Quaternary International, 2009. Vol. 207. P. 137-144.

Bolikhovskaya N., Molodkov A. Pollen and IR-OSL evidence for palaeoenvironmental changes between ca 39 kyr to ca 33 kyr BP recorded in the Voka key section, NE Estonia // Journal of Geological Survey of Finland, Special Paper. 2007. Vol. 46, N. X-XX. P. 103–112.

Bolikhovskaya N.S., Molodkov A.N. Chronology and climatic peculiarities of the period between ca. 94 and 70 ka (MIS 5b – 5a) inferred from palynological and IR-OSL analyses of the Voka reference section (south-eastern coast of the Gulf of Finland) // The Quaternary of the Urals: global trends and Pan-European Quaternary records. International conference INQUA-SEQS 2014. Ekaterinburg, UrFU. 2014. P. 20–22.

Gaigalas A., Arslanov Kh.A., Maksimov F.E. et al. Results of uranium-thorium isochron dating of Netiesos section peatbog in South Lithuania // Geologija, 2005. Vol. 51. P. 29-38.

Jessen, A., Milthers, V. Stratigraphical and palaeontological studies of interglacial freshwater deposits in Jutland and northwest Germany. Danmarks Geologiske Undersøgelse, II. 1928. No. 48.

Mangerud J. Correlation of the Eemian and the Weichselian with deep sea oxygen isotope stratigraphy // Quaternary International. 1989. Vol. 3/4. P. 1–4.

Molodkov A. IR-OSL dating of uranium-rich deposits from the new late Pleistocene section at the Voka site, North-Eastern Estonia // Quaternary Geochronology. 2007. N2. P. 208–215.

Molodkov A. The Late Pleistocene palaeoenvironmental evolution in Northern Eurasia through the prism of the mollusc shell-based ESR dating evidence. Quaternary International. N 556. 2020. P. 180–197.

Molodkov A.N., Bolikhovskaya N.S. Eustatic sea-level and climate changes over the last 600 ka as derived from mollusc-based ESR-chronostratigraphy and pollen evidence in Northern Eurasia // Sedimentary Geology. 2002. Vol. 150. P. 185–201.

Molodkov A.N., Bolikhovskaya N.S. Long-term palaeoenvironmental changes recorded in palynologically studied loess-palaeosol and ESR-dated marine deposits of Northern Eurasia: implication for sea-land correlation // Quaternary International. 2006. N152-153. P. 37–47.

Molodkov A., Bolikhovskaya N. Climate change dynamics in Northern Eurasia over the last 200 ka: evidence from mollusc-based ESR-chronostratigraphy and vegetation successions of the loess-palaeosol records // Quaternary International. 2009. Vol. 201. P. 67–76.

Molodkov A., Bolikhovskaya N., Miidel A., Ploom K. The sedimentary sequence recovered from the Voka outcrops, North-Eastern Estonia: Implications for late Pleistocene stratigraphy // Estonian Journal of Earth Sciences. 2007. Vol. 56. N 1. P. 47–62.

Shackleton N.J. The last interglacial in the marine and terrestrial records // Proceedings of the Royal Society. London. 1969. Series B 174. P. 135–154.

Svendsen J.I., Alexanderson H., Astakhov V., et al. Late Quaternary ice sheet history of northern Eurasia // Quat. Sci. Rev. 2004. Vol. 23. P. 1229–1271.



НЕКОТОРЫЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПАЛИНОЛОГИИ ПЕЩЕРНЫХ ПАМЯТНИКОВ ПАЛЕОЛИТА: ПАЛИНОТАФОНОМИЯ ПЛЕЙСТОЦЕНОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ДЕНИСОВОЙ ПЕЩЕРЫ (СЕВЕРО-ЗАПАДНЫЙ АЛТАЙ)

Н.С. Болиховская

*Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия,
nbolikh@geogr.msu.ru*

SOME METHODOLOGICAL ASPECTS OF PALEOLITHIC CAVE SITES PALYNOLOGY: PALYNOTAPHONOMY OF PLEISTOCENE DEPOSITS IN DENISOVA CAVE (NORTHWEST ALTAI)

N.S. Bolikhovskaya

Moscow State University, Moscow, Russia

Материалы палинологических исследований отложений пещерных памятников палеолита горных территорий относительно немногочисленны по сравнению с имеющими обширную библиографию палинологическими записями плейстоценовых разрезов равнинных территорий. Методическое обоснование палиноиндикации палеоклиматических и палеофитоценологических событий времени накопления пещерных осадков в большинстве работ базируется на сравнительном анализе спорово-пыльцевых спектров рецентных и субрецентных проб, отобранных в пещерах и на пробных площадках зональных и локальных растительных сообществ прилегающей территории.

Сведения о тафономических особенностях пыльцы, спор и других палиноморф в изученных пещерных осадках, подтверждающие репрезентативность получаемых палинологических материалов, в публикациях весьма малочисленны. Анализ собственных и литературных данных по палинологии пещерных памятников выявил необходимость дополнить методические разработки по спорово-пыльцевому анализу рыхлых отложений пещер, являющихся археологическими объектами, изучением состава и тафономических признаков всех растительных микроостатков, присутствующих в мацерате каждого образца. В связи с этим в процессе спорово-пыльцевого анализа плейстоценовых отложений восточной галереи Денисовой пещеры – важнейшего памятника палеолита Алтая и всей Северной Азии – нами для получения репрезентативных данных проводились тщательные палинотафономические исследования с целью дифференциации автохтонных и аллохтонных компонентов в спорово-пыльцевых спектрах межледниковых и перигляциальных этапов формирования изученной плейстоценовой толщи.

Денисова пещера, расположенная в низкогорной части северо-западного Алтая в долине верхнего течения р. Ануй (абс. отметка уреза воды вблизи пещеры 662 м), имеет карстовое происхождение и выработана в правом борту долины в крупном блоке силурийских известняков. Она состоит из системы субгоризонтальных галерей, сообщающихся через центральную камеру. Плейстоценовые отложения пещеры содержат артефакты индустрий и антропологические останки неандертальца (*Homo sapiens neandertalensis*) и представителя новой популяции древних людей – человека алтайского или денисовца (*Homo sapiens altaiensis*) [Reich et al., 2010].

Самая удаленная от входа в пещеру галерея названа восточной галереей. В толще четвертичных отложений восточной галереи выделены 17 литологических слоев (рис. 1, а, б), представленных преимущественно суглинками легкого, среднего или тяжелого гранулометрического состава, разной мощности и окраски, в разной степени насыщенных обломками коренных пород, детритом, фрагментов и целых костей крупных и мелких млекопитающих и их копролитами [Ульянов и др., 2017], а также костных остатков архантропов (денисовца и неандертальца). Возраст слагающих их плейстоценовых осадков определен сериями абсолютных дат: радиоуглеродных (^{14}C AMS) датировок в интервале от 50 300 до 27820 лет назад (далее л.н.) и оптико-люминесцентных (ОСЛ) дат в интервале от 305 ± 37 до 38 ± 9 тыс. л.н. [Jacobs et al., 2019].

При образовании всей толщи плейстоценовых отложений восточной галереи доминировал комплекс субаэральных процессов – эолового, делювиального и элювиального седиментогенеза со значительным участием в формировании большинства литологических слоев биогенно-антропогенного фактора.

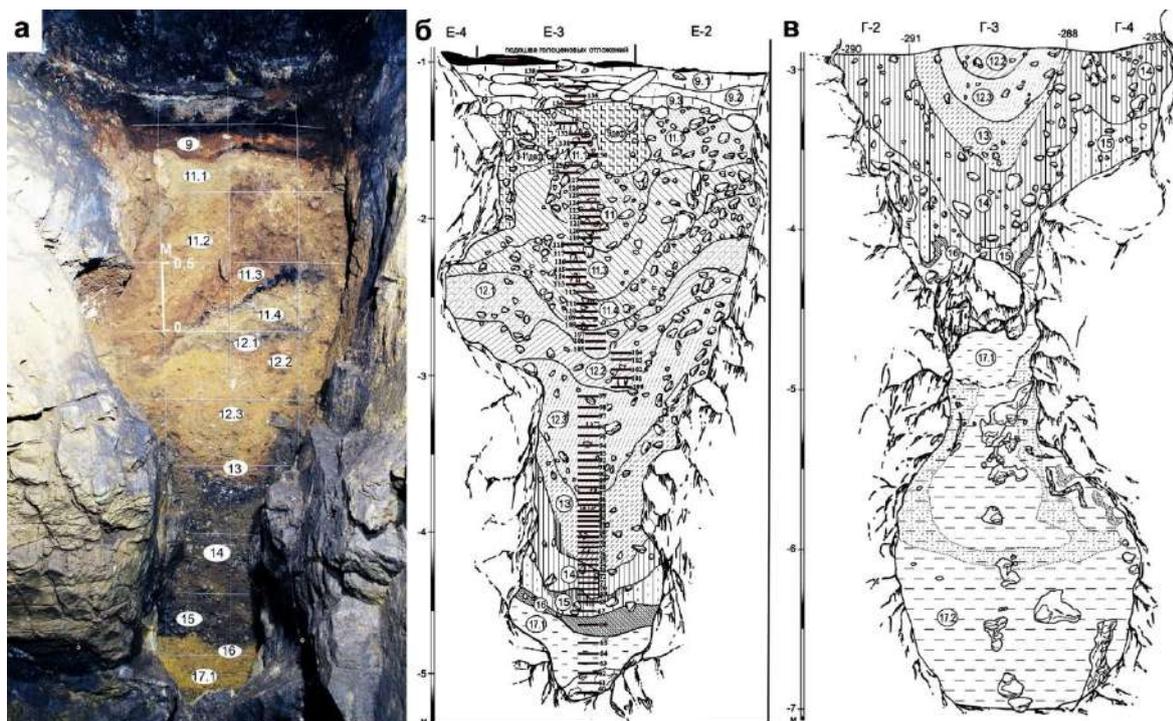


Рис. 1. Строение отложений и номера слоев в раскопе восточной галереи Денисовой пещеры: а), б) отложения на юго-восточной стенке раскопа; короткие горизонтальные линии – места отбора проб на спорово-пыльцевой анализ; в) разрез на северо-западной стенке раскопа, где вскрыты осадки слоя 17.2.

Для спорово-пыльцевого анализа из разреза восточной галереи было отобрано около 140 образцов. В отличие от классических объектов спорово-пыльцевого анализа – субаквальных (озерных, болотных, пойменных и др.) осадков, – пещерные отложения имели низкую концентрацию пыльцы и спор. В связи с этим выделение палиноморф, проводившееся в палеоботанической лаборатории Географического факультета Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова, выполнялось из 50 граммовых порций породы по технологии модифицированной версии сепарационной методики, разработанной для получения мацератов пыльцы и спор из субаэральных и бедных растительными микроостатками осадков плейстоцена [Болиховская, 1995]. Большое внимание уделялось достижению максимальной диспергации обрабатываемых осадков с целью освобождения пыльцы и спор от «панциря», состоящего из аморфного кремнезема, окислов железа и марганца, алевритовых частиц кварца, кальцита, глинистых минералов, органических соединений и др. Если образцы содержали недостаточное для статистических подсчетов количества пыльцы и спор, обрабатывались дополнительные (50 или 100 граммовые) порции отложений из этих проб. При необходимости очистить полученные палинологические концентраты от большого количества алевритовых и пелитовых частиц использовалась 40% плавиковая кислота (HF). Выполнен подробный палинологический анализ мацератов более 70 образцов слоев 9 – 17.1, вскрытых на юго-восточной стенке раскопа. Репрезентативные спорово-пыльцевые данные получены для 51 образца. Для большинства из этих образцов количество пыльцы и спор автохтонного комплекса колеблется от 320 до 1381 зерен. Анализ 10 проб из слоя 17.2, вскрытого на северо-западной стенке раскопа, показал весьма низкую концентрацию в них пыльцы и спор или присутствие 1-2 зерен в 4 просмотренных под микроскопом при увеличении $\times 400$ препаратах. Палинологические исследования осадков слоя 17.2 будут продолжены после обработки больших объемов мацеруемых проб. В трех образцах из этого слоя содержались относительно небольшие количества пыльцы, но их таксономический состав позволяет сделать обоснованное заключение о эколого-ценотических условиях времени его седиментации.

Кратко рассмотрим данные о составе растительных микроостатков и особенностях фоссилизации пыльцы и спор в толще отложений восточной галереи Денисовой пещеры,

изученных нами ранее [Болиховская и др., 2017; Болиховская, Шуньков, 2020] и на современном этапе исследований.

Палинофаономические исследования и палиноморфологические определения проводились с помощью микроскопа «Axio Imager D1». Фотографирование фоссилий выполнялось цифровой камерой «AxioCam». Для каждого из образцов плейстоценовых отложений восточной галереи Денисовой пещеры, содержащих статистически достаточное для получения репрезентативных спектров количество пыльцы и спор, составлена коллекция цифровых снимков автохтонных, имевших хорошую сохранность пыльцевых и спорных зерен и других растительных микрофоссилий, а также переотложенных диатомей, цист динофлагеллят и других непольцевых палиноморф (non-pollen palynomorphs). В фотоколлекцию каждого образца включены также отнесенные к аллохтонному комплексу пыльцевые и спорные зерна, которые имели минерализованные, рыхлые, утонченные, разорванные оболочки, поврежденные в процессе диагенеза, дальней транспортировки или многократного переотложения.

В составе микроорганики почти всех изученных образцов из плейстоценовых отложений восточной галереи Денисовой пещеры присутствует большое количество углистых и гумифицированных частиц, а также морских диатомей, диноцист и спикул губок, поступавших в эти отложения из разрушенных коренных пород пещеры. Наряду с пыльцой и спорами высших растений в составе автохтонных комплексов встречаются так называемые непольцевые палиноморфы (non-pollen palynomorphs) – споры почвенных грибов, раковинные амёбы *Arcella*, фрагменты насекомых и листовых пластин растений с устьицами (Stomata), другие микрофоссилии. Примеры автохтонных и аллохтонных непольцевых палиноморф, наиболее часто присутствующих в изученных мацератах, приведены на рис. 2. Среди них наибольшее участие в мацератах имеют плейстоценовые растительные микроостатки с устьицами и переотложенные диатомей. Самое большое количество диатомей содержали палиноспектры трех образцов из нижней части плейстоценовой толщи: №№ 76 (86%), 84 (77.5%) и 86 (77.7%) (рис. 1, а). Проценты показывают их долю от общего числа пыльцы, спор и непольцевых палиноморф в каждом образце. В других образцах диатомей присутствовали в значительно меньшем количестве (преимущественно 0.2 – 10%, редко 16 – 22%). Анализ не выявил палеоклиматическую приуроченность максимумов содержания морских палиноморф к межледниковым или холодным этапам формирования плейстоценовых слоев восточной галереи.

Рассматривая тафономические аспекты палинологии пещерных отложений, следует отметить, что сохранность некоторых спорополлениновых оболочек пыльцы и спор в изученных образцах в силу особенностей седиментации субаэральных отложений и вероятности того, что некоторые пыльцевые и спорные зерна перед фоссилизацией подвергались биогенно-химическому воздействию в пищеварительной системе травоядных и съедавших их хищных животных, была относительно средней. В связи с этим в процессе спорово-пыльцевого анализа для получения репрезентативных данных в состав автохтонных комплексов не включались пыльца и споры, имевшие сильно разрушенные оболочки. В качестве таких примеров на рис. 3 (в группе «а») приведены пыльцевые зерна ели (*Picea*), вяза (*Ulmus*) и др.

Кроме пыльцы и спор с разрушенной оболочкой, в изученных образцах присутствовали пыльцевые и спорные зерна, содержащие внутри сгустки аморфного кремнезёма (рис. 3, группа «б»). Замещение аморфным кремнеземом органического вещества цитоплазмы пыльцы и спор, имеющих апертуры (поры, борозды, ложные борозды, щели и другие утонченные или открытые участки), происходит в процессе диагенеза четвертичных субаэральных отложений. Морфологические признаки экзины подавляющего числа таких зерен не искажались этими «новообразованиями» и были пригодны для определения пыльцы древесно-кустарниковых растений до рода и вида, а пыльцы травянистых растений до семейства, поэтому они вошли в состав автохтонных палиноморф. Не включались в автохтонную палинофлору встречавшиеся единичные пыльцевые зерна *Betula*, полностью заполненные искажающим их морфологические признаки аморфным кремнеземом или почти целиком покрытые мельчайшими минеральными частицами, минеральными и органо-минеральными оболочками (рис. 3, группа «в»). Изъятие такой пыльцы березы из состава палинофлоры было сделано из опасения неправильного определения ее принадлежности к древесным или кустарниковым формам, т.к. размеры зерен и морфология поровых отверстий были искажены.

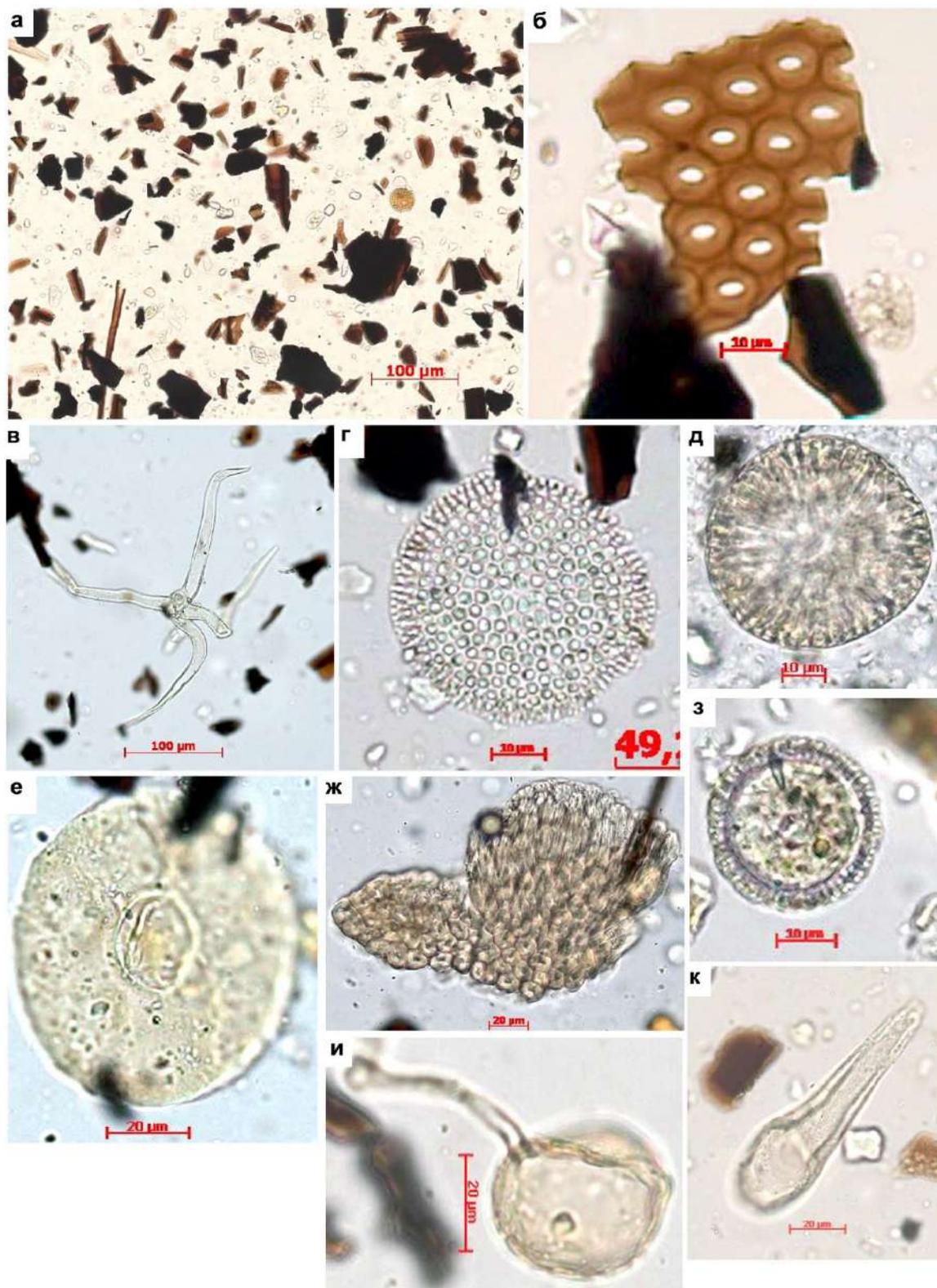


Рис. 2. Примеры углистых и гумифицированных частиц (увеличение $\times 100$) и непыльцевых палиноморф (non-pollen palynomorphs), присутствующих в мацератах образцов плейстоценовых отложений восточной галереи Денисовой пещеры: а – углистые частицы в переходной зоне слоев 13-14; б – фрагменты листовых пластин растений с устьицами ($\times 400$), слой 12.1; в – диноциста, слой 11.4; г-д, ж-з – диатомеи из слоя 11 (11.1, 11.2 и 11.4); е – раковинная амеба *Arcella*, слой 11.3; и – споры почвенных грибов, слой 13; к – остатки насекомых (хитиновый волосок), слой 13.

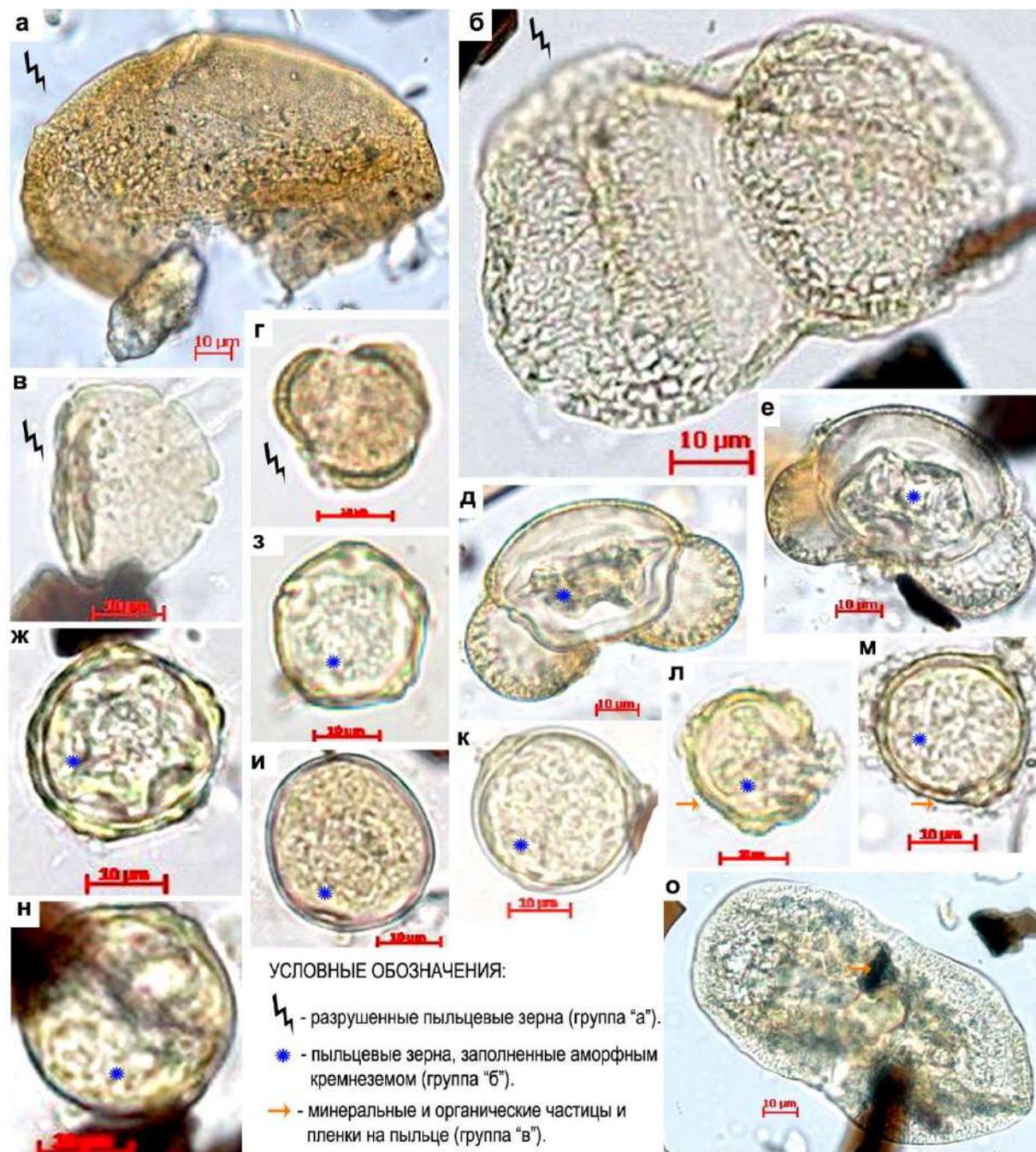


Рис. 3. Примеры тафономических особенностей пыльцы в образцах плейстоценовых отложений восточной галереи Денисовой пещеры: **а** – *Picea*, слой 17.2, обр. 10; **б** – *Pinus* s.g. *Harpoxylon*, слой 11.3, обр. 118, гл. 2,05 м; **в** – *Ulmus*, слой 14, обр. 71, гл. 4,4 м; **г** – *Artemisia*, слой 13, обр. 81, гл. 3,9 м; **д** – *Pinus sylvestris*, слой 17.1, обр. 64, гл. 4,75 м; **е** – *P. sylvestris*, слой 12.1, обр. 105, гл. 2,7 м; **ж** – *Alnus*, слой 11.4, обр. 109, гл. 2,5 м; **з** – *Alnus*, слой 13, обр. 76, гл. 4,15 м; **и** – *Poaceae*, слой 12.1, № 107, гл. 2,6 м; **к** – *Carpinus*, слой 13, обр. 76, гл. 4,15 м; **л** – *Betula*, слой 13, обр. 84, гл. 3,75 м; **м** – *Betula*, слой 11.4, обр. 109, гл. 2,5 м; **н** – *Betula* s. *Nanae*, слой 12.1, № 107, гл. 2,6 м; **о** – *Picea*, слой 11.3, обр. 115, гл. 2,20 м.

В составе автохтонного комплекса плейстоценовых отложений восточной галереи Денисовой пещеры определены пыльца и споры более 140 таксонов высших растений. Группа деревьев и кустарников включает пыльцу более 50 таксонов: пихты (*Abies* sp., *A. sibirica*), ели (*Picea* sect. *Omorica*, *P. sect. Picea*, *P. obovata*), лиственницы сибирской (*Larix sibirica*), сосны подрода *Harpoxylon*, кедра сибирского (*Pinus sibirica*), сосны обыкновенной (*P. sylvestris*), древовидных берез (*Betula* sect. *Costatae*, *B. sect. Albae*, *B. pendula*, *B. cf. pubescens*), березы кустарниковой (*Betula* sect. *Fruticosae*), б. карликовой (*B. sect. Nanae*), б. круглолистной (*B. nana*

spp. *rotundifolia*), ольховника (*Alnaster fruticosus* /*Duschekia fruticosa*, *A. mandshuricus*), ольхи (*Alnus glutinosa*, *A. incana*), лещины (*Corylus avellana*, *C. cf. heterophylla*), граба (*Carpinus cf. betulus*, *C. cf. cordata*, *C. cf. orientalis*), дуба (*Quercus robur*), ясеня (*Fraxinus* sp.), липы (*Tilia* sp., *T. cordata*, *T. cf. sibirica*, *T. cf. caucasica*, *T. cf. dasystyla*), вяза (*Ulmus* sp., *U. laevis*, *U. pumila*), облепихи (*Hippophaë*), ивы (*Salix* spp.), можжевельника (*Juniperus*, *J. cf. sibirica*, *J. cf. sabina*, *J. cf. foetidissima*), жимолости (*Lonicera* sp., *L. tatarica*), калины (*Viburnum* sp.), бересклета (*Euonymus* sp., *E. cf. nana*), лоха (*Elaeagnus cf. angustifolia*), рябины (*Sorbus* sp.), крыжовниковых (Grossulariaceae), волчегородника (*Daphne* sp., *D. cf. altaica*, *D. cf. mezereum*), хмеля (*Humulus lupulus*) и др. В группе трав и кустарничков определена пыльца около 80 таксонов: эфедры (*Ephedra* spp.), конопли (*Cannabis* sp.), верескоцветных (*Ericales*), злаков (Poaceae), осоковых (Cyperaceae), полыни (*Artemisia* sp., *A. subgen. Euartemisia*, *A. subgen. Seriphidium*, *A. subgen. Dracunculus*, *A. pauciflora* Web.), маревых (Chenopodiaceae), розоцветных (Rosaceae, *Sanguisorba* sp., *Dryas* sp., *D. cf. octapetala*, cf. *Potentilla*), цикориевых (Cichoriaceae) и свыше 60 других травяно-кустарничковых растений. Краткость списка спор высших споровых растений – зеленые мхи (Bryales), сфагновый мох (*Sphagnum*), папоротники сем. Многоножковые (Polypodiaceae, в их числе *Athyrium filix-femina*, *Dryopteris filix-mas*, *D. spinulosa* (*D. carthusiana*), папоротники сем. Ophioglossaceae (гроздовник *Botrychium* sp., ужомник обыкновенный *Ophioglossum vulgatum* L.), плаун (*Lycopodium* sp.), плаунок (*Selaginella* sp.), п. сибирский (*Selaginella cf. sibirica*), хвощ (*Equisetum* sp.), – подтверждает типичную для пещерных осадков малочисленность их представителей.

Заключение

Проведенные палинофаономические исследования палинологических объектов и палиноморфологические определения пыльцы и спор в плейстоценовых осадках восточной галереи Денисовой пещеры показали высокую степень репрезентативности спорово-пыльцевых данных, полученных для этого важнейшего памятника палеолита Северной Азии.

Результаты палинофаономических исследований пещерных отложений свидетельствуют, что к основным агентам, транспортирующим пыльцу и споры в пещерные полости, относятся ветер и посещающие их представители животного мира – в первую очередь, крупные и мелкие млекопитающие, птицы, насекомые (пчелы и шмели приносят пыльцу энтомофильных растений) и улитки. Для пещер, отложения которых содержат культурные слои, таким агентом, был и человек.

Почти постоянное присутствие в образцах из плейстоценовой толщи морских диатомей, диноцист и спикул Porifera – от небольшого (0.2-10% от общего числа палинологических объектов) до обильного (78-86%) количества – указывает на значительную роль в составе мелких фракций изучаемых отложений восточной галереи разрушенных до рыхлого состояния внутрипещерных коренных осадочных пород. Морские палиноморфы, несомненно, поступали в плейстоценовые отложения также в форме минеральных копролитов, когда выветриваемые соленосные морские осадки использовались крупными млекопитающими в качестве кудоритов.

Благодарности. Палинологические исследования выполнены для целей гранта РФФИ № 20-29-01011.

Литература:

Болиховская Н.С. Эволюция лёссово-почвенной формации Северной Евразии. М.: Изд-во МГУ, 1995. 270 с.

Болиховская Н.С., Козликин М.Б., Шуньков М.В., Ульянов В.А., Фаустов С.С. Новые данные в палинологии уникального памятника палеолита Денисова пещера на северо-западе Алтая // Бюллетень МОИП. Отдел биологический. 2017. Т. 122. №4. С. 46-60.

Болиховская Н.С., Шуньков М.В. Раздел I. Глава 3. Пространственно-временные особенности развития растительности и климата горных районов юга Северной Евразии в неоплейстоцене // Актуальные проблемы палеогеографии плейстоцена. Научные достижения Школы академика К.К. Маркова. М.: Географический факультет МГУ, 2020. С. 88–151.

Ульянов В.А., Козликин М.Б., Шуньков М.В. Строение разреза плейстоценовых отложений в восточной галерее Денисовой пещеры (по данным раскопок 2015 года) // Проблемы

археологии, этнографии, антропологии Сибири и сопредельных территорий. Новосибирск: Изд-во ИАЭТ СО РАН, 2015. Т. XXI. С. 157–160.

Jacobs Z., Li B., Shunkov M.V., Kozlikin M.B. et al. Timing of archaic hominin occupation of Denisova Cave in southern Siberia // *Nature*. 2019. Vol. 565. P. 594–599.

Reich D., Green R.E., Kircher M. et al. Genetic history of an archaic hominin group from Denisova Cave in Siberia // *Nature*. 2010. Vol. 468. P. 1053–1060.

ЗНАЧЕНИЕ ПАЛИНОЛОГИЧЕСКИХ ЗАПИСЕЙ КЛИМАТО-ФИТОЦЕНОТИЧЕСКИХ СУКЦЕССИЙ МИКУЛИНСКОГО МЕЖЛЕДНИКОВЬЯ ДЛЯ КОРРЕЛЯЦИИ КЛИМАТИЧЕСКИХ СОБЫТИЙ ПОЗДНЕГО НЕОПЛЕЙСТОЦЕНА ПОНТО-КАСПИЯ И РАЙОНОВ ЮЖНОЙ ПОЛОВИНЫ РУССКОЙ РАВНИНЫ

Н.С. Болиховская

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, nbolikh@geogr.msu.ru

THE SIGNIFICANCE OF PALYNOLOGICAL RECORDS OF CLIMATIC AND PHYTOCENOTIC SUCCESSIONS OF THE MIKULINO INTERGLACIAL FOR THE CORRELATION OF THE LATE PLEISTOCENE CLIMATIC EVENTS IN THE PONTO-CASPIAN AND THE REGIONS OF THE RUSSIAN PLAIN SOUTHERN HALF

N.S. Bolikhovskaya

Lomonosov Moscow State University

Введение. При корреляции палеогеографических событий позднего плейстоцена необходимо учитывать не только состав микулинских палинофлор и особенности растительности оптимумов последнего межледниковья плейстоцена в рассматриваемых районах Восточно-Европейской равнины, но и его климатическую структуру, выраженную в реконструированных по палинологическим записям климато-фитоценотических сукцессиях. Обращая также внимание на необходимость при корреляционных построениях учитывать закономерности метахронного развития природной среды в различных районах Понто-Каспия и южной половины Русской равнины, приведем примеры микулинских палинофлор и климато-фитоценотических сукцессий, установленных по палинологическим записям изученных автором позднеплейстоценовых толщ в опорных разрезах ледниково-перигляциальных и внеледниковых областей, отличающихся друг от друга строением новейших отложений и историей палеогеографического развития.

Методические аспекты. В южной части Восточно-Европейской равнины озерные и болотные отложения микулинского межледниковья не обнаружены. Здесь в бассейнах Днестра, среднего и нижнего Днепра, Дона, верхней Оки, средней Кумы и других районах распространения лёссово-почвенной формации в микулинское время формировались ископаемые почвы, лёссовые горизонты и аллювиальные осадки. Низкое содержание пыльцы и спор в лёссовых и палеопочвенных образованиях обусловлено, главным образом, двумя тафономическими причинами: 1) частичным разрушением оболочек пыльцы и спор как на стадии их захоронения в толще осадков, так и под действием процессов гипергенеза и диагенеза; 2) увеличением удельного веса зерен пыльцы и спор в связи с их вовлечением в процессы агрегирования алевритового мелкозема. Последний фактор учитывался при разработке используемых автором технологических приемов выделения палинологических остатков из высокодисперсных лёссово-почвенных и других пород [Болиховская, 1991, 1995].

Результаты исследований. Рассмотрим особенности климато-фитоценотических сукцессий микулинского интергляциала и состав характерных таксонов микулинских палинофлор в трех страторайонах южной половины Восточно-Европейской равнины – Верхнего Дона, Средней Десны и Среднего Приднестровья.

Район Верхнего Дона находится в пределах распространения морены донского (нижнеплейстоценового) оледенения. Детальные климато-фитоценотические реконструкции для времени микулинского термохона были получены при палинологическом изучении разреза Стрелица, расположенного в 20 км от Воронежа на правобережье Дона. В этом разрезе отложения неоплейстоцена представлены почти в полном объеме. В процессе многолетних работ палинологическими данными подробно охарактеризованы все субэральные, аллювиальные, озерные и флювиогляциальные образования, подстилающие и перекрывающие здесь морену донского оледенения [Болиховская, 1995]. Согласно палинологической записи (рис.1), эпохе микулинского межледниковья отвечает образование сформированной на днепровском лёссе салынской почвы и большей части вышележащей крутицкой почвы (палинозоны *Mk1 – Mk9*), объединяемых в мезинский ПК. Подгоризонт $A1^1$ крутицкой почвы соответствует интервалам первого ранневалдайского похолодания и последующего межстадиала (палинозоны *VI* и *V2*).

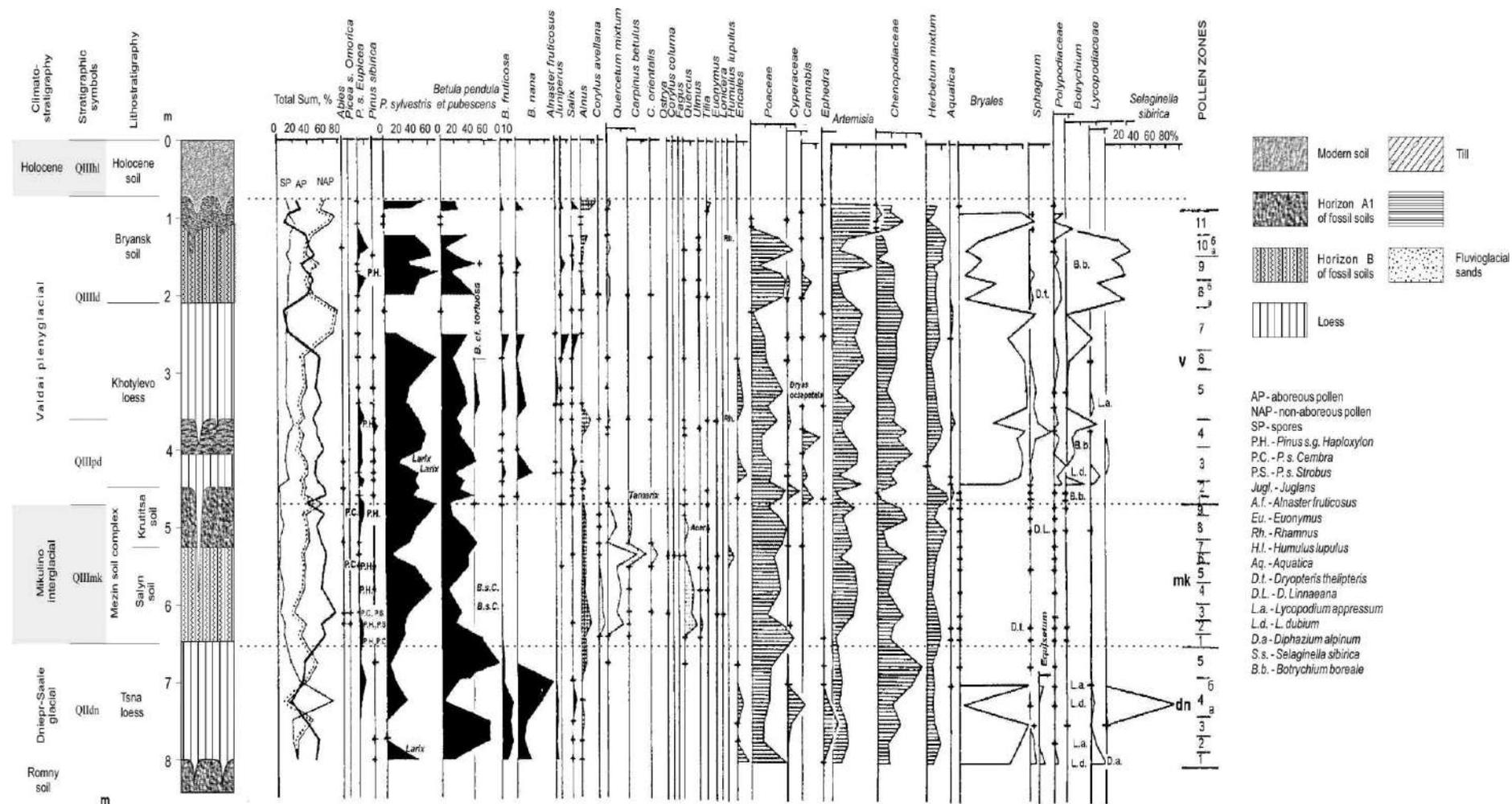


Рис. 1. Спорово-пыльцевая диаграмма днепровского и позднелейстоценовых горизонтов разреза Стрелица

На протяжении микулинского межледниковья (палинозоны *Mk1 – Mk9*) в районе Верхнего Дона почти постоянно господствовали лесостепи. Кардинальным трансформациям в течение этого термохрона подвергались, главным образом, лесные участки: *Mk1* – лесостепи с господством сосново-березовых лесов; *Mk2* – лесостепи с доминирующей ролью ольхово-вязово-дубовых и березово-сосновых лесов; *Mk3* – господство грабово-дубовых и березово-сосновых лесов; *Mk4* – лесостепи с вязово-липово-грабово-дубовыми и сосновыми лесами; *Mk5* – лесостепи, в которых усилилась роль березово-сосновых формаций (1-е эндотермальное похолодание); *Mk6* – лесостепи с господством грабовых лесов и березовых древостоев; *Mk7* – лесостепи с доминированием сосново-березовых лесов (2-е эндотермальное похолодание); *Mk8* – лесостепи (в составе лесов преобладали дубово-грабовые и березово-сосновые ассоциации); *Mk9* – лесостепи, состоявшие из разнотравно-злаковых степных биотопов, полынно-маревых сообществ и елово-сосновых ассоциаций. Сумма пыльцы термофильных элементов дендрофлоры достигает 22 и 40% в осадках термоксеротического и термогигротического максимумов и снижается до 3% в фазу главного эндотермального похолодания. Довольно обширный список характерных таксонов микулинской палинофлоры в Стрелице (*Picea* sect. *Eurpicea*, *Pinus* sect. *Cembra*, *P.* sect. *Strobus*, *P. sylvestris*, *Betula* sect. *Costatae*, *B. pendula*, *B. pubescens*, *Fagus orientalis*, *Quercus robur*, *Q. petraea*, *Q. pubescens*, *Carpinus betulus*, *C. orientalis*, *Ostrya* sp., *Corylus colurna*, *C. avellana*, *Tilia cordata*, *T. tomentosa*, *Acer* sp., *Ulmus laevis*, *U. glabra*, *Alnus glutinosa*, *A. incana* и др.) и многообразие установленных изменений в составе растительных формаций не только отражают фитоценоотическую и флористическую специфику микулинского климатохрона на Верхнем Дону, но и свидетельствуют об относительной полноте реконструированных палеогеографических событий.

Надо отметить, что выводы о характере фитоценоотических сукцессий микулинского межледниковья на Верхнем и Среднем Дону пока неоднозначны. Реконструкции, выполненные по мезинским палиноспектрам Стрелицы [Болиховская, 1995] и по кайдакским палиноспектрам Загородного и Кривой Луки [Артюшенко и др., 1973; Gerasimenko, 1997], хорошо согласуются с выводами палеопедологических исследований. Последние констатируют развитие в микулинское время в северной части бассейна Дона (севернее 51,5°с.ш.) серых лесных почв и оподзоленных черноземов, а южнее, на среднем Дону и в верхней части долины Северского Донца серых и бурых лесных почв, выщелоченных и типичных черноземов [Сычева, Ударцев, 1981; Сиренко, Турло, 1986]. Этим палинологическим и палеопедологическим реконструкциям противоречат данные, полученные по результатам анализа двухметровой пачки аллювия разреза Шкурлат 1 [Шевырев и др., 1986]. В них указывается, что в оптимальные фазы микулинского межледниковья в долине р. Гаврила на среднем Дону господствовали опустыненные степи и, возможно, пустыни. Сравнение спектров зоны 3, отражающих микулинский оптимума в Шкурлате 1, которые характеризуются относительно высоким содержанием пыльцы древесных пород (примерно 18-35%), заметным количеством пыльцы дуба (до 5%) и т.д. [Спиридонова, 1991], с субфоссиальными спектрами пустынных, пустынно-степных и степных сообществ юга Русской равнины, позволяет заключить, что они формировались не в автоморфных, а в долинных ландшафтах подзоны злаковых или разнотравно-злаковых степей, изобилующих слабо задернованными экотопами. Палеогеографическим моделям, полученным при изучении профилей микулинских автоморфных почв, адекватно отвечают реконструкции, выполненные на основании исследования остатков крупных и мелких млекопитающих шкурлатского комплекса из различных местонахождений рассматриваемой и сопредельной территорий [Маркова, 1985; Алексеева, 1990]. Они указывают на развитие преимущественно лесостепных ландшафтов во время существования микулинских териофаун.

Район Средней Десны находится в зоне распространения морены днепровского (московского) оледенения. Здесь в разрезе Араповичи, расположенном на водораздельном плато правобережья Десны в 12 км юго-западнее г. Новгород-Северского, выше морены залегает 14-метровая толща позднеплейстоценовых лёссов и ископаемых почв. Результаты комплексного палеогеографического изучения этого разреза в числе других данных легли в основу схемы периодизации лёссов и ископаемых почв Русской равнины, составленной сотрудниками ИГ РАН [Величко и др., 1984].

Результаты детального палинологического изучения надморенной толщи разреза Араповичи (см. спорово-пыльцевую диаграмму в статье Болиховской «Периодизация...» в настоящем сборнике) позволяют представить развернутую картину климато-фитоценологических сукцессий последнего межледниковья и валдайской ледниковой эпохи на территории бассейна Средней Десны. Палинологические свидетельства значительных климатических изменений ранга межледниковье-оледенение в толще отложений, разделяющих здесь мезинский почвенный комплекс (ПК) и морену днепровского языка, не обнаружены.

Микулинским межледниковьем, согласно палинологической записи, датируются пески и суглинки, лежащие на морене, и большая часть вышележащего мезинского почвенного комплекса (ПК): салынская почва (лессиве) и нижняя треть дерново-черноземной крутицкой почвы [Болиховская, 1995]. Установлены 11 сукцессионных фаз господствовавшей в этот термохрон лесной растительности: *Mk1* – сосново-березовые леса с примесью дуба, граба, липы и вяза; *Mk2* – сосново-березовые леса с примесью ели и подлеском из *Betula fruticosa* (первый эндотермал); *Mk3* – березовые леса с участием *Carpinus betulus*, *Quercus robur*, *Q. petraea*, *Tilia cordata*, *T. tomentosa*, *Corylus colurna*, *Ulmus laevis* и др.; *Mk4* – сосново-еловые леса с дубом, грабом, вязом, медвежьим орешником (*Corylus colurna*) и др.; *Mk5* – грабово-дубовые леса (термоксеротический максимум); *Mk6* – березово-кедрово-еловые и грабово-дубовые с примесью вяза и липы леса; *Mk7* – сосновые леса с примесью березы и ерниковым ярусом (второй эндотермал); *Mk8* – березово-елово-кедровые и грабово-дубовые леса с примесью бука, липы, ильмовых, древовидной лещины, каркаса и др.; *Mk9* – дубово-грабовые леса с лещиной (термогигротического максимум); *Mk10* – березово-сосновые леса с участием дуба, граба, липы и вяза; *Mk11* – кедрово-еловые и березовые леса. Характерными таксонами микулинской палинофлоры Средней Десны являются *Picea sect. Omorica*, *Pinus sect. Strobus*, *P. sect. Cembra*, *Carpinus betulus*, *Fagus sylvatica*, *Quercus robur*, *Q. petraea*, *Q. pubescens*, *Tilia platyphyllos*, *T. tomentosa*, *T. cordata*, *Ulmus glabra*, *U. laevis*, *Celtis* sp., *Corylus colurna*, *Corylus avellana*, *Humulus lupulus*, *Lonicera* sp. и др. [Болиховская, 1995].

Среднее Приднестровье – пример района, где наибольшей подробностью во внеледниковой зоне Восточно-Европейской равнины реконструирована история климато-фитоценологических событий позднего плейстоцена. Здесь по материалам мультидисциплинарных и детальных палинологических исследований разрезов Молодова I и V, Кормань, Кетросы и др., содержащих культурные слои мустьерских и позднепалеолитических стоянок, реконструирована летопись развития растительности и климата микулинского межледниковья и 19 валдайских (9 межстадиальных и 10 стадиальных) этапов [Многослойная..., 1977; Болиховская, 1981; Болиховская, Пашкевич, 1982; Молодова I. Уникальное..., 1982; Многослойная..., 1987; и др.].

В микулинское межледниковье формировался почвенный комплекс, вскрытый на глубине 20 м в разрезе Молодова I, состоящий из двух бурых лесных почв и разделяющего их лёсса [Губин, 1982]. Палинологические данные показали, что на протяжении большей части микулинского интергляциала на прилегающей территории господствовали лесостепи [Болиховская, 1982]. Установлены 7 фаз изменения состава преобладавших лесных и степных формаций: *Mk1* – сосново-широколиственные и широколиственные (из граба, дуба, вяза и клена) леса соседствовали с марево-полынными и злаково-разнотравными степными участками; *Mk2* (оптимальная фаза термоксеротической стадии) – господство широколиственных лесов и злаково-разнотравных степей: 2а – среди лесных участков преобладали дубовые леса с примесью граба, вяза и клена; 2б – господствовали дубовые леса с примесью граба и ореха; *Mk3* (эндотермальное похолодание) – на открытых участках господствовали марево-полынные сообщества, а в составе лесов – сосновые леса с кустарниковой березой (*Betula fruticosa*) и ольховником (*Alnaster* sp.) в составе подлеска; *Mk4* – сосновые леса с примесью ели, граба, дуба и вяза, а также марево-полынные и злаково-разнотравные степные группировки; *Mk5* (оптимальная фаза термогигротической стадии) – в составе лесов доминировали грабинники с примесью ореха (*Juglans regia*) и дуба, а на открытых степных участках значительно сократилась роль полыни; *Mk6* – в составе лесных массивов преобладали кедрово-широколиственные и широколиственные леса из граба, ореха, бука, дуба, вяза и липы, а в степных сообществах – злаки, представители разнотравья и осоки; *Mk7* – в заключительную фазу значительно сократились площади лесов, и ведущую роль стали играть разнотравно-злаковые

степи. Характерные компоненты микулинской дендрофлоры Среднего Приднестровья – *Picea* sect. *Omorica*, *Pinus* cf. *cembra*, *Juglans regia*, *Carpinus betulus*, *Fagus sylvatica*, *Quercus robur*, *Q. petraea*, *Tilia platyphyllos*, *Corylus avellana* и др.

Заключение. Вся совокупность палинологических записей, представленных в данной работе и полученных автором по другим разрезам южной половины Русской равнины, а также реконструированные на их основании климато-фитоценологические сукцессии микулинского межледниковья, свидетельствуют о сложной климатической структуре последнего межледниковья. Внутри микулинского межледникового климатического ритма, как и в стратотипе этого термохрона Восточно-Европейской равнины, выделяются более дробные климато-стратиграфические подразделения: термодеротические и термогигротические стадии с (соответственно) термодеротическим и термогигротическим оптимумами, а также внутримежледниковые похолодания, названные эндотермальными похолоданиями или эндотермалами, Главный эндотермал, фиксируемый между термодеротической и термогигротической стадиями, выражен на всех палинологических записях микулинского межледниковья изученных разрезов. Установленные особенности микулинского климатического ритма следует учитывать при корреляции отложений и климатических событий позднего неоплейстоцена Понто-Каспия и других районов южной половины Русской равнины.

Анализ палинологических записей выполнен для целей гранта РФФИ (№ 22-27-00164).

Литература:

- Алексеева Л.И.* Териофауна верхнего плейстоцена Восточной Европы (крупные млекопитающие) // Тр. Геол. ин-та АН СССР. М.: Наука, 1990. Вып. 455. С. 1–109.
- Артюшенко А.Т., Пашкевич Г.А., Паршикура С.И., Карева Е.В.* Палеоботаническая характеристика опорных разрезов четвертичных (антропогенных) отложений средней и южной части Украины. Киев: Наукова думка, 1973. 95 с.
- Болиховская Н.С.* Основные проблемы палеогеографии лёссов и ископаемых почв // Палеоботанические методы в изучении палеогеографии плейстоцена. Итоги науки и техники. Т. 7. Палеогеография. М.: Изд. ВИНТИ, 1991. С. 41–69.
- Болиховская Н.С.* Растительность и климат Среднего Приднестровья в позднем плейстоцене. Результаты палинологического изучения отложений Кишлянского Яра // Кетросы. Мустьерская стоянка на Среднем Днестре. М.: Наука, 1981. С. 103–124.
- Болиховская Н.С.* Растительность микулинского межледниковья по данным палинологического анализа полигенетической ископаемой почвы близ стоянки Молодова I // Молодова I. Уникальное мустьерское поселение на Среднем Днестре. М.: Наука, 1982. С. 145–154.
- Болиховская Н.С.* Эволюция лёссово-почвенной формации Северной Евразии. М.: Изд.-во МГУ, 1995. 270 с.
- Болиховская Н.С., Пашкевич Г.А.* Динамика растительности в окрестностях стоянки Молодова I в позднем плейстоцене (по материалам палинологического исследования) // Молодова I. Уникальное мустьерское поселение на Среднем Днестре. М.: Наука, 1982. С. 120–145.
- Величко А.А., Маркова А.К., Морозова Т.Д., Ударцев В.П.* Проблемы геохронологии и корреляции лёссов и ископаемых почв Восточной Европы // Изв. АН СССР. Сер. геогр. 1984. N 6. С. 5–19.
- Губин С.В.* Погребенные почвы района палеолитической стоянки Молодова I // Молодова I. Уникальное мустьерское поселение на Среднем Днестре. М.: Наука, 1982. С. 111–120.
- Маркова А.К.* Микротириофауна микулинского межледниковья (по материалам Русской равнины) // Докл. АН СССР, 1985. Т. 284. № 3. С. 718–721.
- Многослойная палеолитическая стоянка Кормань IV.* М.: Наука, 1977. 183 с.
- Многослойная палеолитическая стоянка Молодова V. Люди каменного века и окружающая среда.* М.: Наука, 1987. 184 с.
- Молодова I. Уникальное мустьерское поселение на Среднем Днестре.* М.: Наука, 1982. 239 с.

Сиренко Н.А., Турло С.И. Развитие почв и растительности Украины в плиocene и плейстоцене. Киев: Наукова думка, 1986. 187 с.

Спиридонова Е.А. Эволюция растительного покрова бассейна Дона в верхнем плейстоцене-голоцене. М.: Наука, 1991. 221 с.

Сычева С.А., Ударцев В.П. Особенности развития почв мезинского комплекса Окско-Донской равнины // Вопросы палеогеографии плейстоцена ледниковых и перигляциальных областей. М.: Наука, 1981. С. 151–180.

Шевырев Л.Т., Алексеева Л.И., Спиридонова Е.А. Палеогеография и биоценоз микулинского времени юго-востока Русской равнины // Новые материалы по палеогеографии и стратиграфии плейстоцена. Уфа, 1986. С. 29–37.

Bolikhovskaya N.S. Paleogeography and Stratigraphy of Valday (Wurm) Loesses of the South-Western Part of the East-European Plain by Palynological Data // Problems of the stratigraphy and paleogeography of loesses. Lublin, 1986. P. 111–124.

Gerasimenko, N. Late Pleistocene cycles of environmental and vegetational evolution in Ukraine // The Late Pleistocene in Eastern Europe. Abstracts of the INQUA-SEQS Symposium. Vilnius, 1997. P.17–18.



ПАЛИНОЛОГИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ К РЕКОНСТРУКЦИИ ПРИРОДНЫХ УСЛОВИЙ В СТЕПНОМ ПОВОЛЖЬЕ В НЕОЛИТЕ/ЭНЕОЛИТЕ (ПОСЕЛЕНИЕ ОРОШАЕМОЕ I)

О.К. Борисова¹, А.А. Выборнов², А.И. Юдин³

¹*Институт географии РАН, Москва, olgakborisova@gmail.com*

²*Самарский государственный социально-педагогический университет, Самара, vibornov_kin@mail.ru*

³*Научно-исследовательский центр по сохранению культурного наследия, Саратов, aleyudin@yandex.ru*

PALYNOLOGICAL DATA FOR THE RECONSTRUCTION OF ENVIRONMENTAL CONDITIONS IN THE STEPPE VOLGA REGION IN THE NEOLITHIC/ENEOLITHIC (SETTLEMENT OROSHAEMOE I)

O.K. Borisova¹, A.A. Vybornov², A.I. Yudin³

¹*Institute of Geography RAS, Moscow, olgakborisova@gmail.com*

²*Samara State University of Social Sciences and Education, Samara*

³*Research Center for Preservation of Cultural Heritage, Saratov*

Степные районы Нижнего Поволжья привлекают внимание специалистов в связи с ранним возникновением изготовления керамики [Выборнов и др., 2018б], развитием скотоводства (прикаспийская культура) [Vybornov et al., 2015] и появлением металлообработки (хвалынская культура). Реконструкция ландшафтно-климатических условий развития культур неолита/энеолита в этом регионе представляет несомненный интерес. Одним из перспективных источников информации для такой реконструкции является многослойное стратифицированное поселение Орошаемое I, которое активно изучалось в течение последних восьми лет [Выборнов, Юдин, 2017; Выборнов и др., 2018а; и др.]. По археологическим данным на памятнике выделены слои орловской, прикаспийской и хвалынской культур, разделенные стерильными прослойками [Выборнов и др., 2020б]. Серии 14С датировок, полученные для каждого культурного слоя (КС), позволили определить хронологические рамки функционирования стоянок на поселении Орошаемое I [Выборнов и др., 2020а].

Поселение Орошаемое I расположено на р. Большой Узень, в 1,5 км к северу от с. Александров Гай Саратовской области. Здесь хорошо представлены суглинистые отложения позднехвалынской трансгрессии Каспия. По завершению этой фазы начался этап, когда эти осадки подвергались переработке эоловыми и склоновыми процессами. Для реконструкции изменений условий обитания человека на поселении Орошаемое I проведен анализ пыльцы (п.) и спор, а также прочих микроскопических остатков растений и животных, по 6 образцам, отобраным из всех КС. Из-за низких содержаний и плохой сохранности п., обычной для субэаральных отложений из степных и пустынных районов, в каждом образце было подсчитано только по 100-130 пыльцевых зерен, после чего просмотр препаратов продолжался для более полного выявления состава микрофоссилий. Во всех изученных образцах доминирует п. трав и кустарничков (>90% от суммы п. наземных растений), представленная в основном *Chenopodiaceae* и *Artemisia* (рис. 1). Далее в порядке убывания следуют представители семейств *Asteraceae*, *Cichoriaceae* и *Polygonaceae*. Суммарная доля п. разнотравья, без учета трех названных семейств, составляет от 20-25% спектра в нижней части орловского КС до 9 и 13% в прикаспийском и хвалынском КС. Из древесных пород наиболее часто встречается п. *Pinus sylvestris*; споры единичны.

«Материком» для нижнего (орловского) КС поселения Орошаемое I служат отложения позднехвалынской трансгрессии Каспийского моря. Морское происхождение этих осадков подтверждается большим числом фрагментов спикул морских губок и оболочек одноклеточных водорослей cf. *Micrhystridium*, характерных для солоноватоводных морских бассейнов с глинистым дном [Batten, 1996]. Вверх по разрезу их содержания быстро сокращаются. В дальнейшем аккумуляция на этом участке происходила при переработке морских отложений эоловыми и склоновыми процессами, а во время образования КС – также за счет накопления продуктов и отходов жизнедеятельности человека. На обилие гниющих органических остатков указывают находки аскоспор плесневых грибов (*Chaetomium* и др.), особенно многочисленные в нижней части орловского КС. Хетомий – типичный сапрофит, поселяющийся на целлюлозе,

костях, коже, перьях и т.п. [van Geel et al., 2003]. О хорошо развитой растительности на участке поселения на раннем этапе его существования свидетельствует большое количество гиф и спор гломусовых грибов, образующих микоризу на корнях растений. В нижней части орловского КС обнаружены также многочисленные споры сажистого гриба *Thecaphora* (головни), паразитирующего на пасленовых, вьюнках и др. растениях.

Наиболее низкое по разрезу содержание п. маревых (~20%) отмечено в образце из основания орловского КС (глубина отбора 330 см). Доля п. *Artemisia*, Asteraceae и Cichoriaceae здесь составляет по 11-13% спектра. П. сем. астровых очень разнообразна; встречается п., соответствующая по морфологическому типу ромашнику (*Tanacetum achilleifolium*) – одному из доминантов современного растительного покрова региона. Найдена также п. Ranunculaceae, Polygonaceae, Rosaceae и, единично, Caryophyllaceae, Lamiaceae и Rubiaceae – семейств, включающих в себя многочисленные луговые и лугово-степные растения. Помимо п. подорожника и василька, которая определена и в остальных изученных образцах, только на этом уровне обнаружены единичные пыльцевые зерна стрелолиста (*Sagittaria*) – типичного прибрежно-водного растения – и относительно влаголюбивого ежеголовника (*Sparganium*). Интересна также находка п. брионии – многолетней травянистой лианы из семейства Cucurbitaceae, растущей среди кустарников, по оврагам, долинам рек, а также как сорное вблизи жилья.

Образцы из средней части орловского КС близки по составу пыльцевых комплексов. Из древесных пород, помимо п. сосны, в нижнем из этих двух образцов (с глубины 280 см) обнаружены единичные пыльцевые зерна березы и ивы, а в верхнем (с глубины 270 см) – ольхи. В верхнем образце найден также фрагмент ситовидной трубки древесины тополя (определение проведено при помощи базы данных по микростроению древесины [Schoch et al., 2004]). Содержания п. маревых, полыней, гречишных и подорожников в этом слое несколько больше, чем в нижнем образце, а количество п. астровых, цикориевых и лютиковых – меньше. При этом становится богаче состав разнотравья: помимо перечисленных выше, в этом слое найдена п. растений еще из 15 семейств. Примечательны находки п. кермека (*Limonium*) из сем. Plumbaginaceae, характерного для солончаков и засоленных лугов в поймах рек, луговых видов – василисника (*Thalictrum*) и кровохлебки (*Sanguisorba*), а также скабиозы (*Scabiosa*) – обитателя легких и нарушенных грунтов, суходольных лугов и степей. Обнаружена также п. вьюнка (*Convolvulus*). Этот род включает в себя как широко распространенные сорные виды (например, *C. arvensis*), так и обитателей солонцеватых грунтов (*C. lineatus*).

В образце из верхней части орловского КС (с глубины 240 см) доля п. маревых достигает 55% спектра. Из п. деревьев обнаружены единичные зерна *Pinus*, возможно, имеющие дальнезаносное происхождение. Находки фрагментов сосудов древесины с характерной перфорацией указывают на локальное присутствие ивы и березы. П. этих пород здесь не встречена, хотя ивняки весьма характерны для берегов рек в зоне степей [Растительность..., 1980]. Состав п. трав и кустарничков в этом слое остается очень разнообразным и мало изменяется по сравнению с нижележащим слоем. Здесь найдена п. хвойника (*Ephedra*) – типичного ксерофита, характерного для зон степей и полупустынь, молочая (*Euphorbia*) – рода, который включает в себя луговые и лугово-степные виды, мордовника (*Echinops*) – обитателя степных склонов и нарушенных грунтов и алтея (*Althea*), разные виды которого растут по влажным пойменным лугам и кустарникам, а также по нарушенным грунтам. П. Роасеae в орловском КС единична, но во всех исследованных образцах встречаются микроскопические фрагменты эпидермиса листьев злаков, что подтверждает их значительную роль в составе локальной растительности. Как известно, экзина п. злаков обладает относительно низкой стойкостью к разрушению в субаэральном состоянии по сравнению с более плотной и толстой экзиной п. маревых, астровых и цикориевых [Bottema, 1975]. В результате избирательного разрушения доля п. последних в спектрах оказывается завышенной. Помимо п. и микроскопических фрагментов растительных тканей, в образцах из орловского КС обнаружены также остатки представителя почвенной фауны – панцирных клещей и разнообразные споры грибов, включая гломусовые.

В КС прикаспийской культуры (образец с глубины 140 см) определены единичные пыльцевые зерна сосны, березы и вяза; встречены также фрагменты ситовидных трубок из древесины березы и коры лиственной древесной породы. Содержание п. Chenopodiaceae в этом

образце наибольшее для всего разреза – 65% спектра. Доля п. прочих основных компонентов спектра (Asteraceae, Cichoriaceae и Polygonaceae) снижается до 3%. Сокращается разнообразие п. травянистых растений: из разнотравья, помимо перечисленных семейств, здесь встречена только п. Rosaceae, Caryophyllaceae, Lamiaceae и Fabaceae. Представлена также п. растений, характерных для участков с нарушенным или несформированным почвенным покровом и почв легкого механического состава в зонах степей и полупустынь (*Ephedra distachya*, *Plantago* sp.). В этом слое вновь резко возрастает содержание спор *Glomus*, встречаются фрагменты эпидермиса листьев злаков и др. частицы и волокна растительного происхождения.

В образце с глубины 70 см, отобранном из энеолитического хвалынского КС, содержание п. маревых вновь снижается, в основном за счет увеличения доли п. полыни и хвойника (до 10% спектра). Состав п. разнотравья становится более разнообразным. Единично встречается п. сосны и ивы, но других микроскопических древесных остатков не найдено. П. Роасеae единична, хотя в этом слое найдено наибольшее количество фрагментов кожицы листьев злаков. Этот образец отличается от всех остальных заметной примесью обрывков растительных тканей и волокон и очень высоким содержанием спор и гиф гломусовых грибов. Возможно, в этом слое, на глубине всего 70 см от поверхности почвы, эти остатки принадлежат грибам, образующим мицелий на корнях современных растений или на недавно отмерших корнях, и именно этим объясняется хорошая сохранность и разнообразие спор *Glomus* в этом образце. С другой стороны, обилие остатков гломусовых грибов нередко рассматривается как признак усиления эрозии почв, когда они попадают в разрез вместе с грунтом в процессе делювиального смыва с соседних склонов. Содержание спор других групп грибов здесь, наоборот, очень низкое. Интересна находка кутикулы нематоды – обычного представителя почвенной фауны.

Общий состав пыльцевых спектров, разнообразие п. луговых и степных растений и присутствие типичных ксерофитов и галофитов позволяет заключить, что в течение всего времени обитания людей на поселении Орошаемое I растительность на окружающей территории была близка к современным сухим степям (полупустыням) в сочетании с галофитно-степными и солончаковыми сообществами в депрессиях рельефа. Изменения в составе пыльцевых комплексов в целом отражают иссушение климата, произошедшее за время формирования орловского КС. Близкие палинологические данные были получены по неолитическим слоям на Варфоломеевской стоянке, расположенной приблизительно в 30 км к западу от Орошаемого, на берегу р. Малый Узень [Юдин, 2004]. Пыльцевые спектры из культурного слоя Варфоломеевской стоянки, соответствующего нижнему уровню орловского слоя на Орошаемом I, отражают распространение злаково-полынных степей и сообществ маревых на засоленных участках. Изменения состава пыльцевых спектров в слоях, соответствующих средней и верхней частям орловского слоя на Орошаемом I, позволяют реконструировать смену полынно-злаковых степей марево-полынными полупустынными сообществами [Юдин, 2004].

Палинологические данные по прикаспийскому КС стоянки Орошаемое I указывают на наиболее сухие климатические условия на этой территории во время его образования. Позднее здесь вновь наметилось увеличение количества осадков, сопровождавшееся возрастанием неравномерности в их выпадении и, как следствие, развитием процессов эрозии почв. Признаками таких изменений могут служить аномально высокие содержания п. эфедры и остатков гломусовых грибов в образце из хвалынского КС.

Благодарности. Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФ, проект 22-28-00082 «Неолитизация Нижнего Поволжья: междисциплинарный подход».

Литература:

Выборнов А.А., Васильева И.Н., Дога Н.С., Рослякова Н.В., Косинцев П.А., Кулькова М.А., Попов А.С., Юдин А.И., Ойнонен М., Посснерт Г., Стрельцов М.А. Итоги исследования поселения Орошаемое в 2018 году // Самарский научный вестник. 2018а. Т. 7. № 4 (25). С. 211–219.

Выборнов А.А., Васильева И.Н., Кулькова М.А., Филиппсен Б. О времени появления и динамике распространения древнейших керамических традиций в степном Нижнем Поволжье // Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 4. История. Регионоведение. Международные отношения. 2018б. Т. 23. № 2. С. 6–16.

Выборнов А.А., Гилязов Ф.Ф., Кулькова М.А., Юдин А.И. Хронология стоянок Алгай и Орошаемое в Нижнем Поволжье // Радиоуглерод в археологии и палеоэкологии: прошлое, настоящее, будущее. СПб: ИИМК РАН, 2020а. С. 21–22.

Выборнов А.А., Юдин А.И. Исследования в Александрово-Гайском районе Саратовской области в 2016 году // Археологическое наследие Саратовского края. 2017. Вып. 15. Саратов: ООО «Полиграфия «Плюс». С. 30–79.

Выборнов А.А., Юдин А.И., Васильева И.Н., Косинцев П.А., Рослякова Н.В., Дога Н.С., Попов А.С. Результаты исследования памятника Орошаемое в Нижнем Поволжье в 2019 году // Вопросы археологии Поволжья. 2020б. Вып. 8. Самара: СГСПУ. С. 66–77.

Растительность европейской части СССР / Под ред. С.А. Грибовой, Т.И. Исаченко, Е.М. Лавренко. Л.: Наука, 1980. 432 с.

Юдин А.И. Варфоломеевская стоянка и неолит степного Поволжья. Саратов: Изд-во СГУ, 2004. 200 с.

Batten D.J. Chapter 26B. Palynofacies and palaeoenvironmental interpretation // Palynology: principles and applications. Vol. 3 / J. Jansonius, D.C. McGregor (eds.). Dallas: American Association of Stratigraphic Palynologist Foundation, 1996. P. 1065–1084.

Bottema S. The interpretation of pollen spectra from prehistoric settlements (with special attention to Liguliflorae) // Paleohistoria. 1975. Vol. 17. P. 17–35.

Schoch W., Heller I., Schweingruber F.H., Kienast F. Wood anatomy of central European Species. 2004. Online version: www.woodanatomy.ch

van Geel B., Buurman J., Brinkkemper O., Schelvis J., Aptroot A., van Reenen G.B.A., Hakbijl T. Environmental reconstruction of a Roman Period settlement site in Uitgeest (The Netherlands), with special reference to coprophilous fungi // Journal of Archaeological Science. 2003. Vol. 30. P. 873–883.

Vybornov A., Kosintsev P., Kulkova M. The origin of farming in Lower Volga Region // Documenta Praehistorica. 2015. Vol. 42. P. 67–75.



О РАЗНООБРАЗИИ ИНТЕРСТАДИАЛЬНЫХ ОБСТАНОВОК СРЕДНЕГО-ПОЗДНЕГО ПЛЕЙСТОЦЕНА В ЯРОСЛАВСКОМ ПОВОЛЖЬЕ (ПО ПАЛИНОЛОГИЧЕСКИМ ДАННЫМ)

О.К. Борисова, Н.Н. Нарышкина, А.О. Уткина, А.В. Панин
Институт географии РАН, Москва, paleo_igras@mail.ru

ON THE VARIETY OF INTERSTADIAL ENVIRONMENTS OF THE MIDDLE-LATE PLEISTOCENE IN THE YAROSLAVL VOLGA REGION (ACCORDING TO PALYNOLOGICAL DATA)

O.K. Borisova, N.N. Naryshkina, A.O. Utkina, A.V. Panin
Institute of Geography RAS, Moscow

Ярославское Поволжье традиционно привлекало внимание исследователей благодаря особенностям строения долины Волги, узкой и глубокой на участке от Рыбинска до Плеса (так называемая «долина прорыва»), и наличию обширного озеровидного понижения на прилегающих междуречьях – Костромской низины. Своеобразие рельефа этой территории позволило Д.Д. Квасову [1975] выдвинуть гипотезу о существовании системы связанных между собой ледниково-подпрудных озер (Ростовского, Костромского, Сухонского и др.) на заключительных этапах поздневалдайского оледенения и о позднеледниковом возрасте долины прорыва Волги.

Анализ геоморфологической позиции отложений микулинского межледниковья, обнаруженных в обнажениях и скважинах в долине Волги и в приустьевых частях ее притоков [Чеботарева, Макарычева, 1974; Разрезы отложений..., 1977; Гричук, 1989; Проблемы стратиграфии... 2001; и др.], показывает, что возраст этого участка долины значительно более древний, по меньшей мере, позднемосковский [Borisova et al., in press]. Проведенный нами поиск отложений предполагаемого Костромского палеоозера также не подтвердил гипотезы о существовании ледниково-подпрудного бассейна в позднем валдае: в пределах Костромской низины не было обнаружено озерных отложений соответствующего возраста. Тем не менее, спорово-пыльцевой анализ линз и прослоев осадков предположительно озерного, озерно-ледникового или озерно-аллювиального генезиса, вскрытых буровыми скважинами, в сочетании с результатами радиоуглеродного и люминесцентного датирования [Utkina et al., in press] позволил получить новые данные о разнообразии палеогеографических обстановок потеплений разной глубины и продолжительности, происходивших на данной территории в среднем-позднем плейстоцене.

Наиболее древнее потепление интерстадиального ранга реконструировано по данным спорово-пыльцевого анализа слоя тяжелого суглинка мощностью около 1.5 м, залегающего в толще флювиогляциальных песков с включениями гравия и гальки с прослоями валунника с песчано-галечным наполнителем (рис. 1). Эти отложения были вскрыты расчисткой 063, продолженной скважиной 19547, на краю Назаровского карьера (58° с.ш., 39° в.д., 94 м над ур. моря) на геоморфологической поверхности, соответствующей уровню низкой террасы Волги (10-11 м над рекой), но перекрытой слоем диамиктона с включениями глыб до 1-1.5 м.

В спектрах по всему разрезу преобладает пыльца (п.) деревьев и кустарников (AP) – 60-70% от общей суммы п. и спор Σ. Наиболее многочисленна п. ели, сосны обыкновенной и берез (*Betula sect. Albae* и *B. sect. Fruticosae*). Помимо п. *Picea*, *Pinus* и *Larix*, обнаружены устьица – специализированные группы клеток эпидермиса хвои, которые служат для газообмена с атмосферой. Содержания п. трав и кустарничков (NAP) устойчивы по всему разрезу и не превышают 20%. Преобладают польни, осоковые, злаки и, в меньшей степени, маревые. Содержания спор (в основном *Sphagnum* и *Polypodiaceae*) наименьшие в нижней части разреза (5-10%) и достигают максимума в его средней части (~15% Σ). По изменениям в составе спектров и палинофлоры выделяются три локальные пыльцевые зоны (ЛПЗ) (рис. 1).

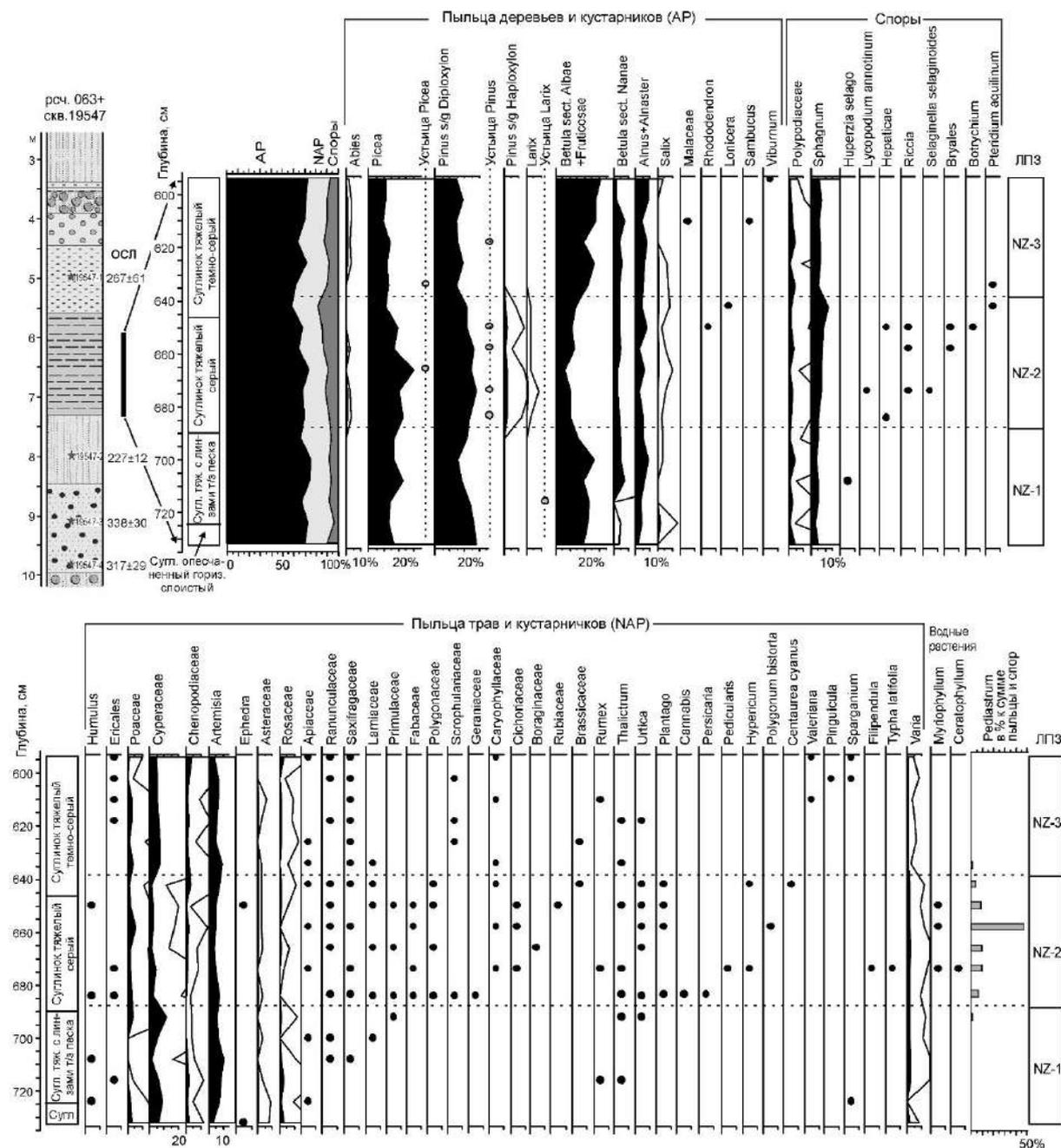


Рис. 1. Пыльцевая диаграмма по слою тяжелого суглинка из скв. 19547, Назаровский карьер. Анализы Н.Н. Нарышкиной и О.К. Борисовой. AP+NAP+Споры=100%. Повторяющие кривые проведены с увеличением $\times 10$. «●» – содержание <1%.

В ЛПЗ NZ-1 среди NAP преобладает *Artemisia* (до 40% и в одном образце ~60% NAP). Тем не менее, состав AP в сочетании с высокими содержаниями п. *Sauraceae* (20-40% от NAP) показывает, что обилие п. полыней здесь объясняется не столько засушливостью климата, сколько интенсивностью процессов эрозии на соседних склонах, сложенных мореной, что подтверждается чрезвычайным разнообразием переотложенных древних спор и п., а также цист динофлагеллят, внутренних оболочек фораминифер и проч.

В ЛПЗ NZ-2 содержания п. ели возрастают до 20-30% Σ , встречается п. *Pinus sibirica* и *Abies*, что характерно для интерстадиальных лесных сообществ в центральных районах Восточно-Европейской равнины. Доля п. *P. sylvestris* повышается до 30% Σ . Найдена п. мезофильных кустарников – жимолости и рододендрона. Смягчение континентальности климата и увлажнение подчеркнуто ростом количества и разнообразия спор: здесь отмечены виды плаунов, характерные для темнохвойных лесов (*Huperzia selago* и *Lycopodium annotinum*),

Pteridium aquilinum, обычный для сосновых лесов, сфагновые, зеленые и печеночные мхи и единично – гипоарктический плаунок *Selaginella selaginoides*. Вероятно, слой суглинка, соответствующий ЛПЗ NZ-2, накопился в небольшом водоеме: здесь обнаружена п. водных и прибрежных растений (*Myriophyllum*, *Typha latifolia*), листовые шипики роголистника (*Ceratophyllum*) и ценобии *Pediastrum*, однако их незначительное количество и малая мощность слоя, в котором они содержатся (<0.5 м), показывают, что его существование было непродолжительным.

ЛПЗ NZ-3 по составу спектров близка к ЛПЗ NZ-1. По сравнению с ЛПЗ NZ-2 состав темнохвойных лесов обедняется, и их роль в составе растительности уменьшается. Доля сосновых лесов сокращается за счет расширения березовых формаций. Из кустарников, характерных для подлеска и опушек, встречена единично п. бузины и калины. Изменения в составе NAP, по-видимому, отражают повышение грунтовой влажности: содержание п. Сурегасеае достигает 35% NAP, тогда как обилие и разнообразие разнотравья сокращается по сравнению с ЛПЗ NZ-2.

Таким образом, палинологические данные по слою суглинка из скв. 19547 отражают изменения в составе растительности от северо- до среднетаежных лесов, близких к современным формациям Западной Сибири, происходившие в течение довольно теплого интервала. Внутри этого потепления выделяются ранняя, термоксеротическая, и поздняя, термогигротическая, фазы и оптимальный интервал, соответствующий переходу между ними. Следовательно, по классификации В.П. Гричука [1969], это потепление имело ранг интерстадиала. люминесцентные датировки песчаных слоев, подстилающих и перекрывающих изученный слой суглинка, полученные по полевому шпату [Utkina et al., in press], позволяют отнести время его формирования к МИС 7. Тем не менее, длительность реконструированной теплой фазы охватывает не более 3-4% от общей продолжительности МИС 7, и невозможно определить, к какой части этой изотопной стадии она принадлежит.

По скважине 19543 у д. Отмищево (58° с.ш., 42° в.д., 105 м над ур. моря) был исследован слой коричневого тяжелого суглинка мощностью ~0.6 м с тонкими оторфованными прослоями. На глубине 7.7 м вскрыта морена, отделенная от слоя суглинка прослоями разнородного песка, гравия с мелким щебнем, тонкозернистого песка и алевролита общей мощностью ~1 м.

Общий состав спектров во всех образцах близкий: AP составляет 60-70%, NAP –30-40%. Среди п. деревьев преобладает п. *Pinus* subgen. *Diploxylon* и *Betula* sect. *Albae* – по 10-20% от AP+NAP, заметную роль играют также кустарниковые березы (*B. sect. Fruticosae* и *B. sect. Nanae*) – по 7-15%. Доля п. ивы устойчива по всему разрезу (~5%), встречается п. ольховника. Из всех древесных пород только содержание п. ели заметно возрастает вверх по разрезу, достигая 20% спектра в его верхней части. В верхнем слое обнаружена единичная п. *Abies*. П. *Pinus* subgen. *Haploxylon* в небольшом количестве встречается во всех образцах. Все перечисленные древесные породы являются ветроопыляемыми и продуцируют большое количество пыльцы. Находки п. лиственницы, плохо сохраняющейся в отложениях, напротив, указывают на ее присутствие вблизи разреза. Таким образом, описанный состав п. древесных пород не означает локального присутствия лесов, однако позволяет заключить, что небольшие массивы темнохвойных (еловых с примесью кедра, а позднее также и пихты), сосново-лиственничных и березовых лесов, наряду с зарослями микротермных кустарников, занимали наиболее благоприятные местообитания на окружающей разрез территории.

Во всех образцах обнаружены высокие содержания спор сфагновых и печеночных мхов, сопоставимые с количеством AP+NAP или даже превосходящие его. Вероятно, печеночные мхи в изобилии развивались вблизи изученного разреза на участках влажного обнаженного грунта. По морфологическим признакам большинство обнаруженных спор Нератисеае близко к роду *Asterella*. В современных условиях один из видов этого рода, астерелла мешковидная (*Asterella saccata*), распространенный на Камчатке, «образует рыхлые дерновинки по влажным свежим моренам» [Красная книга Камчатского края, 2018]. На основании исследований сфагновых болот Н.И. Пьявченко [Пьявченко и др., 1976] пришел к выводу, что "споровая продуктивность сфагнов увеличивается перед приобретением ими господствующего положения в фитоценозе" и снижается, когда это положение завоевано. Обилие спор *Sphagnum* показывает, что во время образования слоя суглинков сфагновые мхи активно расселялись на окружающей разрез территории. По мере образования мохового покрова и развития луговых ассоциаций во влажной

низине, где накапливался слой суглинка, обилие печеночных мхов быстро сокращалось: в двух верхних образцах их споры встречаются редко.

Преобладание п. осоковых и злаков среди NAP, обилие и разнообразие п. разнотравья указывают на широкое развитие влажных лугов. Находки п. и спор микротермных растений, характерных для луговых сообществ тундры и лесотундры (*Selaginella selaginoides*, *Botrychium boreale*, *Polemonium* sp. и др.), свидетельствуют о довольно холодных условиях времени накопления изученных осадков, а их сочетание с находками п. типичного ксерофита – *Ephedra* и гелиофильного вида – *Helianthemum* позволяет отнести эту палеофлору к гляциальным флорам в понимании В.П. Гричука [1969].

Полученные палинологические данные показывают, что формирование слоя суглинка происходило в сырой низине во время небольшого (межфазиального) потепления на позднем этапе московского оледенения. Возможно, вблизи разреза находился край массива мертвого льда, из-под которого в эту западину выносились водой все более тонкозернистые наносы. После освобождения западины ото льда в ней формировались сообщества печеночных мхов, сфагновые и осоковые ассоциации низинного болота, злаково-разнотравные луга и заросли микротермных кустарников, вероятно, с редким древостоем лиственницы на наиболее теплых участках. На большем удалении от массивов льда в защищенных местообитаниях в это же время существовали небольшие массивы темнохвойных и смешанных березовых лесов, возможно, с участием сосны на песках и/или на верховых болотах. Таким образом, в целом растительность этого интервала представляла собой перигляциальную лесотундру. Присутствие ольховника традиционно трактуется как свидетельство наличия многолетней мерзлоты. Не исключено, что слой легкого суглинка с линзами песка, перекрывающий изученный нами горизонт, мог образоваться в результате солифлюкционного сплыва, что могло бы объяснить полученные по нему «удревненные» люминесцентные датировки (381 ± 40 и 252 ± 24 тыс. л. н.). В изученном разрезе п. водных растений не обнаружена, а ценобии *Pediastrum* и *Botryococcus* встречены только в одном образце в количестве $<1\%$ от суммы пыльцы, следовательно, эти отложения не являются озерными.

Близкие по составу пыльцевые спектры были получены в результате анализа отдельных образцов из прослоев суглинков и алевритов предположительно озерного, озерно-ледникового или озерно-аллювиального генезиса, вскрытых буровыми скважинами 19535, 19534, 19532 и 19530 на правом борту долины Волги на высотах от 102 м до 120 м над ур. моря.

Образец суглинка из скв. 19535 почти точно соответствует образцам в основании описанного выше разреза по скв. 19543 у д. Отмищево по составу п. всех основных компонентов и отличается только значительно меньшей долей спор ($\sim 15\%$ спектра), представленных приблизительно в равных долях *Polypodiaceae* и *Sphagnum*. В образце присутствуют также переотложенные третичные и мезозойские микрофоссилии. Хотя по полевому шпату из перекрывающего слоя песков получены люминесцентные датировки от 435 ± 29 до 651 ± 92 тыс. л. н. [Utkina et al., in press], положение изученного слоя в разрезе (примерно на 2 м выше кровли московской морены) и состав пыльцевого спектра позволяют предположить, что эти суглинки образовались во время одного из интерстадиальных потеплений в конце эпохи московского оледенения. Подобная картина получена и в отношении образцов тяжелого суглинка и алеврита из скв. 19532. Доля п. ели достигает здесь 20% спектра, что близко к наибольшему содержанию, отмеченному в верхней части разреза по скв. 19543. Несмотря на большую мощность отложений, вскрытых скважиной (>18 м), кровля морены здесь не была достигнута, но изученный слой суглинка лежит всего на 3 м ниже, чем в скв. 19535; датировки по вышележащей толще флювиогляциальных (?) песков и алевритов составляют >374 тыс. л. н. и даже >662 тыс. л. н. [Utkina et al., in press]. Еще один пыльцевой спектр, почти идентичный описанному выше для суглинка из скв. 19535, определен для слоя алеврита, залегающего непосредственно на поверхности московской морены в скв. 19534. Помимо п. и спор, очевидно, находящихся здесь *in situ*, флювиальный генезис осадка подчеркивают разнообразные переотложенные микрофоссилии (п. *Eucalyptus*, *Keteleeria* и проч.). В этом разрезе маломощные (~ 0.5 м) позднемосковские алевриты перекрыты 8-м толщиной эоловых отложений, для которых получена серия люминесцентных датировок по кварцу от 10.7 ± 0.7 до 16.2 ± 1.0 тыс. л. н.

Данные пыльцевого анализа образца из небольшого прослоя суглинка, залегающего в толще более грубозернистых отложений, вскрытых скв. 19530, отличаются от описанных выше

спектров большей долей спор папоротников (~30% Σ) и *Suregaseae* при близких содержаниях п. древесных пород, однако бедность отложений пылью не позволяет достаточно полно выявить состав ископаемой флоры. Люминесцентные датировки по кварцу из подстилающих и перекрывающих песчаных слоев составляют от 78.1±4.7 тыс. л. н. до 113.9±8.3 тыс. л. н., что позволяет предположительно отнести время формирования этого слоя суглинка к прохладному интервалу в поздней части МИС 5.

Наконец, по скв. 19539 у д. Спас-Виталий (58° с.ш., 40° в.д., 102 м над ур. моря) был проведен пылевой анализ 6 образцов из слоя темно-серого тяжелого суглинка с тонкими оторфованными прослоями толщиной ~0.5 м, опесчаненного в нижних 5 см. От кровли нижележащей морены он отделен прослоем тонко- и мелкозернистого песка толщиной 15 см. Доля AP в нижних четырех образцах составляет 55-70% Σ , а в верхних двух снижается до 35-45% за счет увеличения доли NAP. Споры немногочисленны, но разнообразны и принадлежат лесным, болотным и луговым растениям (*Botrychium lunaria*). Среди п. деревьев преобладает п. *Picea* (до 60% Σ , или 85-88% AP, в нижней части разреза и ~50% AP в двух верхних образцах). Такие высокие содержания п. ели, несомненно, свидетельствуют о существовании еловых лесов в окрестностях разреза.

За время формирования слоя суглинка, которое можно оценить в несколько сотен лет, состав лесов стал более разнообразным: появилась примесь *Pinus* subgen. *Haploxyton*, а затем и *Abies*. Присутствие п. *P.* subgen. *Diploxyton* и *Betula* sect. *Albae* в количестве не более 10% от общей суммы п. и спор Σ говорит об их ограниченной роли в локальной растительности, однако в заключительной части интервала, охваченного разрезом, содержания п. этих пород возрастают до 15-20% AP, что может отражать увеличение доли сосновых и березовых лесов в региональной растительности. Пыльца кустарниковых берез, ольховника и ивы встречается по всему разрезу в небольшом количестве. Хаотичное распределение редких пылевых зерен широколиственных пород (*Quercus*, *Tilia*, *Corylus*) по разрезу указывает на их переотложение из более древних осадков. По своей экологии эти породы несовместимы с такими микротермными растениями, как ольховник, карликовая березка или плаунок плауновидный, споры которого обнаружены во всех образцах, кроме одного. Среди NAP наиболее обильна п. злаков, осоковых и полыней. Содержания п. этих растений немного увеличиваются в верхней части разреза, достигая 10-15%. П. лугового разнотравья составляет >50% NAP по всему разрезу, причем в каждом образце представлены 15-17 семейств. Наиболее часто встречается п. *Cichoriaceae*, *Caryophyllaceae*, *Lamiaceae*, *Rosaceae* и *Saxifragaceae*. Обнаружена п. типичных луговых растений – валерианы, василисника, горца змеиноного, шалфея, василька и подорожника. Находки п. хвойника (*Ephedra*) наряду с микротермными растениями подчеркивают гляциальный (интерстадиальный) ранг флоры.

Помимо п. и спор, в изученном слое суглинка в довольно значительном количестве (до 25-30% по отношению к общей сумме пыли и спор) найдены ценобии *Pediastrum*. Единично встречается также *Botryococcus*. Присутствие этих водорослей указывает на флювиальный генезис отложений, однако в слое не встречено ни одного пылевого зерна водных или прибрежных растений; отсутствуют и другие микроскопические остатки, характерные для озерных отложений. Низкая сохранность пыли также нетипична для озерных осадков. Кроме того, во всех образцах обнаружены разнообразные переотложенные микрофоссилии (преимущественно споры папоротникообразных мезозойского возраста), что свидетельствует о довольно динамичной обстановке осадконакопления. Можно предположить, что слой суглинка накапливался в небольшом понижении, которое наполнялось водой во время снеготаяния и после сильных дождей, у подножия склона, с которого и поступали в осадок древние споры из обломков пород в размываемой морене.

Люминесцентные датировки по слою надморенных песков из скв. 19540, расположенной в 220 м от скв. 19539, и 14С АМС-датировка 33140±290 кал. л. н. (IGAN_{AMS}-8162) по растительным остаткам из верхней части изученного слоя суглинка указывают на формирование этих осадков в конце средневалдайского «мегаинтерстадиала» (МИС 3) [Borisova et al., in press]. Полученные палинологические данные показывают, что в это время на территории Костромской низины были распространены северотаежные темнохвойные леса, возможно, редкостойные. В конце интервала, охарактеризованного разрезом, возросла доля березовых и сосновых лесов и

открытых травянистых формаций, вероятно, вследствие изменения климата (увеличения континентальности и/или снижения влажности).

Благодарности. Исследования выполнены при финансовой поддержке РФФ, проект 22-17-00259 «Трансконтинентальная система стока Северной Евразии в среднем и позднем неоплейстоцене».

Литература:

Гричук В.П. Гляциальные флоры и их классификация // Последний ледниковый покров на северо-западе Европейской части СССР. М.: Наука, 1969. С. 57–70.

Гричук В.П. История флоры и растительности Русской равнины в плейстоцене. М.: Наука, 1989. 183 с.

Квасов Д.Д. Позднечетвертичная история крупных озер и внутренних морей Восточной Европы. Л.: Наука, 1975. 278 с.

Красная книга Камчатского края в 2-х т. 2-е изд. Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс, 2018.

Проблемы стратиграфии четвертичных отложений и палеогеографии Ярославского Поволжья / Отв. ред. Ю.А. Лаврушин, И.А. Чистякова. М.: ГЕОС, 2001. 159 с.

Пьявченко Н.И., Елина Г.А., Чачхиани В.Н. Основные этапы истории растительности и торфонакопления на востоке Балтийского щита в голоцене // Бюлл. Комиссии по изучению четвертичного периода. 1976. № 45. С. 3–24.

Разрезы отложений ледниковых районов Центра Русской равнины / Под ред. К.К. Маркова. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1977. 198 с.

Чеботарева Н.С., Макарычева И.А. Последнее оледенение Европы и его гехронология. М.: Наука, 1974. 216 с.

Borisova O.K., Konstantinov E.A., Utkina A.O., Baranov D.V., Panin A.V. On the existence of the large proglacial lake in the Rostov-Kostroma lowland, north-central European Russia // Journal of Quaternary Science, in press.

Utkina A.O., Panin A.V., Kurbanov R.N., Murray A.S. Unexpectedly old luminescence ages as an indicator of the origin of the Upper Volga River valley sediments. // Quaternary Geochronology, in press.



**ИЗМЕНЕНИЯ РАСТИТЕЛЬНОСТИ МОРДОВСКОГО ЗАПОВЕДНИКА В
СРЕДНЕМ И ПОЗДНЕМ ГОЛОЦЕНЕ**

К.А. Бородин¹, Н.Г. Мазей¹, Е.Ю. Новенко^{1,2}

¹*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, e-mail:
lenanov@mail.ru*

²*Институт географии РАН, Москва*

**VEGETATION CHANGES IN THE MORDOVIAN RESERVE IN THE MIDDLE AND
LATE HOLOCENE**

K.A. Borodina¹, N.G. Mazei¹, E.Yu. Novenko^{1,2}

¹*Lomonosov Moscow State University, Moscow*

²*Institute of Geography RAS, Moscow*

Изучение динамики растительности и роли лесных пожаров центральных районов Восточно-Европейской равнины уже долгое время является одним из актуальных направлений палеогеографических исследований. Наибольший интерес в изучении палеоландшафтов центра Восточно-Европейской равнины представляет территория Мордовского государственного природного заповедника им П.Г. Смиридовича, так как он располагается на стыке границ двух природных зон: лесной и лесостепной [Мильков, Гвоздецкий, 1986]. Положение территории в междуречье рек Мокши и Сатиса обуславливает богатое разнообразие ландшафтов [Варгот, 2016]. Палеогеографические исследования отдельных болот и оценка влияния пожаров и хозяйственной деятельности человека на растительный покров на территории Мордовского заповедника представлены в работах Е. Ю. Новенко с соавторами [2018, 2021] и О.Г. Гришуткина [2012].

Ключевой участок, на котором выполнены представленные палеологические исследования, болото Кордон Стекланный (53°52'36" с.ш., 43°35'01" в.д.) расположено в северо-восточной части Мордовского заповедника в пределах моренно-водноледниковой равнины, сложенной флювиогляциальными песками, подстилаемыми с 0.5 метров и глубже перемытой донской мореной под сосново-еловыми лесами с липой и дубом во 2-м ярусе, подростом ели и клёна [Куприянов, 2016]. Растительность болота представлена сфагново-пушицевым березовым сообществом, с вкраплениями багульника, мирта, черники, голубики, осок и вейника. Болото, предположительно, расположено в котловине карстового генезиса. Максимальная мощность торфяной залежи составляет 269 см и подстилается тяжелыми суглинками.

Отбор кернов был выполнен в ходе полевых работ в августе 2015. Бурение торфяной залежи проводилось торфяным буром Сукачёва производства фирмы Eijkelkamp с диаметром пробоотборника 5 см и длиной 50 см. Длина керна составила 270 см.

Описание колонки и отбор проб на разные виды анализов проводилось в процессе отбора кернов. Химическая обработка проб для спорово-пыльцевого анализа в представленной работе выполнена по методике, разработанной В.П. Гричуком в Институте географии РАН [Гричук, 1940] с дополнениями, взятыми из методики, разработанной Муром с соавторами [Moore et. al., 1991], учитывая специфику обработки торфа.

Определение абсолютного возраста образцов проводилось в Лаборатории радиоуглеродного датирования и электронной микроскопии Института географии РАН (Москва). В результате было получено 6 радиоуглеродных дат (табл. 1). Калибрование радиоуглеродных дат было проведено в программе Calib 8 с калибровочной кривой Incal 20.

Для выявления интенсивности пожаров в районе исследования и влияния их на растительность заповедника было проведено изучение прослоев угля в торфе болота Кордон Стекланный. В поле в процессе отбора керна фиксировались прослой угля, которые отражают сильные пожары, затрагивающие центр болота, и их глубины [Pitkänen et. al., 2001, Новенко и др., 2018]. При помощи радиоуглеродных дат и модели скорости накопления торфа для каждого угольного прослоя определялся его возраст. Межпожарный интервал был рассчитан как интервал времени между соседними угольными прослоями.

Анализ количества и положения угольных прослоев в торфяном разрезе болота Кордон Стекланный (рис. 1) показал, что максимальное количество угольных прослоев (20) приходится на период 7100 - 5100 кал. л.н. межпожарный интервал колеблется от 20 до 250 лет. С 5100 до

Таблица 1. Результаты радиоуглеродного датирования отложений болота Кордон Стекланный.

Лабораторный номер образца	Глубина отбора, см	Радиоуглеродный возраст C^{14} , лет назад (1σ)	Интервал калиброванного возраста 2σ календарных лет назад, (вероятность)
ИГ РАН 4991	17-20	129.96%±2.77%	1976 - 1983 (0.81) н.э.
ИГ РАН 4992	70-75	1540 ± 60	1340 - 1533 (0.953)
ИГ РАН 4993	120-125	3010 ± 70	2997 - 3369 (0.997)
ИГ РАН 4994	165-170	4440 ± 80	4865 - 5296 (1.000)
ИГ РАН 4995	210-215	5800 ± 80	6434 - 6754 (0.954)
ИГ РАН 4996	245-250	6580 ± 80	7322 - 7590 (1.000)

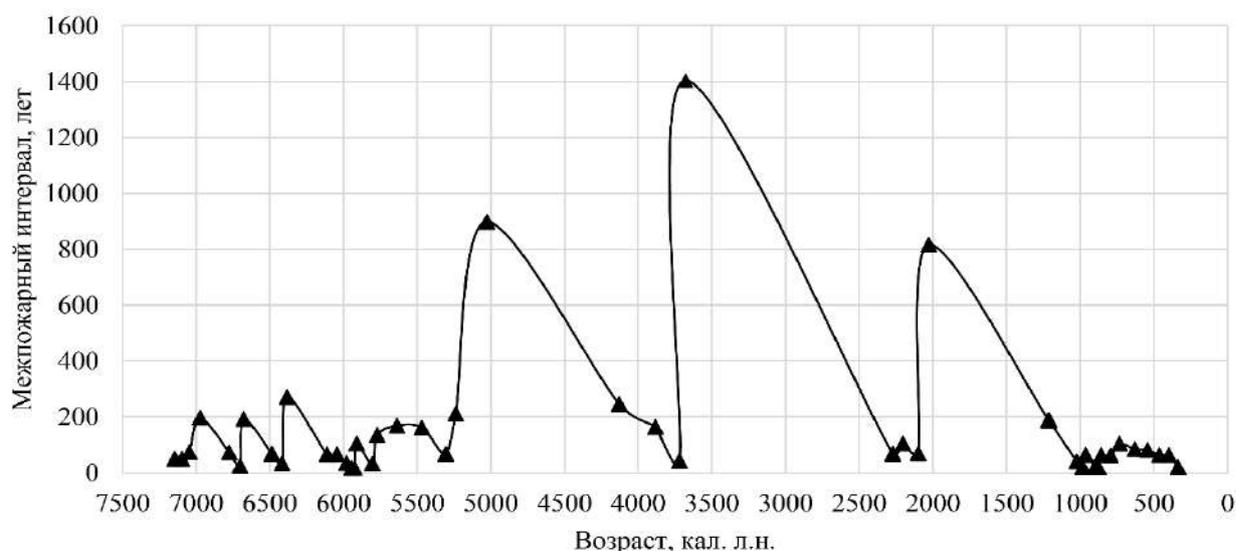


Рис. 1. Реконструкция межпожарного интервала (по данным подсчета угольных прослоек в торфе).

1100 кал. л.н. интервал между пожарами увеличился до 800 - 1300 лет. За исключением 3 пожаров с небольшим межпожарным интервалом 35 лет между 2300 - 2100 кал. л.н. В течение последнего тысячелетия частота пожаров в среднем возросла до 50 лет.

Самый нижний образец торфа для радиоуглеродного датирования болота Кордон Стекланный отобран с глубины 248 см, ему соответствует калиброванный возраст около 7500 кал. л.н. На основе модели роста торфа была проведена экстраполяция возраста до 270 см (подошва торфяной залежи) - 7900 кал. л.н.

Согласно результатам спорово-пыльцевого анализа (рис. 2) на первых этапах накопления торфяной залежи (~7900 кал. л.н.) территорию вокруг болота занимали березово-сосновые леса в сочетании с открытыми местообитаниями. В период 7900 - 5500 кал. л.н. дуб, липа, вяз, ольха и орешник принимали участие в древостоях, вероятно, во втором ярусе сосновых лесов. Пики пыльцы широколиственных пород находились в противофазе пикам содержания пыльцы березы и микрочастиц угля, что позволяет нам сделать заключение о пирогенных сукцессиях растительного покрова в это период.

На протяжении всего суббореального периода и начала субатлантического (5500 - 1800 кал. л.н) на территории исследования были распространены широколиственные леса, которые сохранялись до 500 кал. л.н. Расширению площади лесов из дуба, липы и вяза способствовало отсутствие частых пожаров, межпожарный интервал составлял в среднем 1000-1400 лет.

В интервале 1800 - 900 кал. л.н. в спектрах увеличилась доля пыльцы сосны, а также появилась пыльца ели (в количестве более 5%), вероятно, территорию занимают хвойно-широколиственные леса. Возможно, растительный покров представлял собой мозаику из широколиственных лесов и сосново-широколиственных в местообитаниях с более мощными песчаными отложениями. Появление культурных злаков и видов - антропогенных индикаторов

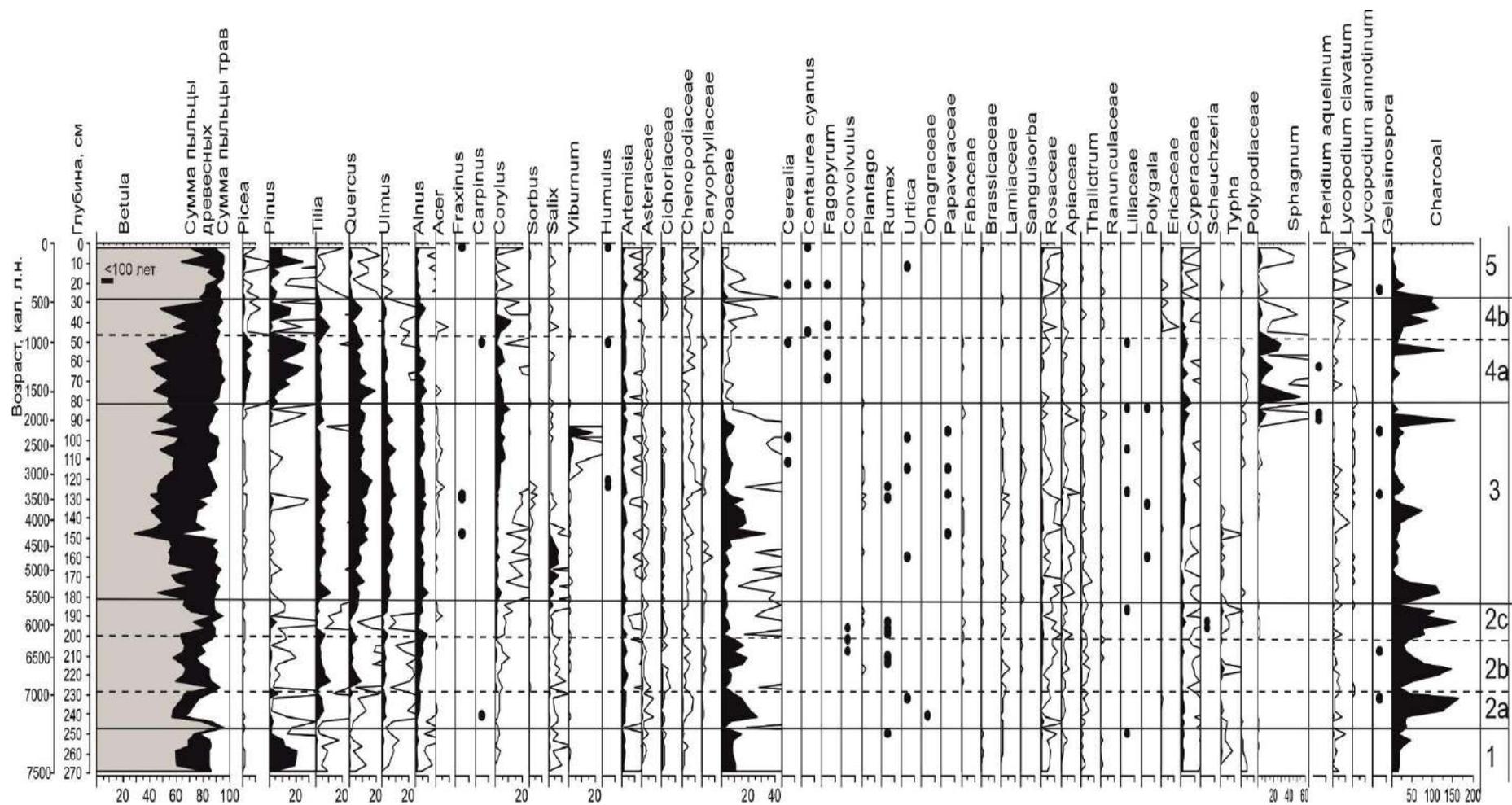


Рис. 2. Спорово-пыльцевая диаграмма болота Кордон Стекланный ($AP+NAP=100\%$; дополнительный контур показывает увеличение базового таксона в 10 раз)

свидетельствует о хозяйственной деятельности человека на территории Мордовского заповедника или в его окрестностях.

В течение последних 500 лет господствующим видом растительных формаций стали березовые и сосновые леса, что, очевидно, отражает трансформацию растительного покрова под воздействием антропогенного фактора. Широколиственные породы деревьев практически исчезли. После заповедания территории в 30-х годах прошлого века липа стала восстанавливаться в наиболее пригодных для нее местообитаниях и часто входит во второй ярус сосновых лесов [Терешкин, Терешкина, 2006].

Полученные данные показали, что на протяжении среднего и позднего голоцена вокруг болота Кордон Стекланный сохранялась лесная растительность. Хозяйственное освоение и частота пожаров на территории исследования являются основными факторами, влияющими на смену растительных сообществ.

Исследования выполнены при поддержке проекта РФФИ № 20-05-20234.

Литература:

Гричук В.П. Методика обработки осадочных пород бедных органическими остатками, для целей пыльцевого анализа. Проблемы физической географии. 1940. Выпуск 8. С. 53–58.

Гришуткин О.Г. Влияние пожаров 2010 года на болотные экосистемы Мордовского государственного природного заповедника. Труды Мордовского государственного природного заповедника им. П.Г. Смидовича. 2012. Вып. X. С. 261-265.

Куприянов Д.А., Новенко Е.Ю. Опыт ландшафтного картографирования геосистем ранга урочищ Мордовского государственного природного заповедника. Труды Мордовского государственного природного заповедника имени П. Г. Смидовича. Вып. 17. Саранск; Пушта, 2016.

Мильков Ф.Н., Гвоздецкий Н.А. Физическая география СССР. Общий обзор. Европейская часть СССР. Кавказ. М.: Высшая школа, 1986. 376 с.

Новенко Е.Ю., Мазей Н.Г., Куприянов Д.А., Волкова Е.В., Цыганов А.Н. Динамика растительности и экологических условий в центре Восточно-Европейской равнины в голоцене // Экология, 2018, № 3, с. 184-193.

Новенко Е.Ю. Динамика ландшафтов и климата в центральной и восточной Европе в голоцене: палеогеографические аспекты прогноза возможных изменений природной среды // Динамика экосистем и компонентов. 2020. Том 4. №4. С. 57-80.

Новенко Е.Ю., Мазей Н.Г., Куприянов Д.А. Возраст болот Мордовского государственного природного заповедника. Труды Мордовского государственного заповедника им. П.Г. Смидовича. 2021. Вып. 26. С. 169–175.

Терешкин И.С., Терешкина Л.В. Растительность Мордовского заповедника. Последовательные ряды сукцессий // Труды Мордовского государственного природного заповедника им. П.Г., 2006. – Вып. 7. – С. 186-287.

Moore, P.D., Webb, J.A., Collinson, M.E. Pollen Analysis. –Oxford: Blackwell, 1991.R.

Pitänen A., Tolonen K., Jungner H. A basin-based approach to the long-term history of forest fires as determined from peat strata // The Holocene, 2001. – Vol. 11. – N 5. – P. 599–605.



ПАЛИНОЛОГИЧЕСКАЯ ИНДИКАЦИЯ ГЕНЕЗИСА ПЛАСТОВЫХ ЛЬДОВ

А.К. Васильчук, Ю.К. Васильчук

¹Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва,
alla-vasilch@yandex.ru

POLLEN INDICATION FOR MASSIVE ICE ORIGIN

A.C. Vasil'chuk, Yu.K. Vasil'chuk

¹Lomonosov Moscow State University, Moscow

Целью исследования является демонстрация новых индикационных возможностей спорово-пыльцевого анализа, для определения происхождения пластовых льдов. Пластовые льды формируются либо в результате захоронения в толще рыхлые отложения льдов атмосферного происхождения, таких как: речных и морских льдин, снежников, наледей, мертвого льда ледников, либо в результате промерзания водонасыщенных отложений, при этом лед может быть эпигенетическим или сингенетическим, современным или реликтовым, растущим или деградирующим, многолетним или сезонным, интрузивным и инъекционным.

Погребенный пластовый лед образуется из льда ледников, накопившегося либо на поверхности Земли (в горных районах и на Арктических островах), либо на дне и в береговой зоне водоемов (моря, озера, реки) и впоследствии перекрывается осадками, следовательно, пыльца и споры попадают в этот лед преимущественно по воздуху. Эмиссия пыльцы древесных пород происходит весной при максимальной атмосферной турбулентности, когда состояние атмосферы благоприятно для рассеивания пыльцы на большие расстояния [Williams, Després, 2017]. Об этом свидетельствуют пыльцевые спектры горных ледников и арктических ледяных шапок [Festi et al., 2018, 2021; Nakazawa et al., 2004, 2005, 2012, 2013; Takeushi et al., 2019]. Перенос пыльцы на большие расстояния является одним из основных факторов накопления пыльцы на поверхности арктических ледников [Bourgeois, 1990, 2000; Bourgeois, Koerner 1985; Brugger et al., 2019]. Процентное содержание дальнезаносной пыльцы *Acer*, *Fraxinus*, *Quercus*, *Ulmus*, *Populus* и *Abies* в снегу полярных ледников Канадской Арктики колеблется от 3 до 23% [Bourgeois, 1990, 2000; Bourgeois, Koerner, 1985], пыльца *Quercus*, *Tilia*, *Fagus*, *Acer*, *Fraxinus* и *Ulmus* была обнаружена во льдах Гренландского ледникового щита [Fredskild, Wagner, 1974; Brugger et al., 2019]. Содержание дальнезаносной пыльцы в палиноспектрах из гренландского льда составляет около 10-12%. Наличие на дальнезаносной пыльцы без каких-либо признаков переработки в пластовом льду, может свидетельствовать о ледниковом генезисе пластового льда.

Внутригрунтовый пластовый лед образуется во время промерзания почв, пыльцы и спор, которые попадают в этот лед преимущественно из вмещающих отложений. Основным подходом для палинологической индикации генезиса льда является выделение типичных элементов палиноспектров в многолетних пластовых льдах внутригрунтового происхождения и в погребенных пластовых льдах атмосферного происхождения.

Объект исследования – пластовые льды на севере Западной Сибири, субфоссильные палиноспектры снежников, льдин и снежного покрова, ледников Полярного Урала. Идентификация пыльцы и спор производилась под световым микроскопом при увеличении 400х с использованием авторской справочной коллекции, палинологических баз данных [pollendata.org; paldat.org; europeanpollendatabase.ne], а также определителей [Birks, 1968; Бобров и др., 1983]. Из-за низкой концентрации пыльцы мы подсчитывали все микрофоссилии в полученном остатке во фракции 10-40 мкм. Фракции 2-10 мкм использовалась для выявления мелких спор зеленых мхов и спор грибов. Расчеты производились от общей суммы пыльцы древесных пород, кустарников, трав и кустарников. Концентрация рассчитывалась как отношение подсчитанных пыльцевых зерен и спор к объему пробы, который во всех случаях был равен или чуть больше 1 литра.

С целью выявления индикаторов, указывающих на ледниковое происхождение пластового льда на леднике Романтиков (Полярный Урал) было проведено исследование снежного покрова ледника (66°54'8"с.ш. 65°26'1"в.д., высота 920 м над уровнем моря). Это самый близкий к району изученных пластовых залежей горный ледник. Снежная линия расположена на высоте 1350 м над уровнем моря. Существование ледника связано с концентрацией снега на подветренных склонах из-за метелей и лавин. Растительность, окружающей горной тундры очень скудна.

Растения семейств Poaceae, Ranunculaceae, Saxyfragaceae встречаются вблизи ледникового озера. Палиноспектры с поверхности ледника отличаются обилием и разнообразием пыльцы деревьев, процент которой в общей сложности составляет 10-22%, это в основном *Pinus sylvestris* и *Betula sect. Albae*, встречается также пыльца *Tilia*, *Acer* и *Corylus* [Vasil'chuk, Vasil'chuk, 2021]. Незначительное участие пыльцы кустарников находится в соответствии с их практическим отсутствием в окрестностях. Присутствие пыльцы Poaceae, Ranunculaceae зафиксировано в пыльцевых спектрах донных отложениях ледникового озера, а также в снегу и льду. Polypodiaceae и *Sphagnum* преобладают среди спор. Близкий состав палиноспектров отмечен для палиноспектров из осадков оз. Большое Щучье, расположенного несколько севернее (67°53' 24"с.ш., 66°18'36"в.д.) на отметке 187 м над уровнем моря [Clarke et al., 2020]. Здесь также отмечено доминирование пыльцы основным *Pinus sylvestris* и *Betula*, а также *Corylus*. В палиноспектрах небольшого карового ледника, расположенного в районе пос. Полярный (Полярный Урал) (66°25'23"с.ш., 64° 29' 51"в.д.) доминирует пыльца *Pinus sylvestris* (26-36%), *P. sibirica* (9-16%), *Betula sect. Nanae* (8-11%) и споры *Sphagnum* (18-26%), содержание пыльцы Ericaceae не превышает 1%, пыльца *Tilia*, *Corylus* отмечены единично. Споры Bryales и Equisetum не обнаружены ни в снегу, ни во льду. Анализ палиноспектров с поверхности и морского льда из Обской губы выявил сходство с палиноспектрами снежников и субфоссильных спектров. Палиноспектры из снежника на пляже Карского моря на полуострове Мамонта (71°55' 43"с.ш., 76°10'44"в.д.) характеризуются обилием региональной пыльцы: Ericales (25-30%), Poaceae и Cyperaceae (19-30%), незначительным участием *Betula sect. Nanae* (6-12%) и локальной пыльцы трав (9-15%), наряду с довольно высоким содержанием дальнезаносной пыльцы (*Pinus sylvestris* + *P. sibirica* – 9-11%). На поверхности снежников и морских льдин обнаружены споры Bryales (10-27%) и *Sphagnum* (4-6%). Практически не встречаются переотложенные дочетвертичные палиноморфы (менее 1-3%), хотя содержание переотложенных палиноморф в песках на пляже превышает 20% [Васильчук, 2005]. По результатам изучения снежного покрова полярных ледников [Bourgeois, 1990; 2000] установлено, что, что пыльца *Potamogeton*, *Sparganium*, *Typha* и других влаголюбивых растений встречается в палиноспектрах снежного покрова ледников очень редко.

В качестве эталонной рассматривается палинологическая характеристика довольно редкого объекта – голоценовых пластовых льдов. Особенно важно подчеркнуть, что на данной территории в голоцене признаки существования ледников отсутствуют, следовательно, пластовые льды во всех случаях не являются реликтами ледников. Пластовые льды обнаружены в отложениях лагунно-морского происхождения в пределах пониженных остатков первой лагунно-морской террасы и лайды Обской губы в районе Южно-Тамбейского газоконденсатного месторождения на северо-востоке полуострова Ямал (71°17'18"с.ш., 71°54'00"в.д.). Ледяные тела залегают на разных глубинах, образуя двух – четырехъярусный комплекс [Vasil'chuk, et al., 2016]. Мощность ледяных линз колеблется от 0.2 до 6.8 м, всего выделены три типа пластового льда. Коричневый, неслоистый лед с примесью суглинка, коричневый вертикально полосчатый лед с включениями супеси и белый прозрачный горизонтально слоистый лед. Голоценовый возраст подтвержден ¹⁴C датировкой микроорганических включений в коричневом неслоистом льду на глубине 6.8 м 5932 ± 39 лет назад (6913-6637 кал. лет назад), выполненной в Оксфорде (OxA-X - 2650-57). Значение δ¹³C микроорганических включений составляет –29.44‰. Пыльцевые зерна встречаются в достаточном количестве только в 7 образцах (68-437 экз./л) из 16. Во льду помимо пыльцы и спор встречаются остатки водорослей *Pediastrum*, диатомовые водоросли, частицы угля, споры грибов. Палиноспектры коричневого неслоистого и коричневого вертикально полосчатого льда характеризуются преобладанием пыльцы *Betula sect. Nanae* (28-53%), Cyperaceae (2-32%), Poaceae (8-21%) и участием пыльцы *Salix cf. polaris*, *Rubus chamaemorus*, *Sparganium*, Ranunculaceae, Caryophyllaceae, а также единично пыльцы других представителей разнотравья. Содержание Bryales составляет до 63% от общей суммы пыльцы, заметно также участие спор *Equisetum*. Показательны споры хвощей и зеленых мхов в доминирующих количествах весьма характерны для спектров пыльцы и спор пойменных отложений полуострова Ямал [Васильчук, 2005]. В коричневом вертикально-полосчатом льду большинство пыльцы и спор имеют минеральные оболочки. Очевидно, что пыльцевые зерна и споры попали в лед вместе с отложениями. Можно предположить, что обе разновидности коричневого льда сформировались с участием речной воды. Коричневый, неслоистый лед характеризуется низкой концентрацией

пыльцы и преобладанием пыльцы кустарников, и участием пыльцы *Syringaceae*. Основное различие между палиносpekтрами коричневого неслоистого и коричневого вертикально полосчатого льда заключается в отсутствии пыльцы ольховника в коричневом неслоистом льду. Мы предполагаем коричневый лед сформировался в результате замерзания водонасыщенных отложений под руслом реки. Палиносpekтры, полученные при исследовании белого горизонтально слоистого льда отличаются от палиносpekтров коричневого льда. Они характеризуются высоким содержанием пыльцы деревьев (53-65%), среди них *Picea*, *Pinus sibirica*, *P. sylvestris*, *Betula sect. Albae* и *Alnus*. Несмотря на низкую концентрацию пыльцы *Betula sect. Nanae*, несколько пыльцевых зерен карликовой березы настолько хорошо сохранились, что в чистом льду без обработки КОН и HF в пыльцевых зернах отмечены сохранившиеся вакуоли клеточного сока. Это говорит о том, что эти зерна попали в лед (или снег/воду, которая сразу же замерзла) без переработки. Можно предположить, что лед возник из снежника или льдины и был погребен еще до начала цветения местных растений. Палиносpekтры из повторно-жильных льдов, накопившихся в голоцене на пойме в устье р. Тамбей, в нескольких километрах от устья р. Сабетта, отличаются от палиносpekтров из коричневого льда и имеют сходство с палиносpekтрами из белого льда [Васильчук, 2007]. В повторно-жильных льдах преобладает пыльца *Pinus sibirica*, *Picea* и *Betula* (53-79%). Незначительное присутствие пыльцы кустарников, трав, обусловлено особенностями формирования повторно-жильных льдов. Талая вода просачивается в морозобойные трещины ранней весной, когда дальнезаносная пыльца деревьев и кустарников выпадает на поверхность снега, а местные растения еще не цветут. Таким образом для палиносpekтров погребенных льдов характерно высокое содержание пыльцы древесных пород, в составе палиносpekтров ледников как правило присутствует пыльца теплолюбивых древесных пород, для палиносpekтров льдов внутригрунтового генезиса характерно присутствие пыльцы и спор типично тундровых видов растений.

Имея представление об особенностях палиносpekтров во льдах атмосферного происхождения и заведомо внутригрунтовых, мы исследовали плейстоценовые пластовые льды. Пластовый лед в верховьях реки Юрибей на центральном Ямале, который был вскрыт в обнажении пятой террасы (68°24'56"N, 69° 20' 06"E), на глубине 21-22 м изучен палинологически. Его стратиграфическое положение соответствует морской изотопной стадии 6 [Astakhov et al., 2016]. В центральной части обнажения было обнаружено грушевидное ледовое тело (шириной до 3-3, 5 м и высотой около 3 м), очерченное деформированными слоями вмещающих пород. Слева залегал слой горизонтально стратифицированного льда шириной до 2,5 м и высотой около 3 м в согласном залегании с субгоризонтальными прослоями вмещающих отложений. Согласно И.Д. Данилову [1990] в отложениях обнаружен комплекс мелководных фораминифер, что, очевидно, отражает процесс обмеления морского бассейна в период накопления отложений. В горизонтальном слое льда не обнаружено экзотической пыльцы теплолюбивых древесных пород без признаков переработки. Процентное содержание пыльцы хвойных пород *Picea* (11-17%) и *Pinus sibirica* (8-31%) довольно высокое. Дочетвертичные пыльца и споры составляют около 2-4%. Пыльца *Rubus chamaemorus* встречается в единично. Пыльца водных растений встречается в двух нижних образцах (1-3%). Содержание пыльцы верескоцветных колеблется в пределах 5-32%. Споры *Bryales* встречаются в двух верхних образцах; их содержание не превышает 2%. Споры *Equisetum* отмечены единично. Состав пыльцевых спектров пластового льда не противоречит возможному захоронению местной льдины, показателем этого является высокое содержание пыльцы хвойных наряду с присутствием пыльцы местных насекомоопыляемых и водных растений.

Один из самых южных участков распространения пластовых льдов на полуострове Ямал находится в долине реки Еркутаяха (68° 11' 18" с.ш., 68° 51' 39" в.д.). Обнажение пластового льда имеет высоту 15-18 м и общую длину здесь около 100 м, вмещающие отложения – слоистые пески. Изучено несколько разновидностей льда, в том числе: чистый молочно-белый лед с большим количеством пузырьков; кристально чистый лед, иногда с минеральными включениями; слоистый серый лед; блочный серый лед. [Васильчук и др., 2011]. Возраст вмещающих отложений составляет от 59±4 до 72±5 тыс. лет назад согласно ряду термолуминесцентных датировок [Астахов, 2006]. Вариации стабильных изотопов кислорода и дейтерия в залежи на берегу р. Еркутаяха не очень существенны в среднем составляя: значения $\delta^{18}\text{O}$ изменяются от -19.64‰ до -23.42‰, а значения $\delta^2\text{H}$ – от -152.4‰ до -156.9‰ [Васильчук

и др., 2011]. Можно предположить, что этот неоднородный пластовый ледяной комплекс накапливался не ранее 60 тыс. лет назад. В обнажении вдоль реки были проанализированы горизонтальные слои молочно-белого, кристаллического и серого льда с почвенными включениями из дистальной части. Пыльца содержалась в достаточном количестве в 7 образцах из 14. Почти все они характеризуются обилием переработанных дочетвертичных палиноморф (15-35%); эти значения характерны для пляжных фаций полуострова Ямал [Васильчук, 2005] в сером льду преобладает пыльца осок и карликовой березки, встречены обломки спикул губок и мелкие диатомовые водоросли рода *Melosira*. Прозрачный лед содержит значительное количество спор зеленого мха, последние полностью отсутствуют в сером льду. Пыльца *Ericaceae* в типичном для тундры количестве содержится в сером льду. Было выявлено несколько видов растений влажных местообитаний, таких как *Thalictrum* и *Sparganium*. Концентрация пыльцы колеблется от 130 до 420 зерен/л. В верхней части пластового льда нет ни переотложенных пыльцы и спор, ни диатомовых водорослей, ни обломков спикул губок. Концентрация пыльцы ниже, чем в горизонтально слоистом льду (25-123 зерен/л). Пыльцевые спектры различных типов льда указывают на сочетание ледяных тел различной текстуры, внутригрунтового происхождения. Об этом свидетельствует наличие типичной для тундры пыльцы и спор, в том числе преобладание карликовой березы, ольхи, злаков, осоки и зеленого мха (14-25%), участие пыльцы верескоцветных, почти полное отсутствие древесной пыльцы, наличие хвощей и пыльцы водных растений.

Палинологический анализ пластовых льдов позволил выявить ряд характерных особенностей для пластовых льдов Ямала. Пыльца и споры встречены почти во всех пластовых льдах. Их концентрация колеблется от 50 до 700 экз./л. В большинстве пластовых льдов встречаются пыльцевые спектры с характеристиками, близкими к характеристикам субфоссильных тундровых палиноспектров: преобладание пыльцы кустарников (карликовой и ольховника), и/или верескоцветных, а также спор зеленого мхов и хвощей. Пластовые льды часто содержат дочетвертичные палиноморфы, переотложенные из древних отложений, пыльцу гидрофильных растений, диатомовые водоросли. Классификация пластовых льдов на основе одних только палиноспектров требует дальнейшего анализа, поскольку перечисленные особенности потенциально могут быть сnivelированы из-за низкой концентрации пыльцы и спор. Тем не менее, здесь мы хотели продемонстрировать возможности и полезность палинологического анализа для изучения пластового льда. Наш подход встречен позитивно геокриологическим сообществом [Murton, 2022].

Работа выполнена в рамках фундаментальной госбюджетной темы "Эволюция, современное состояние и прогноз развития береговой зоны Российской Арктики (ГЗ)", номер ЦИТИС: 121051100167-1.

Литература:

Бобров А.Е., Куприянова Л.А., Литвинцева Л.В., Тарасевич В.Ф. Споры папоротникообразных и пыльца голосеменных и однодольных растений флоры Европейской части СССР. Л., 1983. 208 с.

Васильчук А.К. Особенности формирования палиноспектров в криолитозоне России. М.: Изд-во Моск. ун-та, 2005. 245 с.

Васильчук А.К. Палинология и хронология полигонально-жилых комплексов в криолитозоне России. М.: Изд-во Моск. ун-та, 2007. 488 с.

Васильчук Ю.К., Буданцева Н.А., Васильчук А.К. Вариации $\delta^{18}\text{O}$, δD и содержание пыльцы и спор в автохтонной гетерогенной пластовой ледяной залежи на реке Еркутаяха на Южном Ямале // Доклады Академии наук. 2011. Том 438. С. 721–726.

Данилов И.Д. Подземные льды. Москва: Наука, 1990. 137 с.

Astakhov V.I. Evidence of Late Pleistocene ice-dammed lakes in West Siberia//Boreas. 2006. Vol. 35(1). P. 607-621.

Astakhov V., Shkatova V., Zastrozhnov A., Chuyko, M. Glaciomorphological Map of the Russian Federation//Quaternary International. 2016. Vol. 420. P. 4–14.

Birks H.J.B. The identification of *Betula nana* pollen. New Phytologist. 1968. Vol. 67(2). P. 309–314.

Bourgeois J.C. Seasonal and annual variation of pollen content in the snow of a Canadian High Arctic ice cap//*Boreas*. 1990. Vol.19(4). P. 313–322. doi: 10.1111/j.1502-3885.1990.tb00135.

Bourgeois J.C. Seasonal and interannual pollen variability in snow layers of arctic ice caps // *Review of Palaeobotany and Palynology*. 2000. Vol. 108(1-2). P. 17–36. [https://doi.org/10.1016/S0034-6667\(99\)00031-7](https://doi.org/10.1016/S0034-6667(99)00031-7).

Bourgeois J.C., Koerner R.M., Alt B.T. Airborne pollen: a unique air mass tracer, its influx to the Canadian High Arctic// *Annals of Glaciology*. 1985. Vol.7. P. 109–116. doi: 10.3189/S0260305500006005.

Brugger S.O., Gobet E., Blunier T., Morales-Molino C., Lotter A.F., Fischer H., Schwikowski M., Tinner W. Palynological insights into global change impacts on Arctic vegetation, fire, and pollution recorded in Central Greenland ice // *The Holocene*. 2019. Vol. 29. №7. P. 1189–1197 doi: 10.1177/0959683619838039.

Clarke C.L., Alsos I.G., Edwards M.E., Paus A., Gielly L., Hafliðason H., Mangerud J., Regnéll C., Hughes P.D.M., Svendsen J.I., Bjune A.E. A 24,000-year ancient DNA and pollen record from the Polar Urals reveals temporal dynamics of arctic and boreal plant communities // *Quaternary Science Reviews*. 2020. Vol. 247. 106564. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2020.106564>.

Festi D., Kofler W., Oegg K. Comments on Brugger and others. 2018 ‘A quantitative comparison of microfossil extraction methods from ice cores’//*Journal of Glaciology*. 2018. 1-3. doi: 10.1017/jog.2019.10.

Festi D., Schwikowski M., Magg V., Oegg K., Jenk T.M. Significant mass loss in the accumulation area of the Adamello glacier indicated by the chronology of a 46 m ice core // *The Cryosphere*. 2021. Vol. 15. P. 4135–4143. doi: 10.5194/tc-15-4135-2021.

Fredskild B., Wagner P. Pollen and fragments of plant tissue in the core samples from the Greenland Ice Cap//*Boreas*. 1974. Vol. 3. P.105–108. doi: 10.1111/j.1502-3885.1974.tb00668.x.

Murton Ju.B. 4.24. Cryostratigraphy // *Treatise on Geomorphology, Second Edition*. Editor-in-Chief: John Shroder. Volume 4: Cryospheric Geomorphology. Vol. 4. Ed.: U.K. Haritashya. 2022. P. 458–490. doi: 10.1016/B978-0-12-818234-5.00115-2.

Nakazawa F., Fujita K., Uetake J., Kohno M., Fujiki T., Arkhipov S.M., Kameda T., Suzuki K., Fujii Y. Application of pollen analysis to dating of ice cores from lower-latitude glaciers // *J. Geophys. Res.* 2004. Vol.109(F4):4001. doi: 10.1029/2004JF000125.

Nakazawa F., Fujita K., Takeushi N., Fujiki T., Uetake J., Aizen V., Nakawo M. Dating of seasonal snow/firn accumulation layers using pollen analysis // *Journal of Glaciology*. 2005. Vol. 51(174): P. 483–490. <https://doi.org/10.3189/172756505781829179>.

Nakazawa F., Konya K., Kadota T., Ohata T. Reconstruction of the depositional environment upstream of Potanin Glacier, Mongolian Altai, from pollen analysis // *Environ. Res. Lett.* 2012. Vol. 7(3):035402.

Nakazawa F., Uetake J., Suyama Y., Kaneko R., Takeuchi N., Fujita K., Motoyama H., Imura S., Kanda H. DNA analysis for section identification of individual Pinus pollen grains from Belukha glacier, Altai Mountains, Russia // *Environ. Res. Lett.* 2013. Vol.8(1). 014032 (8 pp.)

Takeushi N., Kubota J., Sera S., Fujita K., Aizen V. B. Annual layer counting using pollen grains of the Grigoriev ice core from the Tien Shan Mountains, central Asia // *Arctic, Antarctic and Alpine Research*. 2019. Vol.5. N1. P. 299–312. doi: 10.1080/15230430.2019.1638202.

Vasil'chuk A.C., Vasil'chuk Yu. K. Pollen as a potential indicator of the origin of massive ice in northwest Siberia // *Permafrost and Periglacial Processes*. 2021. Vol. 32. Iss. 3. P. 349–367. doi:10.1002/ppp.2095.

Vasil'chuk Yu., Budantseva N., Vasil'chuk A., Podborny Ye., Chizhova Ju., Vasil'chuk J. Holocene multistage massive ice, Sabettayakha River mouth, Yamal Peninsula, northwest Siberia. *GeoResJ*. 2016. Vol. 9: 54–66. <https://doi.org/10.1016/j.grj.2016.09.002>.

Williams C.G., Després V. Northern Hemisphere forests at temperate and boreal latitudes are substantial pollen contributors to atmospheric bioaerosols // *Forest Ecology and Management*. 2017. Vol. 401. Iss. 7. P. 187–191.



**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПАЛИНОЛОГИЧЕСКИХ ДАННЫХ И ДАННЫХ ПО РАСТИТЕЛЬНОЙ СЕДИМЕНТАЦИОННОЙ ДНК ИЗ ГОЛОЦЕНОВОЙ КОЛОНКИ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ОЗ. БАЛЫКТУКЁЛЬ (РЕСПУБЛИКА АЛТАЙ)
Ю.Д. Внуковская^{1,2}, С.Е. Карачурина³, О.Б. Кузьмина², Н.А. Рудая^{2,3}**

¹Новосибирский государственный университет, Новосибирск, VnukovskayaYD@ipgg.sbras.ru

²Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН, Новосибирск

³Институт археологии и этнографии СО РАН, Новосибирск

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE PALYNOLOGICAL DATA AND THE PLANT SEDIMENTATION DNA DATA FROM THE HOLOCENE CORE OF BOTTOM SEDIMENTS OF LAKE BALYCTUKEL (ALTAY REPUBLIC)

Y.D. Vnukovskaya^{1,2}, S.E. Karachurina³, O.B. Kuzmina², N.A. Rudaya^{2,3}

¹Novosibirsk State University, Novosibirsk

²Trofimuk Institute of Petroleum Geology SB RAS, Novosibirsk

³Institute of archaeology and ethnography SB RAS, Novosibirsk

Изучение изменений климата на планете в настоящее время является одной из приоритетных задач для ученых во всем мире. Палеозаписи донных отложений озер являются надежным источником для оценки динамики климата, реконструкции природных условий и биоразнообразия в недавнем прошлом. В этой связи озера Алтайской горной страны весьма перспективны для палеолимнологических исследований. До сих пор публикаций, посвященных изучению озерных отложений этого района было не так много. Первые наиболее полные данные по озерам Улаганского плато Алтая были получены Т.А. Бляхарчук с соавторами [Blyakharchuk et al., 2004]. Детально были изучены керны Телецкого озера [Rudaya et al., 2016].

В 2018 г. сотрудниками лаборатории PaleoData Института археологии и этнографии СО РАН с помощью гравитационного пробоотборника UNITEC был получен керн донных отложений оз. Балыктукель. Керн был отобран из самой глубокой точки озера 23.9 м, длина керна составила 2.35 м. По данным радиоуглеродного анализа возраст керна оценивается в 6.95 тыс. л. Керн был опробован на разные виды анализов, в том числе на палинологический и анализ седиментационной ДНК, результаты которых мы приводим ниже.

Озеро Балыктукель (50.53⁰ с.ш. 87.70⁰ в.д., 1842 м н.у.м.) находится в Улаганском районе Республики Алтай (рис. 1). Озеро питается, в основном, талыми водами, в него впадает небольшая речка и вытекает речка, впадающая в реку Сарычак. По 13 образцам рассчитано общее содержание углерода и азота (ТОС, ТN), анализ соотношения этих элементов показывает, что органика в озере накапливалась автохтонно.

Современная растительность в окрестностях озера представлена лиственнично-кедровыми лесами, в подлеске встречается таволга, смородина, малина, береза приземистая, березка круглолистная, курильский чай. В травянистом покрове большую роль играют различные злаки.

В сообществе современного фитопланктона оз. Балыктукель по численности доминируют синезеленые водоросли (*Microcystis wesenbergii* Komarec, *Anabaena spiroides* Kleb.), также развиты диатомовые и динофитовые водоросли [Попов и др., 2002].

Образцы на палинологический анализ и анализ седиментационной ДНК были отобраны из одних и тех же интервалов керна. На палинологию был отобран 61 образец с интервалом 4 см. Лабораторная обработка проб была выполнена по методу Фаегри-Иверсена [Faegri, Iversen, 1989]. Изучение и подсчет палиноморф производился во временных препаратах с помощью светового микроскопа Zeiss Primo Star при увеличении 400. В каждом препарате насчитывалось не менее 300 пыльцевых зерен древесно-кустарниковых и травянисто-кустарниковых растений, кроме того в этих же препаратах были изучены непыльцевые палиноморфы - различный микрофитопланктон, споры грибов, остатки беспозвоночных.

По результатам исследования были построены палинологические диаграммы с применением новых версий программ Tilia-TiliaGraph и CONISS. Для количественной реконструкции

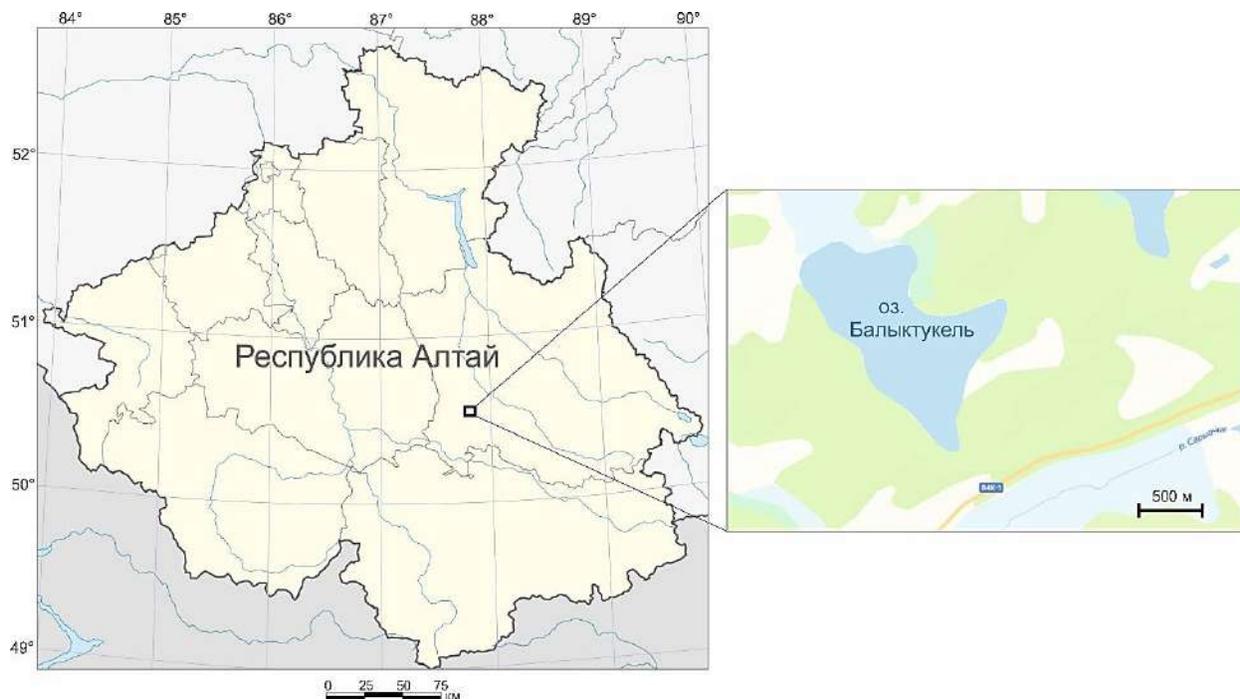


Рис. 1. Схема расположения озера Балыктукель.

растительности по данным палинологии применялся метод биомизации [Prentis et al., 1996].

Для изучения седиментационной ДНК из колонки керн было отобрано 58 образцов с интервалом 4 см. Отбор образцов из керн был произведен в лаборатории «aDNA-lab» Института полярных и морских исследований им. А. Вегенера (Потсдам, Германия) в климатической камере при постоянной температуре воздуха 15°C. Отбор проб осуществлялся с необходимыми для работы с седиментационной ДНК противоконтаминационными мерами [Zimmerman et al., 2017]. Экстракция ДНК проводилась на колонках силика (DNeasy PowerMax Soil Kit © Qiagen, Германия), после для каждого образца было получено не менее трех удачных ПЦР с группо-специфичными праймерами g-h, нацеленными на последовательности интрона хлоропласта trnL (UAA) [Taberlet et al. 2007]. Все полученные ПЦР-продукты помещались в единый пул с равными концентрациями, далее конечный продукт был отправлен в Швейцарскую лабораторию «Fasteris SA» (Женева, Швейцария) для секвенирования ДНК с использованием Illumina NextSeq. Полученные данные обрабатывались в программах: первичная обработка и сопоставление последовательностей при помощи OBITools, процедура разряжения в R-studio, построение диаграмм с использованием Tilia, а также кластерный анализ при помощи инструмента CONISS.

Палинозапись из оз. Балыктукель - монотонна, характеризуется доминированием пыльцы *Pinus sibirica* и *P. sylvestris*. Среди прочих древесных довольно высока доля пыльцы березы, отмечено постоянное присутствие пыльцы лиственницы. Травянистая пыльца представлена, в основном, полынью, злаками, осоками и разнотравьем. Выделены три пыльцевые зоны (рис. 2):

PZ1 (237-150 см; 6.96-4.3 тыс. л.н.) характеризуется доминированием пыльцы *Pinus sibirica* и *P. sylvestris*, немного более высоким процентом содержания пыльцы *Betula*, *Amaranthaceae* и немного меньшим, чем в вышележающей пыльцевой зоне, обилием пыльцы сем. *Roaceae*.

PZII (150-85 см; 4.3-2.2 тыс. л.н.) характеризуется немного повышенным содержанием пыльцы сем. *Roaceae*, снижением доли пыльцы *Picea*, а также резким снижением количества зеленых водорослей *Botryococcus*. Пыльца обоих видов сосен также доминирует в этой зоне, после 3.3-3 тыс. л.н. увеличивается обилие пыльцы *Pinus sylvestris* и, напротив, снижается доля пыльцы *Betula sect. Apterocaryon*.

PZIII (85-0 см; 2.2 тыс. л.н. - 2018 г.) характеризуется незначительным снижением доли

Возраст, тыс. л.н.	Палинозоны (PZ)	НПП зоны (NPZ)	ДНК-зоны (DNAZ)	
			Высшие наземные растения	Высшие водные растения
0.0				
0.5	PZIII	NPZIV	DNAZIII	DNAZal
1.0		NPZIII	DNAZII	
1.5	PZII			DNAZI
2.0		NPZII	DNAZaIIa	
2.5	PZI			DNAZaIII
3.0		NPZI		
3.5				
4.0				
4.5				
5.0				
5.5				
6.0				
6.5				
7.0				

Рис. 2. Схема сопоставления зон, выделенных по данным пыльцы и спор (PZ), непыльцевых палиноморф (NPZ) и растительной седиментационной ДНК (DNAZ) в колонке донных отложений оз. Балыктукель.

древесной пыльцы в целом, а также пыльцы *Abies* и увеличением доли пыльцы сем. Роасеae. Доминирующее положение по-прежнему занимает пыльцы сосны и кедра. Содержание пыльцы *Betula sect. Apterocaryon* незначительно увеличивается после 0.5 тыс. л. н.

Реконструкция растительности показала, что на протяжении всей пыльцевой записи доминирующим биомом является TAIGA. Минимальные значения биома TAIGA зафиксированы между 4.2-3.8 тыс. л.н. и 0.23-0.05 тыс. л.н., а максимальные его значения приходятся на временной интервал 3.1-2.3 тыс. л.н. Очень показательны кривые биомов STEPPE и TUNDRA - их значения растут в интервале 6.95 и 3.7 тыс. л.н., а затем снижаются до 0.4 тыс. л.н. Максимальные значения биома STEPPE отмечены в интервале 5.2-4.5 тыс. л. н. и 0.23 тыс. л.н. Максимальные значения биома TUNDRA отмечены 6.5 и 6.3 тыс. л.н. Увеличение биома TUNDRA 4.3-3.8 тыс. л.н. и 0.4-0.2 тыс. л.н. может быть связано с «событием 4.2 тыс. л.н.» и с Малым ледниковым периодом.

В исследовании было использовано 15 типов непыльцевых палиноморф (НПП), включая цианобактерии, Chlorophyta, Charophyta, диноцисты, яйца коловраток и тихоходок, споры грибов и устьица хвойных. Палеозапись можно разделить на четыре зоны:

NPZI (237-223 см; 6.95-6.5 тыс. л.н.) характеризуется относительно высоким содержанием синезеленых водорослей, особенно планктонных *Aphanizomenon* и *Microcystis*. Клетки *Anabaena* постоянно отмечаются в этой зоне. Зеленые водоросли представлены *Botryococcus braunii*, *Transeauina* и *Pseudopediastrum boryanum* в нижней части и *Tetraedron minimum* в верхней части зоны. Постоянно присутствуют харовые водоросли, представленные родом *Staurastrum*. Обнаружено небольшое количество Rotifera (egg), также встречаются споры грибов и устьица хвойных.

NPZII (223-150 см; 6.5-4.3 тыс. л.н.) характеризуется увеличением концентраций *Microcystis*, зеленых и динофитовых водорослей, спор грибов и яиц Rotifera. В этой зоне около 6.1 тыс. л.н. появляется *Pseudopediastrum integrum*, что говорит о более холодных и олиготрофных условиях в озере в это время [Jankovská, Komárek, 2000].

NPZIII (150-24 см; 4.3-0.5 тыс. л.н.). В этой зоне отмечено увеличение концентраций *Microcystis*, планктонного *Staurastrum* и яиц Tardigrada. *Anabaena*, преимущественно планктонный род, встречается от начала зоны до 3.0 тыс. л.н. с высоким пиком около 3.7-3.6 тыс. л.н. (с появлением *Pseudopediastrum boryanum*). Примерно через 2.7 тыс. л.н. *Pseudopediastrum boryanum* исчезает, но появляется *Cosmarium* (Charophyta). Диноцисты (*Peridinium* sp.) исчезают после 3.7

тыс. л.н. и снова появляются 2.7 тыс. л.н. Появление *Peridinium* и *Cosmarium* может свидетельствовать о закислении воды в озере.

NPZIV (24-0 см; 0.5 тыс. л.н. - 2018 г.) отличается резким увеличением планктонных *Aphanizomenon* и *Tetraedron minimum*, последний ранее встречался единично. Несколько увеличивается количество *Botryococcus braunii*. Увеличение *Aphanizomenon* может быть вызвано с цветением воды в озере в этот период.

Анализ растительной седиментационной ДНК позволил выделить ДНК наземных и высших водных растений. В палеозаписи доминируют древесные *Larix sibirica*, *Betula* sp. и кустарниковые *Salicaceae*, *Lonicera*. Травянистые таксоны представлены *Potentilliae*, *Asteraceae*, *Apiaceae*. Палеозапись ДНК наземных растений разбивается на три зоны:

DNAZI (237-112 см; 6.96-3.4 тыс. л.н.) характеризуется высоким содержанием *Larix sibirica*, *Betulaceae*, *Salicaceae* и *Lonicera*. Содержание хвойных низкое, постоянно присутствует *Pinus*, но в очень низких концентрациях, в верхней части зоны спорадически встречается *Abies*. *Populus* характерен только для этой зоны. Среди травянистых обильны *Saussurea* and *Potentilleae*.

В DNAZII (112-45 см; 3.4-1 тыс. л.н.) резко увеличивается доля травянистых, особенно на границе DNAZI и DNAZII, а содержание *Betulaceae* резко уменьшается. Среди травянистых таксонов резко увеличивается доля *Potentilliae*. После 2 тыс. л.н. появляется *Rhododendron*, становится более обильным *Vaccinium vitis-idaea*, постоянно в небольших количествах встречается *Empetrum* (*E. nigrum*). Мхи отсутствуют в интервале от 3.4 до 2 тыс. л.н. *Dryadoideae* почти полностью исчезает в этой зоне.

DNAZIII (45-0 см; 1 тыс. л.н. - 2018 г.) характеризуется увеличением доли *Larix sibirica* (вплоть до 0.6 тыс. л.н.) и *Betulaceae* после 2 тыс. л.н. После 0.7 тыс. л.н. появляется *Ericaceae*, вновь появляется *Dryadoideae*. Следует отметить, что в этой зоне отсутствует *Pinus*.

В составе высших водных растений было определено 19 таксонов, из которых десять определены до вида, восемь - до рода и один - до семейства. Палеозапись высших водных растений также разделяется на три зоны:

DNAZaI (237-205 см; 6.95–6.0 тыс. л.н.) характеризуется доминированием *Ceratophyllum demersum* и мезотрофного *Myriophyllum*. Характерно также высокое содержание *Potamogeton_1* и *P. praelongus*. Отметим, что вверх по разрезу содержание *Ceratophyllum demersum* и *Myriophyllum* уменьшается, в то время как доля *Potamogeton_1* и *P. praelongus*, напротив, растет, что может отражать постепенное снижение трофичности озера.

DNAZaII (205-94 см; 6.0–2.6 тыс. л.н.) характеризуется доминированием *Potamogeton_1* и *Ceratophyllum demersum*. Концентрации олиго-мезотрофного *Potamogeton_1* (*alpinus*) значительно увеличиваются в подзоне DNAZaIIa (205-158 см; 6.0–4.5 тыс. л.н.), однако *Ceratophyllum demersum* по-прежнему обилён в этой подзоне, а содержание *Myriophyllum* уменьшается.

Подзона DNAZaIIb (158-94 см; 4.5–2.6 куг BP) характеризуется постепенным снижением концентраций *Ceratophyllum demersum* до полного исчезновения в верхах подзоны. В пределах подзоны на фоне снижения олиго-мезотрофного *Potamogeton_1* (*alpinus*) наблюдается некоторое увеличение мезотрофного *Myriophyllum* (*sibiricum*) и наибольшая доля мезотрофного *Potamogeton praelongus*. После 5 тыс. л.н. постоянным становится присутствие *Ranunculus 1* (подрод *Batrachium*) с самым высоким пиком около 3.7 тыс. л.н. Заметная роль этого таксона может свидетельствовать о более широком распространении мелководья в озере в этот период. После 3.6 тыс. л.н. в значительных количествах появляется олиго-мезотрофный *Callitriche hermaphroditica*.

В DNAZaIII (94-0 см; 2.6 тыс. л.н. – 2018 г.) минимальна роль эвтрофного *Ceratophyllum demersum* и мезоэвтрофного *Myriophyllum*, в то время как концентрации олиго-мезотрофных *Potamogeton_1* (*alpinus*) и *Callitriche hermaphroditica* максимальны. Виды с широким экологическим предпочтением *Potamogeton perfoliatus* и *Stuckenia filiformis*, которые до этого были постоянными, но не многочисленными, становятся относительно многочисленными после 2 тыс. лет назад.

Таким образом, на основании проведенных исследований можно реконструировать следующие этапы в развитии озера Балыктукель. Наиболее гумидный период развития растительности в Улаганского плато за последние 6.95 тыс. л. наблюдался до 4.3 тыс. л.н., далее

отмечается тенденция к похолоданию, аридизации и развитию безлесных травянистых группировок. После 1 тыс. л.н. вновь отмечается развитие лиственничников, а также различных типов высокогорных тундр вокруг озера.

Немаловажным выводом данного исследования является значительная разница в составе таксономических списков, полученных разными методами – палинологическим и методом седиментационной ДНК. Особенно это касается лиственницы сибирской – вида, который является важнейшим доминантом и образователем верхней границы леса в горах Алтая и пыльца которой практически не сохраняется в ископаемом состоянии. Анализ седиментационной растительной ДНК показал ее доминирование на протяжении всей палеозаписи из озера Балыктукель, что, по видимому, является адекватным отражением существовавшей растительности.

Исследования выполнены при финансовой поддержке гранта РФФИ 20-17-00110 и проекта FWZZ-2022-0004.

Литература:

Попов П.А., Ермолаева Н.И., Куприянова Л.М., Митрофанова Е.Ю. Состояние гидробиоценозов высокогорий Алтая // Сибирской экологический журнал. 2002. Т.2. С. 181-192.

Blakharchuk T.A., Wright H.E., Borodavko P.S. et al. Late-glacial and Holocene vegetational changes on the Ulagan high-mountain plateau, Altai Mountains, southern Siberia // *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 2004. V. 209. P. 259–279.

Jankovská V., Komárek J. Indicative value of *Pediastrum* and other coccal green algae in palaeoecology. *Folia Geobotanica*, 2000. 35: 59–82.

Prentis I.C., Guiot J., Huntley B. et al. Reconstructing biomes from palaeoecological data: a general method and its application to European pollen data at 0 and 6 ka // *Climate Dynamics*. 1996. Vol. 12. P. 185–194.

Rudaya N., Nazarova L., Novenko E. et al. Quantitative reconstructions of mid-late Holocene climate and vegetation in the north-eastern Altai Mountains recorded in Lake Teletskoye // *Global and Planetary Change*. 2016. V. 141. P. 12–24.

Taberlet P., Coissac E., Pompanon F., Gielly L., Miquel C., Valentini A., et al. Power and limitations of the chloroplast trnL (UAA) intron for plant DNA barcoding. *Nucleic Acids Res.* 2007. 35(3):e14. DOI: 10.1093/nar/gk1938.

Zimmermann H.H., Raschke E., Epp L.S., Stoof-Leichsenring K.R., Schwamborn G., Schirrmeister L., et al. Sedimentary ancient DNA and pollen reveal the composition of plant organic matter in Late Quaternary permafrost sediments of the Buor Khaya Peninsula (north-eastern Siberia). *Biogeosciences* 2017. 14. P. 575–596. DOI: 10.5194/bg-14-575-2017.



**МЕХАНИЗМЫ МОРФОГЕНЕЗА: ПЕРЕСМОТР РАЗВИТИЯ ОБОЛОЧКИ ПЫЛЬЦЫ
ОТДАЛЕННЫХ ТАКСОНОВ ЧЕРЕЗ «ОКНО» КОЛЛОИДНОЙ БИОЛОГИИ, С ОПОРОЙ
НА МОДЕЛИРОВАНИЕ *IN VITRO***

Н.И. Габараева¹, В.В. Григорьева¹, С.В. Полева², Д.А. Брицкий¹

¹Ботанический Институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, 1906ng@mail.ru;
mikhailov_val@mail.ru; dmibri@mail.ru

²Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, compositae@list.ru

**MECHANISMS IN MORPHOGENESIS: A RECONSIDERATION OF POLLEN WALL
DEVELOPMENT IN REMOTE TAXA THROUGH the “WINDOW” of COLLOIDAL
BIOLOGY, BASED ON *IN VITRO* MODELLING**

N.I. Gabarayeva¹, V.V. Grigorjeva¹, S. Polevova², D.A. Britskiy¹

¹Komarov Botanical Institute RAS, St. Petersburg

²Lomonosov Moscow State University, Moscow

В течение десятилетий многочисленные исследователи изучали с помощью световых и электронных микроскопов развитие сложных оболочек пыльцы - экзины. Однако механизмы развития экзины так и оставались невыясненными. В последние десятилетия генетики выявили более 100 генов, ответственных за развитие экзины, но конкретное воплощение конструктивных механизмов оставалось загадочным, пока биологи [Heslop-Harrison. 1972] не обратили внимание на работу столетней давности Thompson [1917], где речь идет о процессах самоорганизации в формировании сложных биологических структур. Значение механических и физических процессов для морфогенеза живых организмов показал Wodehouse [1935] и распространил эту идею на разнообразие структуры оболочек пыльцы. В последние десятилетия целый ряд авторов признают значение не закодированного в генах биофизических закономерностей в процессах морфогенеза в широком смысле. Это касается далеко не только оболочек пыльцы, но и оболочек семян, фрустул диатомовых водорослей, раковин фораминифер, надкрыльев жуков и т.д. Mandelbrot [1982] выразил это короче и лучше всех: «Природе не нужно загромождать генетический код характеристиками, предопределенными геометрическими закономерностями». В настоящее время становится все яснее, что генам не нужно определять всю сложность конечной структуры, но лишь инициальные условия развития.

Эта идея была подхвачена нами совместно с зарубежными учеными [Gabarayeva and Hemsley, 2006] и получила дальнейшее развитие с помощью перехода на смежную научную дисциплину – физическую и коллоидную химию. Мы детально изучили развитие экзины у более чем 40 видов из отдаленных таксонов (от лептоспорангиатных папоротников, цикадовых, голосеменных до базальных и подвинутых покрытосеменных). При этом обнаружилось, что развитие у всех видов проходит через одни и те же структурные стадии, и что определяющее значение имеет тетрадный период, в котором закладывается основная архитектура экзины. В периплазматическом пространстве микроспор, между плазмалеммой и каллозой, постепенно накапливаются строительные вещества (по гистохимическим данным – гликопротеины и липополисахариды), включая предшественники и мономеры спорополленина (фенилпропаноиды и жирные кислоты). Все эти вещества являются дифильными, поверхностно-активными (ПАВ), т.е. в периплазме образуется коллоидная мицеллярная система. Для таких систем, при условии повышения концентрации входящих веществ, характерно самопроизвольное прохождение системы через ряд стадий (мезофаз) с образованием упорядоченных супрамолекулярных структур, т.к. этот процесс энергетически более выгоден, чем распад этих структур (отсюда термин «самоорганизация»).

Далее выяснилось, что структуры, возникающие на стадиях развития микроспор, совпадают с последовательностью мезофаз в ходе самоорганизации в мицеллярной системе (рис. 1). Мы обнаружили, что все развитие экзины основано на последовательности процессов фазового разделения и мицеллярной самоорганизации. Оба процесса работают в тандеме на каждой стадии развития. В ходе развития экзины по мере возрастания концентрации ПАВ, регулируемой геномом и усиленной фазовым разделением, происходит ряд фазовых переходов в мицеллярном растворе периплазмы, что соответствует появлению разных слоев экзины. Отсюда возникла наша мицеллярная гипотеза [Gabarayeva and Hemsley, 2006; Hemsley and

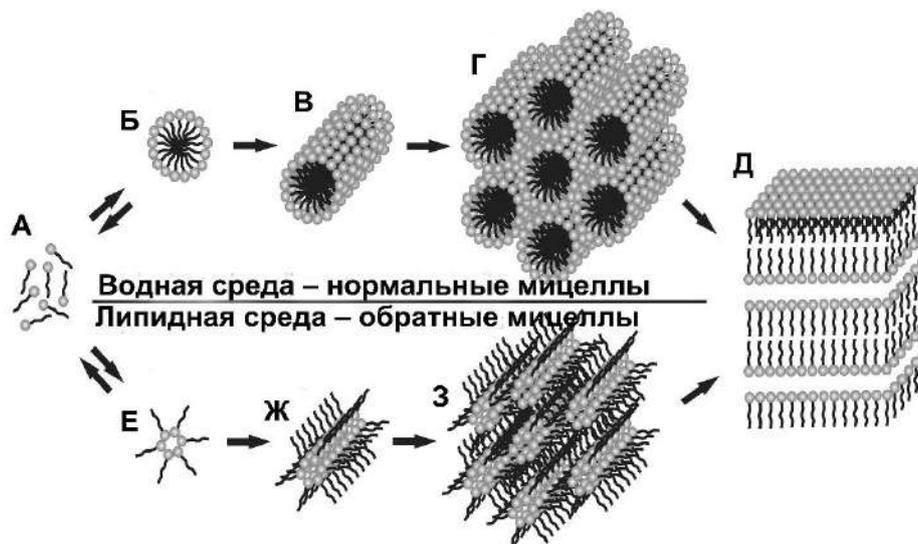


Рис. 1. Схема последовательных мицеллярных мезофаз, самоорганизующихся в растворе поверхностно-активного вещества (ПАВ) при возрастании его концентрации. **А** – отдельные молекулы ПАВ с гидрофильной головкой и гидрофобным хвостом (истинный раствор); **Б** – сферические мицеллы, образующиеся при критической концентрации мицеллообразования; **В** – цилиндрические мицеллы, **Г** – слой плотно упакованных цилиндрических мицелл (средняя мезофаза), **Д** – слои пластинчатых (ламинатных) мицелл, отделенные прослойками воды. В водной дисперсионной среде образуются прямые (нормальные) мицеллы (**А, Б, В, Г, Д**), в липофильной среде «выворачиваются наизнанку» и образуются обратные (реверсные) мицеллы (**А, Е, Ж, З, Д**). Начиная со сферических мицелл и далее, системы являются коллоидными. Мезофазы **Г-Д** и **З** являются жидкокристаллическими.

[Gabaayeva, 2007], хотя само предположение о роли физико-химических процессов самоорганизации в построении экзины были высказаны ранее [Harrison, 1972; Dickinson and Sheldon 1986, Габараева, 1990]. Стало ясно, что хорошо известное явление сходства паттернов экзины у отдаленных видов не может быть случайностью. Мы предположили, что после геномного контроля строительных веществ и их концентрации в периплазме, инициатива переходит к физическим процессам самоорганизации, и основные структурные единицы оболочек спор и микроспор – гранулы, колумеллы, пластины – формируются соответственно на основе сферических, цилиндрических и ламинатных мицелл с последующей аккумуляцией спорополленина.

Чтобы доказать нашу гипотезу, мы предприняли ряд экспериментов по моделированию главных типов экзины из коллоидных мицеллярных смесей *in vitro* (Рис. 2), используя те же вещества, из которых строится экзина, или аналоги этих веществ (Табл. 1). В таких смесях влияние генома полностью отсутствовало, а концентрации веществ подбирали мы. Были получены модели (симуляты) колумеллятной, гранулярной, альвеолярной и гомогенной экзины [Gabaayeva et al., 2019; 2020]. После выхода теории коллег, где также показывалось влияние физического процесса – фазового разделения – на развитие оболочек пыльцы [Radja et al., 2019], но не учитывалась дифильная природа строительных веществ экзины, были обобщены обе эти идеи, а именно, что оба процесса – самоорганизация и фазовое разделение – работают в тандеме [Gabaayeva et al., 2020]. Следовательно, все типы экзины могут быть смоделированы *in vitro* с помощью физико-химических закономерностей, без участия генома. Еще одно важное заключение состоит в том, что формирование паттерна экзины есть скорее свойство коллоидных веществ, чем специфичных строительных веществ экзины, определяемых геномом.

Итак, процессы, лежащие в основе развития оболочек пыльцы, являются универсальными. Развитие экзины не находится под прямым генетическим контролем. Геном контролирует специфичные для вида состав и пропорцию дифильных строительных компонентов в периплазматическом пространстве микроспор, создавая там коллоидную мицеллярную систему. Затем физико-химические процессы, такие как фазовое разделение и самоорганизация, вступают

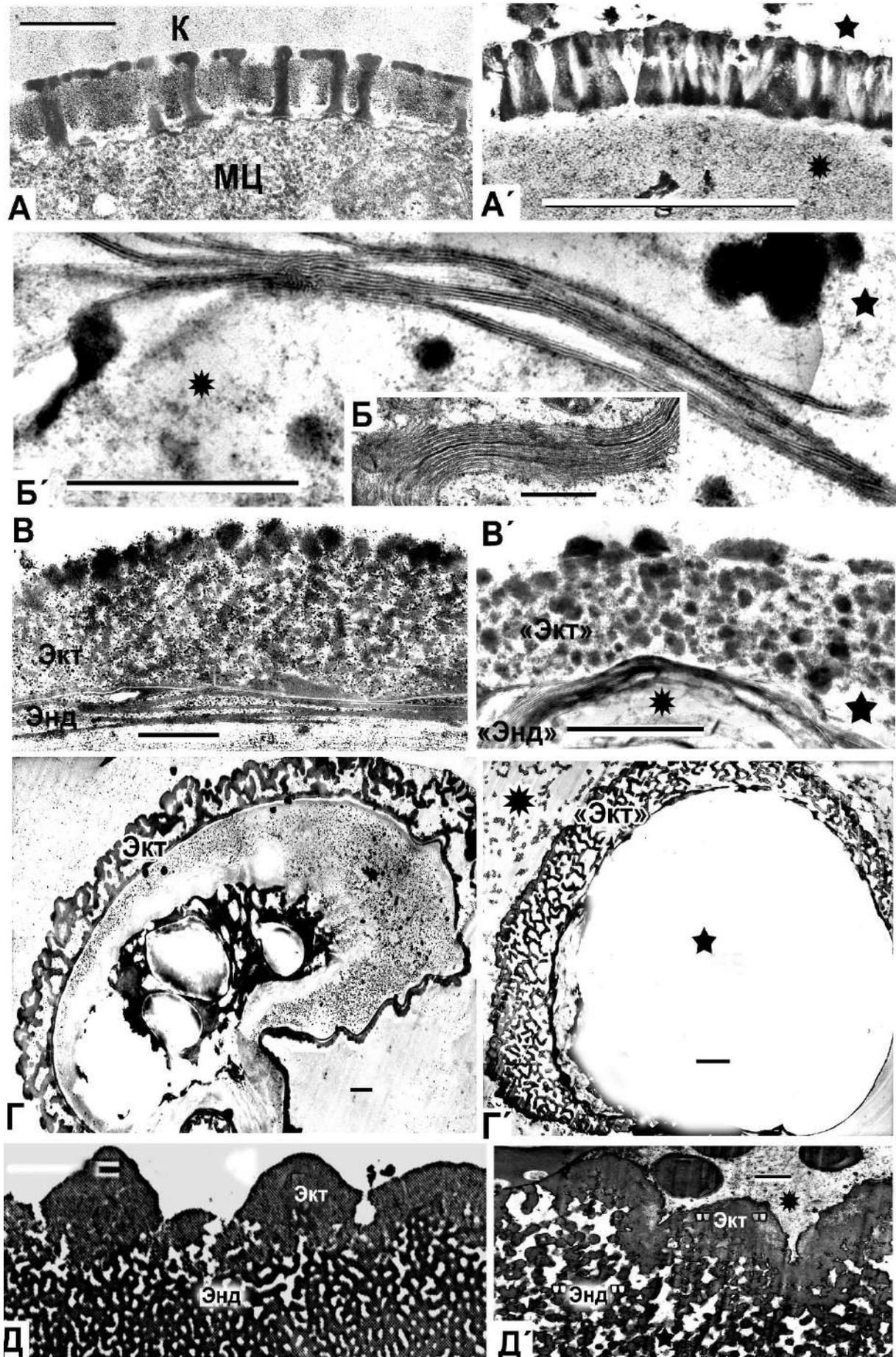




Рис. 2. Природные паттерны эскины (А-Д) и их симуляты, полученные путем самоорганизации в коллоидных смесях (А'-Д'). **А:** колумеллятная примэскина на поздней тетрадной стадии у *Acer tataricum*. **А':** симулят колумеллятной примэскины, образованный на поверхности раздела фаз (здесь и далее: липидная (астерик) и водная (звездочка) фаза). **Б:** пучки ламинатных мицелл образуются не только в периплазме как основа ламеллярной эндэскины, но и в цитоплазме микропоры *Liriodendron chinense*. **Б':** симуляты ламелл эндэскины с их «белыми линиями». **В:** гранулярная эктэскина (Экт) и ламеллярная эндэскина (Энд) у *Larix decidua*. **В':** паттерн, симулирующий гранулярную эктэскину («Экт») и ламеллярную эндэскину («Энд») у *Larix decidua* на границе на границе раздела после фазового разделения. **Г:** альвеолярная эскина у *Pinus sylvestris*. **Г':** паттерн, симулирующий альвеолярную эскину. **Д:** мегаспора *Selaginella kraussiana* с гомогенным экзоспорием (Экт) и ячеистым эндоспорием (Энд). **Д':** симулят оболочки мегаспоры *Selaginella kraussiana*. А, А', Б, Б', В, В' = 0.5 μm ; Г, Г' = 2 μm ; Д, Д' = 1 μm .

в силу и доводят процесс до конца, формируя последовательность мицеллярных мезофазных структур, на которых аккумулируется спорополленин.

Опыт показывает, что именно интегральные исследования в области естественных сопредельных наук (биологии, химии, физики) дают возможность интерпретации фактов, максимально приближенной к реальности

Таблица 1. Компоненты, их концентрации и объемы, использованные в экспериментальных смесях для получения симулятов, показанных на рисунках.

Номер смеси	Компоненты	Длительность эксперимента (в днях)	Номер рисунка
1	Каллоза 3% (2 мл) + гипромеллоза 3% (2 мл) + муцин 3% (1 мл) + сапонин 3% (1 мл) + ванилиновая кислота 1% (10 капель**) + олеиновая кислота (10 капель) + <i>p</i> -кумаровая кислота 5% (0.5 мл) + лецитин (0.5 мл) + стеариновая кислота 1% (10 капель)	10Т*	Рис. 2А'
2	Агар 3% (1 мл) + муцин 3% (1 мл) + <i>p</i> -кумаровая кислота (5%б 1 мл) + сапонин 3% (1 мл) + стеариновая кислота 1% (1 мл)	4Т	Рис. 2Б' и 2В'
3	Каллоза 3% (2 мл) + гипромеллоза 5% (2 мл) + муцин 3% (1мл) + сапонин 3% (2 мл) + <i>p</i> -кумаровая кислота 5% (10 капель) + лецитин (4 капли) + омега-3 жирная кислота (4 капли) + ванилиновая кислота 1% (6 капель)	10	Рис. 2Г'
4	Агар 3% (2 мл) + муцин 3% (2 мл) + липополисахарид 1% (2 мл) + <i>p</i> -кумаровая кислота 5% (2 мл)	7	Рис. 2Д'
	*Все смеси, отмеченные буквой Т, получены в тонком слое (0,4 мм)		
	** 1 капля = 0.04 мл		

Литература:

Габараева Н.И. Гипотетические пути детерминации структуры эскины // Ботанический журнал. 1990. Том 75 (№ 10). С. 1353–1362.

Dickinson H.G., Sheldon J.M. The generation of patterning at the plasma membrane of the young

microspore of *Lilium* // In: Blackmore S., Ferguson I.K., eds. Pollen and Spores: form and function. London: Academic Press. 1986. P. 1–18.

Gabarayeva N.I., Hemsley A.R. Merging concepts: The role of self-assembly in the development of pollen wall structure // *Review of Palaeobotany and Palynology*. 2006. Vol. 138. P. 121–139.

Gabarayeva N.I., Grigorjeva V.V., Shavarda A.L. Mimicking pollen and spore walls: self-assembly in action. *Annals of Botany*. 2019. Vol. 123. P. 1205–1218. doi: 10.1093/aob/mcz027

Gabarayeva N.I., Grigorjeva V.V., Lavrentovich M.O. Artificial pollen walls simulated by the tandem processes of phase separation and self-assembly *in vitro*. *New Phytologist*. 2020. Vol. 225. P. 1956–1973. doi: 10.1111/nph.16318

Hemsley A.R., Gabarayeva N.I. Exine development: the importance of looking through a colloid chemistry “window” // *Plant Systematics and Evolution*. 2007. Vol. 263. P. 25–49.

Heslop-Harrison J. Pattern in plant cell walls: morphogenesis in miniature // *Proceedings of Royal Institute of Great Britain*. 1972. Vol. 45. P. 335–351.

Mandelbrot B.B. *The Fractal Geometry of Nature*. San Francisco: WH Freeman and Co. 1982. 460 p.

Radja A., Horsley E.M., Lavrentovich M.O., Sweeney A.M. Pollen patterns form from modulated phases. *Cell*. 2019. Vol. 176. P. 856–868. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2019.01.014>

Thompson D.A. *On growth and form*. Cambridge, UK: Cambridge University Press. 1917. 793 p.

Wodehouse R.P. *Pollen grains: their structure, identification and significance in science and medicine*. McGraw-Hill Co., New York. 1935.



**ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПАЛИНОЛОГИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ
АРХЕОЛОГИЧЕСКОГО РАЗРЕЗА НА ПОСЕЛЕНИИ СТАРЧИКИ (СЕВЕРО-
ЗАПАДНЫЙ КАВКАЗ)**

О.А. Гаврилова¹, В.В. Григорьева¹, В.А. Трифонов², Н.И. Шишлина³, П.И. Калинин⁴

¹*Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург,
gavrilova@binran.ru, grigorieva@binran.ru,*

²*Институт истории материальной культуры РАН, Санкт-Петербург, viktor_trifonov@mail.ru*

³*Государственный исторический музей, Москва, nshishlina@mail.ru*

⁴*Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН, Пушкино,
kalinin331@rambler.ru*

**PRELIMINARY RESULTS OF PALYNOLOGICAL STUDY OF THE ARCHAEOLOGICAL
SECTION AT STARCHIKI (NORTH WESTERN CAUCASUS)**

O.A. Gavrilova¹, V.V. Grigorieva¹, V.A. Trifonov², N.I. Shishlina³, P.I. Kalinin⁴

¹*Komarov Botanical Institute RAS, St-Petersburg*

²*Institute for the history of material culture RAS, St-Petersburg*

³*State Historical Museum, Moscow*

⁴*Institute of Physicochemical and Biological Problems of Soil Science RAS, Puschino*

Поселение Старчики (первоначально Новосвободненское 2) расположено в 3,5 км к северу от станции Новосвободная (Адыгея) на правом берегу р. Фарс и относится к дольменной культуре эпохи бронзы на СЗ Кавказе [Аутлев, 1968; Рысин 1997]. Мощность культурных отложений местами достигает 2,8 м. С целью сбора образцов для естественно-научных анализов и радиоуглеродного датирования в 2019 г. на краю раскопа 1980 г. был заложен стратиграфический разрез глубиной 3,5 м. По результатам радиоуглеродного датирования (AMS) пяти зерновок ячменя и пшеницы из всех слоев разреза, поселение на этом участке существовало приблизительно 200 лет - между 2666/2569 - 2481/2400 cal. (68.2%) гг. до н.э. [Трифонов, Шишлина, Кондрашкина, 2020].

Проведен палинологический анализ 34 образцов из разреза Старчики. Пробы отобраны с интервалом 10 см на разной глубине от 0 до 340 см. Образцы обработаны по стандартной методике [Гричук, Заклинская, 1948] в лаборатории геоморфологических и палеогеографических исследований полярных регионов и Мирового океана Института Наук о Земле СПбГУ. Исследование (подсчет и определение пыльцы и спор) проводили с использованием свето-оптического микроскопа (объективы х40 и х100) в лаборатории палинологии Ботанического института им. В. Л. Комарова РАН (БИН РАН). Для уточнения определений пыльцевых зерен использовали конфокальный лазерный сканирующий микроскоп в ЦКП БИН РАН. Ботаническую принадлежность пыльцы и спор определяли, по возможности, до таксонов ранга вида, рода или семейства.

Исследованные образцы характеризуются низким содержанием пыльцы и спор. Концентрация пыльцы, рассчитанная с использованием калиброванных маркеров, а именно таблеток со спорами *Lycopodium clavatum*, составляет от 0 до 17227 пыльцевых зерен в одном грамме навески. Максимальная концентрация выявлена в трех поверхностных слоях до 30 см глубиной, а также в образцах, отобранных на глубинах 210-290 см. Пыльца и споры не обнаружены на глубине 110-120 см и 200-210 см. Всего выявлены пыльца и споры более 50 таксонов.

В образцах с достаточным количеством пыльцы было подсчитано процентное соотношение обнаруженных таксонов, а также соотношение пыльцы древесных и травянистых растений. В трех поверхностных образцах на глубине до 30 см встречаются преимущественно пыльцевые зерна травянистых растений в сумме от 41 до 75 процентов (представители цикориевых, лютиковых, маревых, синяка обыкновенного из семейства бурачниковых). Производители обнаруженной пыльцы - это типичные сорные или пастбищные растения лесной или степной зон, в том числе и медоносы. Доминируют цикориевые. Древесные растения составляют от 22 до 41 процента палинома и представлены как отдельными зернами голосеменных (сосновыми – Сосна, Ель, Пихта, кипарисовыми), так и покрытосеменных (ольха, береза, дуб, орех, розоцветные). Среди древесных таксонов преобладают зерна ольхи или березы.

Встречаются единичные споры плаунов и папоротников, в том числе полиподиевых. По спектрам выявляется растительность степная с вкраплениями мелколиственных и хвойных деревьев. Обилие пыльцы травянистых растений (прежде всего, цикориевых, бурачниковых, маревых), наряду с низкой по сравнению с древесными пыльцевой продуктивностью и низкой дальностью переноса свидетельствует о ландшафтах открытого типа, вероятнее всего, степного. Обнаруженные в палиномах единичные пыльцевые зерна сосны, с учетом высоких значений продуктивности пыльцы и дальности переноса, позволяют предположить, что основной ареал сосновых лесов находится на значительном расстоянии от места исследования. Небольшое присутствие пыльцы ели и пихты, дальность переноса которой значительно меньше, чем у сосны, может свидетельствовать о присутствии этих деревьев в лиственных лесах. Наличие в палиномах спор папоротников также подтверждают наличие лесных участков вблизи изучаемого объекта. Таким образом, полученные данные, в целом отражают общерегиональный (лесостепной) характер современной растительности региона республики Адыгея. При этом палиноспектры показывают черты локальности, проявляющиеся в наличии довольно больших открытых пространств).

Образцы на глубине от 30 до 200 см характеризуются низким содержанием пыльцы, во многих образцах обнаружены только единичные зерна, что затрудняет реконструкцию ландшафтов. В самом верхнем образце этого слоя встречается преимущественно пыльца древесных растений (59 %), доминирует пыльца граба. Среди травянистых наиболее широко представлены цикориевые. Еще ниже до глубины 110 см выявляются культурные злаки. Несмотря на скромное количество пыльцы (или даже ее почти отсутствие) наличие единичных зерен культурных злаков (пыльца которых не разносится на большие расстояния) говорит об их возможном широком использовании человеком. В этих пробах доминирует главным образом пыльца трав, помимо указанных выше обнаружены также пыльцевые зерна мальвовых и астровых. Несмотря на небольшую концентрацию пыльцы в этих пробах можно предположить, что ландшафты мало отличаются от описанных выше. В образцах на глубине 110-160 см пыльцы нет или встречаются единичные пыльцевые зерна пихты, ели, дуб, вяза, астровых, цикориевых и культурных злаков.

На глубине 160-200 см пыльцевые зерна обнаружены в количестве, достаточном для расчета процентного соотношения таксонов. В спектрах преобладает пыльца трав, только в одном образце выявлено меньшее число пыльцы травянистых, однако зерен древесных тоже немного – 38 %. В других образцах этой зоны процент пыльцы древесных варьирует от 12 до 31. Такое соотношение свидетельствует об окружающей степной или лесостепной зоне. Среди древесных более широко представлен граб, выявлены зерна липы и дуба. Таким образом, в этой зоне появляются широколиственные породы. Из травянистых во всех слоях обнаружены зерна цикориевых, в отдельных слоях этого уровня встречаются следы представителей однодольных, возможно луковых, крапивы, бобовых, амброзии, культурные злаки обнаружены в большей части этих спектров, споры выявлены. Наличие пыльцы культурных и рудеральных растений – антропогенных индикаторов - говорит об обитаемом человеком месте.

Следующие слои, отобранные на глубине 210-290 см, характеризуются наибольшей концентрацией и разнообразием пыльцы. Пыльца трав превалирует или встречается приблизительно в той же процентной концентрации, что и пыльца деревьев. Среди древесных незначительно, но почти повсеместно представлены сосновые (сосна) или березовые (береза, ольха), в некоторых образцах обнаружены зерна кипарисовых, из покрытосеменных выявлены зерна граба, лещины, клена, ореха, акации, розоцветных, платанов. Интересная ситуация сложилась с пылью дуба в спектрах – во всех слоях этой зоны обнаруживаются отдельные зерна дуба, однако на глубине 270-280 см пыльца дуба составляет 20 % спектра, причем здесь древесные растения представлены только дубами, в следующем слое с глубины 280-290 см дубы доминируют (14%), но встречается и пыльца других древесных растений. Возможно, в то время здесь или поблизости была дубрава, причем непродолжительное время. В целом это зона степная или лесостепная с большей концентрацией широколиственных древесных пород. Травы в этой зоне разнообразны, содержание пыльцы травянистых составляет от 22 до 85 процентов. Пыльца цикориевых встречается во всех слоях, часто занимая доминирующее положение. Почти во всех образцах отмечены культурные злаки, а также дикорастущие злаки, пыльца злаковых доминирует в одном образце. В этой зоне также выявлены следующие травянистые таксоны:

лютиковые, бобовые, в том числе клевер, зонтичные, маревые, гвоздичные, пасленовые, крестоцветные. Среди указанных семейств много пастбищных и рудеральных, антропогенных индикаторов. Астровые (таксоны, типичные для степных районов) широко и разнообразно представлены во всех слоях этой зоны, выявлены отдельные типы пыльцы: полыни, амброзии, типа *Echinops*, типа *Cirsium*, типа *Tanacetum*. Пыльца астровых доминирует в одном образце. Всего в этой зоне обнаружена пыльца более 30 таксонов. Выявлены единичные споры мхов.

В слоях на глубине 290-340 см, концентрация пыльцы снижается. Процентное соотношение древесных и травянистых таксонов примерно одинаковое, варьирует в пределах 30-50 %. Почти во всех спектрах встречаются зерна пихты, редко сосны или кипарисовых, широколиственные породы представлены единичными зёрнами дуба и граба. Из трав существенно меньше и реже цикориевых, злаки единичны, астровые отмечены только в одном образце. Редко встречаются зонтичные и губоцветные типа мяты. Однако есть споры, что может свидетельствовать о более влажных условиях.

Проведенный палинологический анализ показал, что в течение изученного отрезка времени ландшафт местности в окрестностях разреза Старчики менялся незначительно. Преобладание в палиносpectрах пыльцы травянистых растений (в том числе цикориевых, других сложноцветных, дикорастущих злаков, маревых и др.) свидетельствуют о наличии открытых пространствах с растительностью степного характера. Небольшое количество пыльцы древесных, главным образом пыльцы широколиственных пород, свидетельствует о наличии лесов (главным образом лиственных) на некотором удалении от объекта изучения. Признаки чрезмерной аридизации или переувлажнения не прослеживаются.

Наличие пыльцы рудеральных растений указывает на присутствие человека, а находки пыльцы культурных злаков подтверждают местное производство зерна. Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ №20-29-01035.

Литература:

Аутлев П.У. Некоторые данные о поселениях бронзового века в районе станицы Новособорная // Археологические открытия 1967 года. М.: Наука, 1968. С. 74–75.

Гричук В.П., Заклинская Е.Д. Анализ ископаемых пыльцы и спор и его применение в палеогеографии / Под ред. проф. К.К. Маркова; МГУ, М.: Географгиз, 1948. 224 с.

Рысин М.Б. Культурная трансформация и культура строителей дольменов на Кавказе // Древние общества Кавказа в эпоху палеометалла. СПб, 1997. С. 85–123.

Трифонов В.А., Шишлина Н.И., Кондрашкина М.И. Первые результаты прямого радиоуглеродного датирования культурных злаков с поселения дольменной культуры Старчики (эпоха бронзы, С-З Кавказ) // Бурова Н. Д., Выборнов А. А., Кулькова М. А. (ред.) Материалы международной конференции «Радиоуглерод в археологии и палеоэкологии: прошлое, настоящее, будущее» 23-25 ноября 2020, СПб. ИИМК РАН, РГПУ, Самара: СГСПУ/ООО. Порт-принт, С. 100–101.



ПОЗДНЕГОЛОЦЕНОВАЯ РАСТИТЕЛЬНОСТЬ ОСТРОВА ВАЛААМ (СЕВЕРНАЯ ЧАСТЬ ЛАДОЖСКОГО ОЗЕРА) ПО ПАЛИНОЛОГИЧЕСКИМ ДАННЫМ ОЗ. ВИТАЛЬЕВСКОГО

Т.Ю. Газизова, Т.В. Сапелко

Институт озероведения РАН – СПб ФИЦ РАН, Санкт-Петербург, tssml@bk.ru

LATE HOLOCENE VEGETATION OF VALAAM ISLAND (NORTHERN PART OF LAKE LADOGA) ACCORDING TO PALYNOLOGICAL DATA OF LAKE VITAL'EVSKOE

T.Yu. Gazizova, T.V. Sapelko

Institute of Limnology RAS – SPC RAS, St. Petersburg

Летом 2019 г. в ходе экспедиции Института озероведения РАН – СПб ФИЦ РАН были проведены палеолимнологические исследования на о. Валаам, расположенном в северной части Ладожского озера [Sapelko et al., 2020]. Остров имеет площадь 28 км² и относится к средней подзоне тайги, для территории характерно преобладание старовозрастных сосновых и сосновых с елью лесов [Экосистемы..., 2016]. В рамках полевых работ были отобраны керны донных отложений и поверхностные пробы оз. Витальевского, расположенного на абсолютной отметке 10.8 м над уровнем моря. В прошлом озеро являлось частью Ладожского озера и отделилось от него в ходе регрессии последнего [Сапелко и др., 2018]. В настоящее время это небольшой лесной водоем площадью 0,005 км² и глубиной до 1.9 м [Степанова, 2021], который активно зарастает и заболачивается. Изученные методом спорово-пыльцевого анализа донные отложения оз. Витальевского представлены органогенными и алевритовыми гиттиями в верхней части разреза, опесчаненным алевритом и крупнозернистым песком – в нижней; общая мощность колонки составляет 2 метра.

По данным палинологического анализа колонки донных отложений оз. Витальевского реконструирована позднеголоценовая растительность на о. Валаам. Современная растительность на о. Валаам, по данным палинологического анализа поверхностных проб донных отложений оз. Витальевского, представлена елово-сосновым лесом с примесью *Betula* sp. и с подлеском из *Alnus glutinosa*, *A. incana*, *Corylus avellana*, *Ulmus* sp., *Betula nana*, *Juniperus* sp.

По результатам спорово-пыльцевого анализа колонки донных отложений оз. Витальевского выделено 5 палинозон (рис. 1).

Палинозона 1 (397-365 см). Пыльца деревьев доминирует по всему разрезу, за исключением палинозоны 4, ее процентное содержание составляет >93%. В начале зоны (в интервале глубин 397-393 см, соответствующих прослою песка) наблюдается высокая концентрация пыльцы *Picea* sp. (до 52%) и минимальные значения пыльцы *Pinus* sp. (32-34%). С глубины 393 см доминирует пыльца *Pinus* sp., ее содержание составляет в среднем около 50% (пик 60%). Содержание пыльцы *Picea* sp. – 20-28%, в конце палинозоны увеличивается до 32-35%. Концентрация пыльцы *Betula* sp. составляет в среднем 6-8% (пики до 11-12%); пыльцы *Alnus glutinosa* – 4-6%. Доля пыльцы *Alnus incana* и *Betula nana* невелика – около 1% и 1-2% соответственно. Среди широколиственных пород встречена пыльца *Carpinus* sp., *Fraxinus* sp., *Quercus* sp., *Tilia* sp., *Ulmus* sp. (>1%). Пыльца *Corylus avellana* в небольших количествах (около 1%) присутствует на протяжении всего разреза, как и пыльца *Salix* sp. (<1%). Таксономическое разнообразие и обилие пыльцы других групп растений невысокое. В травяно-кустарничковом ярусе отмечена пыльца представителей Poaceae, Cyperaceae, Rosaceae, Ranunculaceae (включая *Ranunculus* sp.), Chenopodiaceae, *Artemisia* sp. Среди макрофитов присутствует пыльца *Potamogeton* sp., единично *Sparganium* sp. Среди споровых растений встречены преимущественно споры Bryales, представителей Polypodiaceae (включая *Polypodium* sp.), *Sphagnum* sp. и *Lycopodium* sp.

Палинозона 2 (365-307 см). Роль пыльцы *Picea* sp. заметно возрастает, ее содержание составляет около 35-37%, возрастая до 44-48% во второй половине зоны; на глубине 327 см отмечен пик 56% – максимальное значение для всего разреза. Содержание пыльцы *Pinus* sp. также высоко и составляет в среднем 38-45%. Доля пыльцы *Betula* sp. и *Alnus glutinosa* снижается до 3-4% и 2-3% соответственно, однако в конце зоны вновь повышается до 8% и 6% соответственно. Доля пыльцы *Betula nana* составляет около 2%, также увеличиваясь в конце зоны до 4-5%. Концентрация и таксономический состав пыльцы широколиственных пород

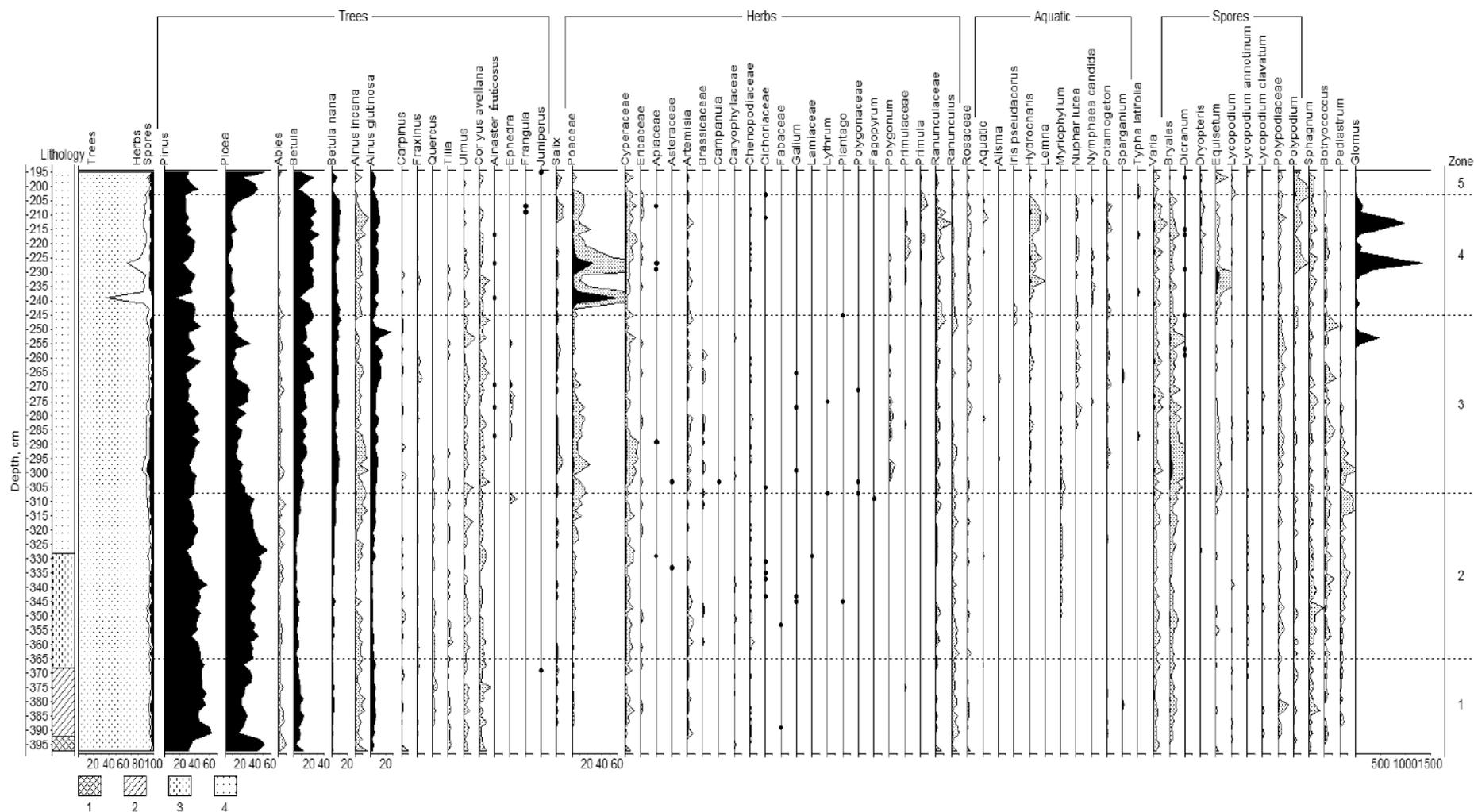


Рис. 1. Спорво-пыльцевая диаграмма донных отложений оз. Витальевского (Условные обозначения: 1 – темно-серый песок; 2 – серый опесчаненный алеврит; 3 – бурая алевритовая гиття с прослоями детрита; 4 – темно-бурая органогенная гиття)

сохраняется, преобладает пыльца *Ulmus* sp. (отдельные пики >1%). Разнообразие и обилие пыльцы травяно-кустарничкового яруса возрастает, увеличивается значение представителей Poaceae, Cyperaceae, Ranunculaceae (включая *Ranunculus* sp.), *Artemisia* sp. Встречается пыльца разнотравья – Caryophyllaceae, Cichoriaceae, болотных кустарничков Ericaceae. Появляется стабильная кривая пыльцы *Myriophyllum* sp., но в целом представленность пыльцы макрофитов невелика, единично встречена пыльца *Potamogeton* sp. Среди споровых растений преобладают споры Bryales, Polypodiaceae (включая *Polypodium* sp.), *Sphagnum* sp.; на протяжении всей зоны присутствуют споры *Lycopodium* sp. (*L. annotinum*, реже *L. clavatum*).

Палинозона 3 (307-245 см). Содержание пыльцы *Pinus* sp. немного снижается и составляет около 32-37% (пики до 47%), однако ее роль по-прежнему является доминирующей. Доля пыльцы *Picea* sp. существенно падает (до 10-14% к концу зоны). Концентрация пыльцы *Betula* sp., напротив, заметно возрастает – от 11% в начале зоны до 21-23% в конце. Роль пыльцы *Alnus glutinosa* также увеличивается в конце зоны до 11-13% (отдельные пики 17% и 27%). Концентрация пыльцы *Betula nana* возрастает до 8-9%; обилие пыльцы *Alnus incana* и *Salix* sp. также повышается. Среди пыльцы широколиственных пород сохраняется преобладание пыльцы *Ulmus* sp. (пики >1%); содержание пыльцы *Tilia* sp. падает, пыльца *Quercus* sp. исчезает к середине зоны. Отмечена пыльца *Ephedra* sp. и *Alnaster fruticosus*. Процент пыльцы травяных и споровых растений продолжает расти, что отражается на общем соотношении групп растений в первой половине зоны – их доля увеличивается до 5-6% и 5-8% соответственно. Среди травянистых растений преобладает пыльца Poaceae и Cyperaceae. Появляется пыльца представителей Brassicaceae и *Polygonum* sp. Наблюдается заметное увеличение разнообразия и обилия пыльцы макрофитов. На протяжении всей зоны доминирует пыльца *Hydrocharis* sp. и *Potamogeton* sp. К середине зоны возрастает роль *Nuphar lutea*, а кривая *Myriophyllum* sp. постепенно исчезает. Также встречена пыльца *Alisma* sp., *Sparganium* sp., единично *Nymphaea candida*, *Iris pseudacorus*, *Typha latifolia*. Разнообразие среди споровых растений сохраняется, возрастает концентрация спор Bryales и *Equisetum* sp. Появляются споры грибов *Glomus*, их количество резко увеличивается к концу зоны.

Палинозона 4 (245-202 см). В первой половине палинозоны существенно меняется соотношение между основными группами растений – роль пыльцы древесных пород заметно снижается, а доля пыльцы трав повышается до 8-12% (пики до 60%), что связано с резким увеличением содержания пыльцы представителей Poaceae до 2-8% (пики до 59%). Пыльца *Pinus* sp. продолжает доминировать, однако ее концентрация снижается от 37-40% в первой половине зоны до 27% в конце. Высокая роль пыльцы *Betula* sp. сохраняется, ее содержание составляет около 25% на протяжении зоны. Процент пыльцы *Picea* sp. составляет 8-11% (отдельные значения опускаются до 3-5%). Доля пыльцы *Alnus glutinosa* остается на высоком уровне (8-10%), как и пыльцы *Betula nana* (7-10%). Содержание пыльцы широколиственных пород заметно падает, к середине зоны исчезает пыльца *Carpinus* sp., *Fraxinus* sp., *Tilia* sp. Процент пыльцы *Ulmus* sp. постепенно снижается до единичных значений во второй половине зоны. Содержание пыльцы *Corylus* sp. и *Salix* sp. также снижается к концу зоны. Единично отмечена пыльца *Alnaster fruticosus* и *Frangula* sp. Общее разнообразие пыльцы травяного яруса снижается, доминирует, как было сказано выше, пыльца Poaceae. К отмеченным таксонам также относится пыльца представителей Cyperaceae, Primulaceae (включая *Primula* sp.), Ranunculaceae (включая *Ranunculus* sp.), Rosaceae, Ericaceae, *Artemisia* sp.; в меньшей мере – Chenopodiaceae, *Polygonum* sp. Среди водных растений доминирует пыльца *Hydrocharis* sp., кривая которой практически непрерывна. Также преобладает пыльца *Nuphar lutea*, *Nymphaea candida*, *Potamogeton* sp.; единично отмечена пыльца *Iris pseudacorus*, *Lemna* sp. и *Typha latifolia*. Разнообразие среди споровых растений сохраняется, доминируют споры Bryales, Polypodiaceae, *Equisetum* sp., *Polypodium* sp., *Sphagnum* sp.; появляются споры *Dryopteris* sp. Кривая спор грибов *Glomus* непрерывна, их обилие существенно колеблется в пределах зоны, отмечены ярко выраженные пики.

Палинозона 5 (202-195 см). Концентрация пыльцы трав и споровых растений вновь снижается, доля пыльцы древесных составляет >92%. Процент пыльцы *Picea* sp. резко возрастает до 40-50%. Доля пыльцы *Pinus* sp. также велика и составляет около 30-40%. Содержание пыльцы *Betula* sp. уменьшается до 6-14% (пик 26%). Также снижается содержание пыльцы *Alnus glutinosa* (2-7%), *Betula nana* (>2%. пик до 6%), *Alnus incana* (<1%). Среди широколиственных пород

единично встречена пыльца *Ulmus* sp. Отмечена пыльца *Corylus avellana*, *Salix* sp., *Juniperus* sp. Разнообразие в травяно-кустарничковом ярусе низкое, преобладает пыльца *Cyperaceae*. Также определена пыльца представителей *Ranunculaceae* (включая *Ranunculus* sp.), единично *Roaceae*, *Rosaceae*, *Artemisia* sp., *Primula* sp. Среди макрофитов единично отмечена пыльца *Hydrocharis* sp., *Lemna* sp., *Typha latifolia*. Разнообразие среди споровых растений сохраняется, преобладают споры *Polypodium* sp., *Sphagnum* sp., *Lycopodium* sp., *Polypodiaceae*. Единично присутствуют споры грибов *Glomus*.

На основании проведенного анализа колонки донных отложений оз. Витальевского установлено, что во время осадконакопления на территории острова развивались сосновые, сосново-еловые и елово-сосновые леса с березой, черной ольхой и широколиственными породами. Основной лесобразующей породой была сосна, в отдельные периоды – сосна, ель и береза.

В нижней части разреза (**палинозона 1**) основными лесобразующими породами являлись *Pinus* sp. и *Picea* sp. В начале периода роль *Picea* sp. была заметно выше, однако в дальнейшем на изучаемой территории развивались **елово-сосновые** леса с широколиственными породами и небольшой примесью *Betula* sp. Подлесок составляли *Alnus glutinosa*, *A. incana*, *Corylus avellana* и *Salix* sp. На заболоченных участках вокруг озера росла *Betula nana*. В лесном пологе постоянно встречались широколиственные породы – *Ulmus* sp., *Quercus* sp., *Carpinus* sp., *Tilia* sp., *Fraxinus* sp. Распространение и разнообразие травяно-кустарничкового яруса было невысокое, под лесным пологом развивались сообщества с представителями *Roaceae*, *Rosaceae*, *Ranunculaceae*, *Caryophyllaceae*, иными представителями лесного разнотравья, рудеральными видами *Chenopodiaceae*, *Artemisia* sp, споровыми растениями – *Polypodiaceae*, *Equisetum* sp., *Lycopodium* sp. На заболоченных и сырых участках, по берегам водоемов росли представители *Cyperaceae*, *Ericaceae*, *Sphagnum* sp. и *Bryales*. Бедная видами водная растительность была представлена *Potamogeton* sp. и *Sparganium* sp. Данный период предположительно относится к концу атлантического или началу суббореального периода голоцена. Подобная растительность ранее была реконструирована для островов Мантсинсаари [Delusin, Donner, 1995] и Путсаари [Сапелко и др., 2014; Сапелко, Корнеев, 2017], также расположенных в северной части Ладожского озера. Климат был теплым и влажным, о чем свидетельствует широкое распространение широколиственных пород.

В периоде, соответствующему **палинозоне 2**, роль *Picea* sp. в формировании лесного покрова значительно возросла. Развивались **елово-сосновые** и **сосново-еловые** леса. Примесь *Betula* sp. в составе лесов снизилась. Немного уменьшилась и роль широколиственных пород, среди которых заметно преобладал *Ulmus* sp. К концу периода увеличилась доля *Betula nana*. Разнообразие травяно-кустарничкового яруса возросло, доминировали представители *Roaceae*, *Ranunculaceae*, встречались представители *Caryophyllaceae*, *Cichoriaceae*, *Brassicaceae*, споровые растения с преобладанием *Polypodiaceae*, *Equisetum* sp., *Lycopodium* sp. Были развиты водно-болотные сообщества из представителей семейств *Cyperaceae*, *Ericaceae* с моховым ярусом из *Sphagnum* sp. и *Bryales*. Разнообразие макрофитов оставалось по-прежнему невысоким, однако начался процесс заселения озера *Myriophyllum* sp., встречался также *Potamogeton* sp. Зона относится к суббореальному периоду. Климат был теплый – отмечено преобладание ели в лесном покрове с высокой примесью широколиственных пород.

В дальнейшем (**палинозона 3**) наблюдалось снижение роли *Picea* sp. и постепенное увеличение роли *Betula* sp. Распространялись **сосновые** и **елово-сосновые** леса с березой. Распространение *Betula* sp. могло быть связано с вторичным зарастанием нарушенных антропогенной деятельностью участков (вырубки и пожары), а также с первичным зарастанием освобождавшихся от воды территорий, о чем свидетельствует также увеличение роли грибов *Glomus* sp. – индикаторов почвенной эрозии. Роль *Alnus glutinosa* заметно возросла, как и роль *Betula nana*, что могло говорить об увеличении площади сырых и заболоченных участков. Роль широколиственных пород в лесном покрове была относительно невысокая, по-прежнему преобладал *Ulmus* sp. Также присутствовали *Fraxinus* sp. и *Carpinus* sp. Роль *Tilia* sp. и *Quercus* sp. существенно снизилась. Появился *Alnaster fruticosus*. Разнообразие трав и споровых растений продолжало расти. Преобладающие таксоны пополнились представителями *Brassicaceae*, видами *Polygonum* sp. и *Equisetum* sp., роль *Ranunculus* sp. наоборот немного снизилась. Водная среда начала активно заселяться макрофитами – появился *Hydrocharis* sp., затем *Potamogeton* sp., к

середине периода разрослась *Nuphar lutea*. Также встречались *Alisma* sp., *Sparganium* sp., единично *Nymphaea candida* и прибрежные виды – *Iris pseudacorus*, *Typha latifolia*. С появлением других видов водных растений роль *Myriophyllum* sp. постепенно снижалась и в середине периода она исчезла. Данная зона соответствует началу субатлантического периода. Климатические условия ухудшались, становилось холоднее, на что указывает снижение роли ели и широколиственных пород.

В периоде, отнесенному к **палинозоне 4**, наблюдалось господство **сосновых** лесов с березой. В растительном покрове продолжалось снижение роли *Picea* sp. и рост роли *Betula* sp. Доля *Alnus glutinosa* и *Betula nana* оставалась на прежнем уровне. Сокращалась и становилась редкой примесь широколиственных пород. В подлеске соснового леса произрастали *Corylus avellana*, *Frangula* sp., *Alnaster fruticosus*. В травяно-кустарничковом ярусе существенно возросла роль Poaceae, однако общее разнообразие трав снизилось. Под лесным пологом встречались представители Primulaceae (включая *Primula* sp.), Ranunculaceae (включая *Ranunculus* sp.), Rosaceae. Увеличилось распространение рудеральных видов *Artemisia* sp., *Plantago* sp., Chenopodiaceae, Cichoriaceae. Среди споровых растений доминировали Polypodiaceae и *Equisetum* sp. Также встречались *Dicranum* sp. и *Lycopodium* sp., появился *Dryopteris* sp. и др. Среди макрофитов доминировал *Hydrocharis* sp., который активно заселял водную среду. Также встречались *Nuphar lutea*, *Nymphaea candida*, *Potamogeton* sp., в меньшей мере – *Lemna* sp. и виды, растущие вдоль берегов и на мелководье – *Iris pseudacorus*, *Typha latifolia*. Климат становился холоднее – отмечена низкая роль ели в формировании лесного покрова, исчезновение почти всех широколиственных пород (кроме вяза, доля которого заметно падает). Фиксируется высокий уровень антропогенного воздействия, на что указывает увеличение роли открытых травянистых сообществ и широкое распространение березы. Зона относится к середине субатлантического периода.

В верхней части разреза (**палинозона 5**) увеличилась роль *Picea* sp., на территории исследования развивались **елово-сосновых** и **сосново-еловых** лесов. Доля *Betula* sp. в растительном покрове снизилась в сравнении с предыдущим периодом, однако оставалась на довольно высоком уровне. Роль *Alnus glutinosa* и *Betula nana* также уменьшилась. Единственная отмеченная среди широколиственных деревьев порода – *Ulmus* sp. В подлеске росли *Corylus avellana*, *Juniperus* sp. и *Salix* sp. Доля открытых травянистых сообществ снизилась. Разнообразие трав и споровых растений было невелико, встречались Ranunculaceae (включая *Ranunculus* sp.), Poaceae, Cyperaceae, Rosaceae, *Artemisia* sp., *Primula* sp. Среди споровых преобладали Polypodiaceae (включая *Polypodium* sp.), *Equisetum* sp., *Lycopodium* sp. Немногочисленная водная растительность была представлена *Hydrocharis* sp., *Lemna* sp. и прибрежным *Typha latifolia*. Климат становился теплее. Уровень антропогенного воздействия снижался. Вновь получили распространение хвойные леса с большим содержанием ели и сосны. Зона соответствует современному периоду.

По результатам корреляции с имеющимися радиоуглеродными датировками колонка донных отложений оз. Витальевского охватывает конец атлантического (или начало суббореального), суббореальный и субатлантический периоды голоцена. Граница между палинозонами 1 и 2 предположительно соответствует периоду изоляции оз. Витальевского от Ладожского озера 3420-3150 кал. лет назад [Saarnisto, 2012]. Общие тенденции развития лесного покрова соотносятся с имеющимися палинологическими реконструкциями для территории северного Приладожья [Делюсина, 1988; Delusin, Donner, 1995; Верзилин, Клейменова, 2006; Saarnisto, 2012; Сапелко и др., 2014; Сапелко, Корнеенкова, 2017; Газизова, Сапелко, 2021] – преобладание елово-сосновых и сосново-еловых лесов, постепенное сокращение роли широколиственных пород, доминирование сосновых лесов и увеличение роли березы в субатлантическом периоде.

Исследование выполнено в рамках государственного задания ИНОЗ РАН – СПб ФИЦ РАН по теме № 0154-2019-0001 «Комплексная оценка динамики экосистем Ладожского озера и водоемов его бассейна под воздействием природных и антропогенных факторов».

Литература:

Верзилин Н.Н., Клейменова Г.И. К проблеме оценки изменений уровня вод Ладожского озера в позднее послеледниковье // Изд-во: СПбГУ «Вестники Санкт-Петербургского университета». Серия 7. Геология. География. 2006. №4. С. 55–70.

Газизова Т.Ю., Сапелко Т.В. Роль пыльцы макрофитов в палеолимнологических исследованиях оз. Ховатанлампи / Пути эволюционной географии – 2021: Материалы II Всероссийской научной конференции, посвященной памяти профессора А.А. Величко (Москва, 22-25 ноября 2021 г.). М.: Институт географии РАН, 2021. С. 73–76.

Делюсина И.В. Биостратиграфия поздне- и послеледниковых отложений Ладожского озера и палеоклиматология Приладожья по палинологическим данным: автореферат дис. ... кандидата геол.-минер. наук: 04.00.09 / АН ЭССР. Ин-т геологии. Таллин, 1988. 15 с.

Сапелко Т.В., Кузнецов Д.Д., Корнеевкова Н.Ю., Денисенков В.П., Лудикова А.В. Палеолимнология внутренних озер острова Путсаари (Ладожское озеро) // Известия РГО. 2014. Т. 146. № 3. С. 29–40.

Сапелко Т.В., Корнеевкова Н.Ю. Реконструкция истории островных озер по данным палинологического и ботанического анализов // Актуальные проблемы современной палинологии: Материалы XIV Всероссийской палинологической конференции. М., 2017. С. 311–315

Сапелко Т.В., Терехов А.В., Амантов А.В. Ладожская трансгрессия: реконструкция финальной стадии и последующего спада в северной части озера. Региональная геология и металлогения. 2018. №75. С. 23–34.

Степанова А.Б., Воякина Е.Ю., Зуева Н.В., Куличенко А.Ю., Бабин А.В. Водная система Валаамского архипелага. Малые лесные озера // Современное состояние и проблемы антропогенной трансформации экосистемы Ладожского озера в условиях изменяющегося климата. СПб, 2021. С. 477–485.

Экосистемы Валаамского архипелага (Ладожское озеро) на рубеже 20 и 21 веков. Черты уникальности и современное состояние: Атлас / под ред. А.Б. Степановой. СПб.: РГГМУ, 2016. 44 с.

Delusin I., Donner J. Additional evidence of the Holocene transgression in Lake Ladoga on the basis of an investigation of the beach deposits on the island of Mantsinsaari // Bulletin of the Geological Society of Finland. 1995. P. 39–50.

Saarnisto M. Late Holocene land uplift/neotectonics on the island of Valamo (Valaam), Lake Ladoga, NW Russia // Quaternary International. 2012. Vol. 260. P. 143–152.

Sapelko T., Kuznetsov D., Ludikova A., Korneenkova N., Terekhov A. The development of island lakes of Lake Ladoga during the Late Pleistocene Holocene // Limnology and Freshwater Biology. 2020. Vol. 4. P. 470–471. DOI:10.31951/2658-3518-2020-A-4-470



СОВРЕМЕННАЯ СТРУКТУРА НЕОГЕНОВОЙ И ЧЕТВЕРТИЧНОЙ СИСТЕМ В МЕЖДУНАРОДНОЙ СТРАТИГРАФИЧЕСКОЙ ШКАЛЕ

А.Ю. Гладенков

Геологический институт РАН, Москва, agladenkov@ilran.ru

CURRENT STRUCTURE OF NEOGENE AND QUATERNARY SYSTEMS IN THE INTERNATIONAL STRATIGRAPHIC SCALE

A.Yu. Gladenkov

Geological Institute RAS, Moscow

За последние несколько лет в Международной стратиграфической шкале (МСШ) произошли достаточно существенные изменения, касающиеся структуры неогеновой и четвертичной систем.

В течение последнего времени среди специалистов в области стратиграфии кайнозоя активно дебатировался вопрос о необходимости формализации и официального статуса подотделов/подэпох в качестве подразделений МСШ как единиц с рангом выше яруса/века и ниже отдела/эпохи. Одна часть геологов считала введение подотделов в шкалу актуальным, другая – отстаивала сохранение структуры, в которой подотделы не предусмотрены (то есть, отделы расчленяются сразу на ярусы). В 2016 г. в рамках Международной комиссии по стратиграфии (МКС) по этому вопросу было организовано голосование, в котором приняли участие голосующие члены трех подкомиссий МКС: по стратиграфии палеогена, неогена и квартера. В итоге, предложение по формализации статуса подотделов не набрало необходимого по уставу количества голосов (минимум 60% от числа проголосовавших) [Finney, Bown, 2017].

Однако в 2018 г. подкомиссия по стратиграфии квартера МКС после проведения голосования внесла комиссию предложение о выделении и принятии официального статуса подотделов в рамках отделов четвертичной системы (плейстоцена и голоцена). После одобрения со стороны подкомиссии по стратиграфической классификации МКС, а затем и голосующих членов МКС, это предложение в 2020 г. было ратифицировано Исполнительным комитетом Международного Союза геологических наук (МСГН) [Head et al., 2021]. Таким образом, в настоящее время в МСШ выделяются два отдела: плейстоцен (2.58-0.0117 млн лет) и голоцен (0.0117-0.00 млн лет). В отделах - по три подотдела: верхний, средний и верхний, каждому из которых соответствует один ярус (за исключением нижнего плейстоцена, включающего два яруса: гелазский и калабрийский) (рис. 1). При этом нижняя граница верхнего яруса плейстоцена (пока не имеющего названия) еще не утверждена. Необходимо отметить, что ярусы голоцена (соответствующие подотделам) и их границы были ратифицированы в 2018 г. Для определения нижней границы яруса выбирается разрез и точка глобального стратотипа границы (GSSP). В качестве GSSP для двух нижних ярусов голоцена (гренландского и северогриппианского) утверждены границы в разрезах ледовых кернов в Гренландии (соответственно, уровни 0.0117 и 0.0082 млн лет), а для верхнего (мегалаянского) – спелеотеме (сталагмите) (0.0042 млн лет) в пещере Mawmluh, расположенной в северо-восточной части Индии, штат Мегалая [Walker et al., 2018]. По своей длительности голоценовые ярусы значительно меньше плейстоценовых и резко отличаются от таковых, принятых для других систем фанерозоя.

Утверждение изменений в структуре четвертичной системы МСШ предполагает возможность выделения подотделов в других системах. Поэтому недавно Подкомиссия по стратиграфической классификации МКС проголосовала за предложение придания подотделам формального официального статуса в целом, направив его на рассмотрение бюро МКС [Aubry et al., 2020]. Это предложение было поддержано голосующими членами МКС и в 2021 г. ратифицировано Исполнительным комитетом МСГН [Aubry et al., 2022]. Такое решение предполагает, что подкомиссии МКС по стратиграфии различных систем могут в рамках своих подкомиссий обсуждать целесообразность выделения подотделов в той или иной системе и в случае положительного решения направлять его на утверждение бюро МКС.

В частности, в 2021 г. в Подкомиссии по стратиграфии неогена (ПЧН) МКС прошло обсуждение иерархии подразделений неогеновой системы и вопроса о целесообразности возвращения официального статуса подотделов в рамках отделов (миоцена и плиоцена)

		Erathem / Era System / Period		Series / Epoch	Stage / Age	GSSP	numerical age (Ma)
		Cenozoic	Quaternary	Holocene	U/L	Meghalayan	⚡
M	Northgrippian				⚡	0.0042	
L/E	Greenlandian				⚡	0.0082	
	U/L			Upper		0.0117	
	M			Chibanian	⚡	0.129	
Pleistocene				Calabrian	⚡	0.774	
	L/E			Gelasian	⚡	1.80	
Neogene	Pliocene		U/L	Piacenzian	⚡	2.58	
			L/E	Zanclean	⚡	3.600	
	Miocene		U/L	Messinian	⚡	5.333	
				Tortonian	⚡	7.246	
				Serravallian	⚡	11.63	
			M	Langhian		13.82	
				Burdigalian		15.97	
			L/E	Aquitanian	⚡	20.44	
Paleogene					23.03		

Рис. 1. Структура неогеновой и четвертичной систем в Международной стратиграфической шкале [<https://stratigraphy.org>]

неогеновой системы. При этом напомним, что в отличие от МСШ официальный статус подотделов в неогене в Общей стратиграфической шкале (ОСШ) России всегда сохранялся [Стратиграфический кодекс России, 2019]. После дискуссии, вопрос о присвоении подотделам неогена формального официального статуса был вынесен на голосование, в котором приняли участие голосующие члены подкомиссии. В итоге, большинство из голосовавших (13 из 17 человек) высказались за официальный статус подотделов. После этого голосования решение подкомиссии было утверждено на бюро МКС, а позже (в октябре 2021 г.) ратифицировано Исполнительным комитетом МСГН. Таким образом, в настоящее время в МСШ миоценовый отдел неогеновой системы разделен на три подотдела: нижний (включающий аквитанский и бурдигальский ярусы), средний (лангийский и сerratвалльский ярусы) и верхний (тортонский и мессинский ярусы), а плиоценовый отдел – на два подотдела: нижний (занклийский ярус) и верхний (пьяченцкий ярус) (рис.1).

К упомянутым изменениям и решениям можно относиться с определенным скепсисом, однако, российские специалисты, как часть международного сообщества, не могут на них не реагировать и должны их учитывать. В связи с этим Межведомственный стратиграфический комитет (МСК) России планирует рассмотреть вопрос о возможных изменениях в структуре четвертичной системы российской ОСШ. Это, в частности, представляет большую важность для проведения будущих тематических и производственных работ и прежде всего для геологического картографирования. Пока же наша практика использует подразделения, принятые в Стратиграфическом кодексе России [2019].

Работа выполнена по теме государственного задания Геологического института РАН.

Литература:

Стратиграфический кодекс России. Издание третье, исправленное и дополненное. СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, Межведомственный стратиграфический комитет, 2019. 96 с.

Aubry M.-P., Head M.J., Piller W.E., Berggren W.A. Subseries/Subepochs approved as a formal rank in the International Stratigraphic Guide // *Episodes*. 2020. Vol. 43. P. 1041–1044.

Aubry M.-P., Piller W.E., Gibbard P.L., Harper D.A.T., Finney S.C. Ratification of subseries/subepochs as formal rank/units in international chronostratigraphy // *Episodes*. 2022. Vol. 45. P. 97–99.

Finney S.C., Bown P.R. The status of subseries/subepochs for the Paleocene to Holocene: Recommendations to authors and editors // *Episodes*. 2017. Vol. P. 2–4.

Head M.J., Pillans B., Zalasiewicz J.A., the ICS Subcommission on Quaternary Stratigraphy. Formal ratification of subseries for the Pleistocene Series of the Quaternary System // *Episodes*. 2021. Vol. 44. P. 241–247.

Walker M., Head M.J., Berkelhammer M., Björck S., Cheng H., Cwynar L., Fisher D., Gkinis V., Long A., Lowe J., Newnham R., Rasmussen S.O., Weiss H. Formal ratification of the subdivision of the Holocene Series/Epoch (Quaternary System/Period): two new Global Boundary Stratotype Sections and Points (GSSPs) and three new stages/subseries // *Episodes*. 2018. Vol. 41. P. 213–268.



**МИОЦЕНОВЫЕ ИЗВЕСТКОВЫЕ НАННОФОССИЛИИ ВОСТОЧНОГО
ПАРАТЕТИСА: ЗНАЧЕНИЕ ДЛЯ БИОСТРАТИГРАФИИ, ПАЛЕОГЕОГРАФИИ И
ПАЛЕОЭКОЛОГИИ**

Л.А. Головина

Геологический институт РАН, Москва, golovinal@mail.ru

**MIOCENE CALCAREOUS NANNOFOSSILS OF EASTERN PARATETHYS:
SIGNIFICANCE FOR BIOSTRATIGRAPHY, PALEOGEOGRAPHY AND
PALEOECOLOGY**

L.A. Golovina

Geological Institute RAS, Moscow, golovinal@mail.ru

Изучение наннопланктона в миоценовых отложениях Восточного Паратетиса началось во второй половине XX века. Первая публикация о находке кокколитофорид была посвящена изучению глинистой толщи нижнего сармата на юго-востоке Украины [Дидковский и др., 1968]. Затем последовали работы многих других исследователей [Дидковский и др., 1981; Андреева-Григорович, 1977; Андреева-Григорович, Грузман, 1989; Семенов, Люльева, 1982; Люльева, 1989;1990;1990a;1993; Минашвили, 1981; 1983;1986; Головина и др., 1987; Музылев, Головина, 1987]. С 80-х годов прошлого века изучение неогенового наннопланктона приобрело более систематический характер, были исследованы многие разрезы юга бывшего СССР: Молдовы, Украины, Северного Кавказа, Грузии, Азербайджана, Туркмении, а также коллекции скважин глубоководного бурения в Черном море, с целью обоснования горизонтов с наннопланктоном, как надежной основы для корреляции регионарусной шкалы Восточного Паратетиса со стратонами Международной стратиграфической шкалы [Андреева-Григорович, 2005; Семенов, 1987; Крашенинников и др., 2003; Семенов, Люльева, 2006; Семенов и др., , 2009; Люльева, 2009; Головина и др.,1987; 1989; Музылев, Головина, 1987; Golovina et al., 2019].

Многолетние исследования показали, что присутствие наннофоссилий в миоценовых отложениях Восточного Паратетиса связано с циклическим развитием бассейнов и является индикатором морских фаз их развития, а количественный и качественный состав миоценовой наннофлоры обусловлен широтой водообмена палеобассейнов. Несмотря на то, что значительную часть миоценового времени бассейны Восточного Паратетиса имели связь с Мировым океаном, их биономические условия очень редко приближались к нормально-морским. При сравнении с одновозрастными океаническими и средиземноморскими комплексами в ассоциациях Восточного Паратетиса отмечается отсутствие видов-индексов зон, малочисленность или единичное присутствие многих стенобионтных таксонов. Основу миоценовых комплексов наннофлоры составляют космополитные и эвригалинные виды широкого стратиграфического диапазона. Такие особенности обусловлены отклоняющимися от открытых морских бассейнов параметрами солености, температуры, колебаниями поступления питательных веществ и величин терригенного сноса в палеобассейнах Восточного Паратетиса. Изменение даже одного из этих факторов влияло на численность и структуру ассоциаций. Следует отметить, что разнообразие и обилие наннофлоры могло существенно варьировать даже в пределах одного региона, что объясняется пестротой биономических условий палеобассейнов. Сокращение таксономического разнообразия в стрессовых условиях сокращения широты водообмена с сопредельными морскими бассейнами приводило к развитию монодоминантных комплексов наннофлоры.

Исследования миоценовых отложений Восточного Паратетиса осложняются слабой насыщенностью наннофоссилиями, наибольшей концентрацией часто охарактеризованы узкие маломощные уровни, которые легко пропустить при недостаточно детальном опробовании разреза. В то же время, при значительном разбавлении терригенным материалом аллохтонные комплексы наннофоссилий могут обогащаться при переотложении и быть представительнее, обильнее и лучшей сохранности, чем автохтонный миоценовый наннопланктон. Достаточно часто оценка таксономического состава затруднена плохой сохранностью наннофоссилий, модифицированных вторичными процессами (обрастанием или растворением). При сопоставлении данных разных исследователей возникают проблемы, обусловленные различной

методикой исследований, отсутствием изображений видов и недостаточностью привязки распространения таксонов в изученных разрезах.

На современном этапе изучение наннопланктона является составной частью мультидисциплинарных исследований опорных разрезов миоцена [Paleontology..., 2016]. В настоящее время почти все регионарусные подразделения охарактеризованы наннопланктоном, хотя степень их изученности разная. Для периодов широкого водообмена миоценовых палеобассейнов с сопредельными морскими водоемами относительно богатые и разнообразные ассоциации наннофлоры имеют важное значение для прямой корреляции со стратонами Центрального Паратетиса, Средиземноморья и Международной стратиграфической шкалой. Сокращение таксономического состава и обеднение комплексов указывает на сокращение широты водообмена и усиление палеогеологических параметров неблагоприятных для развития наннофлоры и имеет важное значение для палеогеографических реконструкций, а развитие моновидовых сообществ и специфических наннофоссилий отражает своеобразие палеоэкологических обстановок.

Кавказский регионарус. В отложениях алкунской свиты кавказия (стратотипический разрез по реке Кубань у г. Черкесска, п. Карамурзинский, разрез по р. Белой) выделены слои с *Cyclicargolithus floridanus* с эпизодическими находками индекс-вида зоны NN1 *Triquetrorhabdulus carinatus* шкалы Э. Мартини [Martini, 1970], присутствие которого совместно с *T. milowii* (разрез Карамурзинский), позволяет коррелировать алкунский горизонт с нижней частью аквитана [Белуженко и др. 2018].

Сакараульский регионарус. В стратотипической области развития сакараульских отложений (Картлийская депрессия, Грузия,) присутствие наннопланктона не установлено. Скучный комплекс обнаружен в аналогах верхнемайкопских отложений на территории северного Ирана (провинция Мазендаран) [Попов и др., 2015].

Коцахурский регионарус. При опробовании груботерригенных фаций Закавказья (Картлийская депрессия), некарбонатных глин в верхах майкопской серии и рицевской свите Предкавказья наличие наннофоссилий не установлено.

Тарханский регионарус. Тарханские отложения широко и детально изучены и повсеместно содержат обильный и разнообразный комплекс наннофлоры [Крашенинников и др., 2003]. В стратотипическом разрезе Малый Камышлак (Керченский п-ов, Крым) по совместному присутствию видов *Sphenolithus heteromorphus* и *Helicosphaera waltrans* тарханский комплекс сопоставляется с ассоциацией нижней части зоны NN5 *Sphenolithus heteromorphus* [Andreeva-Grigorovich, Savitskaya, 2000; Андреева-Григорович, 2005], что соответствует корреляции тархана с верхней половиной лангия - низами сerratваллия [Paleontology .., 2016; Palcu et al., 2017].

Чокракский регионарус. Чокракские отложения содержат бедный комплекс наннопланктона, представленный в основном эврибионтными видами, что характеризует сокращение водообмена чокракского палеобассейна с открыто-морскими водоемами. В чокракских отложениях Грузии отмечается повсеместный расцвет специфических наннофоссилий вида *Perfocalcinella fusiformis* [Минашвили, Ананиашивили, 2013].

Караганский регионарус. В караганских отложениях отмечаются редкие находки нескольких видов широкого стратиграфического диапазона, что свидетельствует о весьма затрудненной, пунктирной связи с морскими водоемами и крайне неблагоприятными условиями существования наннофлоры в караганское время.

Конкский регионарус. Возобновление широкой связи с морскими бассейнами в конкское время привело к развитию обильной и разнообразной ассоциации наннофлоры [Крашенинников и др., 2003]. В конкских отложениях установлены слои с *Reticulofenestra pseudumbilicus*, подразделяющиеся на три части [Golovina, 2019]. Эти подразделения по характеру развития наннофлоры отражают этапы развития конкского бассейна и наиболее полно прослеживаются в разрезе антиклинали Зеленского (Таманский п-ов) [Paleontology .., 2016; Palcu et. al., 2017]. Слои с *Reticulofenestra pseudumbilicus* также прослеживаются в конкских отложениях разрезов Предкавказья и Западном Казахстане [Golovina, 2019; Paleontology .., 2016]. По составу конкский комплекс наннопланктона сопоставляется с нерасчлененным комплексом зон NN6 *Discoaster exilis* – NN7 *Discoaster kugleri*, что позволяет коррелировать конкский регионарус с верхним бадением (косовием) и частью сerratваллия [Paleontology .., 2016; Palcu et. al., 2017].

Сарматский региоярус. Присутствие наннопланктона регистрируется только в нижнем сармате и низах среднего сармата, однако эти ассоциации существенно обеднены и почти не содержат стратиграфически важных видов, хотя отмечаются единичные находки таких видов: в нижнем сармате Керченского п-ова и Волыно-Подолии найден вид-индекс зоны NN7 *Discoaster kügleri*, в верхах нижнего и в среднем сармате юга Украины вид-индекс зоны NN9 *Catinaster calyculus* [Люльева, 2009], и в среднем сармате Грузии – *Catinaster cf. coalitus* [Минашвили, 1986]. Однако столь редкие, уникальные находки при общей обедненности сарматских ассоциаций наннофлоры не дают возможности их использования для биостратиграфии.

Мэотический региоярус. Мэотические комплексы наннопланктона отличаются «пестрым», неравномерным развитием по площади палеобассейна. В мэотических отложениях Крыма по данным ряда исследователей присутствует достаточно представительная ассоциация, таксономический состав которой позволяет коррелировать нижнюю часть багеровского подъяруса с зоной NN9 *Discoaster hamatus*, а верхнюю часть этого подъяруса и акманайский подъярус – с интервалом зоны NN10 *Discoaster neohamatus* (подзона *D. bellus*) [Семененко, Люльева, 1982; Семененко, 1987]. В тоже время, при исследовании нижне-мэотических отложений Таманского полуострова установлена лишь немногочисленная ассоциация эврибионтных видов широкого стратиграфического диапазона [Paleontology ..., 2016].

В верхах мэотических и в базальной части понтических отложений установлен биогоризонт *Braarudosphaera bigelowii*, который прослеживается во всех опорных разрезах Таманского полуострова. По редким находкам *Discoaster intercalaris* ассоциация биогоризонта сопоставляется с частью стратиграфического диапазона этого вида, который охватывает интервал зон CN9A – CN10A) шкалы Х.Окада и Д.Бакри [Okada, Bukry, 1980]. Установленный биогоризонт коррелируется с верхами тортона – низами мессиния на основании сопутствующих находок океанических видов-индексов диатомей [Radionova, Golovina, 2011; Paleontology ..., 2016; Golovina et al., 2019].

Понтический региоярус. Только в относительно глубоководных отложениях в базальной части понтического региояруса (опорный разрез Железный Рог, Таманский п-ов) прослеживается верхняя часть биогоризонта *Braarudosphaera bigelowii* [Radionova, Golovina, 2011; Radionova et al., 2012; Paleontology ..., 2016; Golovina et al., 2019]. С.А.Люлевой описано развитие специфических наннофоссилий *Isolithus semenenko* в понтических отложениях Таманского п-ова [Люльева, 1989].

Киммерийский региоярус. Данные о составе киммерийских комплексов наннопланктона к настоящему времени противоречивы. В киммерийских отложениях, вскрытых скважинами в Чегерчинской мульде Индольского прогиба (Керченский п-ов) и в разрезе Железный Рог (Таманский п-ов) на основании находок зональных маркеров (*Amaurolithus delicatus*, *Amaurolithus tricorniculatus*, *Ceratolithus acutus*, *Ceratolithus rugosus*) нижний киммерий (азовский горизонт) коррелируется с интервалом зоны NN11 *Discoaster quinquerramus*, средний и верхний киммерий сопоставляется с интервалом зон NN11- NN13 [Семененко, Люльева, 2006; Семененко 1987; Люльева 1989; 1993]. Наличие практически всех основных зональных маркеров позднего миоцена – плиоцена, наряду с обширным комплексом наннопланктона (общий список включает около 40 видов) предполагает условия открыто-морского бассейна в киммерийское время. Последующие исследования наннопланктона не подтвердили присутствие столь богатых и разнообразных комплексов наннопланктона в разрезах черноморских глубоководных скважин [Головина и др., 1987; Музылев, Головина, 1987; Golovina et al., 2019], хотя показали, что наннопланктон по разрезу скважин распространен гораздо шире, чем было установлено при первоначальном исследовании керна. Таким образом, к настоящему времени подтверждения находок зональных комплексов наннофоссилий в киммерии Эвксинского бассейна пока не получено. Вместе с тем в западных районах Восточного Паратетиса (Румыния) комплекс зоны NN12, с видами индексами *Ceratolithus acutus*, *Amaurolithus delicatus*, *A. tricorniculatus* установлен в верхнем понте и нижнем дакии [Snel et al., 2006]. Очевидно, что недостаточно высокая изученность киммерийского наннопланктона оставляет вопрос о характере его комплексов пока открытым.

Акчагыльский(=куяльнический) региоярус. В акчагыльских отложениях горизонт с монотипным видом *Braarudosphaera bigelowii* прослеживается во многих разрезах от Туркмении до Саратовского Заволжья. Этот горизонт можно считать региональным событийным

репером, знаменующим максимум акчагыльской трансгрессии [Головина и др., 1989; Мусатов, 1990]. В акчагыльских отложениях разреза Порсайман (Туркмения) слои с развитием *Braarudosphaera bigelowii* имеют обратную полярность и залегают несколько выше границы зон Гаусс – Матуяма [Головина и др., 1989]. В калмыцких разрезах слои с монотиповым наннопланктоном приурочены к верхней части урдинской свиты, которая в региональной палеомагнитной шкале располагается вблизи границы ортозон Гаусс – Матуяма [Староверов, Жидовинов, 2002] соответствует границе пьаченция-гелазия и отвечает ныне принятой границе неогена и квартера, располагаясь внутри акчагыльского регионаруса.

Таким образом, своеобразие обедненных ассоциаций наннопланктона и кратковременность их развития не дают возможности для разработки полноценной зональной шкалы по наннопланктону для миоцена Восточного Паратетиса, так как относительно богатые и разнообразные комплексы фиксируются лишь на отдельных горизонтах и порой лишены индекс-видов или стратиграфически важных маркеров. Все это не позволяет установить полную последовательность зон и соблюсти принцип их смыкаемости. В то же время, уровни с наннопланктоном являются индикатором периодов морских коммуникаций между эпиконтинентальными морями и Мировым океаном, следовательно, в комплексе с магнито-хроностратиграфическими исследованиями служат надежной опорой для корреляции со стратонами Центрального Паратетиса, Средиземноморья и Международной стратиграфической шкалы, а также как инструмент для палеоэкологических и палеогеографических реконструкций.

Работа выполнена в рамках государственного задания ГИН РАН (г. Москва), микропалеонтологические исследования поддержаны грантом РФФ 22-17-00047.

Литература:

Андреева-Григорович А.С. Зональное деление неогеновых отложений Центрального и Восточного Паратетиса по наннопланктону // Матер. 11 Конгр. КБГА. Киев: Наукова Думка, 1977. С. 6–7.

Андреева-Григорович А.С. Нижняя граница среднего миоцена Паратетиса: современное положение по планктонным микроорганизмам, и корреляция // Геол. журн. 2005. № 2. С. 23–34.

Андреева-Григорович А.С., Грузман А.Д. Биостратиграфическое обоснование границы палеогена и неогена в Центральном и Восточном Паратетисе // Палеонтол. сб. 1989. № 6. С. 91–95.

Белуженко Е.В., Филиппова Н.Ю., Головина Л.А. Алкунская свита и граница палеогена – неогена на Северном Кавказе и в Предкавказье // Тр. НИИГеол. Воронежского ГУ. Вып. 102. Воронеж: ВГУ, 2018. 102 с.

Головина Л.А., Музылев Н.Г., Трубихин В.М. Наннопланктон и палеомагнитная стратиграфия неогеновых отложений Туркмении и Азербайджана // Вопр. микропалеонтол. 1989. Вып. 30. С. 79–89.

Головина Л.А., Музылев Н.Г., Ушакова М.Г. Наннопланктон и варианты стратиграфической интерпретации разреза скважины 380/380—А в Черном море // Бюлл. Комиссии по изучению четверт. периода. М.: Наука, 1987. С. 36–44.

Дидковский В.Я., Люльева С.А., Люльев Ю.Б. Микрофауна и кокколитофориды глинистой толщи нижнего сармата юго-востока УССР // Геол. журн. 1968. Т. 28. № 6. С. 76–89.

Дидковский В.Я., Присяжнюк В.А., Люльева С.А., Люльев Ю.Б. Сарматские отложения Могилевского Приднестровья // Геол. журн. 1981. Т. 41. № 4. С. 107–113.

Крашенинников В.А., Басов И.А., Головина Л.А. Восточный Паратетис: тарханский и конкский регионарусы. М. Научный мир. (2003). 193 с.

Люльева С.А. Новые миоценовые и плиоценовые известковые наннофоссилии юга Украины // Докл. АН УССР. Сер. Б. Геол., хим. и биол. н. 1989. № 1. С. 10–14.

Люльева С.А. Цератолиты верхнего миоцена - нижнего плиоцена Украины и Западного Закавказья // Палеонтол. сб. Киев. 1990. № 27. С. 96–103.

Люльева С.А. Новые представители известкового наннопланктона в сармате южных районов Украины // Докл. АН УССР. Сер. Б. 1990а. № 3. С. 5–8.

Люльева С.А. Эволюция цератолитов (наннопланктон) и проблемы биостратиграфии и биохронологии миоцена-плиоцена // Сб. Филогенетические аспекты палеонтол. СПб.: Наука. 1993. С. 41–49.

- Люльева С.А.* Известковый наннопланктон сарматских отложений Украины // Сб. научн. тр. ИГН НАН Украины. Киев, 2009. С. 322–330.
- Минашвили Ц.Д.* Наннопланктонный комплекс из тарханских отложений Западной Грузии // Сообщ. АН ГрузССР. Геол. 1981. Т. 103. №2. С. 357–360.
- Минашвили Ц.Д.* Наннопланктонные комплексы сарматского регнояруса Западной Грузии // Сообщ. АН ГрузССР. Геол. 1983. Т. 3. N 2. С. 333–340.
- Минашвили Ц.Д.* Биостратиграфия миоценовых отложений Западной Грузии по известковому наннопланктону. Дисс. канд. геол.-мин. наук. Тбилиси: Геол. ин-т АН ГрузССР. 1986. 207 с.
- Минашвили Ц.Д., Ананиашвили Г.Д.* К биостратиграфии тархан-чокракских отложений Крымско-Кавказской области // НАН України. 2013. Т. 6. С. 152–159.
- Музылев Н.Г., Головина Л.А.* Связь Восточного Паратетиса и Мирового океана в раннем - среднем миоцене // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1987. № 2. С. 62–74.
- Мусатов В.А.* Слои с *Braarudosphaera bigelowii* в верхнем акчагыле Калмыкии // Тез. докл. 11 Всесоюзн. микропалеонтол. совещ. М., 1990. С. 88–89.
- Попов С.В., Головина Л.А., Гончарова И.А.* Миоценовые отложения, моллюски и наннопланктон Восточного Паратетиса в Северном Иране // Стратиграфические и палеогеографические проблемы неогена и квартера России. М.: ГЕОС, 2015. С. 34–38.
- Семененко В.Н.* Стратиграфическая корреляция верхнего миоцена и плиоцена Восточного Паратетиса и Тетиса. Киев: Наукова думка, 1987. 230 с.
- Семененко В.Н., Андреева-Григорович А.С., Маслун Н.В., Люльева С.А.* Прямая корреляция неогена Восточного Паратетиса с Международной океанической шкалой по планктонным микрофоссилиям // Геол. журн. 2009. № 4. С. 9–27.
- Семененко В.Н., Люльева С.А.* Проблемы прямой корреляции верхнего миоцена и плиоцена Восточного Паратетиса и Тетиса // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1982. № 9. С. 61–70.
- Семененко В.Н., Люльева С.А.* Глобальный маркер границы миоцена-плиоцена *Ceratolithus acutus* (наннопланктон) в Черноморском бассейне // Геол. журн. 2006. № 2—3. С. 150—159.
- Староверов В.Н., Жидовинов Н.Я.* Использование геологических событийных уровней в стратиграфии и при корреляции (на примере акчагыльских отложений Восточного Паратетиса) // Вестн. Воронеж. ун-та. Геол. 2002. № 2. С. 20–27.
- Andreyeva-Grigorovich A.S., Savytskaya N.A.* Nannoplankton of the Tarkhanian deposits of the Kerch Peninsula (Crimea) // Geol. Carpathica. 2000. V. 51. N. 6. P. 399–406.
- Golovina L.* Biostratigraphic subdivisions by nannoplankton in the reference sections of the Taman trough and Ciscaucasia // Paleontol. J. 2019. V. 53. N 9. P. 20–26.
- Golovina L.A., Radionova E.P., Van Baak C.G.C., Krijgsman W., Palcu D.* A late Maeotian age (6.7- 6.3 Ma) for the enigmatic “Pebbly Breccia” unit in DSDP Hole 380A of the Black Sea // Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol. 2019. V. 533. P.109269.
- Martini E.* Standard Tertiary and Quaternary calcareous nannoplankton zonation // Proc. 2 Planktonic Conf., Roma, 1970-1971. P. 739–785.
- Okada H., Bukry D.* Supplementary modification and introduction of code numbers to the low-latitude coccolith biostratigraphic zonation (Bukry, 1973, 1975) // Marine Micropaleontol. 1980. V. 5. P. 321–325.
- Palcu D., Golovina L.A., Vernyhorova Y.V., Popov S.V., Krijgsman W.* Middle Miocene paleoenvironmental crises in Central Europe caused by changes in Paratethys gateway configuration // Glob. Planet. Chang. 2017. V. 158. P. 57–71.
- Paleontology and stratigraphy of the Middle – Upper Miocene of the Taman Peninsula. Pt. 1. Description of key-sections and benthic fossil groups // Paleontol. Journ. 2016. V. 50. №10. P. 1039–1206.*
- Radionova E.P., Golovina L.A.* Upper Maeotian-Lower Pontian “Transitional Strata” in the Taman Peninsula: Stratigraphic position and paleogeographic interpretations // Geol. Carpathica. 2011. V. 62. N 1. P. 77–90.
- Radionova E.P., Golovina L.A., Filippova N.Yu., Trubikhin V.M., Popov S.V., Goncharova I.A., Vernigorova Yu.V., Pinchuk T.N.* Middle-Upper Miocene stratigraphy of the Taman Peninsula, Eastern Paratethys // Central Europ. J. Geosci. 2012. V. 4, № 1. P. 188–204.

Snel E., Marunteanu M., Meulenkamp J.E. Calcareous nannofossil biostratigraphy, magnetostratigraphy of the Upper Miocene and Lower Pliocene of the Northern Aegean, Greece // *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 2006. V. 238. P. 125–150.



**ПАЛИНОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАННЕПЕРМСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ
ВАЛА СОРОКИНА (ТИМАНО-ПЕЧОРСКАЯ НЕФТЕГАЗОНОСНАЯ ПРОВИНЦИЯ)**

А.В. Данилова¹, О.В. Кочубей²

¹ФГБУ «ВНИИОкеангеология», Санкт-Петербург, andanilova@gmail.com

²СПФ ФГБУ «ВНИГНИ», Санкт-Петербург, slavyanskok@yandex.ru

**PALYNOLOGIC CHARACTERISTIC OF THE DEPOSITS OF THE EARLY PERMIAN
STAGES, SOROKIN ARCH (TIMAN-PECHORA PETROLEUM PROVINCE)**

A.V. Danilova¹, O.V. Kochubey²

¹FSBI «VNIIOkeangeologia», Saint-Petersburg

²SPF FSBI «VNIGNI», Saint-Petersburg

Вал Сорокина представляет собой структуру второго порядка, выделяемую в Варандей-Адзвинской структурной зоне севера Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции. Нефтеносность установлена в северной части вала на Наульском и Лабаганском месторождениях. К работам по разведке и бурению этих месторождений приступили еще в семидесятых-восьмидесятых годах прошлого века. Но связи с началом их промышленной эксплуатации, с 2015 года на участках были выполнены новые литологические, стратиграфические исследования, проведены сейсморазведочные работы методом 3D, пробурены дополнительные разведочные скважины [Грунис и др., 2017; Рябинкина и др. 2018]. Установлено, что промышленно нефтеносными являются пласты, приуроченные к нижне- и верхнедевонским, нижнекаменноугольным, пермским и триасовым отложениям [Грунис и др., 2017; Маракова, 2018]. Изучение эксплуатируемых месторождений, в том числе, проведение палеонтолого-стратиграфических исследований, обеспечивающих детальное расчленение разрезов и обоснованную корреляцию нефтеносных толщ на площади, весьма актуально для подсчета запасов и выявления новых залежей и месторождений в Арктическом секторе России.

В работе авторами впервые приведены результаты палинологического изучения нижнепермских терригенных отложений кунгурского и уфимского возраста, вскрытых на Наульском и Лабаганском месторождениях (скв. Наульская - 20 образцов, скв. Лабаганская - 25 образцов).

Кунгурские отложения Лабаганского и Наульского месторождений согласно залегают на карбонатных породах артинского яруса и представлены прибрежно-морскими терригенными осадками. Разрез состоит из переслаивания мелко и среднезернистых алевролитов серых и темно-серых на глинистом цементе, содержащих черный углистый материал по наслоению, тонкоотмученных плотных аргиллитов и аргиллитоподобных глин. Характерны прослойки разнозернистых нефтенасыщенных полимиктовых песчаников с включениями мелкой гальки кремния и глин. Как правило, песчаники характеризуются хорошей отсортированностью. Седиментологи отмечают, что песчаные прослойки Наульского и Лабаганского месторождений сформировались в процессе осадконакопления за счет сноса обломочного материала по рекам со стороны Урала [Грунис и др., 2017].

При детальном изучении пород кунгурского века из разрезов скважин Наульская и Лабаганская установлены остатки брахиопод и двустворчатых моллюсков плохой сохранности. Е.В. Сокиран определены кунгурские брахиоподы *Svalbardia?* sp., *Lissochonetes* sp., *Yakovlevia tamatiformis* (Frederiks, 1926), *Waagenoconcha* aff. *irginae* (Suckenberg, 1898), *Neochonetes* sp., *Rhynchonellida* sp., а также двустворчатые моллюски *Atomodesma?* sp., *Astartella* sp., *Aviculopectinidae?* sp., характерные для нижнепермских отложений [Бархатова, 1970].

Из пород кунгурского возраста в скважине Наульская выделен палинокомплекс, характеризующийся преобладанием пыльцы над спорами (Рис. 1). В пыльцевой части доминируют одномешковые типа кордаитовых (*Cordaitina* spp., *Cordaitina rotata* (Lub.) Medved., меньше - *Cordaitina uralensis* (Lub.) Samoil.), субдоминантом выступает пыльца *Florinites luberae* Samoil. Многочисленна двухмешковая неребристая пыльца (*Pinuspollenites* sp., *Platysaccus* sp.), а также однобороздные *Cycadopites* sp. и cf. *Entylissa* sp. Заметно содержание *Ventralvittatina vittifera* (Lub.) Koloda и *Vittatina subsaccata* Samoil. Постоянно присутствует пыльца неопределенной систематической принадлежности *Azonialetes* spp. Немногочисленные споры представлены в основном *Cyclogranisporites* spp., *Leiotriletes* spp., *Granulatisporites* spp.,

Система	Отдел	Ярус	Краткая характеристика пород	Характерные палинокомплексы
ПЕРМСКАЯ	Приуральский	Уфимский	Глины аргиллитоподобные с включениями обугленного растительного детрита, сидерита. Алевролиты крупнозернистые, слоистые за счет обугленного детрита. Песчаники серые, темно-серые, среднезернистые, полимиктовые, слюдистые. Мощность 20-142 м.	Д.: <i>Cordaitina</i> spp., <i>Cordaitina uralensis</i> (Lub.) Samoil., <i>Florinites luberae</i> Samoil., <i>Piceapollenites</i> spp. СД.: <i>Cyclogranisporites</i> spp., <i>Cordaitina rotata</i> (Lub.) Medved., <i>Entylissa</i> spp., <i>Pinuspollenites</i> spp., <i>Protohaploxylinus</i> spp., <i>Striatoabietites</i> spp., <i>Ventralvittatina vittifera</i> (Lub.) Koloda, <i>Calamospora brunneola</i> Virb., <i>Acanthotriletes</i> spp., <i>Cycadopites</i> sp., <i>Cladaitina</i> sp. НМ.: <i>Raistrickia</i> spp., <i>Granulatisporites</i> spp., <i>Remysporites psilopterus</i> Lub., <i>Apiculatisporites</i> spp., <i>Kraeuselisporites</i> spp., <i>Crucisaccites ornatus</i> Samoil., <i>Vittatina subsaccata</i> Samoil., <i>Cladaitina</i> sp., <i>Vesicaspora</i> sp., <i>Leiotriletes</i> sp., <i>Deltoidospora subtriangularis</i> (Lub.) Hart
		Кунгурский	Аргиллиты с прослоями песчаников, алевролитов и глин. Песчаники серые, бурые, зеленовато-серые, разномзернистые с растительными остатками, нефтепасыщенные. Алевролиты серые, плотные, слоистые, трещиноватые. Аргиллиты темно-серые до черных, слоистые с прослоями алевролитов, тонкозернистые. Глины аргиллитоподобные неравномерно известковистые, плотные, слоистые. Мощность 140-233 м.	Д.: <i>Cordaitina</i> spp., <i>Cordaitina rotata</i> (Lub.) Medved., <i>Cordaitina uralensis</i> (Lub.) Samoil. СД.: <i>Florinites luberae</i> Samoil., <i>Pinuspollenites</i> spp., <i>Cladaitina</i> sp., <i>Platysaccus</i> spp., <i>Cycadopites</i> sp., cf. <i>Entylissa</i> sp., <i>Ventralvittatina vittifera</i> (Lub.) Koloda, <i>Vittatina subsaccata</i> Samoil., <i>Cyclogranisporites</i> spp., <i>Cyclobaculisporites</i> spp., <i>Leiotriletes</i> spp., <i>Neoraistrickia</i> spp. НМ.: <i>Raistrickia</i> spp., <i>Granulatisporites</i> spp., <i>Remysporites psilopterus</i> Lub., <i>Apiculatisporites</i> spp., <i>Verrusosisporites</i> spp., <i>Protohaploxylinus</i> spp., <i>Luberisaccites subrotatus</i> (Lub.) Dib., <i>Luberisaccites</i> sp., <i>Crucisaccites ornatus</i> Samoil., <i>Cycadopites</i> spp.

Д - доминант; СД - субдоминант; НМ - немногочисленный

Рис. 1. Палинологическая характеристика кунгурских и уфимских отложений, вскрытых скважинами на Лабаганском и Наульском месторождениях

Neoraistrickia spp., *Acanthotriletes* spp., *Remysporites psilopterus* Lub., *Raistrickia* spp., *Calamospora* spp. и др. Кунгурские отложения, вскрытые скважиной на Лабаганском месторождении, характеризуются практически полным отсутствием палиноморф. В изученном интервале разреза был выявлен только один спектр, который, несмотря на однообразный таксономический состав миоспор и их плохую сохранность, имеет много общих черт с описанными выше спектрами кунгурского палинокомплекса из скважины Наульская.

По характерному таксономическому составу изученные из кунгурских отложений Наульского и Лабаганского месторождений палинокомплекс и палиноспектр (соответственно) хорошо сопоставляются со спорово-пыльцевыми комплексами нижнекачгортской подсвиты юга гряды Сорокина, выделенными в скв. 261-Подверью и скв. 257-Хоседаю [Енцова и др., 1981]. По доминированию кордаитовых, большому содержанию пыльцы *Florinites luberae* Samoil., спор *Cyclogranisporites* spp., *Leiotriletes* spp., *Granulatisporites* spp., *Neoraistrickia* spp., постоянному присутствию *Luberisaccites* spp., *Crucisaccites ornatus* Samoil., *Remysporites* spp., *Kraeuselisporites* spp., *Ventralvittatina vittifera* (Lub.) Koloda выделенные нами комплекс и спектр можно сопоставить со вторым спорово-пыльцевым комплексом, описанным Н.А. Колода из средней части кожимской свиты р. Кожим [Биота..., 1998]. Также, близкие по составу миоспоровые комплексы обнаружены в нижней части адзвинской свиты р. Адзвья [Угленосная формация..., 1990], в лёвкуртской свите Печорского угольного бассейна (Воргашорское месторождение,

комплекс СПКП) [Белозерцева и др., 1970; Варюхина, Кузькокова, 1984]. В опорных и стратотипических разрезах кунгурского яруса наиболее схожим по таксономическому составу палинокомплексом, по-видимому, является комплекс елkinской пачки (коррелятивным признаком служит повышенное разнообразие и количество спор родов *Cyclogranisporites*, *Neoraistrickia*, *Raistrickia*) [Дюпина, 1984]. По доминированию разнообразной пыльцы кордаитовых, большому содержанию спор с шиповатой экзиной, пликатной пыльцы установленные нами комплекс и спектр хорошо сопоставляются с комплексами нижнекожевниковской свиты Нордвикского района Сибири, соколинской свиты п-ва Таймыр [Дибнер, 1960; Дибнер, 1976], усятской свиты Кузбасса [Бетехтина и др., 1988].

Уфимские отложения на исследуемой территории представляют собой чередование терригенных пород континентальных, лагунно-морских и лагунных пресноводных фаций [Валяева и др., 2020]. В разрезе преобладают глины аргиллитоподобные с включениями обугленного растительного детрита, сидерита, алевролиты крупнозернистые, слоистые, песчаники серые, темно-серые, мелко-среднезернистые, полимиктовые, слюдистые. Встречаются прослои углей с отпечатками растений. Редко наблюдаются небольшие прослои известняка светло-серого, массивного, плотного [Валяева и др., 2020].

В уфимских отложениях установлены два палинокомплекса (Рис. 1). Первый описан из пород, вскрытых скважиной на Наульском месторождении. В его спектрах отмечается доминирование пыльцы кордаитовых, причем снижается участие в составе вида *Cordaitina rotata* (Lub.) Medved. и увеличивается процент *Cordaitina uralensis* (Lub.) Samoil. Велико содержание пыльцы *Florinites luberae* Samoil., *Platysaccus* spp., *Pinuspollenites* spp. Ребристая виттатиноподобная пыльца практически уходит из спектров: присутствует в небольшом количестве и не разнообразна по составу родов и видов. Для палинокомплекса характерно обилие и многообразие спор. Постоянно и в заметном количестве присутствуют мелкогранулированные и шиповатые *Granulatisporites* spp., *Cyclogranisporites* spp., *Acanthotriletes* spp., *Cyclobaculisporites* spp. и др. Заметно увеличивается содержание гладких округлых спор (*Leiotriletes* spp. и *Calamospora* spp.), а также *Raistrickia* spp., *Neoraistrickia* spp. Присутствуют немногочисленные акритархи. Следует отметить наличие в данном комплексе спектра, в котором доминируют различные споры. Как отмечают палинологи, эпизодическое появление споронасыщенных спектров является одним из коррелятивных признаков уфимских палинокомплексов Предуральяского краевого прогиба и Печорской синеклизы [Варюхина и др. 1981, Биота..., 1998 и др.].

Наиболее схожие по составу комплексы с большим количеством разнообразных спор, кордаитовых, минимальным содержанием ребристой пыльцы и виттатин известны из верхнеадзъвинской подсвиты северной части гряды Чернышева (разрез на р. Адзъва) [Угленосная формация..., 1990], из леворкутской свиты разреза р. Воркута [Молин и др., 1983]. В разрезе на р. Кожим возрастным аналогом описанного нами палинокомплекса, вероятно, является второй спорово-пыльцевой комплекс кожмрудницкой свиты, характеризующийся схожим содержанием и разнообразием спор, но преобладанием в пыльцевой части стриатной пыльцы [Биота..., 1998]. Похожие палинокомплексы с преобладанием спор установлены в уфимских отложениях (вторая половина верхнекачгортской подсвиты) Печорской синеклизы в разрезах скв. 1-Нарьян-Мар, скв. 116-Ярейю, скв. 257-Хоседаю, скв. 261-Подверью [Варюхина и др., 1981, Енцова и др., 1981].

Второй уфимский палинокомплекс прослежен в породах обеих изученных скважинах. В комплексе доминирует пыльца, но, следует отметить, что содержание спор достаточно велико. В пыльцевой части комплекса преобладает одномешковая представители рода *Cordaitina* (*Cordaitina* spp., *C. uralensis* Samoil., *C. ornata* Samoil. - в небольшом количестве), *Florinites luberae* Samoil., *Piceapollenites* spp. Заметно содержание в спектрах *Cycadopites* spp., *Entylissa* sp., *Platysaccus* sp., *Cladaitina* sp., *Pinuspollenites* spp. По сравнению с вышеописанным комплексом здесь возрастает процент и разнообразие стриатной и виттатиноподобной пыльцы. Присутствуют в небольшом количестве, но являются постоянными компонентами спектров *Vesicaspora* sp., *Crucisaccites ornatus* (Samoil.) Dibner, *Hamiapollenites bullaeformis* (Samoil.), *Bascanisporites* sp., *Samoilovitchisaccites* sp.

Таксономический состав спор разнообразный, среди них доминируют формы с мелкогранулированной, тонкошипчатой и шагреневоо скульптурой экзины - *Cyclogranisporites*

sp., *C. osmundae* (Samoil.), *Lophotriletes parryensis* Utting, *Apiculatisporis* sp., *Acanthotriletes* sp., *Cyclobaculatisporites* sp., cf. *Spinosisporites* sp., *Raistrickia* sp., *Neoraistrickia* sp., *Punctatisporites* sp. Формы с периспорием представлены в первую очередь *Remysporites psilopterus* Lubert, *R. mirabilis* Lubert, *Krauselisporites* sp., *Kr. papulatus* Virbitskas, *Densoisporites* sp., *Cirratriradites* sp. По сравнению с вышеописанными комплексами увеличивается роль гладких спор - *Calamospora brunneola* Virb., *Leiotriletes* sp. и *Deltoidospora subtriangularis* (Lubert) Hart.

Большое содержание спор с мелкогранулированной и тонкошиповатой скульптурой, доминирование в спектрах кордаитовых и *Florinites luberae* Samoil, большое количество однобороздной пыльцы *Cusadopites* и *Etylissa*, виттатин и ребристых хвойных характерно для спорово-пыльцевых комплексов, установленных в екушанской свите скв. 257-Хоседаю [Енцова и др., 1981], в интинской свите в разрезе на р. Адзъва [Варюхина, Чалышев, 1971, Угленосная формация..., 1990], в верхней части кожмрудницкой свиты в разрезе на р. Кожим (четвертый спорово-пыльцевой комплекс у Н.А. Колода) [Биота..., 1998]. Также по таксономическому составу и основным доминирующим группам выделенный комплекс хорошо сопоставляется с третьим миоспоровым комплексом, прослеженным в уфимских отложениях Печорской синеклизы (скв. 116-Ярейю, 152-Василково) [Варюхина и др., 1981] и палинокомплексами из лекворкутской свиты разреза р. Воркута [Молин и др., 1983].

Отличительной чертой всех установленных в кунгурских и уфимских отложениях скважин Наульского и Лабаганского месторождений палинокомплексов является постоянное присутствие в спектрах переотложенных девонских и каменноугольных спор (*Triquitrites* sp., *Cyclobaculispores* sp., cf. *Geminospore* sp., *Monilospore variomarginata* (Playf.) Byvsch., *Knoxisporites literatus* (Waltz) Playf., *Murospore aurita* (Waltz) Playf., *Vallatisporites variabilis* (Waltz) Oshurk., *Lophozonotriletes* spp., *Lycospore* cf. *subtriquetra* (Lub.) Pot. et Kr. и др.). Эту особенность, характерную для нижнепермских пород Варандей-Адзъвинской структурной зоны, Л.Л. Багдасарян объясняет возможной вертикальной миграцией палиноморф вместе с флюидами и водами из нижележащих (девонских, каменноугольных) отложений [Багдасарян, 1989].

Таким образом, в настоящей работе впервые представлены результаты палинологического исследования терригенных нижнепермских отложений северной части вала Сорокина. Изученные породы характеризуются разной степенью насыщенности палиноморфами, как правило, неудовлетворительной и удовлетворительной сохранности. В целом, таксономический состав описанных палинокомплексов схож, границы комплексов выделялись, в первую очередь, по смене доминирующих и субдоминирующих видов пыльцы и спор, что свидетельствует о постепенном изменении палинофлоры на рубеже кунгурского и уфимского веков в пределах изучаемой территории. Сравнивая таксономический состав выделенных палинокомплексов с известными комплексами Северного Приуралья и Печорской плиты, можно проследить их заметные отличия. Для разрезов северо-восточной части Тимано-Печорской провинции, в направлении с юго-запада на северо-восток, в составах раннепермских спектров прослеживается сокращение участия ребристой пыльцы – инфатурм *Striatiti* и *Costati*, на фоне доминирования одно- и двухмешковых нерребристых форм, что характерно для палинокомплексов Ангарской фитогеографической области [Дибнер, 1976; Бетехтина и др., 1988]. Это обусловлено распространением последней в пределах всего севера Предуральяского прогиба в пермском периоде, что подтверждается находками макроостатков растений [Варюхина и др., 1975].

Литература:

Багдасарян Л.Л. Геологическая интерпретация результатов палинологического изучения нефтей и пластовых вод Тимано-Печорской провинции // Фитостратиграфия и морфология спор древних растений нефтегазоносных провинций СССР. Сб. научн. трудов. Л., 1989. С. 81–91.

Бархатова В.П. Биостратиграфия карбона и нижней перми Северного Тимана. Л.: Недра, 1970. 227 с. (Тр. ВНИГРИ. Вып. 283)

Белозерцева М.Д., Вирбицкас А.Б., Дунаева В.С. Спорово-пыльцевые комплексы пермских и триасовых отложений Воргашорского и Тальбейского месторождений Печорского угольного бассейна / Материалы по геологии и полезным ископаемым северо-востока европейской части СССР. Сыктывкар, 1970. С. 154–169.

Бетехтина О.А., Горелова С.Г., Дрягина Л.Л., Данилов В.И., Батяева С.П., Токарева П.А. Верхний палеозой Ангариды. Фауна и флора. Новосибирск: Наука, 1988. 265 с.

Варюхина Л.М., Колода Н.А., Молин В.А., Фефилова Л.А., Чальшиев В.И. Биогеографическое районирование Европейского севера СССР (пермь и триас). Л.: Изд-во «Наука», 1975. 308 с.

Биота Востока Европейской России на рубеже ранней и поздней перми / Материалы к Международному симпозиуму «Верхнепермские стратотипы Поволжья». М.: ГЕОС, 1998. 356 с.

Валяева О.В., Рябинкина Н.Н., Бушнев Д.А. Углеводороды-биомаркеры нефтей Лабаганского месторождения Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции // Георесурсы. 2020. Т. 22. №1. С. 46–54.

Варюхина Л.М., Кузькокова Н.Н. К биостратиграфической характеристике кунгурских отложений Печорской синеклизы // Палеозой севера Урала и Печорской синеклизы. Сыктывкар, 1984. С. 46–58. (Тр. Ин-та геологии. Вып. 49)

Варюхина Л.М., Чальшиев В.И. Пермские и триасовые флористические комплексы северо-востока европейской части СССР // Геология северо-востока европейской части СССР и севера Урала. Сыктывкар, 1971. С. 74–87. (Тр. Ин-та геологии. Вып. 14)

Грунис Е.Б., Маракова И.А., Ростовщиков В.Б. Новый подход к поиску залежей углеводородов в терригенных пермских отложениях северо-восточной части Тимано-Печорской провинции // Геология нефти и газа. 2018. №5. С. 75–86.

Грунис Е.Б., Маракова И.А., Ростовщиков В.Б. Особенности строения, условий формирования пермского терригенного комплекса, этапы образования неантиклинальных ловушек в северо-восточной части Тимано-Печорской провинции // Геология нефти и газа. 2017. Вып. 1. С. 13–25.

Дибнер А.Ф. Палинозоны верхнего палеозоя Западной Ангариды // Палинология в СССР. М.: Наука, 1976. С. 66–69.

Дибнер А.Ф. Спорово-пыльцевые комплексы верхнепалеозойских отложений севера Сибирской платформы и их стратиграфическое значение // Дочетвертичная микропалеонтология М.: Госгеолтехиздат, 1960. С. 205–210.

Дюпина Г.В. Корреляция кунгурских отложений Среднего Приуралья по палинологическим данным. Свердловск: Ин-т геологии и геохимии, 1984. 58 с.

Енцова Ф.И., Тельнова В.Д., Домбровская Х.Р., Варюхина Л.М. Пермские отложения вала Сорокина (восток Печорской синеклизы) // Стратиграфия палеозоя северо-востока Европейской части СССР. Сыктывкар, 1981. С. 68–80. (Тр. Ин-та геологии Коми Филиала АН СССР. Вып. 37)

Варюхина Л.М., Канев Г.П., Колода Н.А., Молин В.А., Фефилова Л.А. Корреляция разнофациальных разрезов верхней перми севера европейской части СССР. Л.: «Наука», 1981. 160 с.

Маракова И.А. Условия формирования и закономерности размещения нефтегазоперспективных ловушек в терригенных отложениях пермского возраста в северо-восточной части Тимано-Печорской провинции / Дис. на соиск. уч. степени канд. геол.-мин. наук. М. 2018. 189 с.

Молин В.А., Вирбицкас А.Б., Варюхина Л.М., Калашиников Н.В., Пухонто С.К., Фефилова Л.А., Гуськов В.А., Канев Г.П. Палеонтологический атлас пермских отложений Печорского угольного бассейна. Л.: «Наука» Ленинградское отделение, 1983. 325 с.

Рябинкина Н.Н., Валяева О.В. Геология и геохимия нефтей Лабаганского нефтяного месторождения (Тимано-Печорская провинция). // Нефтегазовая геология: теория и практика. - 2018. Том 13 (№ 4). - URL: http://www.ngtp.ru/rub/2018/36_2018.html.

Самойлович С.Р. Пыльца и споры из пермских отложений Чердынского и Актюбинского Приуралья / в кн. Палеоботанический сборник. Л.–М., 1953. С. 5–91.

Угленосная формация Печорского бассейна / Под ред. В.В. Дедеева. Л.: Наука, 1990. 176 с.

**К ВОПРОСУ О ПРОИСХОЖДЕНИИ ХВОЙНЫХ ЛЕСОВ КАМЧАТКИ****В.Г. Дирксен¹, О.В. Дирксен¹, М.П. Вяткина²**¹*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский, dirksenvg@kscnet.ru, dirksen@kscnet.ru*²*Камчатский филиал Тихоокеанского института географии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский, mp.vyatkina@mail.ru***ON THE QUESTION OF THE ORIGIN OF CONIFEROUS FORESTS IN KAMCHATKA****V.G. Dirksen¹, O.V. Dirksen¹, M.P. Vyatkina²**¹*Institute of Volcanology and Seismology FEB RAS, Petropavlovsk-Kamchatsky*²*Kamchatka Branch of Pacific Institute of Geography FEB RAS, Petropavlovsk-Kamchatsky*

Анклав хвойных лесов площадью около 1 млн га в центре полуострова Камчатка известен с начала прошлого века; тогда же он получил название "Хвойный остров" [Дитмар, 1901]. Анклав расположен в Центральной Камчатской депрессии (ЦКД) и на склонах окружающих ее горных хребтов Восточной вулканической зоны и Срединного хребта. Горное обрамление депрессии выступает в качестве орографических барьеров на путях перемещения воздушных масс, что обеспечивает наличие здесь наиболее теплых, сухих и континентальных климатических условий на Камчатке. Зональная растительность полуострова представлена сообществами океанического типа. Наибольшее распространение имеют каменноберезовые леса, стланиковые кустарники и тундры; они формируют горизонтальную структуру растительного покрова на равнинах и высотную поясность в горах. Лесообразующими хвойными породами анклава являются лиственница Каяндера (*Larix cajanderi*) и ель аянская (*Picea ajanensis*). Эти виды известны на Камчатке с плиоцена [Скиба, 1975]. Еще один вид, пихта грациозная (*Abies gracilis*), образует единственную рощу на Тихоокеанском побережье площадью около 20 га. Ближайшие хвойные леса Северной Пацифики находятся на удалении более 1500 км.

Несмотря на длительную историю изучения хвойных лесов Камчатки, вопрос об их происхождении до сих пор остается открытым. Еще в начале XX века исследователи Камчатки предположили, что феномен "Хвойного острова" может быть связан с рефугиумами [Комаров, 1940], длительно существующими центрами сохранения и распространения видов. Наличие таких центров на Камчатке может быть связано с остатками Берингийского моста суши, существовавшего здесь в плейстоцене. Однако конкретные их местоположения оставались неизвестными. Скорее всего, рефугиумов на Камчатке было несколько, о чем свидетельствует своеобразная пространственная структура хвойных популяций: разорванный ареал ели образует несколько "островов" внутри более обширного ареала лиственницы. В результате изучения таких еловых "островов" в ЦКД, нам удалось установить вероятное местоположение двух рефугиумов. Одним из них был потухший щитовой вулкан Николка, который сформировался в начале плейстоцена и никогда не покрывался плейстоценовыми оледенениями [Barr, Solomina, 2015] из-за своего обособленного географического положения внутри ЦКД. Второй крупный центр (или несколько более мелких) располагался в низовьях нескольких рек, сбегаящих с восточного макросклона Срединного хребта, между долинами рек Малая Кимитина и Нижний Сокорец [Вяткина и др., 2017]. Наиболее вероятными местоположениями можно считать выпуклые междуречья, примыкающие к тыловому шву макросклона, незатронутые деятельностью плейстоценовых долинных ледников и мощных конусов выноса. С этими двумя древними центрами связаны обнаруженные нами местообитания коренных ельников, для которых характерны ненарушенный состав и естественная динамика, обилие редких и реликтовых видов. Присутствие среди сохранившихся реликтов такой уязвимой и требовательной к условиям среды категории видов, как эпифитные лишайники, предполагает сохранность в рефугиумах не просто популяций хвойных пород, а значительных по протяженности фрагментов первичных хвойно-лесных экосистем, длительно существующих в ненарушенном состоянии. Среди таких реликтов - редчайший эпифитный лишайник *Erioderma pedicellatum*, связанный строго с первичными темнохвойными лесами субокеанического типа, имеющими длительную и непрерывную историю развития [Tagirdzhanova et al., 2019]. Результаты генетического исследования этого вида из четырех местообитаний, известных сегодня в мире, позволяют утверждать, что два из них, на Аляске и Камчатке, выступали как первичные центры расселения вида в Северном полушарии

вслед за постгляциальным распространением темнохвойной тайги [Cornejo et al., 2016]. Оба этих центра, очевидно, связаны с Берингийским мостом суши.

Имеющиеся палеоботанические и палинологические данные [Скиба, 1975; Хотинский, 1977; Dirksen et al., 2013] свидетельствуют, что хвойные леса из лиственницы, ели и пихты на протяжении плейстоцена сокращали и расширяли свои площади синхронно с колебаниями ледниково-межледниковых циклов. На рубеже плейстоцена и голоцена, видовое разнообразие хвойных и их распространение сократилось до минимума, жизнеспособные популяции сохранились лишь в рефугиумах. Далее, большую часть голоцена камчатские рефугиумы оставались центрами консервации видового разнообразия, при этом распространение популяций сдерживалось неблагоприятными в целом условиями климата океанического типа. Центрами распространения хвойных пород они стали лишь ~3000 л.н., в ответ на смену океанического климата на более континентальный, что привело к формированию хвойно-лесных экосистем таежного типа в ЦКД в течение последних ~900 лет.

Более детальные палеоданные для последних ~2800 лет, полученные по результатам изучения хирономид (Chironomidae) из озерных отложений на севере ЦКД [Nazarova et al., 2017], фиксируют умеренно теплый период ~2500-1700 л.н., и интервал очень влажного и мягкого климата ~1700-1500 л.н. Первый из них можно сопоставить с началом распространения лиственницы из рефугиумов, а второй - с периодом активного продвижения ели [Dirksen et al., 2013]. Похолодание Малой Ледниковой эпохи (Little Ice Age, LIA), зафиксированное здесь в широком временном диапазоне, между ~800 и 1800 г. н.э., практически целиком охватывает период, за который сформировался "Хвойный остров" в его современных пределах. Текущий тренд к потеплению климата отмечается в записи после ~1800 г. н.э., что хорошо согласуется с имеющимися дендрологическими данными, а также наблюдаемыми изменениями на верхней границе леса в горах.

Детальные палеоданные для последнего тысячелетия удалось получить в результате комплексного изучения палеозаписи из торфяника, отобранного на северном подножии потухшего вулкана Николка, одного из установленных рефугиумов в ЦКД. Для получения комплекса данных использовались: палинологический и палеоэкологический анализы торфа; минералогический и геохимический анализы тефры; тефрохронология и радиоуглеродное датирование. Возраст 100-см колонки составил ~900 лет. Глубинно-возрастная модель основана на 2 радиоуглеродных датировках и данных тефрохронологии; модель демонстрирует очень высокие скорости торфонакопления порядка 1 мм/год. По данным палинологического анализа, наиболее значимая смена растительности произошла между ~1600 и 1900 г. н.э., когда лиственничные леса значительно деградировали и сменились сначала березовыми, а затем еловыми сообществами. Эта смена выделяет период прохладного и очень влажного климата, который можно сопоставить с событием LIA. Палеоэкологический анализ, включающий результаты изучения микроостатков растительного и животного происхождения, обнаруживает динамичную историю эволюции болотной экосистемы и ее довольно необычный состав. Так, было обнаружено обилие остатков пресноводных губок (Spongillidae) и цианобактерий (род *Gloeotrichia*), которые более обычны для озерных экосистем в относительно теплых и/или высокотрофных условиях. Оба эти таксона резко выклиниваются во время LIA, что согласуется с реконструкцией похолодания в этот период, и появляются снова только в самой молодой части записи. Последний факт подтверждает современный тренд к потеплению климата. Колонка торфа была отобрана в районе современной вулканической активности и вмещает множество вулканических пеплов. Большая часть из них - это криптотефры, невидимые тонкие горизонты, которые обнаруживаются лишь при сжигании торфа. Источником криптотефры являются повторяющиеся слабые извержения шлаковых конусов Толбачинского дола. Влияние этих пеплов практически не выражено, и может рассматриваться как постоянно действующий и средообразующий фактор в функционировании локальной экосистемы. Напротив, влияние 2-см слоя пепла распознается достаточно четко; оно выразилось в резкой, хотя и кратковременной (порядка 10 лет) смене доминантов болотной экосистемы, как растительного, так и животного происхождения. По данным тефрохронологического анализа, этот пепел является продуктом извержения вулкана Шивелуч в 1652 г.

Обобщение палеоданных и материалов современных наблюдений позволяет говорить о реликтовом характере, сложной истории развития и пока мало изученных механизмах

функционирования хвойно-лесных экосистем Камчатки, существующих вдали от основного ареала обитания, в довольно неблагоприятных климатических условиях, под влиянием вулканизма и возрастающего антропогенного фактора. История "Хвойного острова" нуждается в дальнейшем изучении для лучшего понимания миграционных процессов биоты и роли плейстоценовых рефугиумов в формировании современных экосистем Северной Пацифики.

Литература:

Вяткина М.П., Дирксен В.Г., Степанчикова И.С., Голуб Н.В., Маснев В.А., Савенкова Ю.В. Новые данные о ельниках Центральной Камчатки // Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей: Мат. XVIII междунар. научн. конф. Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс, 2017. С. 69–74.

Дитмар К. Поездки и пребывание в Камчатке в 1851-1855 гг.: Часть первая. Исторический отчет по путевым дневникам. СПб., 1901. 566 с.

Комаров В.Л. Ботанический очерк Камчатки // Камчатский сборник. М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1940. Том 1. С. 5–52.

Скиба Л.А. История развития растительности Камчатки в позднем кайнозое. М.: Наука, 1975. 198 с.

Хотинский Н.А. Голоцен Северной Евразии. М.: Наука, 1977. 198 с.

Barr I.D., Solomina O. Reprint of "Pleistocene and Holocene glacier fluctuations upon the Kamchatka Peninsula // Global and Planetary Change. 2015. Vol. 134. P. 155–165.

Cornejo C., Nelson P., Stepanchikova I., Himmelbrant D., Jorgensen P.M., Scheidegger C. Contrasting pattern of photobiont diversity in the Atlantic and Pacific populations of *Erioderma pedicellatum* (Pannariaceae) // The Lichenologist. 2016. Vol. 48(4). P. 275–291.

Dirksen V., Dirksen O., Diekmann B. Holocene vegetation dynamics and climate change in Kamchatka Peninsula, Russian Far East // Review of Palaeobotany and Palynology. 2013. Vol. 190. P. 48–65.

Nazarova L., Bleibtreu A., Hoff U., Dirksen V., Diekmann B. Changes in temperature and water depth of a small mountain lake during the past 3000 years in Central Kamchatka reflected by a chironomid record. Quaternary International. 2017. Vol. 447. P. 46–58.

Tagirdzhanova G., Stepanchikova I.S., Himelbrant D.E., Vyatkina M.P., Dyomina A.V., Dirksen V.G., Scheidegger Ch. Distribution and assessment of the conservation status of *Erioderma pedicellatum* in Asia. The Lichenologist. 2019. Vol. 51 (6). P. 575–585.



**РЕКОНСТРУКЦИЯ УСЛОВИЙ СУЩЕСТВОВАНИЯ АНТИЧНОГО ТАНАИСА ПО
ДАНЫМ СПОРОВО-ПЫЛЬЦЕВОГО АНАЛИЗА**

К.В. Дюжова

Южный научный центр РАН, Ростов-на-Дону, kristi_kras007@mail.ru

**RECONSTRUCTION OF THE CONDITIONS OF EXISTENCE OF THE ANTIQUE TANAIIS
ACCORDING TO POLLEN ANALYSIS**

K.V.Dyuzhova

The Southern Scientific Centre of the RAS, Rostov-on-Don

Античный город Танаис, существовал в устье р. Дон в период с III в. до н.э. по V в. н.э. и являлся крупным экономическим центром. Реконструкция природно-климатических условий времени жизни города играет важную роль в археологических исследованиях, так как изменение природной среды оказывало влияние на его функционирование. Спорово-пыльцевой анализ достаточно подробно датированных по археологическим данным слоев позволяет дополнить имеющиеся сведения [Матишов и др., 2013, 2018; Болиховская и др., 2002; Кременецкий, 1991; Bolikhovskaya N.S. et al, 2018] об истории развития ландшафтов и климата Приазовья.

Образцы для спорово-пыльцевого анализа были отобраны из разрезов разного возраста, охватывающих большую часть периода существования города. Так были изучены материалы разрезов датированных по археологическим данным серединой IV в.н.э., I-II вв. н.э., II-I вв. до н.э., серединой II в. до н.э. и рубежом III-II вв. до н.э. [Хохлова и др., 2018]. Обработка материала проводилась согласно стандартным методикам [Гричук, 1940; Grimm, 1990].

На сводной спорово-пыльцевой диаграмме образцы сгруппированы согласно возрасту (рис. 1). Состав полученных спектров указывает на существование засушливых условий и распространение степных сообществ на всем протяжении жизни города. Спорово-пыльцевые спектры относятся к степному типу, при этом процентное количество пыльцы деревьев и кустарников невелико (не превышает 20 %). Основным компонентом группы древесных является пыльца *Pinus*. Содержание представителей прочих деревьев незначительно, присутствует пыльца широколиственных пород, таких как *Quercus* и *Corylus*, единично встречаются пыльцевые зерна *Tilia*. В древесной части спектра присутствует также пыльца *Betula* и *Alnus*. Содержание пыльцы трав в спектрах колеблется от 70 до 98 %. Преобладающей является пыльца представителей семейства Chenopodiaceae, которая достигает 90 %. Также в спектрах высокое содержание пыльцы Poaceae, *Artemisia* и прочих сложноцветных (Asteraceae). В спектрах встречена пыльца типичных степных растений, таких как род *Ephedra* и семейства Plumbaginaceae. По таксономическому разнообразию пыльца разнотравья представлена довольно широко, наиболее распространены такие семейства как Apiaceae, Fabaceae, Brassicaceae, Polygonaceae, Rosaceae. В спектрах встречается пыльца водных и прибрежно-водных растений: представителей семейства Cyperaceae, ежеголовника (*Sparganium*), рдеста (*Potamogeton*) и рогоза широколистного (*Typha latifolia*),

Проведенный анализ позволил выделить характерные черты спорово-пыльцевых спектров для каждого временного интервала. Отличительной особенностью отложений III-II вв. до н.э. является большое процентное содержание пыльцы разнотравья, которое составляет порядка 30% спектра (рис. 1), где доминирующими таксонами являются семейства Fabaceae и Rosaceae, что указывает на распространение разнотравных луговых и лугово-степных сообществ, а также незначительное повышение степени увлажненности климата.

В период, датированный II-I вв. до н.э., развитие природной среды не было однозначным. Выделяются спорово-пыльцевые спектры двух типов, как отличающиеся ксерофитным характером и обедненным видовым составом разнотравья, так и спектры, где увеличивается роль широколиственных пород. Так в спектрах, отличающихся относительным таксономическим разнообразием, помимо пыльцы *Pinus*, количество которой не превышает 5 %, присутствует пыльца широколиственных пород таких как *Quercus* и *Corylus*, встречаются единичные пыльцевые зерна *Tilia*. На формирование древесной части спектра оказывает влияние также пыльца *Betula* и *Alnus*. Появление широколиственных пород, преимущественно дуба, в спектрах может служить признаком незначительного смягчения засушливости условий. В травянистой части спектра преобладает пыльца представителей семейства Chenopodiaceae (до 65 %) и Poaceae (до 40 %), заметна роль Asteraceae (до 18 %), в частности рода *Artemisia* (до 15 %). Большое количество пыльцы злаков может быть связано с тем, что в эту группу частично входит пыльца тростника, который согласно фитолитному анализу [Хохлова и др., 2018] присутствовал в образцах и использовался в хозяйственных целях. Состав

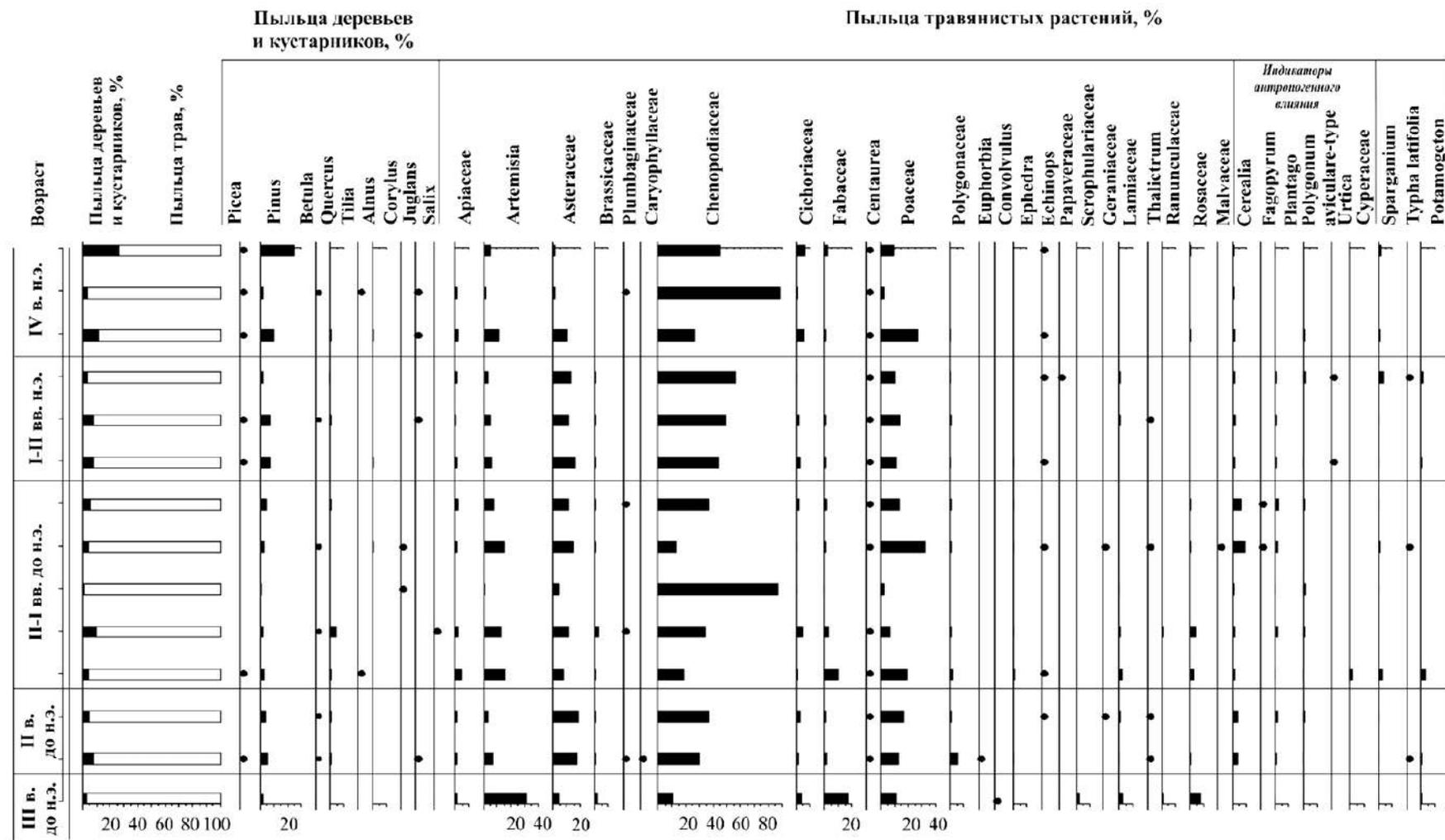


Рис. 1. Сводная спорово-пыльцевая диаграмма отложений города Танаис (значком «*» на диаграмме обозначены таксоны, встреченные единично)

пыльцы разнотравья становится разнообразнее, чем в предшествующий период, а ее доля составляет заметную часть спорово-пыльцевых спектров большинства образцов. Наиболее широко представлена пыльца таких семейств как *Apiaceae*, *Fabaceae*, *Brassicaceae*, *Polygonaceae*, *Rosaceae*. В небольшом количестве, но стабильно встречается пыльца семейств *Lamiaceae*, *Caryophyllaceae*, *Geraniaceae* и *Scrophulariaceae*. Такой состав спектров указывает на распространение богаторазнотравно-злаковых степных сообществ и смягчение локальных климатических условий. В нескольких образцах встречена пыльца представителей семейства *Plumbaginaceae* и рода *Ephedra* – ксерофитных видов, показателей распространения степей и засоленных почв. Вероятнее всего, на фоне общей ксерофитизации климата в II-I вв. до н.э. были периоды локального смягчения условий. В спектрах, этого времени наиболее высокий процент пыльцы культурных и сорных растений (4-6%) свидетельствует об активной сельскохозяйственной деятельности.

В I-II вв. н.э. на территориях, окружающих город были распространены бедноразнотравно-злаковые сообщества без значимого участия древесной растительности, на что указывает доминирование пыльцы представителей семейства *Chenopodiaceae* и небольшой процент пыльцы разнотравья. Пыльца группы древесных не превышает 5% от общей суммы пыльцевых зерен и спор, широколиственные породы здесь практически полностью отсутствуют. В спектрах первых веков нашей эры отличительной особенностью является уменьшение содержания пыльцы культурных злаков, что вероятно связано с разрушением города в I в. до н.э.

Начиная с III-IV вв. н.э. растительные сообщества региона претерпевали некоторые изменения. Состав травянистой растительности был сходен с предшествующим периодом, в развитие же региональной древесной растительности происходили небольшие трансформации. В поздний период функционирования города наблюдается повышение доли сосны в спектрах до 20% от общего количества пыльцы, что в два раза превышает показатели для спектров более раннего возраста. Это может служить индикатором увеличения роли сосны в растительном покрове севернее Танаиса на территории среднего течения реки Дон. Доля пыльцы прочих древесных пород мала во всех изученных образцах разреза и представлена родами *Quercus*, *Betula* и *Alnus*. В группе пыльцы травянистых растений доминирует семейство *Chenopodiaceae* – содержание в спектрах до 80%, и род *Artemisia* – достигает почти 40%. Во всех образцах присутствует заметное количество пыльцы *Rosaceae*, до 10%. Состав пыльцы разнотравья достаточно обеднен, и занимает небольшую долю спектра.

Таким образом, полученная информация о спорово-пыльцевых спектрах отложений Танаиса позволила реконструировать растительный покров и палеоклиматические условия на протяжении длительной истории существования города, а также рассмотреть особенности хозяйственной деятельности горожан.

Литература:

Болиховская Н.С., Горлов Ю.В., Кайтамба М.Д., Мюллер К., Поротов А.В., Парунин О.Б., Фуаш Э. Изменение ландшафтно-климатических условий Таманского полуострова на протяжении последних 6000 лет // Проблемы истории, филологии, культуры. 2002. Вып. 12. С. 257–271.

Гричук В.П. Методика обработки осадочных пород, бедных органическими остатками, для целей пыльцевого анализа // Проблемы физической географии. 1940. В.8. С. 53-58.

Кременецкий К.В. Палеоэкология древнейших земледельцев и скотоводов Русской Равнины. М.: ИГ РАН. 1991. 193 с.

Матишов Г.Г., Дюжова К.В., Новенко Е.Ю. Изменение ландшафтно-климатических условий Приазовья в среднем и позднем голоцене // Известия Российской академии наук. Сер. географическая. 2018. № 3. С. 67–78.

Матишов Г.Г., Толочко И.В., Потапов В.В., Набоженко М.В., Польшин В.В., Дюжова К.В., Ковалева Г.В., Золотарева А.Е. Нижнее Подонье в эпоху поздней бронзы и раннего железа: палеогеографические реконструкции // Вестник Южного научного центра. 2013. Т. 9. № 4. С. 56-65.

Хохлова О.С., Дюжова К.В., Гольева А.А., Трифонова Т.А., Бунин Д.С., Ильяшенко С.М., Хохлов А.А. Климат и растительность античного Танаиса (III в. до н.э.–V в. н.э.) по данным палеопочвенного и палеоботанического анализа // Известия РАН. Серия географическая. 2018. № 5. С. 55–69.

Bolikhovskaya N.S. Porotov A.V., Richards K., Kaitamba M.D., Faustov S.S., Korotaev V.N. Detailed reconstructions of Holocene climate and environment changes in the Taman Peninsula (Kuban River delta region) and their correlation with rapid sea-level fluctuations of the Black Sea // Quaternary International. 2018. Vol. 465. P. 22–36.

Grimm E.C. TILIA and TILIA GRAPH.PC spreadsheet and graphics software for pollen data // INQUA, Working Group on Data-Handling Methods. Newsletter, 1990. №4. P. 5–7.



НЕОБЫЧНЫЕ НАХОДКИ ИНСИТНОЙ ПЫЛЬЦЫ ГОЛОСЕМЕННЫХ

Н.Е.Завьялова¹, Н.В.Носова²¹Палеонтологический институт им. А.А.Борисяка, РАН, Москва, zavial@mail.ru²Ботанический институт им. В.Л.Комарова, РАН, С.-Петербург, natanosova@gmail.com

UNUSUAL IN SITU FINDS OF GYMNOSPERM POLLEN

N. Zavialova¹, N. Nosova²¹A.A. Borissiak Paleontological Institute, Russian Academy of Sciences, Moscow²Komarov Botanical Institute, Russian Academy of Sciences, St. Petersburg

О дисперсных пыльцевых зернах и спорах палеопалинологи знают гораздо больше, чем об инситных. Так, в каталоге инситных пыльцевых зерен и спор [Balme, 1995] упоминается около 400 палинологических таксонов, так или иначе ассоциированных с макроостатками, тогда в Palynodata, классической базе данных, содержащей ссылки на подавляющее большинство палеопалинологических работ, опубликованных с 1974 по 2006 год, присутствуют более 122 тысяч таксонов дисперсных мiosпор [<http://paleobotany.ru/palynodata>]. Поэтому проблема, с которой мы дважды столкнулись в ходе недавних исследований, показалась нам весьма неожиданной. Для инситных пыльцевых зерен лигиноперисового семенного папоротника из поздней перми Иордании и хвойного из средней юры Сибири не удалось найти близких аналогов среди дисперсных палинологических таксонов [Zavialova et al., 2021; Zavialova and Nosova, 2021]. Хотя инситные пыльцевые зерна продемонстрировали вполне удовлетворительную сохранность, что позволило получить исчерпывающие данные по их морфологии, скульптуре поверхности и особенностях ультраструктуры, в дисперсных палинокомплексах такой пыльцы обнаружить не удалось ни в тех же слоях, откуда были собраны макроостатки, ни в одновозрастных породах тех же регионов, ни в более древних или более молодых комплексах. Можно предложить несколько вариантов объяснения этого феномена [Zavialova et al., in press]: материнские растения были очень редкими, они производили очень мало пыльцы, были энтомофильными, найденные пыльцевые зерна были недозрелыми. Последний вариант мы считаем маловероятным. Наиболее вероятным объяснением нам представляется следующее: пыльцевые зерна обсуждаемых палинотипов все-таки попадали в комплексы дисперсных мiosпор, но трактовались как нетипичные, плохо сохранившиеся, не слишком понятные морфологически. Они не упоминались и не иллюстрировались. Мы хотели бы обратить внимание на важность публикации максимально полной информации (включая и фотографии) обо всех членах палинологических комплексов, даже если они не принадлежат к стратиграфически важным таксонам. Исследование поддержано грантом РФФИ №20-04-00355.

Литература:

Balme B.E. Fossil in situ spores and pollen grains: an annotated catalogue // Review of Palaeobotany and Palynology. 1995. Vol. 87(2-4). P. 81–323.

Zavialova N., Blumenkemper P., Kerp H., Abu Hamad A., Bomfleur B. A lyginopterid pollen organ from the upper Permian of the Dead Sea region // Grana. 2021. Vol. 60(2). P. 81–96.

Zavialova N., Nosova N. Pollen grains found in pollen cones of *Schidolepium* Heer (Pinopsida) from the Middle Jurassic of East Siberia, Russia // International Journal of Plant Sciences. 2021. Vol. 182(6). P. 468–489.

Zavialova N., Blumenkemper P., Kerp H., Bomfleur B., Nosova N. In search of the correspondence between in situ and dispersed pollen // Review of Palaeobotany and Palynology (in press).



НОВЫЕ ДАННЫЕ ПО МИКУЛИНСКИМ ФЛОРАМ ОПОРНЫХ РАЗРЕЗОВ ВЕРХНЕГО ПЛЕЙСТОЦЕНА СМОЛЕНСКОЙ ОБЛАСТИ.

И.С. Зюганова¹, С.С. Попова², Н.В. Карпухина¹

¹Институт географии РАН, Москва, iszyuganova@igras.ru

²Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург celenkova@gmail.com

NEW DATA ON THE MIKULINO INTERGLACIAL FLORAS FROM THE KEY SECTIONS OF THE UPPER PLEISTOCENE IN THE SMOLENSK REGION.

I.S. Zyuganova¹, S.S. Popova², N.V. Karpukhina¹

¹Institute of Geography RAS, Moscow

²Komarov Botanical Institute RAS, St. Petersburg

Исследования флоры и растительности последнего межледникового, несмотря на их более, чем полувековую историю, не теряют актуальности по сей день. Палеоботанические данные применяются как для реконструкции ландшафтов и климата позднего плейстоцена, так и для решения стратиграфических задач. В последние годы авторами был изучен ряд местонахождений микулинской флоры на территории ВЕР. Особенный интерес представляют новые палеокарпологические данные, полученные по опорным разрезам микулинского межледникового, расположенным в Смоленской области: Нижняя Боярщина и Верхние Немыкары. Эти разрезы были подробно изучены ранее палеоботаническими методами; в современных исследованиях основной задачей было подтверждение хроностратиграфической позиции представленных в них отложений для целей датирования уран-ториевым и OSL методами.

В обоих случаях из погребенных озёрно-болотных отложений были отобраны вертикальные серии образцов для установления последовательностей карпологических комплексов, отражающих развитие локальной растительности на протяжении межледникового. Выделение растительных макроостатков проводилось по методике В.П. Никитина [1969]; определения выполнены с использованием атласов [Velichkevich & Zastavniak, 2006; 2008] и эталонных коллекций БИН РАН. Карпологические диаграммы построены в пакете программ TILIA и TG View [Grimm, 2004; 2011].

Разрез **Нижняя Боярщина** на р. Каспля (бассейн Западной Двины) является гипостратотипом микулинского межледникового [Чеботарева и др., 1954; Гричук, 1989]; карпологические исследования были выполнены Ф.Ю. Величкевичем [1982]. В 2020 г. специалистами из СПбГУ было проведено повторное изучение этого разреза. В обрыве на левом берегу реки была вскрыта 2,5-метровая толща погребённых озёрно-болотных отложений, залегающая на песках и перекрытая песком с гравием и глиной. Образцы на карпологический анализ были отобраны из гиттии и торфа.

Видовой состав растительных макроостатков и их распределение в изученных образцах показаны на диаграмме (рис. 1). По систематическому составу полученная нами флора сходна с микулинской флорой, выделенной Ф.Ю. Величкевичем [1982], хотя и несколько менее разнообразна. В локальных карпологических комплексах преобладают макроостатки водных и прибрежных растений; плоды и семена древесных пород (ольха и берёза) отмечены в единичных количествах; макроостатки широколиственных деревьев не обнаружены. Тем не менее, наличие остатков характерных видов «бразениевого комплекса» водных и прибрежных растений (*Aldrovanda vesiculosa*, *Caldesia parnassifolia* и *Schoenoplectus mucronatus*), а также умеренно термофильных видов (*Ceratophyllum demersum*, *Najas marina*), позволяет достаточно уверенно отнести изученные озерно-болотные отложения к микулинскому межледниковью.

Стоит отметить локальный карпологический комплекс (ЛКК), выделенный из гиттии в нижней части разреза. На этом этапе в растительных сообществах палеоозера преобладали нетребовательные к температуре виды рдестов (*Potamogeton pectinatus*, *P. filiformis*), по берегам произрастали представители семейства осоковых. Сопоставление карпологических данных с результатами спорово-пыльцевого анализа, проведенного Л.В. Савельевой [Максимов и др., 2022], показало, что такая локальная растительность существовала в начале межледникового (зоны M1 и M2 схемы В.П. Гричука [1989]). Эти результаты представляют интерес, поскольку

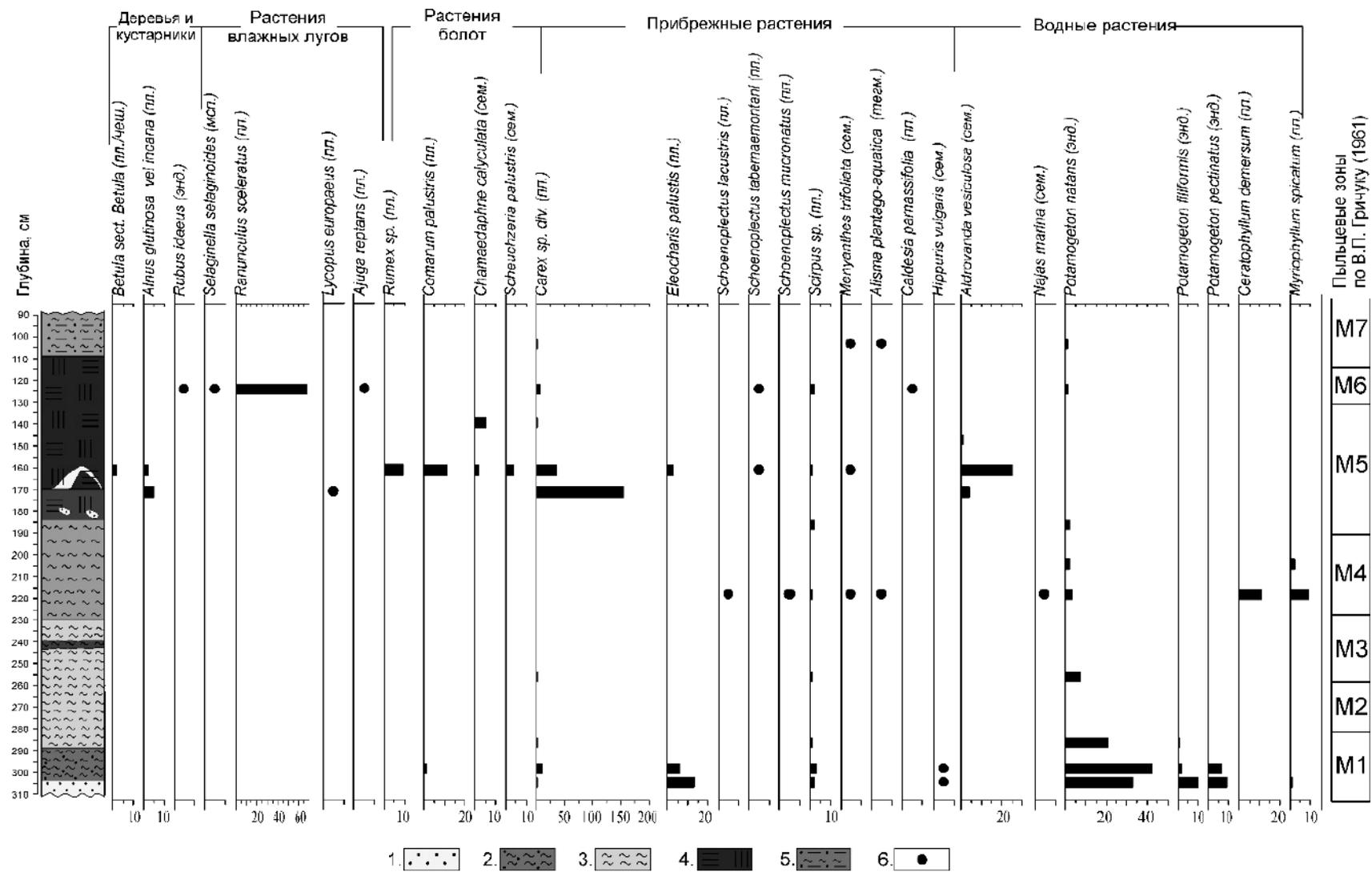


Рис. 1. Карпологическая диаграмма разреза Нижняя Боярщина. По горизонтальным осям отложено кол-во остатков в образце; 1. – песок; 2. – гиттия песчанистая; 3. – гиттия плотная, 4. – торф; 5 – гиттия алевритистая; 6. – единичные макроостатки (менее 5)

начальные этапы микулинского межледниковья недостаточно охарактеризованы карпологическими данными

Первой половине межледниковья в данном разрезе соответствуют ЛКК, содержащие остатки таких умеренно-термофильных водных растений как наяда (*Najas marina*) и роголистник (*Ceratophyllum demersum*), что указывает на повышение теплообеспеченности. К климатическому оптимуму относятся ЛКК, отражающие процессы зарастания и заболачивания палеоводоёма. Здесь определены макроостатки видов, характерных для верховых болот (*Comarum palustre*, *Scheuchzeria palustris* и *Chamaedaphne calyculata*). Наряду с этим сохранились и мелководные участки, где произрастало реликтовое насекомоядное растение *Aldrovanda vesiculosa* – представитель микулинского «бразениевого комплекса» [Velichkevich, Zastavniak, 2008]. Находки остатков прибрежно-водных растений *Caldesia parnassifolia* и *Schoenoplectus micronatus* также указывают на достаточно тёплые условия.

По данным $^{230}\text{U}/\text{Th}$ датирования [Максимов и др., 2021, Максимов и др., 2022], нижняя часть озёрно-болотных отложений (толща гиттий под торфом) в рассмотренном разрезе отвечает началу стадии МИС-5.

Разрез у д. Верхние Немыкары, приуроченный к левому борту долины Днепра, является одним из опорных разрезов озёрно-болотных отложений микулинского межледниковья и ранневалдайского оледенения [Кац, Кац, 1956; Величkevич, 1982]. Повторные исследования этого местонахождения проводились в 2019-2021 гг. специалистами ИГ РАН. В скважине, заложенной в ~10 м от бровки долины, были вскрыты два горизонта погребенных органогенных отложений (преимущественно, торфа), разделенные толщей суглинки. Из обоих горизонтов торфа были отобраны образцы на карпологический анализ.

Состав карпоидов в образцах из нижнего горизонта торфа неоднороден (рис. 2). Так, в образце из основания слоя торфа резко преобладают остатки водных растений, представленных, главным образом, семенами *Brasenia holsatica* (более 200 экз. в пробе) – вымершего вида, характерного для флоры микулинского межледниковья [Velichkevich & Zastavniak, 2008]. Кроме них, здесь были определены макроостатки и других видов «бразениевого комплекса»: *Salvinia natans*, *Dulichium arundinaceum*, *Scirpus torreyi*. Остатки болотных растений играют незначительную роль и представлены орешками разных видов осок; плоды и семена древесных пород не обнаружены. В образцах, отобранных выше, преобладают остатки болотных растений, представленных орешками разных видов осок, появляются семена кустарничков *Andromeda polifolia* и *Chamaedaphne calyculata*, а также травянистых растений, характерных для верховых болот: *Scheuchzeria palustris*, *Comarum palustris*. Отмечены немногочисленные плоды и фрагменты плодов широколиственных пород: граба (*Carpinus betulus*), липы (*Tilia cordata*), клёна (*Acer platanoides*). Кроме того, определены орешки ольхи (*Alnus glutinosa*) и берёзы (*Betula* sect. *Betula*).

Далее вверх по разрезу количество и разнообразие карпологических остатков в образцах продолжает снижаться, они представлены единичными семенами *Andromeda polifolia* и *Chamaedaphne calyculata*. В образце из верхней части нижнего горизонта торфа резко преобладают остатки водных растений: плоды *Batrachium* sp., мегаспоры полушника (*Isoetes lacustris*). Отмечены определены единичные макроостатки холодостойких растений влажных местообитаний: орешки карликовой берёзки (*Betula nana*) и мегаспоры плаунка *Selaginella selaginoides*.

В образцах из верхнего горизонта торфа (рис. 2) отмечены многочисленные орешки берёзы *Betula* sect. *Betula*. Среди других древесных пород определены макроостатки сосны (*Pinus* sp.) и ели (*Picea* sp.). Большую роль в составе флоры остатки болотных растений: *Chamaedaphne calyculata*, *Comarum palustris*, *Menyanthes trifoliata*. В образцах из верхней части рассматриваемого слоя количество и разнообразие карпоидов снижается – отмечены лишь немногочисленные семена и плоды болотных растений. В составе рассмотренных карпологических комплексов преобладают остатки интразональных болотных растений. Остатков широколиственных термофильных пород и термофильных видов водных растений не отмечено, как и макроостатков холодостойких видов, характерных для ледниковых флор.

Локальные карпологические комплексы нижнего горизонта торфа можно уверенно отнести к микулинскому межледниковью благодаря наличию видов «бразениевого комплекса» и широколиственных пород деревьев. Насколько можно судить по карпологическим данным,

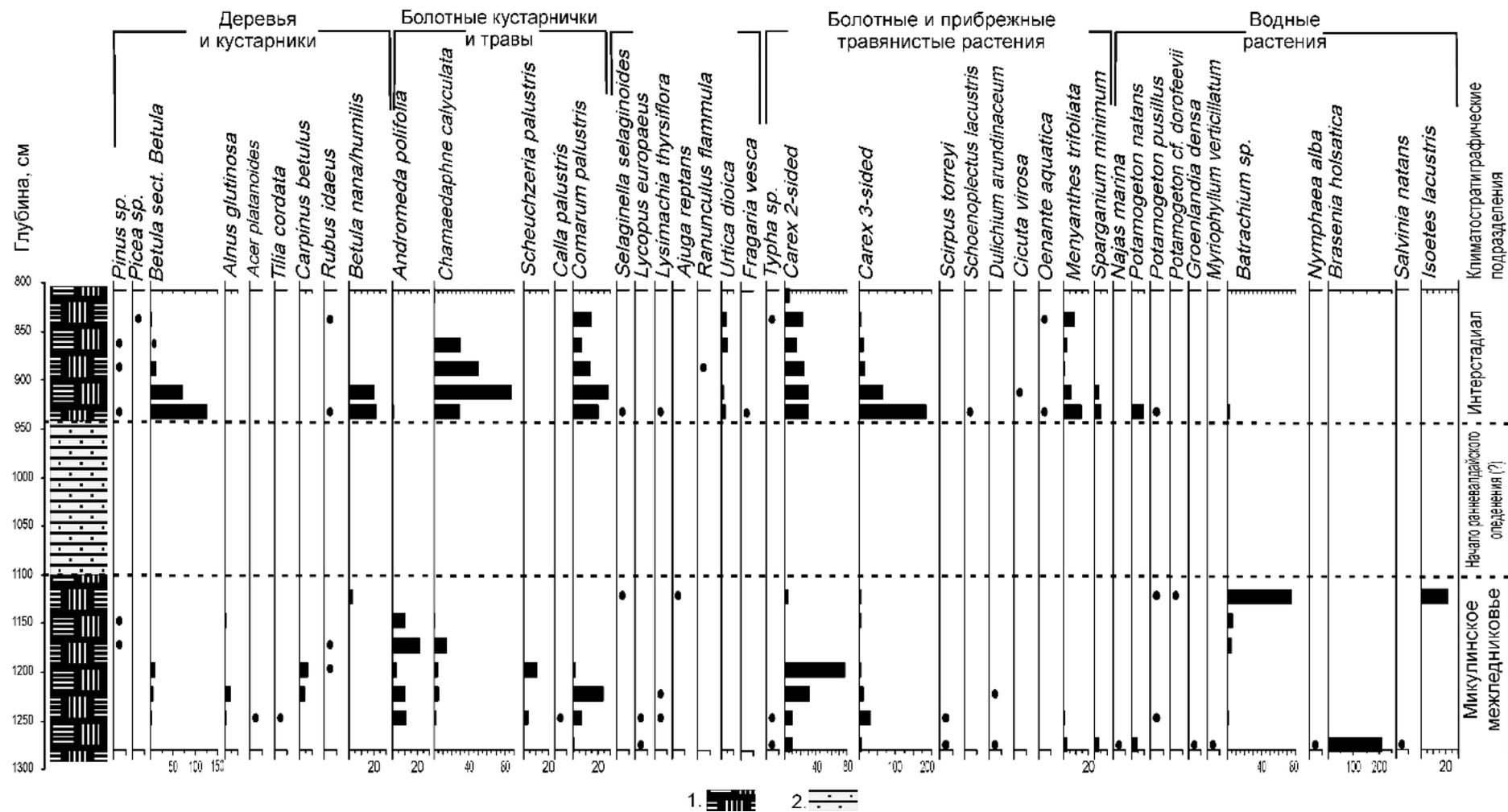


Рис. 2. Карпологическая диаграмма разреза Верхние Немькары. 1. – торф; 2 – суглинок.

этот слой сформировался во второй половине климатического оптимума и завершающих фазах межледниковья. Карпологические данные отражают, в первую очередь, динамику локальных условий – зарастание и заболачивание мелководного водоёма. Необходимо отметить, что ЛКК образца 7 из верхней части слоя торфа (переход к суглинку) указывает на увеличение уровня воды и восстановление озёрных условий осадконакопления на фоне начавшегося похолодания. ЛКК из верхнего горизонта торфа сходен с карпологическими комплексами интерстадиальных потеплений раннего валдая, выявленных в разрезе Плёс [Zyuganova, 2010] и, предположительно, может быть отнесён к ранневалдайскому интерстадиальному потеплению.

Полученные карпологические данные сходны с результатами исследований этого разреза, проведённых Ф.Ю. Величкевичем [Величкевич, 1982], который относил нижний горизонт торфа к микулинскому межледниковью (флора В. Немыкары-1). Из суглинки, разделяющей слои торфа, была получена флора, отражавшая похолодание климата в конце микулинского межледниковья и начале ранневалдайского оледенения; флору верхнего горизонта торфа (В. Немыкары-2) Ф.Ю. Величкевич [1982] отнёс к первому ранневалдайскому интерстадиалу. В обоих исследованных разрезах карпологические комплексы отражают, в первую очередь, изменения локальной озёрно-болотной растительности и этапы развития водоёмов. Эта особенность формирования ЛКК затрудняет сопоставление разрезов по карпологическим данным. Поэтому ведущая роль в биостратиграфической корреляции разрезов даже на региональном уровне принадлежит палинологическим исследованиям. Тем не менее, в последовательностях ЛКК, выделенных в изученных разрезах, можно выявить и некоторые общие закономерности. Так, к климатическому оптимуму микулинского межледниковья в обоих разрезах относятся отложения торфа, сформировавшиеся в условиях хорошо прогреваемых, мелководных т.н. озёр-болот.

В соответствующих ЛКК представлены как теплолюбивые водные и прибрежно-водные растения, так и виды, характерные для верховых болот. Количество и разнообразие плодов и семян деревьев в ЛКК, по-видимому, зависит от условий их формирования - удаленности участков древесной с древесной растительностью от водоёма, способности семян и плодов различных видов к транспортировке, их сохранности в отложениях и т.п. Немаловажную роль играет и то, в какой части палеоводоёма накапливались изучаемые отложения. Тем не менее, рассмотренные семенные флоры, несмотря на сравнительно небольшой объём отобранных образцов, являются вполне информативными. Они свидетельствуют о наличии в изученных разрезах микулинских отложений и вносят свой вклад в их комплексное изучение.

Работа выполнена в рамках темы государственного задания Института географии РАН АААА-А19-119021990091-4 (FMGE-2019-0005) (карпологический анализ разреза Н. Боярщина) и по проекту РНФ 22-17-00259 (исследования разреза В. Немыкары).

Литература:

Величкевич Ф.Ю. Плейстоценовые флоры ледниковых областей Восточно-Европейской равнины. Минск: Наука и техника, 1982, 239 с.

Гричук В.П. История флоры и растительности Русской равнины в плейстоцене. М.: Наука, 1989. 183 с.

Кац Н.Я., Кац С.В. Новые данные о межледниковых отложениях у Новых Немыкар Смоленской области // Известия АН ССР. Сер. геогр. 1956. №2. С. 72 – 78.

Максимов Ф.Е., Кузнецов В.Ю., Савельева Л.А., Григорьев В.А., Петров А.Ю., Фоменко А.П., Баранова Н.Г. К вопросу о временных границах микулинского межледниковья и его отдельных фаз // Пути эволюционной географии – 2021. Выпуск 2. Материалы II Всероссийской научной конференции, посвященной памяти профессора А.А. Величко (Москва, 22-25 ноября 2021 г.). Т. 2. М: Москва, 2021 С. 812 – 816.

Максимов Ф.Е., Савельева Л.А., Попова С.С., Зюганова И.С., Григорьев В.А., Левченко С.Б., Петров А.Ю., Фоменко А.П., Панкратова Л.А., Кузнецов В.Ю. Хроностратиграфическое положение микулинских отложений в опорном разрезе у д. Нижняя Боярщина (Смоленская область) по данным их $^{230}\text{Th}/\text{U}$ датирования и палеоботанического изучения // Известия РАН. Сер. геогр. 2022. №3. (в печати)

Никитин В.П. Палеокарпологический метод. Томск. Изд. ТГУ, 1969. 82 с.

Чеботарева Н.С. Новый разрез с днепровско-валдайскими межледниковыми отложениями на р. Каспля у с. Верхняя Боярщина // Материалы по палеогеографии. М.: Изд-во МГУ, 1954. Вып. 1. С. 69–81.

Grimm E.C. TGView Version 2.0.2. / Springfield: Illinois State Museum, Research and Collections Center. 2004

Grimm E.C. Tilia 1.7.16. Software / Springfield: Illinois State Museum. Research and Collection Center. 2011

Velichkevich F. Yu., Zastawniak E. Atlas of the vascular plant macrofossils of Central and Eastern Europe. Part 1. Pteridophytes and monocotyledons. Kraków: W. Szafer Inst. of Bot., 2006. 224 p.

Velichkevich F. Yu., Zastawniak, E. Atlas of the vascular plant macrofossils of Central and Eastern Europe. Part 2. Herbaceous dicotyledons. Kraków: W. Szafer Inst. of Bot., 2008. 380 p.

Zyuganova I.S. Upper Pleistocene carpological assemblages from the South of the Valdai Upland // Paleontol. J. 2009. No 43. P. 1351–1362.



ПАЛЕОЛАДШАФТЫ ЛАДИНСКОГО ВЕКА (СРЕДНИЙ ТРИАС) НА ПРИМЕРЕ ПАЛИНОКОМПЛЕКСА БУКОБАЙСКОЙ СВИТЫ, МЕСТОНАХОЖДЕНИЕ ЛЫСОВ, ЮЖНОЕ ПРИУРАЛЬЕ

Н.В. Ильина¹, А.Г. Сенников², И.В. Новиков²

¹*Институт геологии им. акад. Н.П. Юшкина ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар, nat-ilyina@yandex.ru*

²*Палеонтологический институт им. А.А. Борисяка РАН, Москва, sennikov@paleo.ru, inovik@paleo.ru*

LADINIAN (MIDDLE TRIASSIC) PALEOLANDSCAPES ILLUSTRATED BY A PALYNOLOGICAL ASSEMBLAGE FROM THE BUKOBAI FORMATION, THE LYSOV LOCALITY, THE SOUTHERN CIS-URALS

N.V. Ilyina¹, A.G. Sennikov², I.V. Novikov²

¹*Institute of Geology named after Acad. N.P. Yushkin of KSC UB RAS, Syktyvkar*

²*Borissiak Paleontological Institute RAS, Moscow*

Букобайская свита венчает разрез среднего триаса в Южном Приуралье. Она представлена комплексом преимущественно сероцветных песчано-глинистых отложений, образовавшихся в гумидных условиях и содержащих богатую фауну тетрапод, рыб, обильные остатки макрофлоры и разнообразный палинокомплекс. Однако большинство изученных местонахождений органических остатков приурочены к нижним циклитам букобайской свиты Южного Приуралья [Шишкин и др., 1995]. В связи с этим особую важность приобретает изучение местонахождения Лысов, в разрезе которого представлена верхняя часть этой свиты, для ее более полной фаунистической и флористической характеристики и реконструкции палеоэкосистемы данного региона.

Из слоя 4 местонахождения Лысов [Твердохлебов и др., 2020] был выделен чрезвычайно насыщенный и разнообразный комплекс миоспор. По своему составу этот палинокомплекс (ПК) в полной мере отвечает комплексам миоспор из отложений ладинского возраста, датированных фауной ортостратиграфических групп. Их первой отличительной чертой является существенное преобладание пыльцевой части над споровой. В изученном ПК это 466 и 89 экземпляров, или 84 и 16 %, соответственно, от общего количества миоспор. Для палиноассоциаций ладинского века характерно наличие универсального ядра, т.е. определенного набора видов, прекрасно распознаваемого и не зависящего от генезиса вмещающих отложений, морского или континентального [Твердохлебов и др., 2020]. Это следующие группы палиноморф:

1. Миоспоры широкого стратиграфического диапазона, унаследованные от раннетриасовой эпохи и транзитом проходящие вверх по разрезу.

2. Группа таксонов, которые составляют основу всех среднетриасовых комплексов миоспор. Одни из них единичными экземплярами появляются в самых верхах верхнеоленинского подъяруса и его возрастных аналогов. Последовательное появление других связано с анизийским веком. Виды этой группы переходят в комплексы миоспор ладинского и позднеэоценового возраста.

3. Виды, появление и систематическое распространение которых связано с ладинским веком.

4. Группа миоспор, характерных для верхнетриасовых отложений, но в небольшом количестве или единичными экземплярами появляющихся в верхах отложений ладинского возраста.

На основе предполагаемой ботанической принадлежности видов миоспор изученного ПК проведена реконструкция растительного покрова на территории исследований. Результаты приведены на рис. 1, который показывает также и высокое содержание в ПК преимущественно двухмешковой пыльцы птеридоспермов и хвойных и пыльцы, продуцентами которой могли быть и те и другие растения.

С помощью метода экогрупп спороморф (SEG-analysis) миоспоры были объединены по условиям произрастания растений-продуцентов в следующие их сообщества: а) влажных болотистых низин; б) речных берегов; в) прибрежных равнин и берегов крупных водоемов; г)

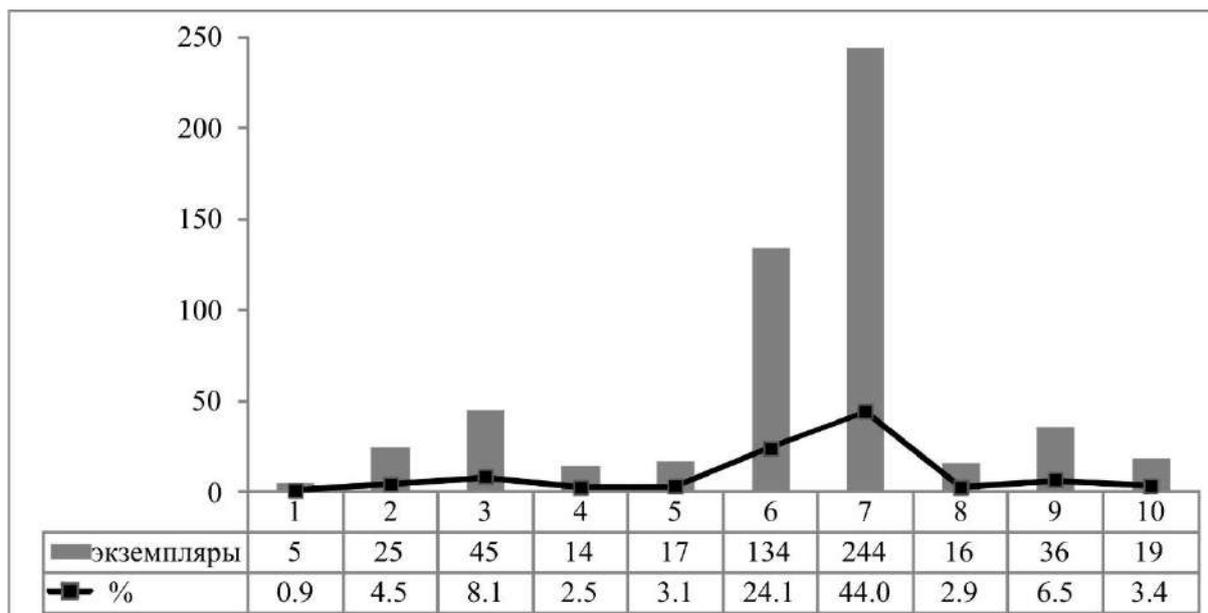


Рис. 1. Количественное распределение миоспор палинокомплекса из местонахождения Лысов по их ботанической принадлежности по Твердохлебову и др. [2020] с изменениями: 1 – мохообразные, 2 – плауновидные, 3 – папоротники, 4 – членистостебельные, 5 – птеридоспермы, 6 – хвойные, птеридоспермы, 7 – хвойные, 8 – цикадовые, 9 – цикадовые, гинкговые, беннетитовые, птеридоспермы, 10 – недифференцированные gymnosperms.

пионерных растений-первопроходцев нестабильной окружающей среды, за приливно-отливной зоной мангровых зарослей; д) сухих низменностей, редко подверженных затоплению пресными водами; е) территорий с холмистым рельефом, горных лесов, территорий, удаленных от побережья и с низким уровнем грунтовых вод; ж) растений с неустановленной принадлежностью к какой-либо экогруппе [Balme, 1995; Abbink, 1998; Kustatscher et al., 2012; Lindström et al., 2017; Paterson et al., 2017; Fijałkowska-Mader et al., 2021 и др.].

Количественное распределение миоспор по экогруппам показано на рис. 2. Из него следует, что на территории, где сформировалось местонахождение Лысов, преобладала в целом растительность равнин (349 экз. и 62.9%), основу которой составляли представители пионерной и прибрежной экогрупп (209 экз. и 37.7%).

К пионерной группе отнесена пыльца хвойных *Podosporites* spp. и *Protodipolxypinus* spp. Её продуценты формировали прибрежную мангровоподобную растительность приливно-отливных отмелей и растительность прибрежных болот. В эту группу включены и единичные зерна *Piceapollenites* spp.

В экогруппу прибрежных равнин объединены споры некоторых плауновидных, папоротников, пыльца хвойных растений и пыльца, продуцентами которой могли быть как хвойные, так и птеридоспермы.

Споры плауновидных *Aratrisporites* spp., *Retitriletes* sp., *Anapiculatisporites* spp., папоротников *Duplexisporites* spp., *Dictyophyllum mortoni* были продуктом растений приливно-отливных зон, берегов крупных водоемов и морских лагун, прибрежных болот (20 экз. и 3.6%).

Преобладает в группе пыльца растений, колонизировавших биотопы с интенсивным увлажнением (117 экз. и 21.1%). Продуценты пыльцы *Alisporites* spp. формировали мангровые заросли в устьях рек. Местообитанием продуцентов пыльцы *Florinites* spp., вероятно, были заросли, подобные камышовым в дельтовой низменности. Растения с пыльцой *Araucariacites* sp. и *Platysaccus* spp. занимали прибрежные территории с хорошо дренируемым субстратом (8 экз. и 1.4%).

Большой объем пыльцы экогруппы территорий с холмистым рельефом (184 экз. и 33.2%) свидетельствует, по нашему мнению, о расчлененном рельефе близлежащих областей. Принимая во внимание высокую репродуктивную способность растений-источников двухмешковой

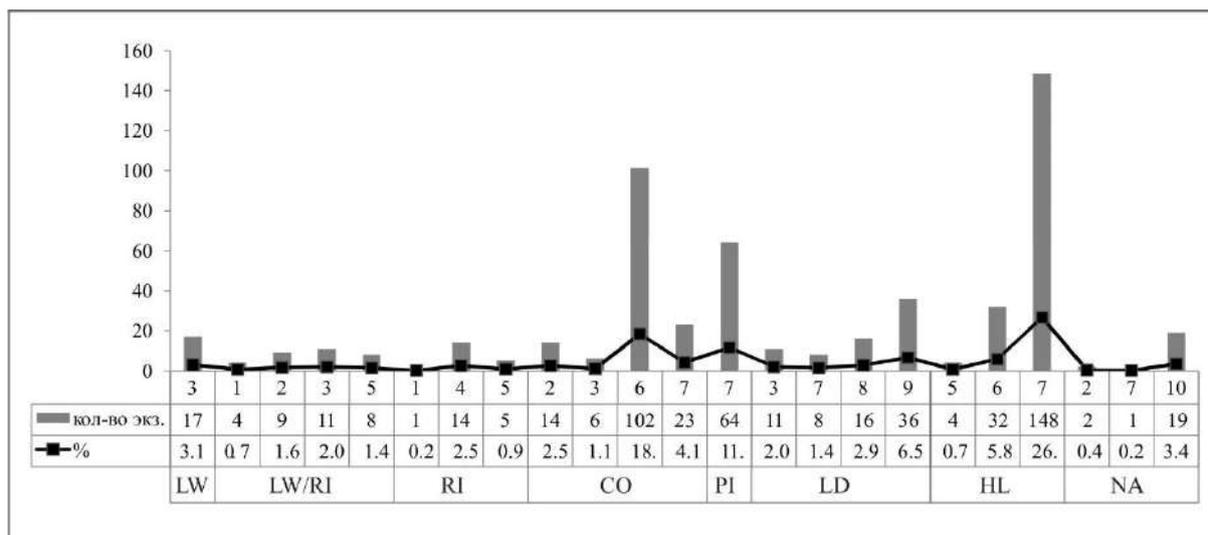


Рис. 2. Количественное распределение миоспор палинокомплекса из местонахождения Лысов по экогруппам, составленное с помощью метода экогрупп спороморф: 1 – мохообразные, 2 – плауновидные, 3 – папоротники, 4 – членистостебельные, 5 – птеридоспермы, 6 – хвойные, птеридоспермы, 7 – хвойные, 8 – цикадовые, 9 – цикадовые, гинкговые, беннетитовые, птеридоспермы, 10 – недифференцированные гимноспермовые.

Экогруппы: LW – влажных низин, LW/RI – влажных низин и речных берегов, RI – речных берегов, CO – прибрежных областей, PI – пионерной флоры, LD – сухих низменностей, HL – территорий с холмистым рельефом, удаленных от побережья, NA – растения с неустановленной принадлежностью к какой-либо экогруппе.

пыльцы и перенос её ветром как основной способ транспортировки, можно предположить, что часть пыльцы растений данной экогруппы в изученном ПК, может быть результатом пыльцевых дождей.

Из изложенного следует, что на территории исследований в ладинском веке во время формирования отложений с комплексом фауны местонахождения Лысов произрастала весьма разнообразная растительность, пышная и влаголюбивая. Она была сформирована преимущественно в пределах прибрежной области крупного водного бассейна с дельтами, лиманами, мангровоподобными зарослями. Прилегающая влажная низменная равнина с заболоченными участками и озёрами занимала, вероятно, не очень большую территорию. Такой вывод согласуется с данными по условиям захоронения комплекса наземных позвоночных.

Литература:

Твердохлебов В.П., Сенников А.Г., Новиков И.В., Ильина Н.В. Самый молодой триасовый комплекс наземных позвоночных в России: состав и датировка // Палеонтологический журнал. 2020. № 3, с. 87–102.

Шишкин М.А., Очев В.Г., Твердохлебов В.П. и др. Биостратиграфия континентального триаса Южного Приуралья. М.: Наука, 1995. 206 с.

Abbink O.A. Palynological identification in the Jurassic of the North Sea region // LPP contribution series. 1998. Vol. 8. P. 1–192.

Balme B.E. Fossil *in situ* spores and pollen grains: an annotated catalogue // Review of Palaeobotany and Palynology. 1995. Vol. 87 (Issues 2-4). P. 81–323.

Fijałkowska-Mader A., Jewula K., Bodor E. Record of the Carnian Pluvial Episode in the Polish microflora // Palaeoworld. 2021. Vol. 30. P. 106–125.

Kustatscher E., Heunisch C., Van Konijnenburg-Van Cittert J.H.A. Taphonomical implications of the Ladinian megaflora and palynoflora of the Thale (Germany) // PALAIOS. 2012. Vol. 27 (Issue 11). P. 753–764.

Lindström S., Erlström M., Piasecki S. et al. Palynology and terrestrial ecosystem change of the Middle Triassic to lowermost Jurassic succession of the eastern Danish Basin // Review of Palaeobotany and Palynology. 2017. Vol. 244. P. 65–95.

Paterson N.W., Mangerud G., Mørk A. Late Triassic (early Carnian) palynology of shallow stratigraphical core 7830/5-U-1, offshore Kong Karl Land, Norwegian Arctic // *Palynology*. 2017. Vol. 41 (Issue 2). P. 230–254.

АНАЛИЗ ДИНАМИКИ ПЫЛЕНИЯ РАННЕЦВЕТУЩИХ СЕРЕЖКОЦВЕТНЫХ НА ПРИМЕРЕ *ALNUS* И *CORYLUS* В Г. РЯЗАНИ

В.С. Карасева, Ю.М. Селезнева

РГУ имени С.А. Есенина, Рязань,

v.karaseva@365.rsu.edu.ru, yu.selezneva@365.rsu.edu.ru

ANALYSIS OF EARLY FLOWERING AMENTACEOUS PLANTS POLLINATION DYNAMICS ON THE EXAMPLE OF *ALNUS* AND *CORYLUS* IN RYAZAN

V.S. Karaseva, Y.M. Selezneva

S.A. Esenin Ryazan State University, Ryazan,

В последние десятилетия во всем мире отмечается существенный рост уровня аллергических заболеваний, среди которых значительную часть составляют поллинозы. Эффективная диагностика и лечение пыльцевой аллергии, в том числе, зависит от ежедневного мониторинга аллергенного фона окружающей среды, включающего анализ качественно-количественного состава пыльцевого дождя, оценку сезонной и почасовой ритмики пыления, составление календарей пыления, моделирование и прогнозирование аэропалинологической обстановки.

Наиболее частой причиной аллергических заболеваний ранней весной является пыльца растений из семейства Березовых. Они представлены в наших широтах двумя подсемействами (*Betuloideae* и *Coryloideae*) анемофильных деревьев и кустарников, тремя родами (*Alnus*, *Betula*, *Corylus*). В Рязанской области встречаются 2 вида ольхи (*Alnus glutinosa*, *Alnus incana*) и 1 вид орешника (*Corylus avellana*) [Казакова, 2004].

Ольха черная широко распространена в регионе и предпочитает условия избыточного увлажнения (поймы рек, берега водоемов, болота), ольха серая встречается реже. Лещина обыкновенная – характерный вид подлеска в широколиственных и смешанных лесах, распространен повсеместно, за исключением Клепиковского и Спасского районов Рязанской области [Казакова, 2004].

Характерными особенностями *Alnus* и *Corylus* являются высокая пыльцевая продуктивность и способность имиссировать в состав атмосферного воздуха огромное количество пыльцевых зерен. В данной работе представлены результаты анализа динамики пыления этих таксонов в г. Рязани за период с 2015 по 2021 гг.

Аэробиологический мониторинг в г. Рязани проводился в 2015-2021 гг. с использованием волюметрического пыльцеуловителя Lanzoni VPPS-2000. Наблюдения осуществлялись по стандартной международной методике [Gala'n et al., 2014] и охватывали периоды с конца февраля (начала марта) до конца сентября (начала октября) в разные годы исследования. Ловушка была установлена на крыше здания на расстоянии 18.54 м от поверхности земли. Подсчет и идентификацию материала в препаратах проводили под световым микроскопом МИКМЕД-5 при увеличении $\times 400$. При этом определение пыльцевых типов *Alnus* и *Corylus* возможно только до уровня рода в виду палиноморфологической схожести.

Пыльцевые зерна в образце подсчитывались двенадцатью непрерывными транссектами, перпендикулярными продольной оси препарата. Такой метод позволяет не только определить суммарную концентрацию пыльцы в образце, но и проанализировать почасовую картину пыления с интервалом в 2 ч. За весь период исследования изготовлено и проанализировано 1426 препаратов, каждый из которых соответствовал одним суткам наблюдений.

Анализ динамики пыления *Alnus* и *Corylus* производился по следующим показателям: дата первого появления пыльцы в воздухе, дата максимальной концентрации (пик пыления), максимальное суточное содержание пыльцы в атмосфере ($\text{пз}/\text{м}^3$), суммарное содержание пыльцы за сезон ($\text{пз}/\text{м}^3$), дата последнего появления пыльцы в воздухе, даты начала и окончания основного периода пыления (ОПП), его продолжительность (в днях). ОПП рассчитывался, как временной интервал, в течение которого содержание пыльцевых зерен в атмосфере составляет 90 % от суммарного количества содержания пыльцы этого таксона [Nilsson, Persson, 1981].

Для расчета суммы накопленных положительных температур и анализа фрагментов дальнего транспорта пыльцы использовались метеорологические данные с сайта http://rp5.in/Архив_погоды_в_Рязани. Анализ эпизодов дальнего заноса производился с

использованием метода реконструкции обратных траекторий, реализованном в модели HYSPLIT [HYSPLIT, 2022]. Для построения траекторий были выбраны 2 высоты – 1000 м и 500 м, модели рассчитывались на 72 часа назад.

Сезон пыления в средних широтах, который приходится на конец марта – начало апреля, открывает цветение ольхи и орешника. Их первые пыльцевые зерна в разные годы регистрировались в воздухе в разное время (табл. 1). Самое раннее появление отмечено 20.02.2020 г. (*Corylus*) и 21.02.2020 г. (*Alnus*), самое позднее – 07.04.2015 г. (*Corylus*, *Alnus*). Установлено, что для исследуемых таксонов характерен большой временной разрыв (3-4 недели) между первым появлением пыльцы в атмосфере и началом локального пыления. Эти эпизоды можно рассматривать как дальний транспорт пыльцы из соседних регионов. Анализ обратных траекторий движения воздушных масс, согласно модели HYSPLIT [HYSPLIT, 2022], показал, что регистрация в составе аэропалинологического спектра пыльцевых зерен ольхи и орешника в конце февраля-начале марта была сопряжена с ветрами южных, юго-западных и западных направлений. Регионами-потенциальными источниками, вероятно, являлись южные регионы России, Украины, Польши, Белоруссии, где пыление этих таксонов начинается гораздо раньше и опережает локальное пыление в г. Рязани на несколько недель.

Результаты исследований показали, что старт местного пыления для раннецветущих растений значительно варьирует, что обусловлено текущими погодными условиями сезона. В многочисленных работах обсуждается прямая связь между началом пыления и суммой эффективных положительных температур [Ненашева, 2008; Mahura et al., 2008], рассчитанной с 1 января текущего года. В нашем случае начало пыления ольхи наступало при накопленной положительной температуре 29-50.6 °С, орешника – 34-40.6 °С. Полученные показатели могут быть использованы для разработки прогнозов пыления раннецветущих растений в г. Рязани.

Продолжительность ОПП исследуемых таксонов сильно варьировала в зависимости от года исследований (таблица 1). В среднем длительность интенсивного пыления ольхи и орешника в Рязани составляет 2.5-3 недели. Однако при раннем начале весны и частых

Таблица 1. Характеристика пыления *Alnus* и *Corylus* в г. Рязани (2015-2021 гг.)

Год	Первое появление пыльцы (дата)	ОПП (начало-окончание)	Продолжительность ОПП (дни)	Пик пыления (дата)	С макс. (пз/м ³)	Σ сезон (число пз)	Последнее появление пыльцы (дата)
<i>Alnus</i>							
2015	07.04.2015	08.04-30.04	23	11.04.2015	47	140	25.09.2015
2016	14.03.2016	16.03-18.04	34	04.04.2016	312	1750	10.09.2016
2017	01.03.2017	23.03-11.04	20	24.03.2017	1021	2107	26.09.2017
2018	20.03.2018	07.04-20.04	14	07.04.2018	250	990	11.09.2018
2019	14.03.2019	21.03-23.04	34	31.03.2019	2037	10014	23.09.2019
2020	21.02.2020	25.02-23.04	59	12.03.2020	134	1070	22.09.2020
2021	07.03.2021	01.04-19.04	19	04.04.2021	897	3561	21.09.2021
<i>Corylus</i>							
2015	07.04.2015	08.04-13.05	36	11.04.2015	47	129	17.09.2015
2016	18.03.2016	31.03-18.05	49	06.04.2016	34	175	15.09.2016
2017	01.03.2017	06.03-21.04	47	24.03.2017	18	117	29.08.2017
2018	23.03.2018	07.04- 24.04	18	16.04.2018	60	255	30.08.2018
2019	13.03.2019	27.03-01.05	36	31.03.2019	217	763	10.09.2019
2020	20.02.2020	03.03-15.05	74	12.03.2020	172	625	21.08.2020
2021	03.03.2021	02.04-06.05	34	02.04.2021	149	750	26.08.2021

Обозначения: пз – пыльцевое зерно; С макс. – максимальная концентрация пз за сезон; Σ сезон – сумма пз за сезон; ОПП – основной период пыления

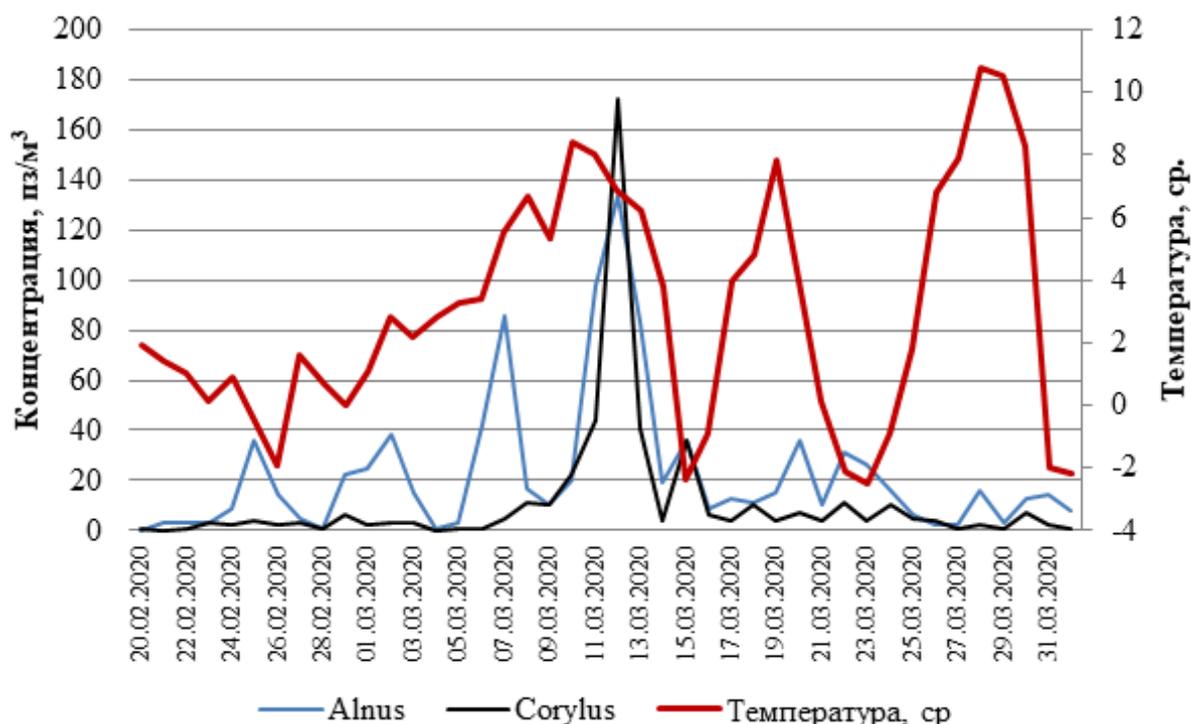


Рис. 1. Кривые пыления *Alnus* и *Corylus* в г. Рязани (2020 г.)

заморозках пыление приостанавливалось, а его общая продолжительность увеличивалась. Такую закономерность подтверждают результаты аэриобиологического мониторинга, полученные в 2020 г, когда продолжительность ОПП составила 59 (*Alnus*) и 74 (*Corylus*) дня соответственно (рис. 1).

В течение 7 лет наблюдений пик пыления ольхи и орешника фиксировался в разные дни марта-апреля (табл. 1).

Максимальное суточное содержание пыльцевых зерен за весь период исследований для обоих таксонов было зарегистрировано 31.03.2019 г. (2037 пз/м³ (*Alnus*) и 217 пз/м³ (*Corylus*)) (таблица 1). Согласно данным фенологических наблюдений, *Alnus* и *Corylus* в это время только начинают пылить в Рязанской области. Поэтому высокие значения в конце марта могут быть связаны с наложением на показатели локального пыления дальнезаносной компоненты. Анализ почасовой ритмики пыления ольхи и орешника 31.03.2019 г. выявил высокие концентрации пыльцы этих таксонов в поздневечерние, ночные и раннеутренние часы (22.00-06.00). При этом установлено, что суточный максимум местных сережкоцветных приходится на послеобеденное время (12.00-16.00), согласно ходу среднесуточных температур [Аллерготоп, 2022], что хорошо согласуется с нашими данными (рис. 2).

Результаты исследований в 2015-2021 гг. показали значительные колебания суммарной годовой концентрации пыльцы в составе воздушного бассейна г. Рязани: *Alnus* (от 140 до 10014 пз/м³) и *Corylus* (от 117 до 763 пз/м³). При этом наиболее высокие показатели отмечены в 2019 г. Очевидно, большой вклад в суммарное годовое содержание пыльцевых зерен в атмосфере вносит дальнезаносная пыльца из других регионов, которая фиксируется в спектре задолго до начала локального пыления. Так, высокая концентрация пыльцевых зерен ольхи (более 100 пз/м³ за сутки) отмечалась в воздухе в разные дни третьей декады февраля 2019 г., а 31.03.2019 г. зафиксирован суточный максимум у орешника (217 пз/м³), что отразилось и на суммарном годовом показателе. В наших широтах суточный максимум у орешника почти не превышает 100 пз/м³, мощные заносы отмечены редко из-за малого распространения растения из рода *Corylus* во всех странах мира (менее 1 % всего древостоя [Saulienė, 2014]). И, несмотря на широко распространение *Corylus avellana* в Рязанской области, вклад его пыльцы в состав аэропалинологического спектра достаточно низкий. Однако за последние 7 лет постоянно отмечена тенденция к росту суммарного годового показателя для орешника ($R^2 = 0.783$, $p=0.008107$). Это, как правило, связывают с повышением пыльцевой продукции в связи с

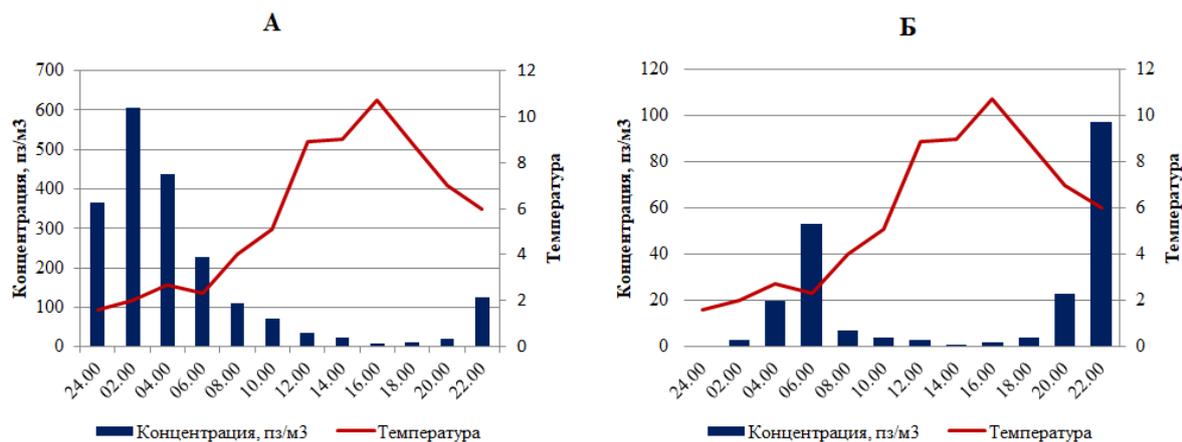


Рис. 2. Суточная динамика пыления *Alnus* (А) и *Corylus* (Б) (31.03.2019 г.)

глобальным потеплением [Аллерготоп, 2022]. В случае ольхи значимые направленные изменения не выявлены.

Окончание сезона пыления для *Alnus* и *Corylus* отмечается в разные годы в период с третьей декады апреля по вторую декаду мая. Единичные пыльцевые зерна их отмечались в воздухе вплоть до конца сентября. Это связано с тем, что пыльца анемофильных растений обладает хорошими аэродинамическими свойствами и, осаждаясь во время интенсивного пыления на листьях, траве, крышах домов, поверхности почвы, может вновь подниматься в воздух.

Таким образом, ольха и орешник широко распространены на территории Рязанской области, но вклад их пыльцы в состав аэропалинологического спектра различен. Сроки пыления этих таксонов ежегодно варьируют под влиянием метеорологических факторов. Концентрация пыльцы *Alnus* и *Corylus* в атмосферном воздухе зависит не только от локальных показателей, но и обусловлено вкладом дальнезаносной пыльцы в разные периоды вегетационного сезона. При этом дальний транспорт чаще всего сопряжен с ветрами южных, юго-западных, западных регионов.

Для анализа текущей аэропалинологической обстановки в г. Рязани, прошлых эпизодов и краткосрочного прогнозирования необходим системный и непрерывный аэробιοлогический мониторинг.

Литература:

Аллерготоп [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://allergotop.com/> (дата обращения: 13.04.2022 г.).

Архив погоды в Рязани [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://rp5.ru/Архив_погоды_в_Рязани (дата обращения: 13.04.2022 г.).

Казакова М.В. Флора Рязанской области. Рязань: Русское слово, 2004. 388 с., 39 карт.

Ненашева Г.И. Процесс пыления растений и его взаимосвязь с метеорологическими показателями окружающей среды (на примере г. Барнаула) // Сборник научных трудов XII Всероссийской Палинологической конференции «Палинология: стратиграфия и геоэкология». Спб.: ВНИГРИ, 2008. С. 163–166.

Gala'n C., Smith M., Thibaudon M., Frenguelli G., Oteros J., Gehrig R., Berger U., Clot B., Brandao R., EAS QC Working Group Pollen monitoring: minimum requirements and reproducibility of analysis // *Aerobiologia*. 2014. Vol. 30. P. 385–395.

HYSPLIT – Air Resources Laboratory [Electronic resource]. Available at: <https://www.ready.noaa.gov/HYSPLIT.php> (accessed 13.04.2022).

Mahura A., Rasmussen A., Baklanov A. Diurnal Cycle of Birch Pollen Parameterization for operation Mod

Nilsson S., Persson S. Tree pollen spectra in the Stockholm region (Sweden), 1973–1980 // *Grana*. 1981. Vol. 20. P. 179–182.

Saulienė, I., Sukienė, L., Severova, E. et al. Comparison of *Alnus*, *Corylus*, *Betula* pollen seasons in Riga, Moscow and Vilnius // *Aerobiologia*. 2014. V. 30. P. 423–433.



**МОРФОЛОГИЯ ПЫЛЬЦЫ НЕКОТОРЫХ СОВРЕМЕННЫХ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ
СЕМЕЙСТВА MYRTACEAE В СВЕТОВОМ И СКАНИРУЮЩЕМ ЭЛЕКТРОННОМ
МИКРОСКОПЕ**

Т.В. Кезина¹, Г.Ф. Дарман²

¹ Амурский государственный университет, Благовещенск, tkezina@mail.ru

² Амурский филиал БСИ ДВО РАН, Благовещенск, GFDarman@yandex.ru

**MORPHOLOGY OF POLLEN OF SOME MODERN REPRESENTATIVES OF
MYRTACEAE FAMILY IN LIGHT AND SCANNING ELECTRON MICROSCOPE**

T.V. Kezina¹, G.F. Darman²

¹ Amur State University, Blagoveshchensk

² Amur branch of BSI DVO RAS, Blagoveshchensk

Myrtaceae (Миртовые) – одно из самых крупных семейств в порядке миртовых. Оно включает более 140 родов и не менее 3000 видов. Это вечнозеленые деревья и кустарники, обитающие главным образом в тропических странах и особенно многочисленны в Австралии и тропической Америке. Из всех представителей этого семейства севернее всего произрастает *Myrtus communis* L., достигающий Азорских островов, Европы и Западной Азии [2]. На территории России представители семейства Миртовых не встречаются, но их состав разнообразен в парках и ботанических садах Кавказа и Крыма. Во Флоре СССР [5] приводятся 11 видов эвкалиптов, культура которых была начата в 80-х годах XIX в. на Черноморском побережье Кавказа [3].

Исследованный материал включает пыльцу, отобранную Т.В. Кезиной в гербарии Ботанического института им. В.Л. Комарова (Санкт-Петербург). Обработка пыльцы была проведена ацетоллизным методом Эрдмана [6]. При приготовлении препаратов для СЭМ использовали методику Н.Р. Мейер-Меликян [4]. Латинские названия семейства, родов и видов приведены в соответствии с электронным биологическим ресурсом The Plant List [7]. В работе использовался СЭМ JOL-35, биологические микроскопы Biolar и Биолам Д-11, микрофотонасадка МФН-11.

Морфология пыльцы

Rhodomirtus tomentosa (Aiton) Hassk (*Myrtus tomentosa* Aiton). **Табл. I, Фиг. 1-3.**

Пыльцевые зерна (п.з.) меридионально 3х - бороздно-поровые, крупные. Диаметр 26,6-36,6 мкм, средний 32,8 мкм. П.з. треугольные, стороны вогнутые. В экваториальном положении эллиптические, встречаются редко. Борозды очень тонкие, слабо выражены (видны с иммерсией), длинные на проксимальной стороне равные 1/2 диаметра, на дистальной стороне – короткие, равные 1/3 диаметра. Пор три, слегка куполовидно приподняты, лежат по экватору. Экзина у пор раздваивается и образует обратноворонковидную поровую камеру. Отверстие поры широкое или узкое, что, вероятно, зависит от степени зрелости пыльцевого зерна. Ширина поровой камеры до 5,1 мкм, высота 1,5-2 мкм. Экзина толстая, мелкоточечная, при увеличении более х700, мелкобугорчатая. Край п.з. ровный. На СЭМ структура п.з. бугорчатая. Экзина покрыта разновеликими бугорками с плотно прижатыми основаниями. Иногда в области поровой камеры, экзина нарушена и видны отдельные бугорки разной формы и высоты. Изменчивость: варьирует высота поровой камеры.

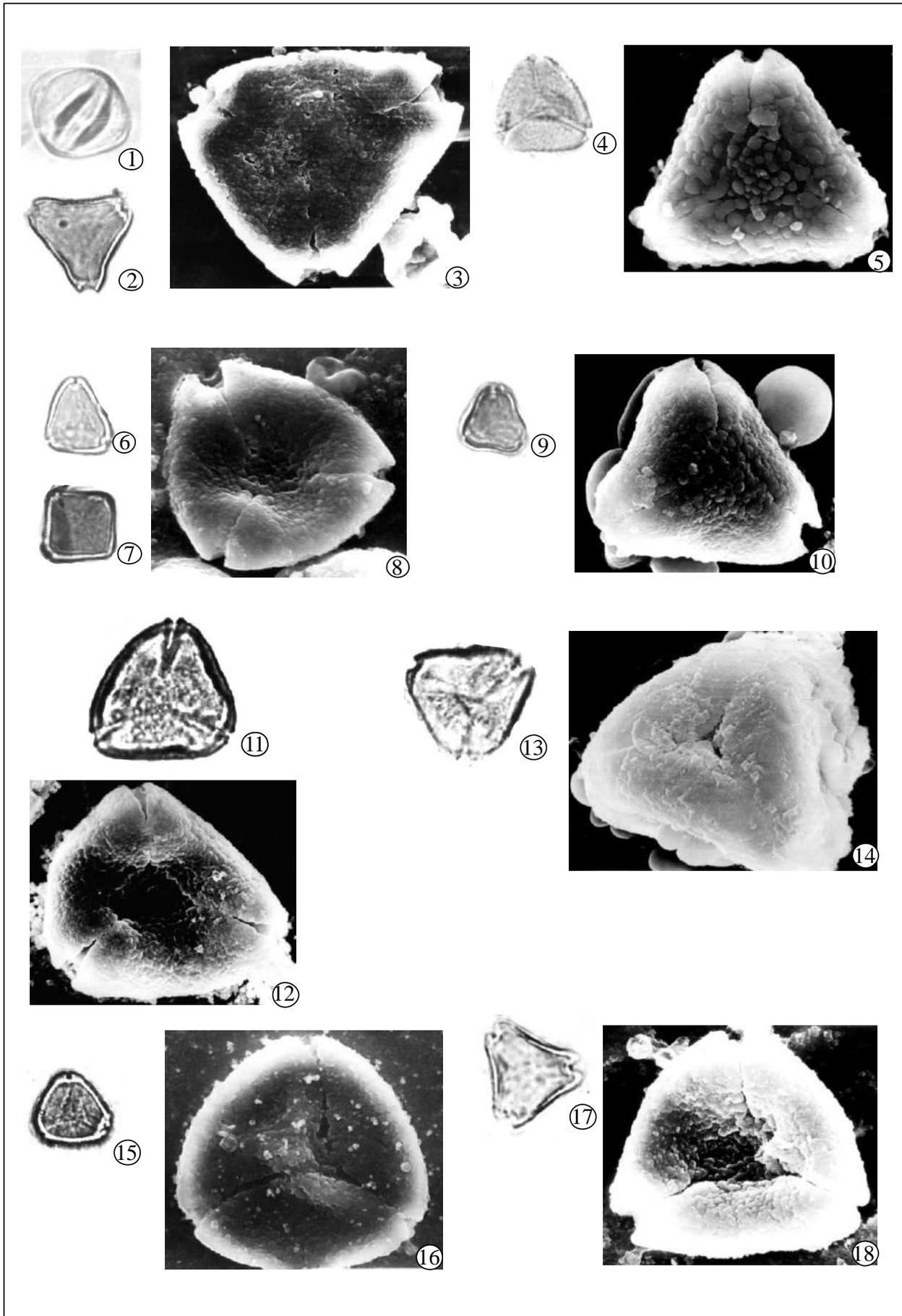
Сравнения и замечания (обр. №712): изредка, встречаются п.з. в экваториальном положении. В атласе "Палиноморфы Китая" [8] идентичная пыльца также рассматривается как *Rhodomirtus tomentosa*. (Табл. LXIX, фиг. 10а, 10б).

Rhodomirtus tomentosa (Aiton) Hassk – кустарник или маленькое вечнозеленое дерево высотой до 4 м. Растет в диком виде на морских побережьях, во влажных дождевых лесах, в болотистой местности, поднимаясь до высоты 2400 м над уровнем моря в Южной и Юго-Восточной Азии [2].

Rhodomirtus psidioides (G. Don) Benth. (*M. tozerii* F. Mull). **Табл. I, Фиг. 4-5.**

Пыльцевые зерна меридионально 3х - бороздно-поровые, крупные, треугольно-округлые. Диаметр 23,3-29,9 мкм, средний - 28,2 мкм. Борозды широкие и короткие - на дистальной стороне, равные 1/3 диаметра; на проксимальной – длинные, равные 1/2 диаметра. Экзина 1,6

Таблица I



←
Таблица I

Фиг. 1-3. *Rhodomyrtus tomentosa* (Aiton) Hassk (*Myrtus tomentosa* Aiton) – Родомирт войлочный (мирт войлочный);

Фиг. 1,2 - x1100. СМ. Экваториальное и дистальное положение п.з.; Фиг. 3 - x 2400 СЭМ; форма и структура п.з., дистальная сторона п.з.; Фиг. 4 - 5. *Rhodomyrtus psidioides* (G. Don) Benth. (*Myrtus tozerii* F.Mull) – Родомирт псидиоидес (Мирт Тозери); Фиг. 4 - x1100 СМ, дистально трехбороздно-поровое п.з.; Фиг. 5 - x3000 СЭМ, форма и структура п.з. дистальная сторона п.з.; Фиг. 6 - 8. *Myrtus communis* L. (*M.italika* (Mill) Rouy & E.G.Camus) – Мирт обыкновенный (М. итальянский); Фиг. 6,7 - x1100 СМ, дистальное положение трех- и четырех-борозднопорового п.з.; Фиг. 8 - x4800 СЭМ; структура п.з., дистальная сторона п.з.; Фиг. 9-10. *Myrtus communis* L. – Мирт обыкновенный; Фиг. 9 - x1100. СМ; дистально трехбороздно-поровое п.з.; Фиг. 10 - x5400 СЭМ; структура п.з., дистальная сторона п.з.; Фиг. 11-12. *Myrtus rurpedata* L. – Мирт стоповидный; Фиг. 11 - x1100 СМ; дистально трехбороздно-поровое п.з.; Фиг. 12 - x3000 СЭМ, структура п.з., дистальная сторона п.з.; Фиг. 13-14. *Pimenta pseudocaryophyllus* (Gomes) Landrum (*Myrtus pseudocaryophyllus* Gomes) – Пимента ложногвоздиковидная (Мирт ложногвоздиковидный). Фиг. 13 - x900 СМ; дистально трехбороздно-поровое п.з.; Фиг. 14 - x 3600 СЭМ; структура п.з., проксимальная сторона п.з.; Фиг. 15-16. *Gossia vieillardii* (Brongn. & Gris) N.Snow (*Myrtus vieillardii* Brongn. & Gris) – Госсия складчатая (Мирт обвивающий); Фиг. 15 - x1100 СМ; дистально трехбороздно-поровое п.з.; Фиг. 16 - x3600 СЭМ; структура п.з., проксимальная сторона п.з.; Фиг. 17-18. *Gossia hillii* (Benth) N. Snow & Gumer (*Myrtus orasa* C.T. White) – Госсия Хилла (Мирт матовый); Фиг. 17 - x1100 СМ; дистально трехбороздно-поровое п.з.; Фиг. 18 - x4000 СЭМ; структура п.з., проксимальная сторона п.з.

мкм, слабо приподнята в области пор. Поровая камера обратноворонковидная. Поровое отверстие продолговато-овальное. Высота до 1,8 мкм, ширина - до 6,3 мкм.

Структура экзины на СЭМ - бугорчатая, образована отдельными разновеликими бугорками округлой формы. Вдоль борозд бугорки сливаются и уплотняются. Поверхность п.з. на дистальной стороне в апокольпиуме, выделяется более мелкими и отдельно стоящими бугорками. Край пыльцевого зерна волнистый, в области пор ровный. Изменчивость: варьирует форма порового отверстия, от округло-овальной до щелевидной.

Сравнения и замечания (обр. №713): рисунок поверхности экзины *Myrtus tozerii* отличен от всех описанных видов. В атласе "Палиноморфы Китая" [8] идентичная пыльца рассматривается как *Decaspermum gracilentum* (Hance) Merret Perry (Табл. LXIX, фиг.5а,5б).

Rhodomyrtus psidioides, или гуава, кустарник или небольшое дерево высотой до 12 м родом из восточной части Австралии, который быстро растет и играет важную роль в восстановлении тропических лесов [2].

Myrtus communis L. (*Myrtus italika* (Mill) Rouy & E.G.Camus). **Табл. I, Фиг. 6-8.**

Пыльцевые зерна меридиально 3х, -4х бороздно-поровые, мелкие, чаще радиально-симметричные. В экваториальном положении зерна эллиптические. Диаметр 13,3-17 мкм, средний 15,2 мкм. Борозды короткие, равные 1/3 диаметра на дистальной стороне, и длинные, равные 1/2 диаметра на проксимальной, очень тонкие, слабо выражены, диагностируются с иммерсией. Экзина 1,5 мкм, структура мелкоточечная. Пора маленькая округло-треугольная. Ширина - 3,2 мкм, высота до 1,1 мкм. Отверстие пор узкое, щелевидное. Экзина у пор, слегка приподнимаясь, как бы заворачивается внутрь поры. Край п.з. ровный.

На СЭМ структура п.з. мелкобугорчатая, хорошо диагностируемая, при увеличениях более x3000. В апокольпиуме бугорки более крупные. Изменчивость: варьирует размер п.з. и порового отверстия. Сравнения и замечания (обр. №716): при изучении на СМ поверхность зерна гладкая, даже с иммерсией.

Myrtus communis L. **Табл. I, Фиг. 9-10.**

Пыльцевые зерна меридиально 3х - бороздно-поровые, мелкие, треугольно округлые или со слабо вогнутыми сторонами. Диаметр 13,3-16,6 мкм, средний -13,7 мкм. В экваториальном положении п.з. встречаются очень редко и имеют эллиптические очертания. Борозды тонкие, слабо выражены, равные 1/3 диаметра на дистальной стороне и 1/2 диаметра на проксимальной. Экзина толстая, слегка утолщающаяся в области пор. Пора узкая, щелевидная. Камера маленькая, до 1,2 мкм высоты и до 3,7 мкм ширины. Экзина у пор слегка подворачивается внутрь. Поверхность п.з. гладкая или слабо точечная.

На СЭМ - равномернобугорчатая. Край борозд более гладкие.

Изменчивость: варьирует толщина экзины и ширина порового отверстия.

Сравнения и замечания (обр. № 717): структура экзины мелкобугорчатая, видимая только

на СЭМ при увеличении более $\times 3000$.

Myrtus rurpedata (pediformis) L. Табл. I, фиг. 11-12.

Пыльцевые зерна меридионально 3х, 4х - бороздно-поровые, крупные, треугольно округлые. Диаметр 26,6-33,3 мкм. Средний - 29,9 мкм. Стороны п.з. слегка вогнутые или округло выпуклые. Поры слабо приподняты, расположены по экватору. Борозды широкие. Длина борозд составляет 1/3 диаметра на дистальной стороне и 2/3 на проксимальной стороне зерна. Экзина толстая, до 3,2 мкм. Поровая камера обратноворонковидная, ширина - 5,6 мкм, высота до 1,6 мкм. Поровое отверстие узкое. Края п.з. и борозд неровные, зернистые или мелкобугорчатые ($\times 700$). На СЭМ - поверхность п.з. бугорчато-ямчатая, с увеличением размера бугорков к апакольпиуму. Изменчивость: варьирует форма поровой камеры. У дистально 3х бороздно-поровых п.з. она уже и выше.

Сравнения и замечания (обр. №: 718): обнаруживается сходство с *Myrtus tozerii*, по форме зерна и структуре экзины.

Pimenta pseudocaryophyllus (Gomes) Landrum (M. pseudocaryophyllus Gomes). Табл. I. Фиг. 13-14.

Пыльцевые зерна меридионально 3х - бороздно-поровые, средние. Стороны ровные, слегка вогнутые или слегка выпуклые. Диаметр п.з. 18, 1-20,5 мкм, средний – 19,6 мкм.

Поры слегка приподняты, расположены по экватору. Борозды тонкие, равные 1/3 диаметра на дистальной стороне и слитные - на проксимальной. Экзина тонкая. Поровая камера линзовидная, редко щелевидная, широкая. Ширина - 4,6 мкм, высота до 1,2 мкм.

Поровое отверстие узкое или широкое. Экзина у края пор слегка заворачивается внутрь, как у *M. italica* и *M. communis*. Экзина мелкобугорчатая ($\times 900$), край п.з. неровный. На проксимальной стороне бугорки примерно одинаковые, но в апокольпиуме они более редкие. Изменчивость: варьирует ширина порового отверстия. Меняется характер бугорков от края к центру.

Сравнение и замечания (обр. №719): по строению поровой камеры п.з. сходны с *M. italica* и *M. communis*.

Род *Pimenta* представлен небольшими деревьями или кустарниками. Он в основном распространен в пантропических и субтропических регионах, включая Центральную и Южную Америку [2].

Gossia vieillardii (Brongn. & Gris) N. Snow (Myrtus vieillardii Brongn. & Gris). Табл. I, фиг. 15-16.

Пыльцевые зерна меридионально 3х - бороздно-поровые, средние, треугольно-округлые. Диаметр 19,9-23,3 мкм, средний - 23 мкм. Борозды узкие, короткие на проксимальной и длинные, слитные - на дистальной стороне. Пор три, лежат по экватору. Поровое отверстие линзовидное, высота - 1,4 мкм, ширина до 4,7 мкм. Структура п.з. мелко-бугорчатая, бугорки разновеликие, незамкнутые, часто сливающиеся. Дистальная половина зерна более ровная. Край п.з. зернистый. Изменчивость: Варьирует форма поровой камеры и величина порового отверстия.

Сравнения и замечания (обр. №720): По строению и структуре п.з. сходен с *M. rurpedata*, но отличается меньшими размерами. В атласе "Палиноморфы Китая" [8] идентичная пыльца рассматривается как *Cleistemon rigidus* R.Br. (Табл. LXIX, фиг. 4а,4б).

Gossia hillii (Benth) N. Snow & Gumer (M. opaca C.T. White?). Табл. I, Фиг. 17-18.

Пыльцевые зерна меридионально 3х - бороздно-поровые, средние, треугольные, с вогнутыми сторонами. Диаметр 16,6-26,6 мкм, средний – 20,6 мкм. Борозды широкие, хорошо выражены. На дистальной стороне слитные. Поры расположены по экватору, слегка приподняты. Экзина толстая, до 2,6 мкм. Поровая камера линзовидная. Ширина поровой камеры до 5,6 мкм, высота 1,8 мкм. Отверстие поры продолговато-овальное. Двуслойность экзины прослеживается с иммерсией. Арки между порами отчетливые. Край п.з. ровный. Изучение на СЭМ показывает, что арки образованы бороздками на проксимальной стороне. Экзина мелко-равномерно-бугорчатая. Размер бугорков увеличивается в апокольпиуме. Сливаясь, бугорки образуют широкий валик вдоль борозд. Край п.з. бугорчатый. Изменчивость: варьирует форма и размер поровой камеры.

Сравнения и замечания (обр. №721): по структуре п.з. сходны с *Myrtus communis* L.

Выводы

Внимательное рассмотрение и сравнение описанных видов современной пыльцы семейства Миртовых показывает, что каждый из видов индивидуален. Они отличаются друг от друга размерами, строением и особенностями структуры экзины. Не представляется возможным найти идентичные виды на основе сходства пыльцевых зерен.

В целом, по сравнению с пыльцой других родов и видов покрытосеменных, пыльца представителей семейства миртовых мелкая, в связи с чем, вероятно, она до сих пор недостаточно изучена.

Проведенный нами анализ показывает, что пыльцу описанных видов, по размеру можно разделить на 3 группы: условно крупные п.з. - средний диаметр 33 мкм (имеют 5 видов из описанных), средние п.з. - 21 мкм (6 видов), мелкие п.з. - 16 мкм (8 видов).

Крупные п.з. имеют преимущественно обратворонковидную поровую камеру, средние п.з. - линзовидную, а мелкие - щелевидную.

По особенностям строения п.з. выделяются *Myrtus incana* O. Berg. и *Myrtus communis* L. (*M. eusebii* Sennen & Teodoro), проявляя черты сходства с *Eugenia Jambosa* L. [6].

Наиболее ярко выражается отличие *M. tozerii* F.Mull, от всех изученных видов, на основе редкой крупнобугорчатой структуры поверхности п.з.

Несколько, более мелкая структура отличает п.з. *Myrtus rurpedata (pediformis)* L. и *Myrtus vieillardii* Brongn. & Gris, но другие их признаки существенно различаются.

Таким образом, изученная нами пыльца вносит определенный вклад в палиноморфологию семейства Myrtaceae. Эти знания войдут в базу данных по палиноморфологии кайнозойских отложений и позволят более точно определять ископаемую пыльцу. Полный материал исследования опубликован в Вестнике АмГУ 2021 г. № 95 (78-88 с.).

Литература

1. Братцева Г.М. Палинофлора палеогена Капской впадины // Палинология в СССР. Новосибирск: Наука, 1988. С. 107–109.
2. Жизнь растений // Семейство миртовые (Myrtaceae) : ред. Е.Н.Немирович-Данченко. Гл. ред. А. Л. Тахтаджян. М. : Просвещение, 1981. Т. 5. Ч. 2 : Цветковые растения. - С. 216–222.
3. Зернов А.С. Флора Северо-Западного Кавказа. М.: Товарищество научных изданий КМК. 2006. 664 с.
4. Мейер-Меликян Н.Р. Значение микроскопических исследований в спорово-пыльцевом анализе. /Палинология и палеогеография. -Свердловск:КНЦ РАН СССР, 1983. - с. 144-147
5. Семейство Миртовые - Myrtaceae // Флора СССР : в 30 т. / начато при рук. и под гл. ред. В. Л. Комарова. - М. ; Л. : Изд-во АН СССР, 1949. Т. 15 / ред. тома Б. К. Шишкин, Е. Г. Бобров. С. 554–555.
6. Эрдтман Г. Морфология пыльцы и систематика растений. Под ред. Н.А. Сысиной. М.: Из-во Иностранной литературы, 1956. 486 с.
7. The Plant List (2013). Version 1.1. Published on the Internet. : [http:// www.theplantlist. org](http://www.theplantlist.org).
8. Pollen species of modern plants in China.Beijing: Botanical Institute of the Academy of Sciences of China, 1960. 150 p.



**ПОЗДНЕГОЛОЦЕНОВАЯ ДИНАМИКА УВЛАЖНЕННОСТИ ПАЛЕОПОЙМЫ РЕКИ
ВОЛХОВ В КОНТЕКСТЕ ХОЗЯЙСТВЕННОГО ОСВОЕНИЯ СРЕДНЕГО
ПОВОЛХОВЬЯ (ПО МАТЕРИАЛАМ РАСКОПОК СЕЛИЩА СИТНО)**

О. В. Кочубей¹, И. И. Еремеев², Н. И. Летюка³

¹СПФ ФГБУ «ВНИГНИ», Санкт-Петербург, slavyanskok@yandex.ru

²Институт истории материальной культуры РАН, Санкт-Петербург,
eremeev_iimk@mail.ru

³РГПУ имени А. И. Герцена, Санкт-Петербург, letjuka@mail.ru

**LATE HOLOCENE DYNAMICS OF MOISTURE CONTENT OF THE
PALEOFLOODPLAIN OF THE VOLKHOV RIVER IN THE CONTEXT OF HUMAN
DEVELOPMENT OF THE MIDDLE VOLKHOV REGION (BASED ON THE MATERIALS OF
ARCHAEOLOGICAL EXCAVATIONS, SITNO SETTLEMENT)**

O. V. Kochubey¹, I. I. Ereemeev², N. I. Letjuka³

¹SPF FSBI "VNIGNI", St. Petersburg

²Institute of the history of material culture RAS, St. Petersburg

³Herzen State Pedagogical University, St. Petersburg

Водные речные артерии всегда играли особую роль в хозяйственном освоении территорий. Предпосылками для формирования торгово-ремесленных и административных центров в Поволховье и самого водного пути по Волхову являлись как культурно-исторические, так и природные события [Носов, 1981, 1999; Шитов и др., 2005; Еремеев и др., 2010].

Освоение Среднего Поволховья в позднеголоценовое время стало возможным после завершения последней Ладожской трансгрессии. Об этом, в том числе, свидетельствуют материалы археологических раскопок селища Ситно в Новгородском районе, проведенных в 2016 году [Еремеев и др., 2019]. Селище расположено на надпойменной террасе правого берега Волхова. Оно приурочено к расширению поймы, в которой лежит старичное озеро, соединенное короткой протокой с руслом реки. В том месте, где эта протока впадает в Волхов, располагается изученный археологическим раскопом участок.

Из южной стенки раскопа был отобран почвенно-монокристаллический разрез 1 мощностью 2 м, из которого в дальнейшем последовательно были взяты 40 образцов отложений различного генезиса для проведения спорово-пыльцевого анализа (СПА). Помимо материалов для СПА, из этого же разреза отобрано 15 образцов на радиоуглеродный анализ, 3 из них представлены торфом, и 12 – это фрагменты древесины из разных горизонтов изученного разреза (Табл. 1). Литологическое описание разреза 1 составлено двумя различными специалистами: археологом И. И. Еремеевым в поле (табл. 1) и географом Н. И. Летюкой в лабораторных условиях, при одновременном отборе образцов на СПА.

Почвенный разрез 1, в соответствии с полевым определением Еремеева И. И., представлен аллювиальными лугово-болотными оторфованными слоистыми почвами и отражает относительно статичные условия формирования исследуемой территории на протяжении длительного периода, нарушаемые сезонными или эпизодическими явлениями, связанными с гидрологическим режимом озера Ильмень и реки Волхов (табл. 1).

В основании изученных пойменных отложений (инт. 1,86 - 2,0 м) залегает серо-голубой аллювий, перекрытый прослоем древесного торфа, начало накопления которого фиксируется радиоуглеродной датой 1850±90 (Ле-11511). В пределах изучаемого разреза 1 установить нижнюю возрастную границу серо-голубого аллювия не было возможности из-за его большой мощности (более 2 м) и обводненности поймы. Сделать это удалось в балке к северу от селища (разрез 2). Здесь у археологов была возможность наблюдать в карьере горизонт торфа, перекрытый серо-голубыми суглинками, и отобрать из этого торфа образец (Ле-11519), давший дату 10340±60 ВР. Таким образом, нижнюю и верхнюю границы серо-голубого аллювия в пойме определяют радиоуглеродные даты: соответственно 10340±60 (Ле-11519) и 1850±90 (Ле-11511), что дает основания связывать его с ладожской трансгрессией [Кошечкин и др., 1993; Верзилин и др. 2000].

По результатам палинологического исследования серо-голубые супесчаные отложения в основании разреза 1 относятся к начальному периоду субатлантики. В составах спектров

Таблица 1. Селище Ситно. Разрез 1. Археологическая стратиграфия¹ (И. И. Еремеев)

Контекст №	Глубина, м	Литоология	Археологические находки	Датировки 14С, ВР
1	0 – 0,30	Бурая супесь с корнями растений (современный дерновый слой)	-	
2	0,30 – 0,45	Серый супесчаный пойменный аллювий с прослойками органики (современный)	Обломки досок, головная часть артиллерийского снаряда 1941 г.	
3	0,45 – 0,60	Серо-желтый супесчаный пойменный аллювий с прослойками органики. Увеличивается по мощности в сторону поймы	Обтесанные топором колья	
4	0,60 – 0,85	Торф с примесью песка.	Щепа	190±100 (Ле-11509) 200±45 (Ле-11518)
5	0,85 – 0,90	Серый супесчаный пойменный аллювий. Выклинивается в сторону поймы, распадаясь на мелкие прослойки.	Обрубленные ветки, колья, щепа	
6	0,90 – 1,30	Торф с тонкими прослойками глинистого аллювия, ветками, щепой, с обожженными и колотыми очажными камнями (изредко).	Обрубленные ветки, щепа	340±60 (Ле-11516) 430±60 (Ле-11517) 460±40 (Ле-11514) 560±55 (Ле-11515) 740±60 (Ле-11513) 840±50 (Ле-11510)
7	1,30 – 1,45	Серый супесчаный пойменный аллювий с прослойками сильно разложившейся (черного цвета) растительной органики. Выклинивается в сторону поймы.	Подтесанные колья и обрубленные ветки	
8	1,45 – 1,86	Торф с ветками, щепой, подтесанными кольями, с колотыми и обожженными очажными камнями.	Щепа, обрубленные ветки, фрагменты обработанных топором колевок, фрагмент придонной части лепного гладкостенного сосуда. Кроме того, фрагмент реберчатого лепного сосуда был найден близ границы торфа и серо-голубой глины за пределами разреза 1	430±80 (Ле-11504) 1050±50 (Ле-11507) 1090±30 (Ле-11508) 1150±50 (Ле-11505) 1155±25 (Ле-11506) 1250±30 (Ле-11512) 1850±90 (Ле-11511)
9	1,86 - 2,0	Серо-голубой однородный озерно-аллювиальный суглинок (условный материк).	-	

господствует пыльца древесных и кустарниковых растений (более 80 %), среди которых преобладает ель (*Picea abies* L. до 44%) (рис. 1). Значения содержания пыльцы березы и ольхи варьируют от 3 до 8%. Широколиственные представлены немногочисленными пыльцевыми зёрнами липы, дуба, вяза, их суммарное участие в среднем составляет 4%. Содержание травянистых не превышает 11% (преобладают осоковые и сложноцветные), а споровых – 13% (в основном *Sphagnum* spp. и *Polypodiaceae* gen. indet.). Эпизодически встречается пыльца водных и прибрежно-водных растений. Среди непыльцевых палиноморф диагностированы микрогрибы, раковинные амебы, представители диатомовых, зигнемовых и зеленых водорослей, что в совокупности с находками пыльцы водных растений может являться признаком обводненности изучаемой территории в ранней субатлантике. Следов земледельческой деятельности (пыльцы культурных растений) для этого времени не выявлено, хотя археологические находки эпохи раннего металла на селище довольно многочисленны (преимущественно текстильная керамика). Выше по разрезу 1, на глубине 1,86 м, отмечается довольно резкая литологическая граница, отделяющая озерно-аллювиальные отложения от болотных. Как упоминалось ранее, начало накопления торфяной залежи определяется датой 1850±90 (Ле-11511), при этом первые 0,5 м пойменных отложений представлены древесным торфом постепенно переходящим в древесно-осоковый. Такие изменения пойменного режима нашли свое отражение в составах палиноспектров из этого интервала разреза (инт. 1,38-1,86 м). Несмотря на то, что древесные и кустарниковые по-прежнему остаются выраженными доминантами, в их группе происходят значительные изменения в количественном содержании основных компонентов. Так на фоне резкого сокращения пыльцы ели вверх по разрезу (от 48 до 23%) отмечается существенный рост

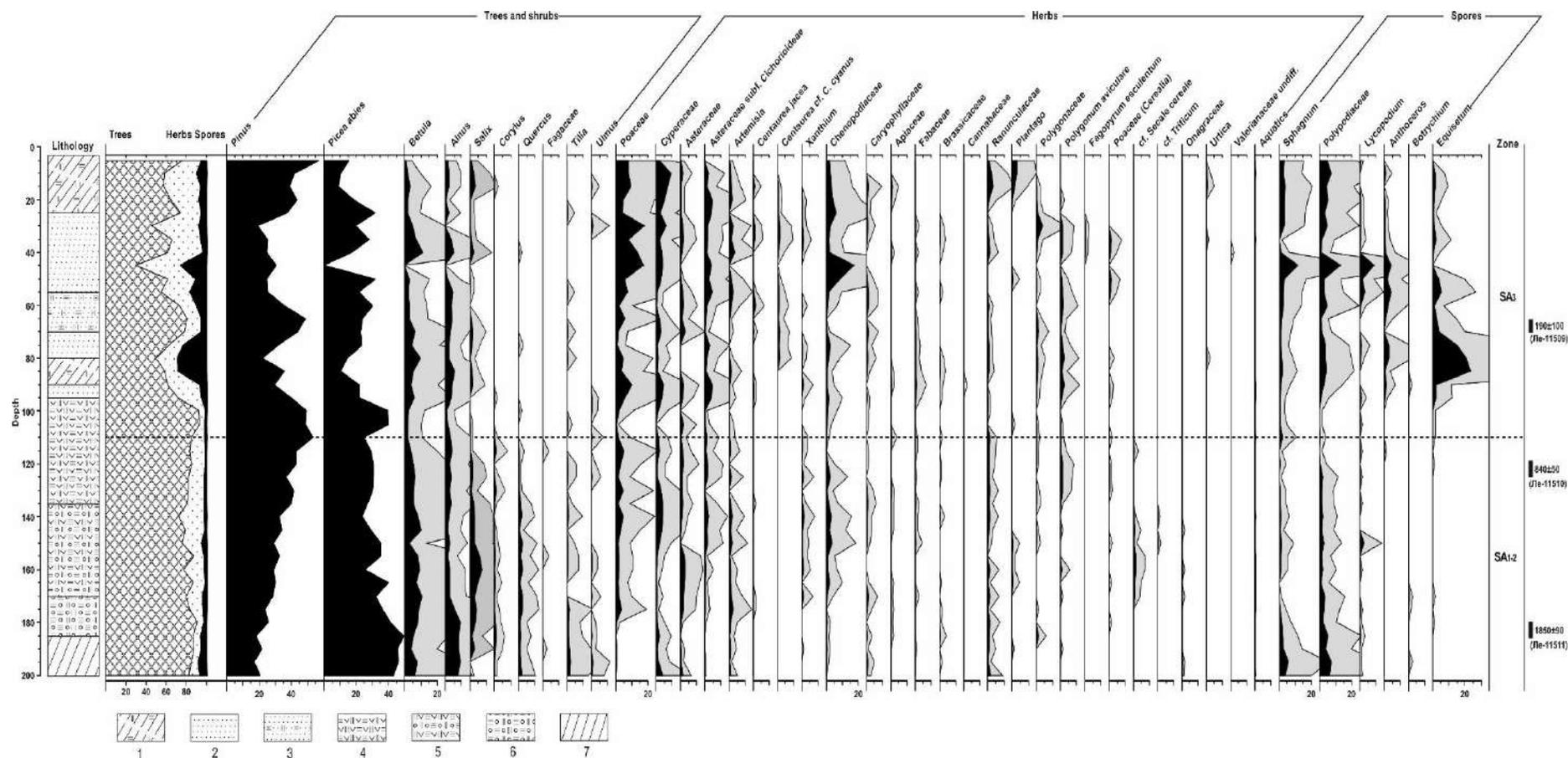


Рис. 1. Спорово-пыльцевая диаграмма разреза 1. Селище Ситно (пойма р. Волхов)

Условные обозначения к литологической колонке (Н. И. Летюка): 1 – супесчаный торфованный уплотненный слой; 2 - песчаный уплотненный слой; 3 – песчаный торфованный уплотненный слой; 4 – осоковый торф средней степени разложения; 5 - древесно-осоковый торф средней и высокой степени разложения; 6 - древесный торф средней и высокой степени разложения; 7 - серо-голубой супесчаный уплотненный слой

кривой сосны (от 18 до 32%). В два раза возрастает участие березы и ивы. Заметно снижается содержание ольхи (с 8 до 2%). Незначительно (на 1%) сокращается количество пыльцы широколиственных пород, в первую очередь, за счет частичного выпадения липы и вяза. Таксономический состав представителей группы травянистых и кустарничковых становится разнообразнее. Возрастает роль злаковых, сложноцветных, маревых, гречишных, осоковых и др. Периодически отмечаются единичные пыльцевые зерна гидрофильных растений (группа Aquatics), что свидетельствует о периодическом подтоплении низкой поймы. Состав споровых обогащается, но при этом их суммарное количество несколько снижается. На глубине 1,83-1,85 м фиксируется появление единичных пыльцевых зерен культурных злаков, вверх по разрезу (в пределах интервала) их количество незначительно возрастает.

Формирование древесной и древесно-осоковой торфяной залежи (инт. 1,38-1,86 м) продолжалось на протяжении I тыс. н. э., что подтверждено радиоуглеродными датировками и находками характерной лепной реберчатой керамики «ладожского типа» в основании болотных отложений в разрезе 1. Особенности компонентных и количественных составов палиноспектров указывают на конец раннего - начало среднесубатлантического времени образования вмещающих их осадков, что не противоречит радиоуглеродному датированию. Начало накопления древесного торфа, сокращение участия гидрофильных компонентов палиноспектров, увеличение представителей мезофильного разнотравья, а также находки культурных злаков в совокупности свидетельствуют об осушении территории и формировании пойменных ландшафтов, вероятно, осваиваемых новым земледельческим населением во второй половине I тыс. н. э.

На глубине 1,35-1,40 м древесно-осоковый низинный торф сменяется осоковым торфом. При этом в приграничных слоях заметно увеличивается содержание мелкого пылеватого песка, что указывает на плавный подъем уровня воды, обусловленный сезонным разливом ильменьского водоема. К этим отложениям приурочены находки раннегончарной и лепной древнерусской керамики X–XI вв., а также намытое половодьем скопление кольев и веток, зафиксированное в раскопе. Раннегончарная керамика имеет довольно узкую датировку в пределах X в.

Смена состава торфяных отложений в инт. 1,35-1,40 м не сильно отразилась на количественных показателях палиноспектров, типичных для средней субатлантики. Отмечено лишь незначительное увеличение содержания осоковых, злаковых, маревых и гречишных. Зафиксированы единичные плохо сохранившиеся пыльцевые зерна культурных злаков (предположительно, рожь и пшеница). В целом, в спектрах, характеризующих осоковый торф в инт. 1,10-1,30 м, сохраняется тенденция к увеличению количества пыльцы сосны (до 52%) при практически неизменном показателе содержания ели (в среднем 24 %). Споровые по-прежнему занимают подчиненное положение (в сумме не более 4%). Среди непольцевых палиноморф довольно резко возрастает количество микрогрибов и раковинных амёб типа *Arcella*. Это может быть связано с улучшением аэрации почв, а также с увеличением содержания минеральных частиц, попадавших в торфяные залежи во время половодий или активной распахки берегов реки, начавшейся согласно радиоуглеродной датировке (840 ± 50 (Je-11510)) не ранее XIII века.

В палиноспектрах верхней части осокового торфа (инт. 0,96-1,10 м) фиксируются пиковые значения содержания сосны (51%) и ели (39%), при этом участие других представителей древесно-кустарниковой группы (в том числе, широколиственных пород) заметно сокращается. Количество пыльцы травянистых снижается вдвое (с 13% до 6%), в их составе присутствуют единичные представители культурных злаков. Споровые также малочисленны. В составе непольцевых палиноморф, диагностированных в этом интервале разреза, присутствуют многочисленные грибы, раковинные амёбы, водоросли, коловратки (яйца), фрагменты ветвистоусых. Вероятно, столь резкое сокращение участия большого количества таксонов древесных и травянистых растений, а также наличие следов жизнедеятельности водных организмов указывают на очередной подъем уровня реки Волхов. Значительное содержание пылеватого песка в верхней части осокового торфа также свидетельствует о подтоплении поймы. Привнос песчаного материала мог быть связан и с интенсивной эрозией распаханных почв надпойменной террасы в XVI - XVII вв. Это предположение подтверждает наличие большого количества мелких фрагментов белостенной керамики этого времени, попадавшей в пашню, как считают археологи, вместе с навозным удобрением.

Следы интенсивной распашки наблюдаются и вышележащих слоях (инт. 0,55 – 0,96 м) разреза, представленных чередованием супесчаного пойменного аллювия и торфяных залежей с примесью песка. Такая смена литологического состава, вероятно, также обусловлена сезонными половодьями реки Волохов, в перерыве между которыми формировались лугово-болотные почвы. Возрастание антропогенной нагрузки зафиксировано в палиноспектрах этого временного интервала, относимого нами к поздней субатлантике (SA₃). Вверх по разрезу в спектрах сохраняется тенденция к увеличению роли открытых растительных сообществ, в составе которых появляются новые таксоны синантропных растений (*Centaurea cyanus* L., *Campanulaceae* gen. indet., *Cannabaceae* gen. indet., *Urtica* sp., *Valerianaceae* gen. indet.). Отмечается незначительное повышение содержания пыльцы культурных злаков. Еще одним показателем, характеризующим усиление антропогенного прессинга, является постоянное присутствие в спектрах антоцеротовых мхов (*Anthoceros* spp.), которые, как правило, поселяются в пределах нарушенных влажных местообитаний (на залежах, по краю пашен, дорог и канав, вдоль берегов рек) [Потёмкин и др., 2009]. В этом интервале также отмечается резкое возрастание роли хвощей (до 23%), предпочитающих песчаные увлажненные почвы [Жизнь..., 1978]. Спорадически в спектрах из 0,55 – 0,96 м присутствуют представители водных и прибрежно-водных растений, встречаются остатки диатомовых и колониальных водорослей, раковинных амёб, коловраток, фрагменты ветвистоусых ракообразных и копепод, что также указывает на периодические (сезонные) разливы реки, влияющие на состав луговых пойменных ценозов.

Современный почвенный профиль (инт. 0,03-0,55 м), вероятно, формируется в переходных условиях от низкой к высокой пойме с эпизодическим затоплением во время высоких половодий. На это указывает отсутствие отложений руслового аллювия на протяжении 190±100 лет. Однако, нельзя исключать, что указанные отложения имели место, но регулярно перемешивались сельскохозяйственной техникой, до глубины 0,2–0,25 м, формируя единый пахотный горизонт (0,03 – 0,25 м), где обнаруживается уплотнение грунта, которое может являться плужной подошвой. В палиноспектрах этого интервала разреза, относящегося к заключительному этапу поздней субатлантики, по-прежнему возрастает роль открытых луговых ассоциаций. Помимо пыльцевых зерен культурных злаков, впервые появляются единичные представители гречихи посевной (*Fagopirum esculentum* Moench.), что, вероятно, указывает на переориентацию сельскохозяйственного освоения в изменившихся агроклиматических и гидрологических условиях.

Таким образом, в позднем голоцене, в I - II тыс. н. э., низкое абсолютное положение палеопоймы реки Волхов способствовало частым подтоплениям территории исследования во время половодий, что ограничивало ее хозяйственное использование.

Литература:

Верзилин Н.Н., Калмыкова Н.А. Особенности и причины изменений уровня воды в Ладожском озере в голоцене // Вестн. С-Петербур. ун-та. Серия 7: Геология, география. 2000. Вып. 1. С. 15–22.

Еремеев И.И., Дзюба О.Ф. Очерки исторической географии лесной части пути из Варяг в греки. Археологические и палеогеографические исследования между Западной Двиной и озером Ильмень. СПб.: Нестор-История, 2010. 670 с.

Еремеев И.И., Денисенков В.П., Летюка Н.И., Кочубей О.В. Природные и антропогенные факторы в динамике ландшафтов Волховской поймы в раннем средневековье (по материалам раскопок селища Ситно в 2016 г.) // Археология поймы: рельеф, палеосреда, история заселения. М. С. 35–45.

Жизнь растений. В 6-ти т., гл. ред. чл.-кор. АН СССР, проф. А.А. Федоров. Т. 4. Мхи. Плауны. Хвощи. Папоротники. Голосеменные растения. Под ред. И. В. Грушвицкого и С. Г. Жилина. М.: "Просвещение", 1978. 447 с.

Кошечкин Б.И., Экман И.М. Голоценовые трансгрессии Ладожского озера // Эволюция природных обстановок и современное состояние геосистемы Ладожского озера. СПб.: Российское геогр. об-во, 1993. С. 49–60.

Носов Е.Н. Волховский водный путь и поселения конца I тысячелетия н. э. // Краткие сообщения Института археологии АН СССР. 1981. Вып. 164. С. 16–24.

Носов Е.Н. Речная сеть Восточной Европы и ее роль в образовании городских центров Северной Руси // Великий Новгород в истории средневековой Европы. М., 1999. С. 157–170.

Потёмкин А.Д., Софронова Е.В. Печеночники и антоцеротовые России. Т.1. СПб. Якутск: Бостон-Спектр, 2009. 368 с.

Шитов М.В., Бискэ Ю.С., Плешивцева Э.С., Марakov А.Я. Позднеголоценовые изменения Волхова в районе Старой Ладogi // Вестник Санкт-Петербургского ун-та. Серия 7: Геология. 2005. Вып. 4. С. 3–16.



**МЕЛИССОПАЛИНОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПАДЕВЫХ МЕДОВ:
КРИТЕРИИ ДИАГНОСТИКИ, ОСОБЕННОСТИ СОСТАВОВ ПЫЛЬЦЫ И
ПАДЕВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ**

Р.Г. Курманов

Институт геологии УФИЦ РАН, Уфа, ravil_kurmanov@mail.ru

**MELISSOPALYNOLOGICAL ANALYSIS OF HONEYDEW HONEYS:
DIAGNOSTIC CRITERIA, FEATURES OF THE POLLEN AND
HONEYDEW ELEMENTS COMPOSITION**

R.G. Kurmanov

Institute of Geology UFRC RAS, Ufa

Падь, наряду с цветочным нектаром, является важным источником углеводов для пчел. Она представляет собой сладкую густую жидкость, которая выделяется насекомыми: листоблошками, тлями, червецами, цикадками и другими представителями семейства полужесткокрылых (Hemiptera), в процессе их питания растительными соками преимущественно хвойных и широколиственных пород деревьев. Также свой вклад в падевый медосбор вносит медвяная роса, «падь растительного происхождения», образующаяся на поверхности листьев, хвои и плодов [Von der Ohe, 2015].

В странах мира интерес к падевому меду различен. Товарное значение он имеет только в Европе, что обусловлено достаточными объемами его добычи [Oddo, 2004a]. К примеру, в Швейцарии $\frac{2}{3}$ реализуемых медов являются падевыми [Bogdanov, 2005]. Также именно в Европе отмечено большое количество падевых медов, защищенных товарными знаками PDO и PGI: испанский падевый мед с о. Тенерифе, районов Вильюэркас – Иборес и Льебана; французский падевый мед с о. Корсика, Эльзаса и Вогезов; словенский, кочевский лесной и карстовый падевые меда из Словении; пихтовый подкарпатский мед [Karabournioti, 2006].

Европейские падевые меда часто называют лесными и делят на хвойные и лиственные [D`Albore, Intopra, 2006]. К одним из главных источников пади среди хвойных деревьев относится *Picea abies*. В больших объемах еловый мед добывается в Австрии и Германии. Пихта является вторым по значимости источником пади. Пихтовый мед производится часто в Швейцарии, Германии, Австрии, Дании (*Abies alba*) и Греции (*Abies cephalonica*). Также в Греции обильно добывается сосновый мед (*Pinus halepensis*, *P. brutia*). В Испании, Бельгии, Нидерландах и Германии часто встречаются падевые меда с широколиственных пород (в основном с *Quercus* spp.) [Oddo, 2004b]. К менее важным источникам пади относятся *Castanea sativa*, *Acer* spp., и *Tilia* spp., *Larix decidua*, *Juniperus communis*, *Thuja occidentalis*, *Salix* spp., *Betula* spp., *Alnus* spp., *Populus* spp., *Corylus avellana*, *Ulmus campestris*, *Fagus silvatica*, *Fraxinus excelsior*, *Juglans regia*, *Citrus* spp., *Cercis siliquastrum*, *Ficus carica*, *Robinia pseudacacia*, *Tamarix* spp., плодовые деревья и культурные злаки [D`Albore, Intopra, 2006].

Падевые меда обладают особыми органолептическими, физико-химическими и палинологическими характеристиками. Их отличает темный цвет, сильный, пряно-солодовый аромат, низкое содержание глюкозы и фруктозы, высокие электропроводность ($> 0,8$ мСм/см) и pH [Oddo, 2004a; Von der Ohe, 2015]. Большинство видов падевого меда имеют очень схожие физико-химические параметры. Исключением является лишь мед, произведенный из пади белой цикадки (*Metcalfa pruinosa*), распространенной в Италии, Словении и Франции. Это единственный случай, когда вид падевого меда выделяется на основе продуцента пади, а не на основе растения, на котором паразитирует насекомое [Oddo, 2004a].

Палинологический метод играет важную роль при идентификации падевого меда, особенно когда результаты других анализов не позволяют сделать однозначные выводы, как, например, в случае с падевыми и каштановыми медами [Escuredo, 2012]. Впервые на отличия палиносо составов падевого и цветочного меда указал К. Фельманн [1911], который обнаружил большое количество микроскопических водорослей, спор и гифов грибов в пробах европейского падевого меда. Результаты его наблюдений были подтверждены и дополнены другими специалистами [Zander, 1937; Maurizio, 1938]. Группа падевых элементов была расширена, в ее состав были включены восковые трубочки и щетинки, образуемые продуцирующими падь насекомыми, а также гранулированный и микрокристаллический осадок. Восковые щетинки в

большом количестве обнаружены в еловых и сосновых медах, микрокристаллический и гранулированный осадок – в дубовых и падевых медах *Metcalfa pruinosa* [Von der Ohe, 2015]. Некоторыми исследователями к падевым элементам также причислены дрожжи [Magyar, 2016, Escuredo, 2012], которые обычно выделяются в отдельную группу. Речь идет прежде всего об аскомицетовых дрожжах *Metschnikowia reukafii*, которые чаще других встречаются на насекомых-опылителях [Бабьева, Чернова, 2004]. Также, следует отметить, что в ходе исследований пыльцевого состава европейских падевых медов было установлено преобладание в спектрах пыльцы безнектарных растений [Oddo, 2004a, b].

Палинологические критерии диагностики падевых медов были впервые сформулированы в 70-х годах XX в. Для идентификации меда по происхождению был введен падевый индекс, представляющий собой соотношение количества падевых элементов и пыльцы. Для падевых медов значение индекса должно было превышать 3, для цветочных – быть меньше 1 [Louveahe, 1978]. Позже было уставлено, что на соотношение падевых элементов и пыльцевых зерен сильно влияет наличие в меде недо- или перепредставленной пыльцы [Von der Ohe, 2004]. В результате комплексных исследований было выявлено, что в греческих падевых медах падевый индекс варьирует в пределах от 0.3 до 4.0 и в среднем составляет 1.5. В итальянских пробах падевого меда *Metcalfa pruinosa* этот показатель находится в интервале от 0.2 до 17.1 и в среднем равен 4.8 [Oddo, 2004a]. В испанских падевых медах соотношение элементов пади к пыльце и вовсе доходит до 0 и составляет в среднем 0.19 [Terrab, 2018]. В связи с указанными особенностями было рекомендовано проведение дополнительных анализов для подтверждения падевого происхождения меда при низком падевом индексе (< 3) [Von der Ohe, 2004].

Для диагностики падевого меда нет необходимости в анализе видового состава падевых элементов, достаточно провести лишь их подсчет. Однако современные исследования показали, что состав грибов, наравне с пыльцой, может быть хорошим индикатором ботанического и географического происхождения меда. Так, наряду со спорами *Alternaria* sp., *Cladosporium* sp., *Epicoccum nigrum*, *Stemphylium* sp., Рucciniaceae, которые встречаются в падевых медах очень часто, были выделены индикаторные таксоны: *Capnobotrys* sp., *Antennatula* sp. (сосновый мед), стауроспоры и сколекоспоры (пихтовый мед из Греции), *Tripospermum* spp. и *Excipularia fusispora* (падевые меда из Италии) [Mura-Meszaros, Magyar, 2016]. Диагностическая ценность водорослей в этом плане гораздо ниже, так как они в основном представлены широко распространенными родами зеленых водорослей (*Pleurococcum* и *Chlorococcum*, реже *Cystococcus*) [Maurizio, 1959].

Так как палинологически российские падевые меда никогда ранее не изучались, нами была поставлена цель проанализировать особенности составов пыльцы и падевых элементов российских и некоторых зарубежных падевых медов. Учитывая наличие в Европе падевых медов с низкими падевыми индексами (< 3) нами также изучены палинологические характеристики смешанных медов.

Всего в период с 2006 по 2022 гг. с использованием мелиссопалинологического метода было изучено 1967 образцов меда, в т.ч. 1846 проб из России и 121 образец из-за рубежа: Азия (82 пробы), Европа (26), Африка (6), Австралия (5) и Южная Америка (2). В работе использована общепринятая мелиссопалинологическая методика [Von der Ohe, 2004]. При идентификации падевого и смешанного меда руководствовались российским стандартом ГОСТ Р 19792-2017 «Мед натуральный. Технические условия» (падевый индекс для падевого меда: > 3 , для смешанного: 1-3). При интерпретации результатов использован оригинальный список российских безнектарных пергааносных растений [Курманов, 2019].

Всего по результатам мелиссопалинологического анализа удалось выделить 75 падевых и 107 смешанных проб меда. Все эти образцы происходили с территории Евразии. К падевым медам отнесены пробы из Словении (2 образца), России: европейская часть (46), азиатская часть (19), Казахстана (3), Узбекистана (2), Таджикистана (1), Китая (1) и Афганистана (1). Смешанные меда отмечены в Германии (1 проба), Белоруссии (2), России: европейская часть (72), азиатская часть (28), Кыргызстане (2), Узбекистане (1) и Таджикистане (1). Среди африканских, австралийских и южноамериканских медов пробы с преобладанием падевых элементов не обнаружены.

Европейские, большинство российских и ряд азиатских (Китай и Афганистан) падевых и смешанных медов согласно составу пыльцы можно отнести к лесным. В пыльцевых спектрах

данных образцов преобладает пыльца как весенних, так и летних растений. Среди весенних медоносов следует отметить *Salix* spp. (встречается чаще всего), *Robinia pseudoacacia*, *Gleditsia* sp., *Aesculus hippocastanum*, *Eucalyptus* sp., *Myosotis* sp. и плодовые деревья (*Malus* sp.). Летние медоносы представлены как древесными лиственными породами (*Tilia cordata*, *Ziziphus* sp., *Sophora* sp.), так и луговыми видами, занимающими синантропизированные опушки лиственных и хвойных лесов (*Amoria repens*, *A. hybrida*, *Rubus idaeus*, *Lotus* sp. и *Hedera helix*), лесные поляны (*Angelica sylvestris*, *A. diccurens* и *Chamerion angustifolium*) и прирубьевые сообщества (*Lythrum* sp.). Источником пади среди выделенных таксонов могут выступать *Salix* spp., *Robinia pseudoacacia* и *Tilia cordata*. Так как в России сбор падевых и смешанных медов приурочен в основном к зонам подтайги и тайги, а также предгорным и горно-лесным зонам Алтая, в указанный список можно также внести хвойные деревья.

Все пробы падевого и смешанного меда из Средней Азии (Казахстан, Узбекистан, Кыргызстан и Таджикистан), а также небольшое количество образцов из России характеризуются преобладанием в спектрах пыльцы с.-х., кормовых культур (*Helianthus annuus*, *Melilotus* sp., *Onobrychis* sp., *Gossypium hirsutum*, *Fagopyrum esculentum*, *Brassica napus*) и сорняков (*Linaria vulgaris*, *Echium vulgare*, *Centaurea diffusa*, *Cynoglossum* sp.). Также для спектров многих среднеазиатских образцов меда характерна высокая доля пыльцы горно-степных растений (*Salvia* sp., *Thymus* sp.). Ни один из указанных таксонов не является источником пади, поэтому вероятнее всего, что сбор падевого меда в большинстве случаев ведется с культурных злаков.

В большей части изученных образцов падевого и смешанного меда доминирует нормально представленная пыльца, что свидетельствует об отсутствии заниженных или завышенных показателей падевого индекса. Список растений с перепредставленной пылью, снижающих падевый индекс, небольшой. Он включает *Myosotis* sp., *Cynoglossum* sp., *Brassica napus* и *Eucalyptus* sp. Группа растений с недопредставленной пылью также невелика: *Tilia cordata*, *Robinia pseudoacacia*, *Fagopyrum esculentum*, *Gossypium hirsutum*, *Salvia* sp. и *Thymus* sp.

В изученных образцах падевого меда из Европы и Азии доля пыльцы безнектарных перганосов в палиноспектрах варьирует в широких пределах от 0 до 90 %: Словения (15-20 %), европейская (0-81 %) и азиатская часть России (0-68 %), Казахстан (2-81 %), Узбекистан (53-90 %), Таджикистан (82 %), Китай (3 %) и Афганистан (5 %). Содержание пыльцевых зерен перганосов в смешанных медах колеблется также в большом диапазоне от 1 до 93 %: Германия (2 %), Белоруссия (4-8 %), европейская (1-81 %) и азиатская часть России (2-74 %), Казахстан (26-29 %), Узбекистан (93 %) и Таджикистан (14 %). Падевым и смешанным медам из Азии присуще более низкое разнообразие перганосов в палиноспектрах (1-9 таксонов). Наибольшее количество перганосных растений диагностировано в образцах из России (22-37 таксонов). Ресурсное значение имеют в основном насекомопыляемые безнектарные перганосы (*Filipendula* spp., *Hypericum* sp., *Fragaria* sp., *Lupinus* sp., *Galega* sp., *Primula* sp., *Scilla* sp., *Tamarix* sp.). Пыльца ветроопыляемых таксонов (Poaceae, Chenopodiaceae, *Ambrosia* sp., *Plantago* sp., *Xanthium strumarium*) в спектрах преобладает редко.

Анализ состава падевых элементов позволил выделить в изученных пробах разнообразные споры и гифы грибов, зеленые водоросли и дрожжи *Metschnikowia reukafii*. Восковые щетинки в образцах меда нами не обнаружены, а восковые трубочки встречались крайне редко. Также в падевых и смешанных медах из таежной и подтаежной зоны очень часто присутствовал микрокристаллический осадок (рис.).

В целом, согласно полученным данным, падевый медосбор более характерен для стран Центральной и Восточной Европы. Доля падевых и смешанных медов среди изученных европейских образцов составила 19 %. Среди проб меда, отобранных из Средней, Южной и Восточной Азии, их процент был ниже (15 %). Меньше всего образцов падевого и смешанного меда диагностировано среди проб из России (9 %). При этом их добыча сосредоточена в основном в северо-западных и центральных регионах: доля выделенных здесь падевых и смешанных медов составляет 26 и 16 % соответственно. Наименьшее количество проб с преобладанием падевых элементов отмечено в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке (7 %), в Поволжье, Предуралье и на Южном Урале (6 %).

Падевый и смешанный мед на территории Евразии добывается в широких пределах: от субтропиков до северной тайги. В основном он приурочен к лесным ландшафтам (зоны

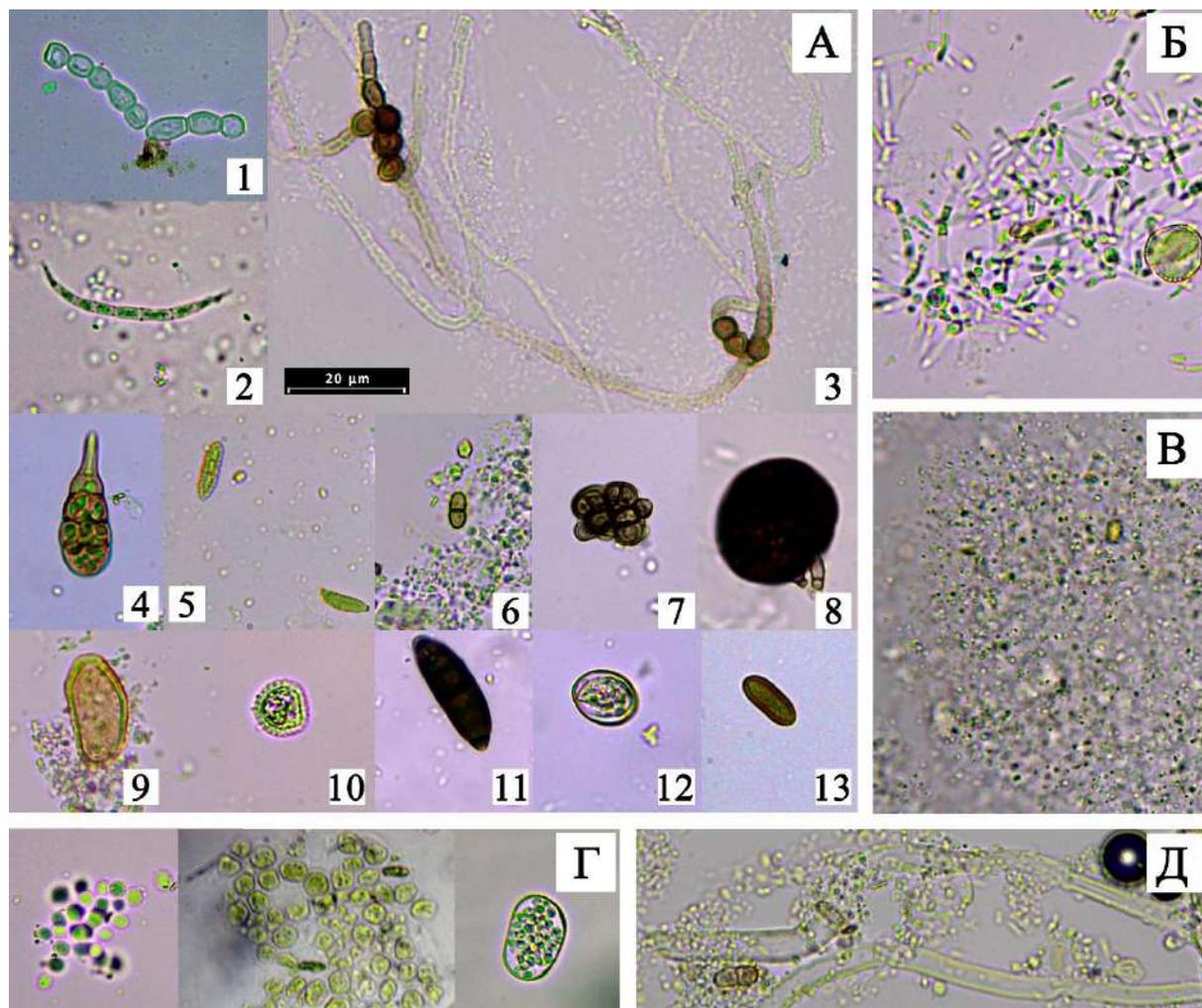


Рис.1. Падевые элементы в изученных образцах падевого и смешанного меда: А – гифы и споры грибов: 1, 3 – гифы, 2 – сколекоспора, 4 – *Alternaria* sp., 5 – *Cladosporium* sp., 6 – *Venturia* sp., 7 – скопление спор, 8 – *Peronospora* sp., 9 – *Rusciniaceae*, 10 – *Ustilago* sp., 11-13 – неидентифицированные споры; Б – дрожжи *Metschnikowia reikafii* и пыльца *Salix* sp.; В – микрокристаллический осадок, Г – водоросли, Д – восковые трубочки и споры *Venturia* sp.

широколиственных и смешанных лесов, тайга). Мелиссопалинологический анализ позволил выделить следующие возможные источники пади: *Salix* spp., *Robinia pseudoacacia*, *Tilia cordata* и хвойные породы. На открытых пространствах (Россия и Средняя Азия) источником падевых и смешанных медов, вероятно, являются культурные злаки. Для подтверждения полученных результатов необходимо проведение комплексных исследований.

Работа выполнена частично в рамках государственной бюджетной темы № 0246-2019-0118 (лабораторные исследования).

Литература:

- Бабьева И.П., Чернов И.Ю. Биология дрожжей. М.: МГУ, 2004. С. 79.
- Курманов Р.Г. Географическое и ботаническое происхождение башкирского меда. Атлас пыльцы. Уфа: «Мир печати», 2019. 440 с.
- Bogdanov S., Bieri C., Kilchenmann V., Gallmann P. ALP forum 2005. Schweizer Sortenhonige. Agroscope Liebefeld-Posieux, 2005. S. 23–26.
- Escuredo O., Fernandez-Gonzalez M., Seijo M.C. Differentiation of Blossom Honey and Honeydew Honey from Northwest Spain // Agriculture. 2012. V. 2. P. 25–37.
- Fehlmann C. Beiträge zur mikroskopischen Untersuchung des Honigs // Mitt. Schweiz. Gesundheitsamtes. 1911. V. 2. P. 179–221.

Karabournioti S., Thrasyvoulou A., Eleftheriou E. P. A model for predicting geographic origin of honey from the same floral source // *Journal of Apicultural Research*. 2006. V. 45. №3. P. 117–124.

Louveaxe J., Maurizio A., Vorwohl G. Methods of melissopalynology // *Bee world*. 1978. Vol. 59. № 4. P. 139–153.

Magyar D., Mura-Meszaros A., Grillenzoni F. Fungal diversity in floral and honeydew honeys // *Acta Botanica Hungarica*. 2016. V. 58. № 1–2. P. 145–166.

Maurizio A. Pollenanalytische Beobachtungen 5. Sporen parasitischer Pilze in Honig und Pollenvorräten // *SBZ* (12), 779, 1938.

Maurizio A. Zur Frage der Mikroskopie von Honigtau-Honig // *Les Annales de l'Abeille, INRA Editions*. 1959. V. 2 (2). P.145–157.

Mura-Meszaros A., Magyar D. Fungal Honeydew Elements as Potential Indicators of the Botanical and Geographical Origin of Honeys // *Food Anal. Methods*. 2016. DOI 10.1007/s12161-017-0862-x.

Oddo L. P., Piro R., Bruneau E., Guyot-Declerck C., Ivanov T., Piskulova J., Flamini C., Lheritier J., Marlot M., Russmann H., Von der Ohe W., Von der Ohe K., Gotsiou P., Karabournioti S., Kefalas P., Passaloglou-Katrali M., Thrasyvoulou A., Tsigouri A., Marcazzan G. L., Piana M. L., Piazza M. G., Sabatini A. G., Kerkvliet J., Godinho J., Bentabol A., Ortiz Valbuena A., Bogdanov S., Ruoff K. Main European unifloral honeys: descriptive sheets // *Apidologie*. 2004a. Vol. 35. P. 38–81.

Oddo L. P., Piana L., Bogdanov S., Bentabol A., Gotsiou P., Kerkvliet J., Martin P., Morlot M., Ortiz Valbuena A., Ruoff K., Von der Ohe K. Botanical species giving unifloral honey in Europe // *Apidologie*. 2004b. Vol. 35. P. 91.

Ricciardelli D'Albore G., Intoppa F. Fiori e Api. La flora visitata dalle Api e dagli altri Apoidei in Europa. Calderini edagricole, 1996. S. 61.

Terrab A., Berjano R., Sanchez J. A., Gómez Pajuelo A., Díez M. J. Palynological and geographical characterisation of Spanish oak honeydew honeys // *Grana*, 2018. P. 1–15.

Von der Ohe W., Oddo L.P., Piana M.L., Morlot M., Martin P. Harmonized Methods of Melissopalynology. *Apidologie*, 2004. Vol. 35. P. 18–25.

Von der Ohe W., Von der Ohe K., Janke M. Honigtauhonig – der etwas andere Sortenhonig // *LAVES – Institut für Bienenkunde Celle*, 2015. S. 1–6.

Zander E. Das Mikroskop im Dienste der Honiguntersuchung // *Leipz. Bztg*. 1937. Bd. 52. H.9. 205 s.

**ПАЛИНОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПЛЕЙСТОЦЕНОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ
В РАЗРЕЗЕ СКВАЖИНЫ № 2 ЧЕРНЫЙ ЯР****Р.Г. Курманов***Институт геологии УФИЦ РАН, Уфа, ravil_kurmanov@mail.ru***PALYNOLOGICAL CHARACTERISTIC OF THE PLEISTOCENE DEPOSITS
IN BOREHOLE NO. 2 CHERNY YAR****R.G. Kurmanov***Institute of Geology UFRC RAS, Ufa*

Разрез Черный Яр, находящийся на правом берегу р. Волги, широко известен в литературе и был обследован многими исследователями, которые выделяли здесь нижнебакинские, нижнехазарские, ательские и хвалынские слои. Обнажение Черный Яр получило известность благодаря тому, что здесь впервые были установлены выходы на поверхность бакинских отложений. Однако, по данным бурения, проведенного Гидропроектом [Нижевожская..., 1955ф], И.К. Акузом и др. [1961ф], выходы «бакинских» темно-серых глин, описанные исследователями на урезе воды у с. Черный Яр, на самом деле имеют хазарский возраст, так как подстилаются эти глины фаунистически охарактеризованными нижнехазарскими песками, залегающими на размывтой поверхности фаунистически охарактеризованных бакинских глин [Данукалова, 2017]. Позднее убедительно показано [Застрожных, 2018], что темные глины на урезе воды являются не бакинскими, а сингильскими и уточнено стратиграфическое положение сингиля между нижним и верхним хазаром; соответственно, отложения, залегающие выше сингиля по разрезу, являются не нижнехазарскими, а верхнехазарскими.

Впервые палинологически плейстоценовые отложения Черноярского обнажения изучены В.П. Гричуком [1953, 1954]. В результате анализа проб из 4 расчисток удалось получить спорово-пыльцевую характеристику большей части обнажающейся здесь толщи. Палиноспектры из нижнебакинских отложений (сингильские по А.С. Застрожному, [2018]) соответствовали спектрам переходного и лесного типа. Характерным для них являлось присутствие пыльцевых зерен *Pinus* sect. *Strobus* и *Picea omarica*, а также спорадические находки пыльцы *Tsuga* sp., *Carpinus* sp., *Quercus* sp., *Ulmus* sp., *Tilia* sp. и *Corylus* sp. В нижнехазарских отложениях (верхнехазарских по А.С. Застрожному, [2018]) были выявлены лесные и лесостепные спектры, в которых преобладала пыльца *Pinus* sp., *Picea* sp., *Chenopodiaceae*-*Amaranthaceae* и разнотравья. В ательских суглинках выделен лесостепной спектр с господством пыльцевых зерен разнотравья, а также высокой долей *Pinus* sp., *Picea* sp. и *Betula* sp. «Немыми» оказались лишь верхние горизонты ательских слоев и хвалынские осадки. Позже изучением палиносоставов «бакинских» и «нижнехазарских» отложений разреза Черный Яр занималась Л.А. Скиба (ИН АН СССР). Большинство проанализированных ею образцов из обнажений 35, 35в, 36в пыльцу и споры не содержали, а в оставшихся пробах состав палиноморф был очень скудным. В ходе палинологических исследований удалось охарактеризовать лишь отложения «нижнего» хазара. При этом были выделены лесостепные спектры с преобладающей пылью *Artemisia* sp., *Chenopodiaceae*-*Amaranthaceae*, *Roaceae* и *Pinus* sp. [Москвитин, 1962]. Спорово-пыльцевой анализ «бакинских» глин из Черноярского обнажения, проведенный Н.И. Кузнецовой, позволил выделить как степные, так и лесные, и лесостепные комплексы. В образцах из «нижнехазарских» слоев были выделены лесные спорово-пыльцевые спектры, в которых господствовала пыльца хвойных пород [Седайкин, 1988ф]. Палинологический состав более древних, акчагыльских и апшеронских отложений, вскрытых скважинами у с. Черный Яр, был изучен А.А. Чигуряевой [1960] и Л.С. Тюриной [1962].

С целью получения дополнительных палинологических данных нами был проанализирован спорово-пыльцевой состав образцов керна скважины № 2 Черный Яр (ВСЕГЕИ). Предварительная стратиграфическая разбивка отложений сделана А.С. Застрожным (ВСЕГЕИ) с учетом данных по моллюскам: выделены акчагыльские, апшеронские, тюркянские, бакинские, хазарские и хвалынские горизонты.

Глубина скважины, пробуренной ВСЕГЕИ в 2017 г., составила 103,2 м. Всего палинологическим методом изучено 82 пробы. Лабораторная обработка образцов проводилась по стандартной методике [Гричук, Заклинская, 1948]. В результате анализа получено 9 репрезентативных спорово-пыльцевых спектров, в 29 пробах выявлены единичные палиноморфы (менее 50 шт.). В остальных 44 образцах споры и пыльца не обнаружены.

В нижней части скважины в образце серовато-голубой глины (сл. 28, СП 80, гл. 102,2 м) выявлен палиносектр с преобладанием пыльцы деревьев и кустарников (58 %). В группе доминируют пыльцевые зерна хвойных: *Pinus sylvestris* (35 %), *Abies* sp. (6 %), *Picea* sp. (4 %), *Pinus* s/g *Haploxylo*n и *Tsuga* sp. (единично). Также отмечены зерна *Betula* sp. (8 %) и Rosaceae (единично). Споровые (38 %) представлены Polypodiaceae (17 %), *Sphagnum* sp. (15 %) и Bryales (6 %). Среди травянистых растений отмечена пыльца *Artemisia* sp. (4 %). Также присутствуют неидентифицированные диноцисты.

В вышележащем слое 27 в пробе светло-серой глины с буровато-зеленоватым оттенком (СП 74, гл. 94,2 м) выделен «смешанный» палиносектр. В составе группы древесно-кустарниковых растений (38 %) преобладает пыльца хвойных пород: *Pinus sylvestris* (16 %), *Picea* sp. (5 %), *Abies* sp. (4 %), *Pinus* s/g *Haploxylo*n и *Tsuga* sp. (единично). Кроме того, единично отмечены пыльцевые зерна широколиственных (*Ulmus* sp.) и мелколиственных деревьев (*Betula* sp. и *Salix* sp.), а также пыльца *Lonicera* sp. и Rosaceae. Группа трав и кустарничков (33 %) крайне разнообразна. Идентифицированы пыльцевые зерна Chenopodiaceae-Amaranthaceae, *Artemisia* sp. (по 6 %), Poaceae (5 %), и представителей лугового и степного разнотравья: Brassicaceae (5 %), *Echinops* sp., Asteroideae, *Polygonum* sp., *Galium* sp., *Symphytum* sp., *Thalictrum* sp., водных и болотных растений: *Sparganium* sp. и Ericaceae. Среди споровых (29 %) выделены Polypodiaceae (16 %), *Lycopodium* sp. (6 %), *Sphagnum* sp. (4 %) и Bryales (единично).

Выше в образце темно-серой с зеленоватым оттенком глины (сл. 26, СП 56, гл. 73,9 м) выделен «смешанный» спорово-пыльцевой спектр. В группе травянисто-кустарниковых растений (39 %) преобладает пыльца Chenopodiaceae-Amaranthaceae (15 %) и Poaceae (13 %), высока доля зерен *Artemisia* sp. (6 %). Единично отмечена пыльца лугового разнотравья (Rosaceae (*Filipendula* sp.) и Ариáceе) и водных растений (*Typha* sp.). Среди деревьев (32 %) доминируют пыльцевые зерна хвойных пород: *Pinus sylvestris* (19 %), *Picea* sp. (5 %), *Abies* sp. (4 %), *Tsuga* sp. и *Ephedra* sp. (единично). Также присутствует единичная пыльца *Betula* sp. Споровые растения (30 %) представлены Polypodiaceae (15 %), *Sphagnum* sp. (9 %) и *Ophyoglossum* sp. (6 %). Встречены споры Peronosporites.

В пробе алевритистой глины (сл. 24, СП 50, гл. 68,0 м) обнаружен «смешанный» спорово-пыльцевой спектр. Группа споровых (46 %) представлена Polypodiaceae (30 %) и *Sphagnum* sp. (16 %). Среди древесно-кустарниковых растений (30 %) выделена пыльца исключительно хвойных пород: *Pinus sylvestris* (20 %), *Pinus* s/g *Haploxylo*n (6 %) и *Tsuga* sp. (4 %). Группа трав и кустарничков (24 %) включает *Artemisia* sp. (8 %), Asteroideae, *Sparganium* sp. (по 6 %) и Poaceae (4 %). Выявлены неидентифицированные диноцисты.

В верхней части слоя 20 в образце коричневой жирной глины (СП 32, гл. 43,5 м) выделен палиносектр с преобладанием споровых (55 %). В группе отмечены Bryales (25 %), *Sphagnum* sp. (20 %) и Polypodiaceae (10 %). Деревья и кустарники (29 %) представлены хвойными: *Pinus sylvestris* (18 %), *Picea* sp. (6 %), *Ephedra* sp. (4 %) и мелколиственными породами: *Alnus* sp. (единично). Среди трав (16 %) выявлена пыльца Poaceae (12 %) и *Artemisia* sp. (4 %). Кроме того, обнаружены неидентифицированные диноцисты.

В пробах серой, зеленовато-серой однородной глины (сл. 10, СП 12, 13, инт. 13,9-14,8 м) выделены спектры с доминированием пыльцы трав и кустарничков (82-85 %). В данной группе преобладают пыльцевые зерна Chenopodiaceae-Amaranthaceae (48-52 %), высока доля зерен *Artemisia* sp. (23-24 %). Также отмечена пыльца Poaceae (5-8 %), Asteroideae, *Scabiosa* sp. и Brassicaceae (единично). Среди деревьев и кустарников (9-12 %) преобладают пыльцевые зерна *Betula* sp. (4-12 %). В небольших количествах обнаружена пыльца *Ulmus* sp., *Ephedra* sp. и Rosaceae. Споровые растения (6 %) представлены единичными спорами *Sphagnum* sp., Bryales и Polypodiaceae.

В образце зеленовато-серой железненной глины (сл. 9, СП 10, гл. 12,0 м) выделен палиноспектр с преобладанием пыльца травянисто-кустарничковых (41 %) и древесно-кустарниковых растений (41 %). Среди трав доминирует пыльца Chenopodiaceae-Amaranthaceae (15 %). Высокую долю также имеют пыльцевые зерна *Artemisia* sp. (7 %), Poaceae и Brassicaceae (по 6 %). Единично отмечена пыльца *Cannabis* sp., *Sparganium* sp. и Caryophyllaceae. Вторая группа очень разнообразна: хвойные представлены *Pinus sylvestris* (7 %) и *Picea* sp. (4 %), мелколиственные – *Betula* sp. и *Salix* sp. (по 7 %), широколиственные – *Ulmus* sp., *Quercus* sp., *Corylus* sp. (по 4 %), *Acer* sp. и *Carpinus* sp. (единично). Среди споровых (19 %) преобладают споры *Sphagnum* sp. (13 %). Папоротники представлены Polypodiaceae (4 %) и *Ophyoglossum* sp. (единично).

В пробе зеленовато-серой однородной глины (сл. 8, СП 7, гл. 8,8 м) выделен спорово-пыльцевой спектр с преобладанием пыльцы травянисто-кустарничковых растений (61 %): Chenopodiaceae-Amaranthaceae (26 %), Poaceae (15 %), Brassicaceae (7 %), *Artemisia* sp. (6 %), Asteroideae, Rosaceae (*Filipendula* sp.), Apiaceae и Ericaceae (единично). Группа деревьев и кустарников (22 %) включает *Pinus sylvestris* (13 %), *Ulmus* sp. (4 %), *Corylus* sp., *Betula* sp. и Rosaceae (единично). Среди споровых растений (17 %) отмечены зерна *Sphagnum* sp. (9 %) и Polypodiaceae (8 %).

В целом, из-за низкой насыщенности образцов пыльцой и спорами удалось получить лишь общую картину о динамике растительности на побережьях во время накопления тюркянских, бакинских, хазарских отложений в пределах изучаемой территории (рис.1).

Растительность в начале тюркянской эпохи (СП 82-84) была представлена сосновыми лесами с примесью пихты, ели, туги и березы. По опушкам хвойных лесов разрастались папоротники. Отмечены небольшие заболоченные (сфагновые и зеленые мхи) и остепненные участки (полынь). Позже лесные ландшафты (СП 52-81) сменились на лесостепи. Состав хвойный лесов, в целом, оставался неизменным. Дополнительно в примеси встречались широколиственные породы (вяз). Открытые территории занимали полынно-маревые и злаково-разнотравные ассоциации. Разнообразие луговых и степных ассоциаций было очень высоким. Отмечены небольшие влажные (ива, рогоз, ежеголовник) и заболоченные участки (сфагновые и зеленые мхи).

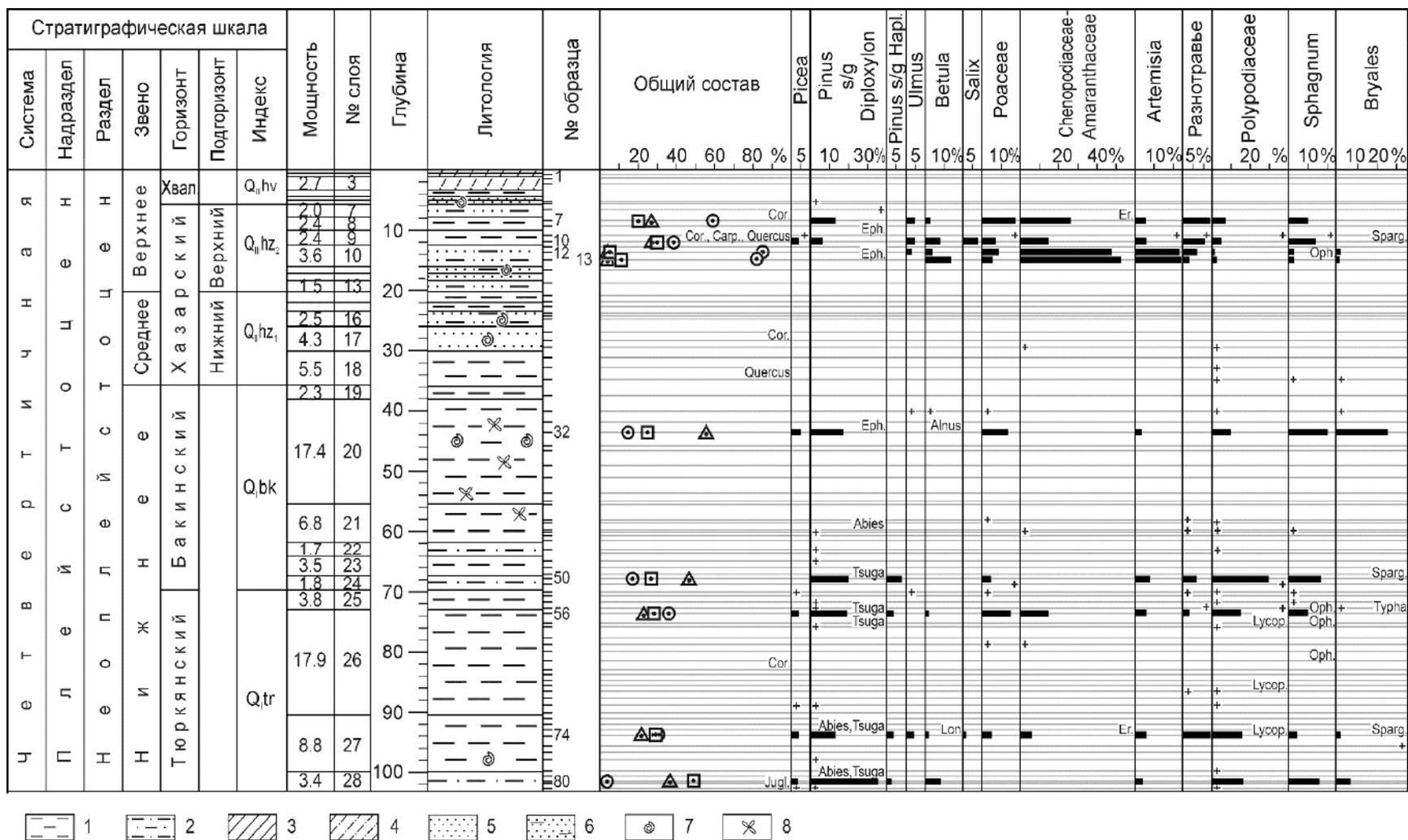
В бакинское время (СП 29-51) были распространены лесные и лесостепные ландшафты. Заметно возросли площади заболоченных территорий (сфагновые и зеленые мхи). Лесные массивы в начале были представлены сосновыми, а позже сосново-еловыми лесами. На открытых пространствах росли преимущественно полыни и злаки.

Нижнехазарские отложения скважины № 2, представляющие наибольший интерес для корреляции с «бакинскими» осадками из изученных ранее расчисток и обнажений, остались палинологически не охарактеризованными. Обнаруженные единичные находки пыльцы дуба, лещины, маревых, папоротников, зеленых и сфагновых мхов, позволили сделать лишь условные выводы о существовании в раннехазарское время лесов и лесостепей (СП 19-28).

В позднем хазаре (СП 7-18) на изучаемой территории были распространены преимущественно открытые пространства, занятые маревыми, полыннями, злаками и небогатым разнотравьем. Небольшие лесные массивы вначале были представлены березовыми лесами. Затем им на смену приходят сосново-березовые леса с примесью ели и разнообразных широколиственных пород (вяз, дуб, клен, лещина и граб). К концу периода возрастает роль сосны. Отмечены заболоченные (сфагновые и зеленые мхи) и влажные территории (ива, ежеголовник), площади которых постепенно увеличиваются. При сравнении выделенных нами спорово-пыльцевых спектров с полученными ранее спектрами из «нижнехазарских» отложений Чернорского обнажения сходства не выявлены.

Хвалыньские отложения (СП 1-6), как и у предыдущих исследователей, остались «немными». В проанализированных пробах нами была выявлена лишь единичная пыльца сосны.

Благодаря проведенным исследованиям удалось получить новые спорово-пыльцевые характеристики для тюркянских, бакинских и верхнехазарских отложений скважины № 2 Черный



1 — глина, 2 — глина песчанистая, 3 — суглинок, 4 — суглинок с супесью, 5 — песок, 6 — песок глинистый, 7 — раковины моллюсков, 8 — растительный детрит;

Рис.1. Разрез плейстоценовых отложений скважины № 2 Черный Яр и спорово-пыльцевая диаграмма: 1 – глина, 2 – глина песчанистая, 3 – суглинок, 4 – суглинок с супесью, 5 – песок, 6 – песок глинистый, 7 – раковины моллюсков, 8 – растительный детрит; общий состав: квадрат – древесно-кустарниковая пыльца, круг – травянисто-кустарничковая пыльца, треугольник – споры, + единичные находки пыльцы и спор, сокращения: Хвал. – хвалынский, Cor. – *Corylus* sp., Carp. – *Carpinus* sp., Quercus – *Quercus* sp., Jugl. – *Juglans* sp., Eph. – *Ephedra* sp., Tsuga – *Tsuga* sp., Abies – *Abies* sp., Pinus s/g Hapl. – *Pinus* s/g *Haploxylon*, Alnus – *Alnus* sp., Lon. – *Lonicera* sp., Er. – *Ericaceae*, Lycop. – *Lycopodium* sp., Oph. – *Ophyoglossum* sp., Sparg. – *Sparganium* sp., Typha – *Typha* sp.

Яр, что позволило дополнить уже имеющиеся палинологические данные о динамике плейстоценовой растительности в пределах изучаемой территории.

Работа выполнена в рамках государственной бюджетной темы № FMRS-2022-0010.

Литература:

Гричук В.П. Результаты предварительного палеоботанического изучения четвертичных отложений Северного Прикаспия // Стратиграфия четвертичных отложений и новейшая тектоника отложений Прикаспийской низменности. М.: Изд-во Акад. Наук СССР, 1953. С. 41–56.

Гричук В.П. Материалы к палеоботанической характеристике четвертичных и плиоценовых отложений северо-западной части Прикаспийской низменности // Труды Института географии АН СССР. 1954. Т. 61. № 11. С. 5–79.

Гричук В.П., Заклинская Е.Д. Анализ ископаемых пыльцы и спор и его применение в палеогеографии. М.: Географгиз, 1948. С. 127–129.

Данукалова Г.А., Застрожных А.С., Яковлев А.Г., Курманов Р.Г., Осипова Е.М., Штерхун В.Л. Стратиграфия квартера Астраханского свода (листы L-38-XI, XII). Геологический сборник, № 14. Информационные материалы / ИГ УНЦ РАН. Уфа: ООО «ДизайнПолиграфСервис», 2017. С. 40–64.

Застрожных А.С., Данукалова Г.А., Головачёв М.В., Титов В.В., Тесаков А.С., Симакова А.Н., Осипова Е.М., Трофимова С.С., Зиновьев Е.В., Курманов Р.Г. Сингильские отложения в схеме квартера Нижневолжского региона: новые данные // Стратиграфия. Геологическая корреляция. 2018. Т. 26. № 6. С. 80–120.

Москвитин А.И. Плейстоцен Нижнего Поволжья // Тр. геол. ин-та АН СССР. 1962. Вып. 64. 250 с.

Тюрина Л.С. Спорово-пыльцевая характеристика четвертичных и верхнеплиоценовых отложений низового Поволжья // Материалы совещания по изучению четвертичного периода, 1961. Т. 1. С. 288–295.

Чигуряева А.А. Растительность Юго-Востока Европейской части СССР в плиоценовое время // Вопросы геологии восточной окраины Русской платформы и Южного Урала. Уфа: БФАН СССР, 1960. Вып. 5. С. 59–86.



ПЫЛЬЦА РАСТЕНИЙ ГАЛОФИТОВ КАК ИНДИКАТОР ПЕРЕМЕЩЕНИЯ БЕРЕГОВОЙ ЛИНИИ БЕЛОГО МОРЯ

О.В. Лазарева

Институт геологии КарНЦ РАН, Петрозаводск, ox-laz@yandex.ru

POLLEN OF HALOPHYTE PLANTS AS AN INDICATOR OF THE MOVEMENT OF THE COASTLINE OF THE WHITE SEA

O.V. Lazareva

Institute of Geology KarSC RAS, Petrozavodsk, ox-laz@yandex.ru

Основной задачей нашей работы является изучение изменения положения береговой линии Белого моря. В основе лежит метод изолированных бассейнов [Hafsten, 1960; Donner et al., 1977], который основан на изучении донных осадков озер, где фиксируется изменение условий седиментации от морских к пресноводным (переходная зона). Изолированные бассейны – это водоемы, которые ранее были неровностью морского дна. По мере поднятия земной коры, они отделялись от морей и в них формировались континентальные пресноводные бассейны. Изменение положения береговой линии моря вызвано отступлением или наступлением моря на сушу в связи с колебательными движениями земной коры или изменениями объема воды в Мировом океане и имеет регрессивно-трансгрессивный характер. Основным методом определения солености вод бассейна, несомненно, является диатомовый анализ. Спорово-пыльцевой анализ используется для биостратиграфического расчленения осадков и реконструкции палеогеографических условий осадконакопления. Тем не менее, пыльца и споры могут служить не менее точными индикаторами перемещения береговой линии моря. Поэтому методические работы в этой области представляют научный интерес. Ранее работы по выделению таких индикаторов были проведены Н.Б. Лавровой [Лаврова Н.Б., Колька В.В., Корсакова О.П., 2010], [Шелехова Т.С., Лаврова Н.Б., 2011] и в настоящее время продолжены автором. Следует отметить, что растительность приморской полосы западного побережья Белого моря хорошо изучена [Заславская, 2007], [Марковская и др., 2010]. В целом изученная флора западного побережья Белого моря имеет бореальный характер, что подтверждается лидирующим положением семейств Роасеае и Сурегасеае. Характерные ее особенности, описанные Н.В. Заславской, это относительно высокое положение семейств Chenopodiaceae и Plantaginaceae и отсутствие Salicaceae, отсутствие древесных и кустарниковых жизненных форм и преобладание гликофитных видов по устойчивости к засолению. Эти показатели подчеркивают береговое положение изученной флоры и сближают ее с приморскими флорами восточного побережья Белого моря. По устойчивости к засолению здесь выделено 38 облигатных галофитов, 17 факультативных видов и 44 гликофита с большим участием облигатных галофитов [Заславская, 2007].

Отложения донных осадков озер побережья Белого моря представлены пятью фациальными разновидностями [Толстобров Д.С., В.В. Колька, Корсакова О.П., 2011]:

1. Осадки позднеледникового приледникового озера, представленные неслоистыми ленточными глинами.
2. Осадки переходной зоны от пресноводной к морской фации, сложенные переслаиванием песка с алевритом с органикой.
3. Собственно морская фация, представленная разнозернистыми алевритом и песком с морскими раковинами и их фрагментами.
4. Осадки переходной зоны от морской к пресноводной, составленные из переслаивания серой или коричневой гиттии и алеврита.
5. Осадки пресноводного континентального озера, в виде черной или темно-коричневой гиттии, сменяющейся торфом.

При изучении изменения и перемещения береговой линии Белого моря наибольший интерес представляет четвертая фация переходной зоны от морской к пресноводной. Именно поэтому определение переходной зоны с помощью спорово-пыльцевого анализа имеет значение.

Для изучения состава растительности побережья Белого моря с помощью спорово-пыльцевого анализа летом 2021 года были отобраны 4 субфоссильные пробы в приливно-отливной береговой зоне:

1. Гридино 65°88' с. ш., 34°78' в.д. Широкая литоральная зона 300-500м. Песчаный пляж. Устье небольшого ручья. Зона с высокой концентрацией органического вещества в 70-80м от границы с лесом. Проба 5-10см.

2. Гридино 65°88' с.ш., 34°77' в.д. Широкая литоральная зона 500м. Песчаный пляж. Устье ручья (чуть больше первого). Более вязкая зона с органикой около русла ручья в литоральной зоне. Проба 5-10см.

3.Гридино 65°88' с.ш., 34°79' в.д. Широкая литоральная зона 600м. Песчаный пляж с редкими выходами голубой глины. Более вязкая зона с органикой около русла ручья в литоральной зоне. До леса 40-50м. Проба 5-10 см.

4. Беломорск 64°31' с.ш. 34°47' в.д. Песчаный пляж, выезд в порт. До леса 30 м. Проба 5-10 см.

Методика подготовки проб

При подготовке проб для спорово-пыльцевого анализа применяли общепринятый щелочной метод Поста [Пыльцевой анализ, 1950] и стандартный сепарационный метод Гричука [Гричук, Заклинская, 1948], с применением ацетализа. Микроскопические анализы выполнены с помощью биологического микроскопа Axiolab Zeiss. Образцы просматривались при увеличении x100, x400. Морфологическое определение пыльцы производилось с помощью определителей [Пыльцевой анализ, 1950; Куприянова, Алёшина, 1972, 1978], собственной эталонной картотеки рисунков и описаний, а так же базы данных пыльцы <http://botany-collection.bio.msu.ru>. Автором выполнены фотографии (с использование фотокамеры Xiaomi Redmi 8, 12Мп) пыльцы представителей растений галофитов, в дальнейшем использованные при выполнении палеорекострукции разрезов Белого моря. Также для микроскопирования и получения фотографий, была подготовлена пыльца растений галофитов, отобранная в гербарном фонде Института леса КарНЦ РАН.

В результате обработки субфоссильных проб были определены пыльцевые зерна таких галофитов, как *Atriplex nudicaulus* (Табл. I, фиг.1, фиг.2); *Glaux maritime* (Табл. I, фиг.3, фиг.4); предположительно *Trigloch in maritime* (Табл. I, фиг.5, фиг.6); являющихся облигатными галофитами и представителями песчано-глинистых и галечниковых морских отмелей. Также определена пыльца семейства *Asteraceae*, type *Aster*, по мнению автора, согласно морфологическим особенностям, эта пыльца принадлежит *Aster tripolium* (Табл. I, фиг.7, фиг.8). Все эти представители относятся к группе травянистых, и продуцируемая пыльца попадает в отложения *in situ*. Работа с пылью гербарного материала помогла с большей точностью определить галофитные виды.

Сем. Chenopodiaceae-Маревые

***Atriplex nudicaulus*-Лебеда голостебельная**

(Табл. I, фиг.1, фиг.2)

Пыльца диаметром 22.0-33.5 μm , диаметр пор 2.4-3.3 μm , между порами 5.1-6.7 μm , число пор 51-75 (84), экзина 2.4-3.0 μm . Пыльцевые зерна многопоровые, шаровидные в очертании округлые, довольно крупные. Поры среднекрупные, округлые, обычно четко окантованы, погружены не глубоко. Экзина не толстая. Стерженьковый слой и каналца четкие. Текстура в плане довольно четкая, в разной степени разреженная, иногда довольно плотная. Контур от сглажено-волнистого до волнистого. Мезокольпиум сглажено-выпуклый. Размер мезопориума соответствует размеру пор.

Экология: Гипоарктический, европейский вид. Эндемичный вид побережья Белого моря. Растение приморских, песчаных и галечниковых побережий всего беломорского побережья.

Сем. Primulaceae – Первоцветные

***Glaux maritime*-Млечник морской**

(Табл. I, фиг.3, фиг.4)

Таблица I

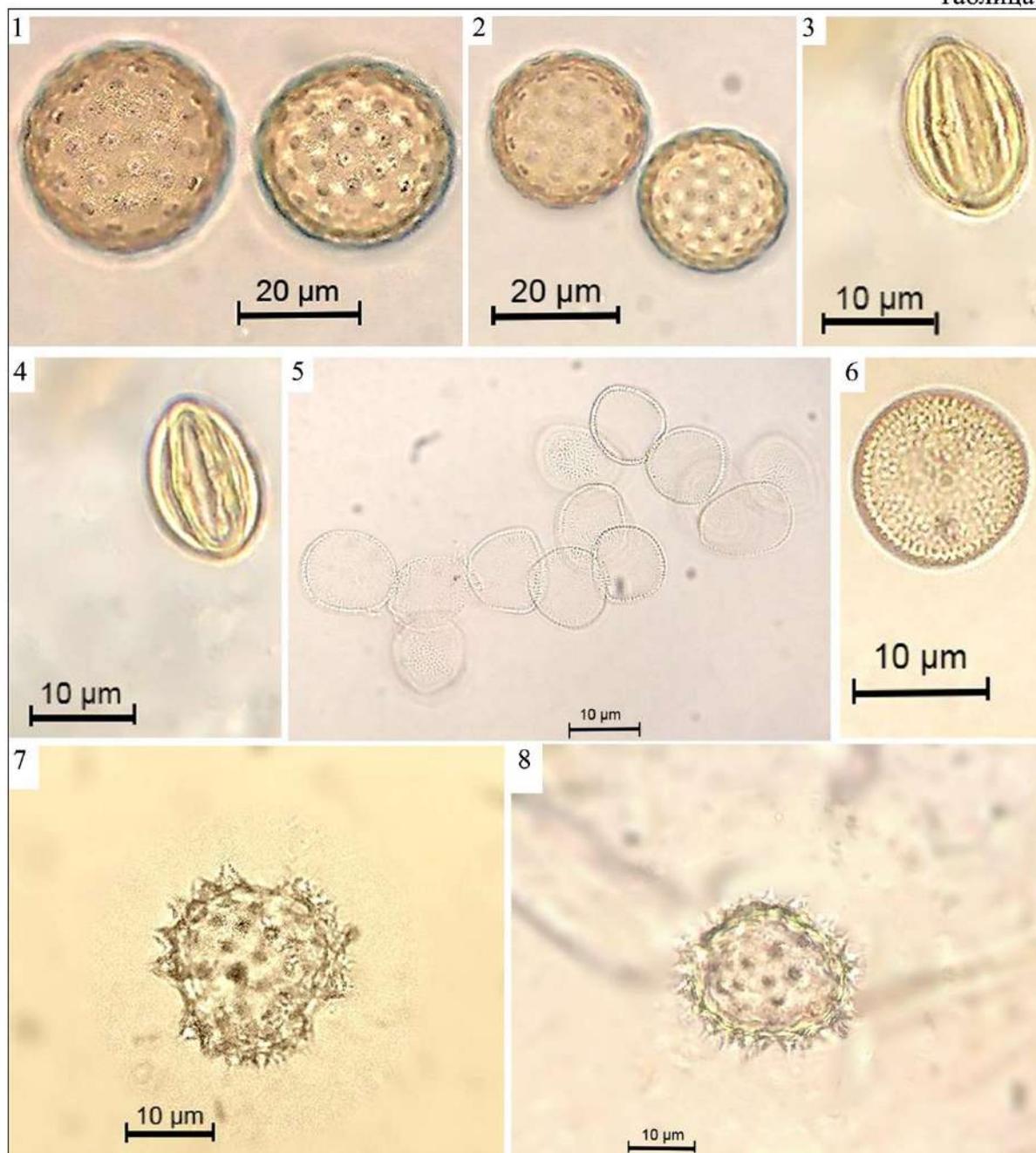


Таблица I:

Фиг.1–2 Сем. *Chenopodiaceae*-Маревые; *Atriplex nudicaulis*-Лебеда голостебельная;

Фиг.3–4 Сем. *Primulaceae* – Первоцветные; *Glaux maritime*-Млечник морской;

Фиг.5–6 Сем. *Yuncaginaceae* – Ситниковидные; *Triglochin maritime*-Триостренник морской;

Фиг.7–8 Сем. *Asteraceae*- Астровые; *Tripolium vulgare*-Астра солончаковая обыкновенная

Пыльцевые зерна не крупные, трехборздно-оровые, эллипсоидальные, с полюса подтреугольно-округлые, с экватора эллиптические. Борозды широкие, особенно расширенные к оре, к полюсу заостренные. Экзина не толстая, двухслойная, без столбикового слоя. Контур гладкий. Структура мелкозернистая, еле заметная. Ора довольно четкая.

Экология: Голарктический приморский вид. На побережье Белого моря растет в устьях рек на сырых, часто заливаемых водой валунно-галечных, илистых, реже песчаных морских берегах.

Сем. Yuncaginaceae – Ситниковидные
***Triglochin maritime*-Триостренник морской**
 (Табл. I, фиг.5, фиг.6)

Пыльцевые зерна безапертурные, шаровидные, яйцевидные в очертании эллиптические, округлые. Размер варьирует. Экзина двуслойная, верхний слой толще нижнего. По контуру видны изолированные стерженьки, головки некрупные, закругленные. Скульптура: мелкосетчатые ячей в пределах одного зерна могут быть неравновеликие, угловато-округлые, стенки ячеек тонкие, проекций отдельных стерженьков как правило не видно. Цвет желто-серый, почти бесцветный. Есть сходство с Potamogetonaceae и Yuncaginaceae, но у Potamogetonaceae в сетке более отчетливо выделяются проекции отдельных стерженьков в виде узелков, а у Yuncaginaceae более четко выражена сетчатая структура.

Экология: Плюризональный вид. На побережье Белого моря встречается повсеместно в устьях всех рек, впадающих в акваторию. В зоне ежедневного заливания морскими солеными водами является доминантом и содоминантом с астрой солончаковой и подорожником морским.

Сем. Asteraceae- Астровые
***Tripolium vulgare*-Астра солончаковая обыкновенная**
 (Табл. I, фиг.7, фиг.8)

Пыльцевые зерна шаровидные, трехбороздо-оровые, достаточно крупные, контур пыльцевого зерна округлый. Скульптура шиповатая, шипы длинные, вытянутые с широким основанием, структура среднезернистая, четко видна. Борозды широкие, с волнистым краем и четко выделяющейся орой.

Экология: Бореальный евразийский вид. Произрастает по берегам рек, впадающих в Белое море в зоне ежедневного заливания морскими водами на глинистых, нередко заиленных, опесчаненных или каменистых осушках.

Заключение

Пыльца галофитов, обнаруженная в спектре донных отложений, указывает на присутствие на данной территории в изучаемый период растений, выносящих засоление субстрата, а значит и водоема с морской соленой водой. В литологических колонках изучаемых разрезов изолированных бассейнов это подтверждается присутствием разнозернистого песка с морскими раковинами и их фрагментами. Затем уменьшение количества пыльцевых зерен галофитной растительности, а в дальнейшем и полное исчезновение говорит о смене гидрологического режима и опреснении водоема. В донных отложениях разрезов исчезают морские раковины и появляются переслаивания серой или коричневой гиттии и алевролита. Присутствие в спектре колоний водорослей *Pediastrum*, так же подтверждает смену гидрологического режима на пресноводный, как и появление пыльцы водных растений пресноводных водоемов таких как *Nuphar*, *Potamogeton* и др. Таким образом, находки в спектре пыльцы галофитной растительности могут быть применены для реконструкции границы береговой линии Белого моря. В дальнейшем автором будет продолжена работа по определению пыльцы других видов галофитной растительности побережья Белого моря.

Литература

Гричук В.П., Заклинская Е.Д. Анализ ископаемой пыльцы и спор и его применение в палеогеографии. М., 1948. 223 с.

Заславская Н. В. Флора и растительность засоленных приморских экотопов западного побережья Белого моря: Автореф. дисс. канд. биол. наук. Петрозаводск, 2007. 24 с.

Куприянова Л.А., Алешина Л.А. Пыльца и споры двудольных растений флоры европейской части СССР. Т.1. Л.: Наука, 1978.174 с.

Куприянова Л.А., Алешина Л.А. Пыльца и споры растений флоры европейской части СССР. Т.1. Л.: Наука, 1972.172 с.

Лаврова Н. Б., Колька В. В., Корсакова О. П. Пыльца как индикатор миграции береговой линии Белого моря // Эволюция органического мира и биотические кризисы: Материалы LVI сессии Палеонтологического общества при РАН (5–9 апреля 2010 г.). СПб., 2010. С. 64–66.

Природный комплекс побережий Белого моря: учебное пособие/ Е.Ф.Марковская, Л.А.Сергиенко, Г.А. Шкляревич, А.В.Сони́на, А.А. Стародубцева, О.В. Смолькова; Петрозаводский гос. ун-т. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2010. -85 с.

*Пыльцевой анализ /*Ред. И.М.Покровской. М.: Госгеолиздат, 1950. 571 с.

Шелехова Т.С., Лаврова Н.Б. Новые данные о миграции береговой линии Белого моря. // Ученые записки Петрозаводского государственного университета, № 2(115), март 2011 Серия: естественные и технические науки: 24-32 с.

Hafsten U. Pollen-analytical investigations in South Norway // In Holtedahl, O. (ed.): Geology of Norway, Norges Geologiske Undersøkelse. 1960. P. 434–462.

Hafsten U. Shore-level changes in South Norway during the last 13,000 years, traced by biostratigraphical methods and radiometric datings. Norsk Geografisk Tidsskrift 1983. Vol. 37. P. 63–79.

Donner J., Eronen M., Jungner H. The dating of the Holocene relative sealevel changes in Finnmark, North Norway // Norsk geografisk Tidsskrift. 1977. Vol. 31. P. 103–128.



**ИСТОРИИ РАЗВИТИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА СЕВЕРО-ВОСТОКА
ПОЛУОСТРОВА ЯМАЛ В ГОЛОЦЕНЕ НА ОСНОВЕ СПОРОВО-ПЫЛЬЦЕВЫХ И
ПАЛЕОКАРПОЛОГИЧЕСКИХ ДАННЫХ ИЗ РАЗРЕЗА БЕРЕГОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ
ОЗ. ПЕЧЕВАЛАВАТО**

Е.Г. Лаптева, О.М. Корона

*Институт экологии растений и животных УрО РАН, Екатеринбург,
lapteva@ipae.uran.ru, korona@ipae.uran.ru*

**HOLOCENE HISTORY OF VEGETATION COVER DEVELOPMENT OF THE
NORTHEAST YAMAL PENINSULA BASED ON POLLEN AND PLANT MACROFOSSIL
DATA FROM THE SECTION OF LAKESIDE DEPOSITS OF THE LAKE
PECHEVALAVATO**

E.G. Lapteva, O.M. Korona

Institute of Plant and Animal Ecology, UB RAS, Yekaterinburg

Изучение озерно-болотных отложений наиболее чувствительных к климатическим изменениям арктических и субарктических регионов с помощью палеоэкологических методов позволяет получить информацию о природно-климатических изменениях регионального и глобального характера в различные периоды голоцена. Полуостров Ямал – активно изучаемый в палеоэкологическом плане регион Арктики Западной Сибири на протяжении многих десятилетий. По многочисленным палинологическим исследованиям в совокупности с результатами изучения растительных макроостатков было установлено, что в отдельные периоды позднеледникового и голоцена на Ямале в подзоне современных южных субарктических кустарниковых тундр была распространена лесная растительность из ели, березы и лиственницы, климатические условия были теплее современных [Кац, Кац, 1946, 1948; Пьявченко, 1950; Васильчук и др., 1983; Панова и др., 2010; Лаптева и др., 2013; Корона и др., 2014]. О более широком распространении древесной растительности в послеледниковый период свидетельствуют и многочисленные находки полуископаемой древесины в аллювиальных и торфяных отложениях рек полуострова [Хантемиров, Шиятов, 1999; Хантемиров и др., 2021 и др.].

Район наших исследований расположен в бассейне р. Сёяхи северо-восточной части полуострова Ямал, где распространены северные субарктические тундры [Магомедова и др., 2006]. В первой половине XX века в устье р. Сёяхи в обрыве берега Обской губы около пос. Тибей-наду Б.А. Тихомировым [1941] был исследован торфяник. Позднее, несколько разрезов торфяных отложений голоценового возраста в долине этой реки были изучены А.К. Васильчук [2007]. Нами исследован разрез органо-минеральных отложений мощностью более 3 м. на северном берегу оз. Печевалавато в бассейне р. Сёяхи.

Лабораторная обработка и аналитика 48 образцов проводились по стандартным методикам спорово-пыльцевого и палеокарпологического анализов [Гричук, Заклинская, 1948; Никитин, 1969]. В результате палинологического изучения была определена пыльца деревьев (4 таксона), кустарников (3 таксона), кустарничков и травянистых растений (17 таксонов), а также споры высших споровых растений (плаунов и мхов). В каждом образце было подсчитано не менее 300 пыльцевых зерен с параллельной регистрацией спор. По результатам палеокарпологического анализа было отобрано 7857 макроостатков, включая вегетативные (листья, веточки) и генеративные (плоды и семена) остатки растений и их фрагменты, принадлежащие 39 таксонам деревьев, кустарникам, кустарничкам, травянистым растениям и мхам. Для определения возраста отложений были получены 5 радиоуглеродных дат в ЦКП «Лаборатория радиоуглеродного датирования и электронной микроскопии» Института географии РАН и Центре прикладных изотопных исследований Университета Джорджии (США) (рис. 1).

В образце из слоя песка светло-серого в основании разреза в комплексе растительных макроостатков (КРМ) преобладают крылатки и чешуи карликовой березки (*Betula nana*), встречаются листья ивы (*Salix* sp.), орешки осоки (*Carex aquatilis*) и семена брусники (*Vaccinium vitis-idea*), остатки мхов (*Sphagnum* и Bryales). В спорово-пыльцевом спектре (СПС) доминирует пыльца осок (Cyperaceae) и кустарников (*Betula nana*, *Duschekia fruticosa*, *Salix*).

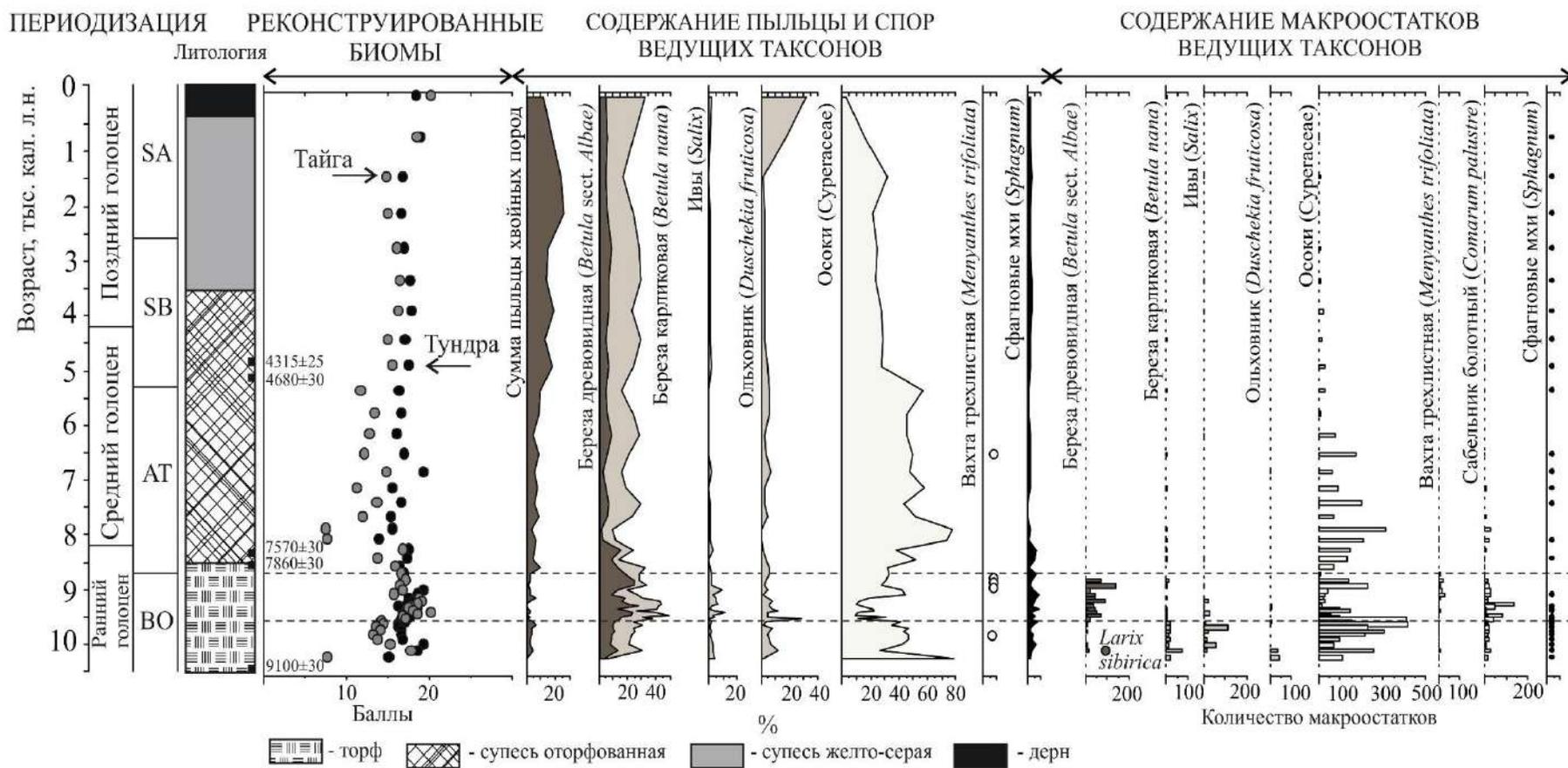


Рис. 1. Сопоставление содержания пыльцы и растительных макроостатков ведущих таксонов в образцах береговых отложений голоценового возраста оз. Печевалавто

СПС и КРМ характеризуют сообщества ерниковой тундры с кустарничками, осокой и мхами. В настоящее время подобные растительные сообщества широко встречаются в субарктических тундрах полуострова Ямал [Магомедова и др., 2006].

СПС и КМР из нижней части слоя торфа слаборазложившегося с ветками кустарников, с прослоями супеси и алевроитов характеризуются высоким содержанием пыльцы и макроостатков осоковых (Cyperaceae) и кустарников (*Betula* sect. *Nanae*, *Salix*, *Duschekia fruticosa*), возросло обилие пыльцы и появились крылатки и чешуи березы древовидной формы (*Betula* sect. *Albae*); найден фрагмент укороченного побега *Larix sibirica*, и в небольшом количестве содержатся палино- и макроостатки болотных растений (*Menyanthes trifoliata* и *Comarum palustre*). Для нижнего образца слоя торфа получена радиоуглеродная дата 9100 ± 30 лет (10196–10297 кал. л.н., IGAN_{AMS}-9235), соответствующая бореальному периоду голоцена [Борисова, 2014]. Ранее, при изучении голоценовых повторно-жильных льдов в торфяниках на р. Сёяха для слоя черного обугленного торфа с веточками ивы и березы была получена близкая радиоуглеродная дата 9110 ± 120 лет (9900–10580 кал. л.н., Hel-4057) [Васильчук, 2007].

В это время на приозерной пойме были распространены осоковые топи с преобладанием водяной осоки (*Carex aquatilis*) с участием осоки плетевидной (*C. chondorrhiza*), пушицы (*Eriophorum*), сабельника болотного и единично вахты трехлистной. Кустарниковые заросли из ивы и ерника с участием ольховника преобладали по берегам озера и на плакорах. Пыльца березы распространяется воздушными потоками на десятки и сотни километров [Гричук, Заклинская, 1948], а основная масса семян березы рассеивается в пределах 200 метров от источника, и лишь единичные семена могут разноситься ветром до 1 км [Денисов, 1999]. Соответственно, увеличение доли пыльцы и находки макроостатков *Betula* sect. *Albae* указывают на произрастание древовидной формы березы в районе озера уже в первой половине бореального периода. Возможно, встречались единичные лиственницы. В настоящее время на юге Ямала, в долинах рек, распространены лиственничные леса и редколесья с участием березы, единичные экземпляры лиственницы обычны на водоразделах [Магомедова и др., 2006]. По сравнению с предыдущим этапом, климатические условия стали теплее и, вероятно, более благоприятны для распространения древесной растительности.

Далее, в образцах верхней части торфа, наблюдается увеличение содержания макроостатков и пыльцы березы древовидной формы. Скорее всего, распространились прибрежные березовые редколесья с участием карликовой березы, ольховника и кустарничков. Единичные пыльцевые зерна и довольно большое количество макроостатков вахты трехлистной и сабельника болотного указывают на заболачивание берегов озера. В настоящее время эти растения часто произрастают по болотистым берегам рек и озер в лесотундре и южных субарктических тундрах полуострова Ямал, а в северных субарктических тундрах встречаются спорадически [Магомедова и др., 2006].

Подобные растительные сообщества – березовые криволесья на полуострове Ямал не встречаются. Береза древовидной формы (*Betula tortuosa* и *B. pubescens*) лишь в качестве примеси попадает в лиственничных и елово-лиственничных редколесьях преимущественно по речным долинам в северной лесотундре полуострова, южнее $67^{\circ}30'$ с.ш. [Магомедова и др., 2006]. Березовые криволесья из березы извилистой широко распространены в Большеземельской лесотундре и на Полярном Урале [Горчаковский, 1975].

Благоприятные условия для произрастания древесной растительности в районе озера сохранялись до начала атлантического периода. Для верхнего образца торфа получена радиоуглеродная дата 7860 ± 30 лет (8585–8771 кал. л.н., IGAN_{AMS}-9236), которая маркирует существенные изменения в растительном покрове. КРМ с доминированием *Luzula* sp. при участии осоки водной отражает появление эродированных песчаных раздувов, на которые активно расселялась ожика. Макроостатки *Betula* sect. *Albae* исчезли, в СПС доля ее пыльцы стала уменьшаться. Это может свидетельствовать о сокращении древесной растительности в окрестности озера.

При накоплении нижней части слоя сильно оторфованной супеси произошли кардинальные изменения в растительных сообществах, отражающие смену гидрологического режима, замедление заболачивания и усиление озерно-аллювиальных процессов. Это маркируется радиоуглеродной датой 7570 ± 30 лет (8343–8415 кал. л.н., IGAN_{AMS}-9237), которая

получена из нижнего образца слоя оторфованной супеси и соответствует рубежу раннего и среднего голоцена [Борисова, 2014]. В СПС и КРМ преобладают Сурегасеае. Распространились прибрежные тундрово-болотные сообщества с участием кустарников (ерники, ивняки) и кустарничков. В настоящее время подобные сообщества широко встречаются на территории субарктических тундр полуострова Ямал [Магомедова и др., 2006]. Возможно, редкие деревья березы еще сохранялись в окрестностях озера, на что указывают единичные находки крылаток *Betula sect. Albae*. Доля пыльцы березы в СПС уменьшилась.

Затем процесс опесчанивания усилился, и оторфованность супеси к верхней части слоя снизилась. Во время формирования этой части отложений распространились субарктические тундры, вероятно, северного типа. Древесная растительность полностью исчезла. Климатическая обстановка стала близка современным условиям. По берегу озера и низинным межозерным участкам обильно произрастала осока плетевидная, в настоящее время широко распространенная именно в северных тундрах полуострова Ямал [Магомедова и др., 2006]. В СПС также преобладают пыльцевые зерна осоковых (Сурегасеае), возросла доля дальнезаносной пыльцы сосны (*Pinus sylvestris*). Усиление ветрового заноса пыльцы хвойных пород характерно для открытых ландшафтов, в том числе тундровых [Васильчук, 2005]. На высоком берегу в растительных сообществах доминировала водяника (*Empetrum* sp.), остатки которой обильны в КРМ, в сочетании с другими кустарничками. В СПС также возросла встречаемость пыльцы верескоцветных кустарничков (Ericaceae). Данные изменения маркируются радиоуглеродными датами 4680 ± 30 лет (5319–5474 кал. л.н., IGAN_{AMS}–9238) и 4315 ± 25 лет (4837–4888 кал. л.н., IGAN_{AMS}–9239), которые соответствуют суббореальному периоду голоцена [Борисова, 2014].

Современные северные субарктические тундры по берегу озера характеризует КРМ и СПС из дерна: кустарничковые тундры, с ерником и доминированием брусники и голубики в травяно-кустарничковом ярусе при участии осок и злаков. Обилие пыльцы ольховника является следствием ветрового заноса пыльцы с северной границы ареала кустарника.

Следует отметить, что при изучении образцов из разреза органо-минеральных отложений берега оз. Печевалавато макроостатки ели сибирской (*Picea obovata*) не были обнаружены. Во всех полученных СПС доля ее пыльцы не превышает 5%. Полуископаемая древесина, хвоинки и семена, пыльца (10–30%) ели сибирской были найдены примерно в 150 км южнее, в позднеледниковых (аллерёд) аллювиальных отложениях и реликтовых торфяниках ранне-среднеголоценового возраста р. Юрибей [Лаптева и др., 2013; Корона и др., 2014; Хантемиров и др., 2021]. В настоящее время ель сибирская наряду с березой извилистой изредка встречается в подросте листовенничных редколесий по долинам рек Южного Ямала [Магомедова и др., 2006]. Вопрос о распространении ели в раннем и среднем голоцене в бассейне р. Сёяха пока остается открытым.

Таким образом, палеоботанические данные из разреза отложений оз. Печевалавато отражают следующие изменения природной среды. До 10.5 тыс. кал. л.н., в конце позднеледниковья (поздний дриас) или начале раннего голоцена (пребореальный период), господствовала тундровая растительность с ерниковыми зарослями, климатические условия были близки современным.

В начале бореального периода, после ~10.5 тыс. кал. л.н., началось смягчение климатических условий. Сообщества приобрели черты южных субарктических тундр; были распространены ольховники, ивняки и ерники. В долине озера встречалась древовидная береза и, вероятно, единично листовенница. Затем березовые редколесья с подлеском из ольховника, ив и ерника широко распространились в окрестностях озера. Благоприятные условия для произрастания древесной растительности просуществовали примерно до ~8.8 тыс. кал. л.н., конца бореального периода. Вероятно, в этом временном интервале средняя температура самого теплого летнего месяца была не ниже +12°C, поскольку данная изотерма определяет современную северную границу распространения древесных пород на полуострове Ямал. Согласно данным метеостанции Сёяха [<https://ru.climate-data.org/>], в настоящее время средняя температура самого теплого месяца (июль) в районе исследования составляет +8.3°C. Таким образом, в бореальном периоде северная граница распространения древесной растительности смещалась примерно на 400 км севернее современной границы редколесий. Условия вегетационного периода в целом были достаточно благоприятными для ее продвижения на север,

и средняя температура самого теплого летнего месяца могла превышать современную примерно на 3–4°C.

В начале атлантического периода в бассейне р. Сёяхи древесная растительность стала деградировать, и к рубежу раннего и среднего голоцена (~8.3 тыс. кал. л.н.) распространились сообщества южных субарктических тундр. Затем зональным типом растительности окрестностей озера стали северные субарктические тундры.

Выделенный нами благоприятный период произрастания древесной растительности совпадает с данными дендрохронологических исследований, согласно которым в голоцене самый древний пик распространения деревьев не только в долинах рек, но и на плакорных местообитаниях приходится на период между 7200–6000 гг. до н.э. [Хантемиров, Шиятов, 1999]. Затем полярная граница леса отступила к югу, и в течение длительного интервала времени (7.4–3.7 тыс. л.н.) она смещалась незначительно, в среднем располагаясь в нескольких десятках километров севернее современного положения. В изученном нами разрезе растительные макроостатки древесных пород в отложениях, соответствующих этому периоду, не обнаружены. Однако в литературе имеются сведения о находке иголки лиственницы в кусочке торфа из повторно-жильного льда на р. Сёяха, датированной 5990±80 лет (6638–7020 кал. л.н., Hela-200) [Васильчук, 2007]. Доля пыльцы древесных пород существенно снизилась до минимума в интервале 7.8–5.4 тыс.л.н. Позднее, в СПС изученных отложений, соответствующих финалу среднего и началу позднего голоцена, фиксируется увеличение доли хвойных пород за счет возрастания обилия пыльцы сосны, косвенно свидетельствующей об увеличении открытых ландшафтов на полуострове.

Работа выполнена в рамках государственного задания Института экологии растений и животных УрО РАН №№ 122021000095-0.

Литература:

Борисова О.К. Ландшафтно-климатические изменения в голоцене // Известия РАН. Сер. Географ. 2014. № 2. С. 5–20.

Васильчук А.К. Палинология и хронология полигонально-жильных комплексов в криолитозоне России. М.: Изд-во Москю ун-та, 2007. 488 с.

Васильчук А.К. Региональная и дальнезональная пыльца в тундровых палиноспектрах // Известия РАН. Сер. Биолог. 2005. № 1. С. 85–99.

Васильчук Ю.К., Петрова Е.А., Серова А.К. Некоторые черты палеогеографии голоцена Ямала // Бюллетень комиссии по изучению четвертичного периода. 1983. № 52. С. 73–89.

Горчаковский П. Л. Растительный мир высокогорного Урала. М.: Наука, 1975. 284 с.

Гричук В.П., Заклинская Е.Д. Анализ ископаемой пыльцы и спор и его применение в палеогеографии. М.: Географгиз, 1948. 224 с.

Денисов С.А. Березняки Среднего Поволжья (биология, экология и комплексное хозяйство в березняках из *B. pendula* Roth и *B. pubescens* Ehrh.) Автореф. дис. ... доктора с.-х. наук, Йошкар-Ола, 1999.

Кац Н.Я., Кац С.В. История растительности болот севера Сибири как показатель изменений послеледникового ландшафта // Тр. Ин-та геогр. АН СССР. 1946. Т. 37. С. 331–348.

Кац Н.Я., Кац С.В. Стратиграфия торфяников Приобского Севера // Тр. Комиссии по изучению четвертичного периода. 1948. Т. 7. Вып.1. С. 15–54.

Корона О.М., Трофимова С.С., Лаптева Е.Г. Первые реконструкции позднеледниковых растительных сообществ полуострова Ямал на основе растительных макроостатков // ДАН. 2014. Т. 455. № 1. С. 110–113.

Лаптева Е.Г., Трофимова С.С., Корона О.М. Флора и растительность р. Юрибей полуострова Ямал в позднеледниковье и голоцене // Динамика современных экосистем в голоцене. Казань: Изд-во «Отечество», 2013. С. 226–227.

Магомедова М.А., Морозова Л.М., Эктова С.Н., Ребристая О.В., Чернядьева И.В., Потемкин А.Д., Князев М.С. Полуостров Ямал: растительный покров. Тюмень: Сити-пресс, 2006. 360 с.

Никитин В.П. Палеокарпологический метод. Томск: Изд-во Томского ун-та, 1969. 89 с.

Панова Н.К., Трофимова С.С., Антипина Т.Г., Зиновьев Е.В., Гилев А.В., Ерохин Н.Г. Динамика растительности и экологических условий в голоцене на Южном Ямале (по данным комплексного анализа отложений реликтового торфяника) // *Экология*. 2010. № 1. С. 22–30.

Пьявченко Н.И. Бугристые торфяники. М.: Изд-во АН СССР, 1955. 279 с.

Тихомиров Б.А. О лесной фазе в послеледниковой истории растительности севера Сибири и ее реликтах в современной тундре // *Мат-лы по истории флоры и растит. СССР*. 1941. Т. 1. С. 315–374.

Хантемиров Р.М., Шиятов С.Г. Основные этапы развития древесной растительности на Ямале в голоцене // *Экология*. 1999. № 3. С. 163–169.

Хантемиров Р.М., Шиятов С.Г., Горланова Л.А., Кукарских В.В., Сурков А.Ю., Хамзин И.Р., Фонти П., Вакер Л. 8768-летняя Ямальская древесно-кольцевая хронология как инструмент для палеоэкологических реконструкций // *Экология*. № 5. С. 388–397.

**ДИНАМИКА РАЗВИТИЯ РАСТИТЕЛЬНОСТИ НА О. АНЗЕР (СОЛОВЕЦКИЙ АРХИПЕЛАГ) В ПОЗДНЕМ ГОЛОЦЕНЕ ПО ДАННЫМ ИЗУЧЕНИЯ ОЗЕРНЫХ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ**Д. Н. Левкова¹, Т. В. Сапелко², П. А. Леонтьев¹, Д. А. Субетто¹¹ РГПУ им. А. И. Герцена, г. Санкт-Петербург, velajrad@gmail.com² ИНОЗ РАН – СПб ФИЦ РАН, г. Санкт-Петербург**DEVELOPMENT OF VEGETATION DURING LATE HOLOCENE OF ANZER ISLAND (SOLOVETSKY ARCHIPELAGO) TO STUDY OF LAKES SEDIMENTS**D. N. Levkova¹, T. V. Sapelko², P. A. Leontyev¹, D. A. Subetto¹¹ Herzen State Pedagogical University of Russia, St. Petersburg² Institute of Limnology, Russian Academy of Sciences-SPC RAS, St. Petersburg

Соловецкие острова известны благодаря своему уникальному историко-культурному наследию. С 1976 года здесь действует Соловецкий государственный историко-архитектурный и природный музей-заповедник. Неотъемлемой частью островов являются леса, которые отнесены к наиболее ценным лесам России. Доля лесного фонда составляет 95,6 % территории архипелага [Ипатов и др., 2009]. Уникальные экстраординарные природные комплексы – тундровые приморские равнины и еловые, смешанные и мелколиственные леса разнотравного типа – формировались в условиях островной изоляции [Природная среда..., 2008].

С 2006 года на Соловецких островах ведутся палеолимнологические исследования. Установлена хронология изоляции озер от Белого моря на Большом Соловецком острове, по радиоуглеродным [Субетто и др., 2012], диатомовым [Ludikova et al., 2021] и палинологическим данным [Сапелко и др., 2008] выполнена реконструкция развития озерных ландшафтов в голоцене. Летом 2015 года на острове Анзер проводился отбор колонок донных отложений из четырех озер, расположенных на разных высотах относительно уровня моря. На самой высокой абсолютной отметке 20-22 м н. у. м. расположено безымянное небольшое лесное озеро (65°8,8026' с. ш., 36°1,8666' в. д.), которому было дано рабочее название Надбанное, так как оно находится недалеко от оз. Банного. В точке пробоотбора глубина составила 4.20 м. С плота с помощью русского бура были отобраны два керна с перекрытием для установления последовательной седиментации: 5.11 – 6.11 м и 4.20 – 5.20 м. Для нижней части колонки получены радиоуглеродные датировки, на основании которых была построена глубинно-возрастная модель, позволяющая смоделировать возраст верхней части на основании осредненной скорости осадконакопления. Уточнить предварительные данные помогли палинологические исследования.

На спорово-пыльцевой анализ изучена верхняя часть колонки донных отложений с глубины 4.41 – 5.01 м, представленная темно-коричневой гиттией, где верхние 10 см – более жидкая гиттия. По результатам анализа выделено 4 палинозоны (рис.1). В спектрах по всему разрезу доминирует пыльца древесных пород. Ведущая роль принадлежит пыльце березы и сосны. Среди трав постоянно преобладают злаки и осоковые, процентное содержание других трав невысоко. Наблюдается постоянное присутствие пыльцы прибрежно-водной растительности и рудеральных трав. Среди спор постоянно преобладает Polypodiaceae.

Палинозона 1 (гл. 480 – 501) характеризуется высоким содержанием пыльцы древесных пород (до 80 %). Доминирует пыльца *Betula*, значительно содержание пыльцы *Pinus* и *Betula nana*. В меньшей степени представлена пыльца ели, ольхи и лещины, единично встречается пыльца пихты, вяза и лиственницы. Общее содержание трав составляет до 20,6 %, доминируют злаки, осоковые и розоцветные, в конце зоны наблюдается пиковое содержание для всего разреза пыльцы *Plantago* (2,1 %). В спорах отмечены Polypodiaceae, *Sphagnum*, *Bryales* и др.

Палинозона 2 (гл. 472 – 480). Доля древесных пород увеличивается до 82,6 %. Наблюдается тенденция плавного сокращения содержания пыльцы березы и увеличения содержания пыльцы сосны и ели. Встречаются единичные пыльцевые зерна лиственницы и вяза. Содержание пыльцы трав значительно сокращается до 10,6 %. Среди трав доминируют злаки и осоковые, начиная с этой зоны, постоянно отмечается присутствие пыльцы Ericaceae. Среди спор значительную долю имеют Polypodiaceae и *Shagnum*, своего пикового значения достигает содержание *Botrychium*.

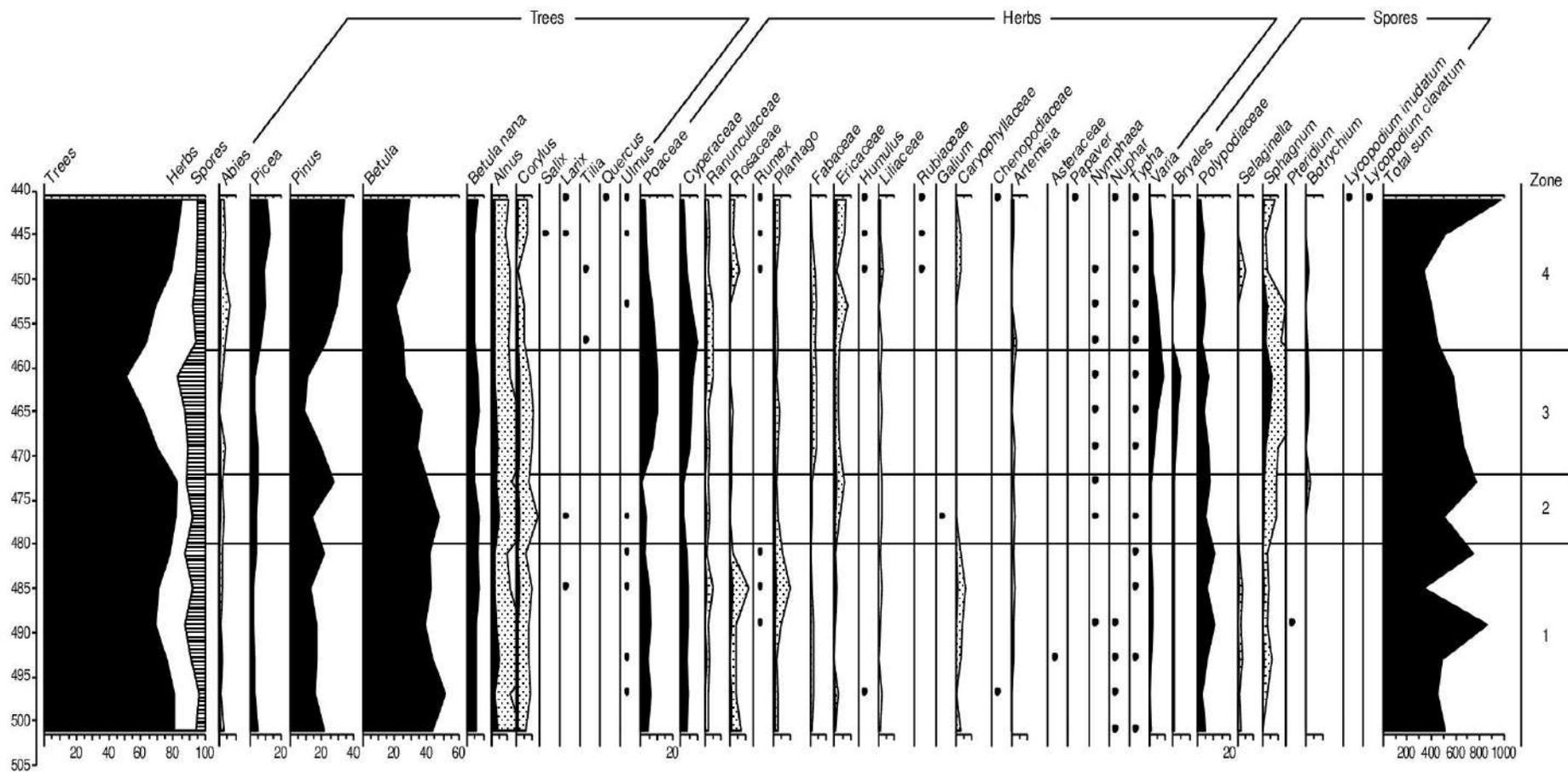


Рис.1. Спорво-пыльцевая диаграмма оз. Надбанного

Палинозона 3 (гл. 458 – 472 см) характерна понижением содержания пыльцы древесных пород (до 70,2 %) за счет увеличения доли трав и спор. Содержание пыльцы березы всё еще велико. Отмечается исчезновение пыльцы широколиственных пород. Среди трав преобладает пыльца злаков и осоковых, отмечается значительное содержание Ranunculaceae. На фоне плавного снижения содержания спор Polypodiaceae отмечается пиковое значение *Sphagnum*.

В **палинозоне 4 (гл. 441 – 458 см)** снова наблюдается рост содержания пыльцы древесных пород (до 82 %). Начинает доминировать пыльца сосны, содержание пыльцы березы сокращается, но остается значительным. Отмечается стабильное увеличение содержания пыльцы ели. Встречаются единичные пыльцевые зерна ивы, лиственницы, липы, дуба и вяза. Среди трав наблюдается непродолжительное преобладание пыльцы осоковых над злаками. Значительно возрастает содержание пыльцы Ericaceae. Отмечается присутствие *Rumex*, *Humulus*, Rubiaceae. В спорах продолжают преобладать Polypodiaceae и *Sphagnum*, встречаются споры *Selaginella* и *Lycopodium*.

В период формирования **палинозоны 1** в районе исследования характерны обширные площади березовых лесов, сосновые леса уступают по своему распространению. В связи с незначительным содержанием в спорово-пыльцевых спектрах пыльцы ели, относительно небольшим содержанием сосны и наличием пыльцы рудеральных трав, можно предположить, что на растительность в это время активно повлияли антропогенные факторы. Скорее всего березовые леса были не коренные, а вторичные, выросшие на месте уничтоженных таежных лесов. Затем, во время формирования **палинозоны 2**, увеличивается доля древесных пород, сокращается площадь открытых пространств. Леса представлены березовыми и сосновыми древостоями с примесью ели, ольхи, лещины. Вероятно, территория вокруг озера подверглась заболачиванию. Немного увеличивается площади распространения *Betula nana*. Доля рудеральных трав сокращается. Далее (**палинозона 3**) распространение травянистых сообществ достигает максимума, площадь открытых пространств увеличивается. Заболачивание территории продолжается. В **палинозоне 4** происходит смена доминирующей древесной породы – леса становятся преимущественно сосновыми и сосново-березовыми. Появляются представители широколиственных пород, не характерных для данной природной зоны, такие как липа, вяз, ива, дуб. Их появление можно связать с лесопосадками. Снова распространяются рудеральные травы.

Примечательны небольшие площади еловых лесов на протяжении всего исследованного периода. По палинологическим данным других разрезов Беломорского региона [Плешивцева, 1970; Малясова, 1976; Девятова, 1976; Сапелко и др., 2008; Шелехова и др., 2011; Сапелко, 2014; Колька и др., 2019] для позднего голоцена характерны таежные леса с преобладанием ели и сосны, а роль березы второстепенна. Возможно, это связано с активным длительным антропогенным воздействием на водосборном бассейне оз. Надбанного.

Освоение Соловецких островов началось в IV-III тысячелетиях до нашей эры, на что указывают археологические памятники. На о. Анзер были обнаружены первые временные поселения этого периода. [Мартынов, 2012]. Неолитические стоянки располагались на морских террасах вблизи источников пресной воды. Подобная стоянка могла быть и на водосборном бассейне исследуемого озера, на что указывают значительные антропогенные нарушения растительного покрова. Вероятно, во время активного заболачивания территории человек покидает водосбор, но поселения на острове продолжали существовать и влиять на динамику растительности. Обнаруженная пыльца не характерных для современной растительности о. Анзера древесных пород может быть связана с лесопосадками, описание которых имеется в архиве Соловецкого музея-заповедника [Ипатов и др., 2009].

В результате проведенных исследований получены предварительные результаты, устанавливающие динамику растительного покрова на о. Анзер в течение позднего голоцена под влиянием природных и антропогенных факторов.

Исследование выполнено в рамках государственного задания ИНОЗ РАН по теме № 0154-2019-0004 и государственного задания при финансовой поддержке Минпросвещения России (проект № FSZN-2020-0016).

Литература:

Девятова Э.И. Геология и палинология голоцена и хронология памятников первобытной эпохи в Юго-Западном Беломорье. Ленинград: Наука, 1976. 122 с. (Труды института геологии КФ АН СССР. Вып. 33)

Ипатов Л.Ф., Косарев В.П., Проурзин Л.И., Торхов С.В. Леса Соловецкого архипелага. Архангельск, 2009. 244 с.

Колька В.В., Корсакова О.П., Лаврова Н.Б., Шелехова Т.С., Зарецкая Н.Е. Литология, биостратиграфия и геохронология позднеплейстоцен-голоценовых осадков на побережье Онежского залива Белого моря // Доклады Академии наук. 2019. Том 485 (№ 2). С. 221–225.

Малясова Е.С. Палинология донных осадков Белого моря. Л., 1976. 118 с.

Мартынов А.Я. Острова Белого моря: от мезолита до Средневековья (о древнем освоении беломорских островов по археологическим данным) // Арктика и Север. 2012. № 5. С. 137-176.

Плешивцева Э.С. Изменение палеогеографических условий Северо-Двинской впадины в поздне-последледниковое время // Природа и хозяйство Севера. 1977. Вып. 6. С. 39–47.

Природная среда Соловецкого архипелага в условиях меняющегося климата. Под ред. Ю.Г. Шварцмана, И.Н. Болотова. Екатеринбург: УрО РАН, 2007. 184 с.

Сапелко Т.В., Субетто Д.А., Лудикова А.В., Кузнецов Д.Д. Динамика природных обстановок Соловецкого архипелага по данным изучения донных отложений озер // Водные экосистемы: трофические уровни и проблемы поддержания биоразнообразия. Материалы Всероссийской конференции с международным участием. Вологда, 2008. С. 95–99.

Сапелко Т.В., Субетто Д.А. История развития озерных ландшафтов Соловецких островов // Сборник тезисов научно-практической конференции по водным ресурсам, включая биологические ресурсы, Соловецкого архипелага. Архангельская обл., пос. Соловецкий, 2014 г. С. 51–53.

Субетто Д.А., Шевченко В.П., Лудикова А.В., Кузнецов Д.Д., Сапелко Т.В., академик Лисицын А.П., Евзеров В.Я., П. ван Беек (P. van Beek), М. Суо (M. Souhaut), Субетто Г.Д. Хронология изоляции озер Соловецкого архипелага и скорости современного озерного осадконакопления // Доклады Академии Наук. 2012. Том 446 (№ 2). С. 183–190.

Шелехова Т.С., Лаврова Н.Б. Новые данные о миграции береговой линии Белого моря // Учен. зап. Петрозавод. гос. ун-та. Серия Естественные и технические науки. 2011. № 2 (115). С. 24–32.

Ludikova A.V., Subetto D.A., Kuznetsov D.D., Sapelko T.V. From a large basin to a small lake: Siliceous microfossils stratigraphy of the isolation basins on Big Solovetskiy Island (the White Sea, NW Russia) and its implication for paleoreconstructions // Quaternary International <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2021.07.007>



ОТРАЖЕНИЕ ГЛОБАЛЬНОГО КРИЗИСА, ВЫЗВАННОГО ИЗМЕНЕНИЕМ ЦИРКУЛЯЦИИ ОЗОНА В АТМОСФЕРЕ ИЗ-ЗА СМЕНЫ ГЕОМАГНИТНЫХ ПОЛЮСОВ ОКОЛО 42 ТЛН. В ПОЙМЕННОМ (КОСТЕНКИ 12) И ВОДРАЗДЕЛЬНОМ (СТРЕЛИЦА) РЕФУГИУМАХ ИЗ БАССЕЙНА ВЕРХНЕГО ДОНА

Г.М. Левковская¹, Н.С. Болиховская², С.Н. Лисицин¹, А.К. Каспаров¹, А.Н. Боголюбова³

¹*Институт истории материальной культуры РАН, Санкт-Петербург, ggstepanova@yandex.ru, serglis@rambler.ru, alexkas@yahoo.com*

²*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, natbolikh@mail.ru*

³*Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, anastassia.bogolubova@gmail.com*

EVIDENCE OF THE GLOBAL CLIMATIC CRISIS ASSOCIATED WITH THE CHANGES IN OZONE CIRCULATION PATTERNS DUE TO THE SHIFT OF GEOMAGNETIC POLES ABOUT 42 kyr B.P. IN THE FLOODPLAIN REFUGIUM KOSTENKI 12 AND WATERSHED REFUGIUM STRELITSA IN THE UPPER DON BASIN

G.M. Levkovskaya¹, N.S. Bolikhovskaya², S.N. Lisytsin¹, A.K. Kasparov¹, A.N. Bogolyubova³

¹*Institute for the History of Material Culture RAS, St. Petersburg*

²*Lomonosov Moscow State University, Moscow*

³*Komarov Botanical Institute RAS, St. Petersburg*

В 2021 году появилась публикация об открытии глобального экологического кризиса около 42.0 тыс. л.н. в отложениях геомагнитного экскурса Лашамп [Cooper et al., 2021], вызванного изменением циркуляции озона в атмосфере во время инверсии магнитных полюсов. Кризис был выявлен в результате изучения древесины *Agathus ausrralis* из Новой Зеландии.

Применение палинотератной статистики, методика которой наиболее подробно описана в данном сборнике [Левковская и др., в печати], позволило ранее открыть для времени этого же экскурса Лашамп геоботанический кризис в пойменном рефугиуме Костенки 12 [Проблемы..., 2005, с. 93–130]. Рисунок 1 иллюстрирует корреляцию традиционной палинологической спорово-пыльцевой диаграммы разреза Костенки 12 и палинотератной диаграммы. Эта корреляция публиковалась ранее [Проблемы..., 2005, 93–130; Левковская и др., 2021]. Здесь она публикуется с наиболее детальными подрисуночными подписями. Диаграмма построена для разреза, раскопанного М.В. Аниковичем в 2002 году, на границе квадратов Б123-Б124, где отложения не нарушены склоновыми процессами и залегают в целом горизонтально [Аникович и др., 2007, с. 215]. Стратиграфия разреза основана на его полевых описаниях и микроморфологических литологических данных Б. Картера и В.Т. Холлидея [Проблемы..., 2005, с. 66–92].

Выше геомагнитного экскурса в разрезе, в слое 11, выявлен геологический маркер – вулканический пепел извержения CI/GY5, которое было в Италии около 40 тлн. [Hoffecker et al., 2008] В основании разреза маркером является палинозона 2 (низ слоя 19), отражающая существование в Костенках отложений, сформировавшихся во время оледенения на Севере Евразии, которое закончилось около 53.5 тыс. л.н. В Костенках существовали условия, сходные с климатом и растительностью подзоны южных тундр.

Спорово-пыльцевая диаграмма разреза Костенки 12 выделяется полнотой геологической летописи хроносреза 40.0–53.5 тыс. л.н., т.к. на ней практически без стратиграфических лагун охарактеризованы отложения трех межстадиалов: Глинде (51.5–48.0 тыс. л.н.), Моерсхоофд (46.0–44.0 тыс. л.н.) и Хенгело, возраст оптимума которого по данным C13/C14 шкалы сталагмита из пещеры Виллар на западе Франции – ~41.5 тыс. л.н. [Genty et al., 2003]. Причем, в каждом межстадиале представлены их начальные и конечные фазы и оптимумы, за исключением конечной фазы Хенгело. Аномально намагниченные образцы найдены в слоях 12 и 14 [Аникович и др., 2007, с. 216].

Отложения экскурса Лашамп начали формироваться в конце межстадиала Моерсхоофд. Палинотератная диаграмма (Рис. 1: правая часть) указывает на переход к экскурсу, начиная с верхов верхнепалеолитического слоя IV (верхов литологического слоя 14 и палеопочвы В) с господством в зоологическом комплексе мамонта. В палинотератном комплексе этих слоев начинается господство морфологически атипичных палиноморф. Господствует карликовая

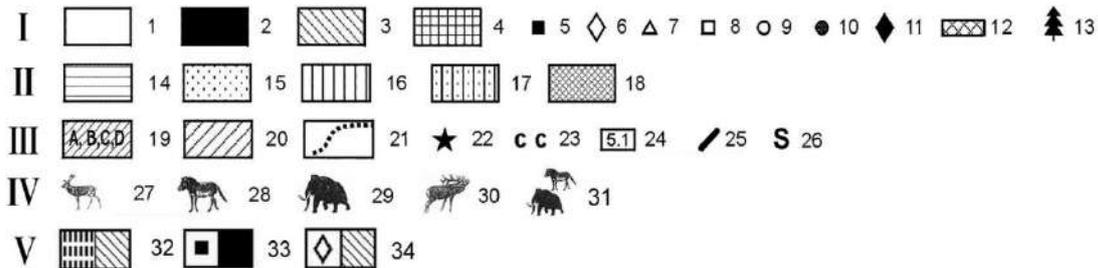
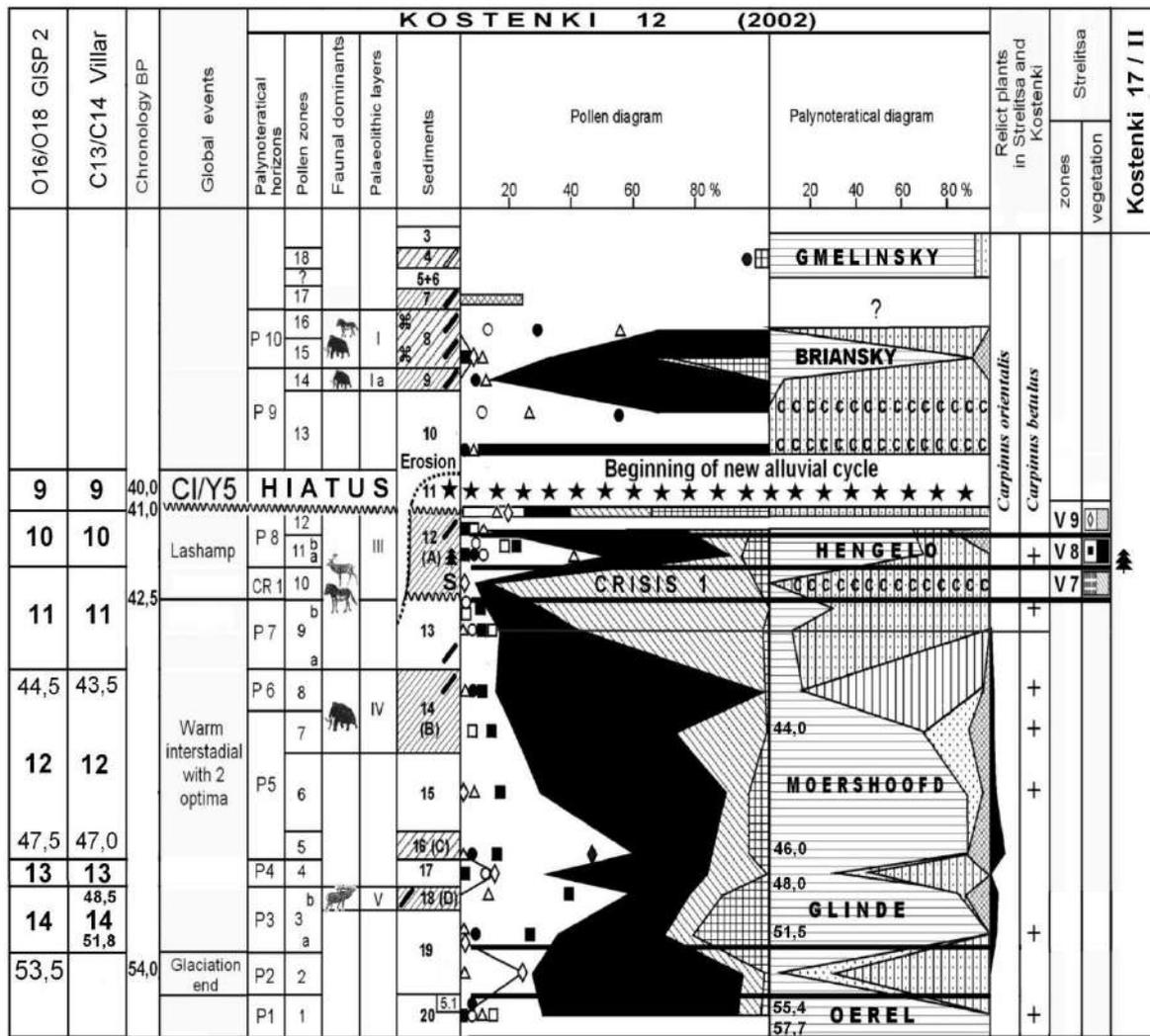


Рис. 1. Влияние глобальных палеогеографических событий хроносека 52-40 тыс. л. н. на фауну и растительность балочно- пойменного рефугиума Костёнки 12 и на растительность водораздельного рефугиума Стрелица.

I. Обозначения к спорово-пыльцевой диаграмме разреза Костёнки 12 (2002) Г.М. Левковской [3,5]: 1. сумма пыльцы древесных пород и кустарников; 2. сумма пыльцы мезофильных травяно-кустарничковых растений; 3. сумма пыльцы ксерофильных травяно-кустарничковых растений; 4. сумма спор (*Botrychium*); 5. сумма пыльцы широколиственных древесных пород и кустарников – вяза гладкого, ясеня, липы, дуба, лещины, граба обыкновенного, грабинника (*Ulmus laevis* + *Fraxinus* + *Tilia* + *Quercus* + *Acer* + *Corylus avellana* + региональные реликты - *Carpinus betulus* и *Carpinus orientalis*); 6. сумма пыльцы кустарников-микротермов: ольховника кустарникового, карликовой и кустарниковой берез (*Alnaster fruticosus* + *Betula pana* + *B. humilis*); 7-10. Пыльца: 7. ели (*Picea*); 8. ольхи (*Alnus*); 9. березы древовидной: березы пушистой и березы бородавчатой (*Betula pubescens* + *B. verrucosa*); 10. сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris*); 11. сумма пыльцы кустарников-ксерофитов: эфедры (*Ephedra*) + некоторые полыни (*Artemisia* s.g. *Seriphidium*); 12. единичные пыльцевые зёрна и споры; 13. первое появление в районе еловых лесов (зона 11a) совпадает с первым этапом господства в фауне северного оленя; **II. Палинотератная диаграмма, позволяющая на основе методики Г.М. Левковской, [3,5] проверенной на пробах из Чернобыля, выявлять оптимумы и геоботанические кризисы, обусловленные разными причинами:** 14. сумма морфологически типичных пыльцевых зерен и спор разных таксонов – индикатор (при доминировании в комплексе) нормального состояния

←

репродуктивной сферы большинства растений территории; 15-17. суммы пыльцевых зерен всех таксонов с разными патологиями – индикаторы (при доминировании в комплексах) экологических экстремумов разного генезиса: 15. сумма «карликовых» палиноморф разных таксонов – индикатор дефицита температур для растений; 16. «абортивный» (по Е.Н. Анановой) комплекс незрелой пыльцы, включающий формы из не распавшихся из-за недоразвития полиад разных таксонов и формы с незрелой скульптурой; 17. сумма пыльцевых зерен и спор всех таксонов с признаками у каждого зерна одновременно недоразвития и карликовости – индикатор геоботанических кризисов: стрессового состояния репродуктивной сферы большинства растений территории; 18. сумма уродливых палиноморф с многообразными отклонениями от нормы любых морфологических признаков у зёрен всех таксонов (при количестве более 5%) – индикатор межродовых и межвидовых гибридизаций или мутагенеза, усиливающих в краевых частях ареалов растений. **III. Литологические обозначения:** 19. палеопочвы А, В, С, D (по В. Холлидью) с культурными слоями III (А), IV (В), V (D) (по М.В. Аниковичу); 20. гумусированные отложения; 21. эрозионный контакт отложений; 22. находки в слое II вулканического пепла извержения С1/У5 в средиземноморье около 40 т.л.н.; 23. господство палиноморф, покрытых минеральным коллоидом; 24. глубина разреза (метры); 25. массовые скопления микроостатков углей; 26. солифлюкция; **IV. Доминанты в фаунистических комплексах культурных слоёв стоянки К12 (по М.В. Аниковичу и Дж.Ф. Хоффекеру):** 27. доминант- северный олень (культурный слой III, выше уровня господства лошади); 28. лошадь (основание слоя III); 29. мамонт (слой IV); 30. благородный олень (слой V); 31. содоминирование мамонта и лошади (слой I); **V. Данные по водораздельному разрезу Стрелица, по Н.С. Болиховской [2]:** 32. зона V7 (в К12 коррелируется с геоботаническим кризисом зоны 10): этап формирования кровли Хотылёвского лёсса, криоаридного климата, наименьшего обледенения за все время формирования разреза Стрелица и первого появления пустынно-стенных группировок, сочетающихся со степными, тундровыми, ерниковыми и гроздовниковыми; 33. зона V8 (в К12 коррелируется с зоной 11b): этап формирования субстрата для брянской почвы, оптимум Хенгело с тёплым лесостепным климатом и господством сосново-берёзово-еловых лесов с примесью вяза, граба, липы, черной ольхи; 34. зона V9 (в К12 коррелируется с зоной 12 в кровле подпелловой толщи), климат сухой и холодный, господство перигляциальных степей с сосновыми редколесьями, ерниками и безлесными криоаридными группировками.

пыльца практически всех таксонов, но еще без признаков недоразвития. Встречается пыльца и ксерофильных растений, и мезофильного разнотравья. Это была фаза начала понижения температур без признаков иссушения климата.

На традиционной спорово-пыльцевой диаграмме (Рис. 1: левая часть) начальному этапу экскурса Лашамп соответствует конец интерстадиала Моерскоофд – его термогигротическая стадия. Основные площади занимали мезофильные луга, а в пойменных лесных группировках господствовал вяз гладкий (*Ulmus laevis*), встречались заросли ольхи (*Alnus* sp.). Это был конец «вязового» мегаэтапа природной среды в Костенках, когда в регионе еще практически не было хвойных лесов. Их первое появление зафиксировано после экстремума экскурса Лашамп, в начальный этап Хенгело, а постоянное господство – после него [Levkovskaya et al., 2015].

Корреляция палинологической и палинотератной диаграмм и результаты СЭМ – исследований (Рис. 1, 2) показывает, что наиболее экстремальные условия за все время формирования отложений разреза существовали во время накопления нижней части литологического слоя 12 (зона 10, низ палеопочвы А, низ культурного слоя III раннего этапа костенковско-стрелецкой культуры).

В палинотератном комплексе отсутствуют морфологически типичная пыльца: для всех таксонов характерно господство пыльцевых зерен с признаками одновременно двух патологий – недоразвития и карликовости. Об особенной экстремальности условий свидетельствует присутствие большого количества полиад с пыльцой лебедовых (*Chenopodiaceae*), с трудом определимой из-за ультракарликовости и недоразвития (Рис. 2: 5). Этот комплекс, в который включены и статистические данные по полиадам, является индикатором геоботанической катастрофы - стрессового состояния репродуктивной сферы практически всех растений территории.

Традиционная спорово-пыльцевая диаграмма указывает на полное отсутствие в комплексе времени экстремума пыльцы древесно-кустарниковых растений. Встречаются лишь единичные пыльцевые зерна микротерма ольховника (*Alnaster*). В настоящее время он имеет наибольшее распространение в южной части тундровой зоны. Среди травянистых господствуют ксерофиты – полынь (*Artemisia* s.g. *Seriphidium*) и лебедовые (*Chenopodiaceae*). В основании археологического слоя III в палеозоологическом комплексе господствует лошадь, а позже – северный олень [Проблемы..., 2005, с. 163].

Ранее была выполнена корреляция спорово-пыльцевой диаграммы разреза Костенки 12 из пойменного рефугиума и диаграммы водораздельного разреза Стрелица, опубликованная Н.С.Болиховской [Болиховская, 1995]. Данные по разрезу Стрелица указывают на

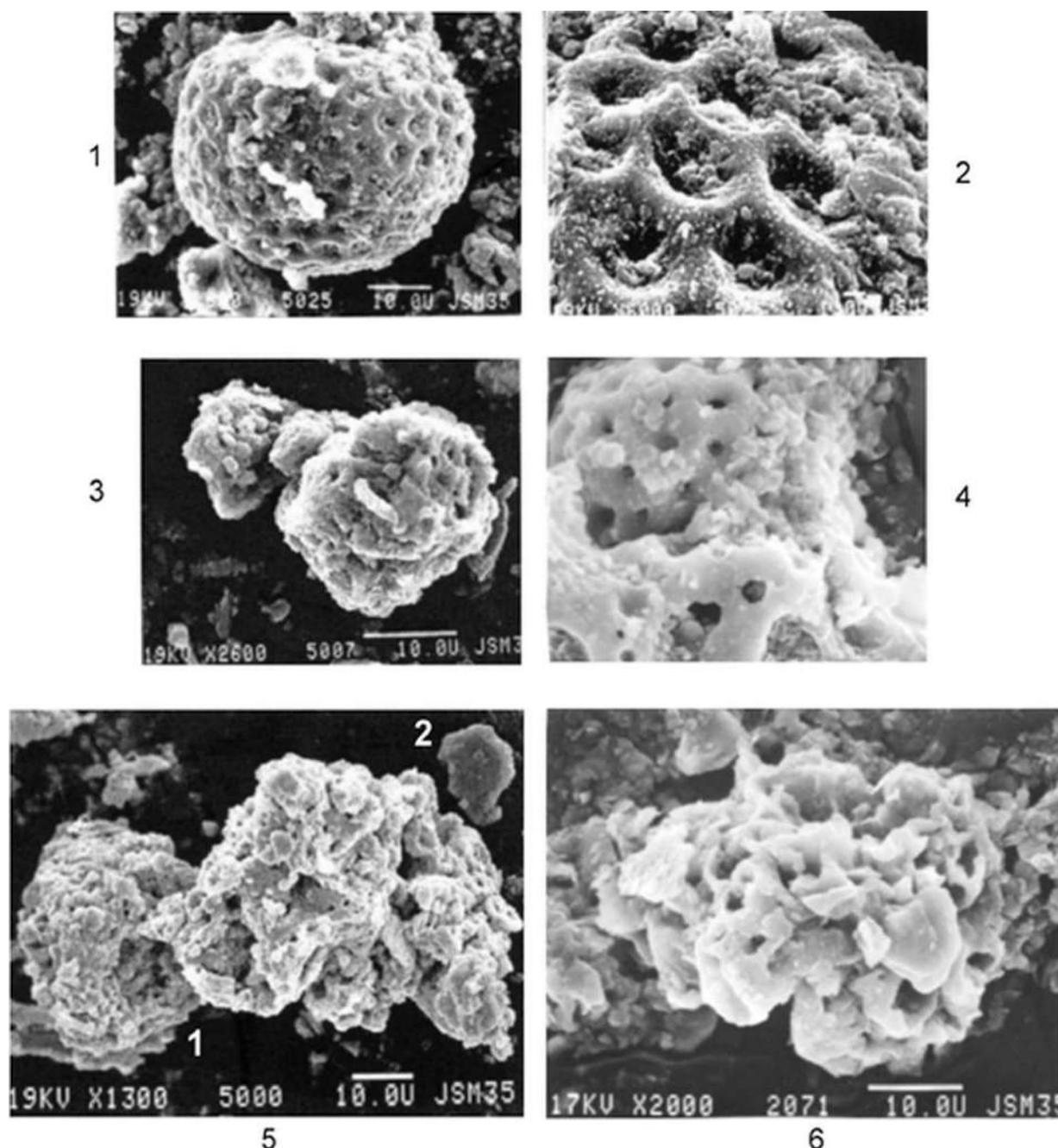


Рис. 2. СЭМ микрофотографии, иллюстрирующие вариабельность морфологии пыльцы лебедовых (*Cheporodiaceae*) в различных экологических условиях. 1, 2 – крупное нормально развитое пыльцевое зерно одного из видов *Cheporodiaceae* из отложений поверхностной пробы из Калмыкии: 1- общий вид зерна, x 2600; 2- детали скульптуры зерна, x 6000; 3, 5 – полиады из Костенковских отложений времени экскурса Лашамп, x 5000: 3 - из отложений начала экскурса – из верхов палеопочвы В и верхнепалеолитического культурного слоя IV; 5 – из отложений экстремума с особенно мелкой пыльцой (из основания палеопочвы А – культурного слоя III раннего этапа Костенковско-Стрелецкой культуры); 4, 6, - крупная пыльца лебедовых из современных поверхностных проб Калмыкии, стянутая в конгломерат из-за циркуляции сильно минерализованных вод, x 2000.

экстремальность отложений зоны V7, коррелируемой с экстремум времени Лашамп в Костенках 12. Зона V7 – этап формирования кровли хотылевского лёсса, крио-аридного климата, первого появления пустынно-степных группировок, сочетающихся со степными, тундровыми, ерниковыми и гроздовниковыми сообществами. Пустынные группировки зафиксированы даже в пойменном рефугиуме Костенки 12. В Стрелице для этого этапа выявлено наибольшее обезлесивание водораздела за все время формирования плейстоценовых отложений разреза.

Существует дискуссия относительно экологии экскурса Лашамп – связан ли он с холодным или теплым типами климата [Проблемы..., 2005, с. 131-161], и его хронологии. В последние годы

наиболее признанной считается датировка экскурса около 43-39 тыс. л.н. [Weninger, Jöris, 2008] основанная на математической обработке различных изотопных шкал. Спорово-пыльцевая и палинотератная диаграммы разреза Костенки 12 (без стратиграфических лакун) показывают, что различные фазы экскурса связаны с различной экологией, и имеют разный возраст. Начальный этап экскурса связан с криогигротической фазой в конце интерстадиала Моерсхоофд, который закончился ~43.5 тыс. л.н., а его экстремум – с холодным этапом, предшествовавшим интерстадиалу Хенгело, возраст оптимума которого ~41.5 тыс. л.н.

Литература:

Аникович М.В., Анисюткин Н.К., Вишняцкий Л.Б. Узловые проблемы перехода к верхнему палеолиту Евразии. СПб.: Нестор-История. 2007. 335 с.

Болиховская Н.С. Эволюция лёссово-почвенной формации Северной Евразии. М.: МГУ, 1995. 270 с.

Левковская Г.М., Болиховская Н.С., Аникович М.В. и др. Влияние глобальных палеогеографических событий хроносреза 52–40 тыс. л. н. на растительность и зооценозы пойменно-балочного рефугиума Костенки 12 и водораздельного рефугиума Стрелица из бассейна Верхнего Дона // Пути эволюционной географии. Вып. 2. М.: ИГ РАН, 2021. С. 190–194.

Проблемы ранней поры верхнего палеолита Костёнковско-Борщёвского района и сопредельных территорий / Ред. М.В. Аникович // Труды Костёнковско-Борщёвской археологической экспедиции ИИМК РАН. 2005. Вып. 3. 243 с.

Хоффекер Дж., Лисицын С. Н., Холлидей В. Взгляд с Североамериканских равнин на ранний верхний палеолит Восточно-Европейской равнины // *Stratum plus*. 2022. №1. С.101-128.

Cooper A., Turney C.S.M., Palmer J., et al. A global environmental crisis 42,000 years ago. // *Science*. 2021. Vol. 371. № 6531. P. 811–818.

Genty D., Balamart D., Ouahdi S, et al. Precise dating of Dansgaard-Oeschger climate oscillations in western Europe from stalagmite data // *Nature*. 2003. Vol. 421, Iss. 6925. P.833-837/

Hoffecker, J. F., Holliday V.T., Anikovich M.V. et al. From the Bay of Naples to the River Don: the Campanian. Ignimbrite eruption and the Middle to Upper Paleolithic transition in Eastern Europe. // *Journal of Human Evolution*. 2008. Vol. 55. Iss. 5. P. 858–870.

Levkovskaya G.M., Shumilovskikh, L.S., Anikovich, M.V. et al. Supra-regional correlations of the most ancient paleosols and Paleolithic layers of Kostenki-Borschevo region (Russian Plain). // *Quaternary International*. 2015.Vol. 365. P. 114–134.

Weninger B., Jöris O. A 14C age calibration curve for the last 60 ka: the Greenland-Hulu U/Th timescale and its impact on understanding the Middle to Upper Paleolithic transition in Western Eurasia // *Journal of Human Evolution*. 2008. Vol. 55. Iss. 5. P. 772–781.



**ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ ГЕОБОТАНИЧЕСКИХ ОПТИМУМОВ И КРИЗИСОВ
ПРОШЛОГО И НАСТОЯЩЕГО НА ОСНОВЕ ПАЛИНОТЕРАТНОЙ СТАТИСТИКИ.**

Г.М. Левковская¹, А.К. Каспаров¹, А.Н. Боголюбова²

¹*Институт истории материальной культуры РАН, Санкт-Петербург, ggstepanova@yandex.ru,
alexkas@yahoo.com*

²*Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург,
anastassia.bogolubova@gmail.com*

**DIFFERENTIATION OF THE PAST AND PRESENT GEOBOTANICAL OPTIMA AND
CRISES USING PALYNOTERATICAL STATISTICS.**

G.M. Levkovskaya¹, A.K. Kasparov¹, A.N. Bogolyubova²

¹*Institute for the History of Material Culture RAS, Saint Petersburg,
ggstepanova@yandex.ru, alexkas@yahoo.com*

²*Komarov Botanical Institute RAS, Saint Petersburg, anastassia.bogolubova@gmail.com*

Реконструкция геоботанических кризисов и оптимумов прошлого и настоящего на основе палинотератной статистики возможна, так как палинокомплексы отложений в специфическом палинологическом виде отражают не только локальные особенности растительности, но дают так же осредненную характеристику растительности климатически обусловленных ботанико-географических подзон. Это установлено в результате изучения поверхностных проб, из многих геоботанических зон и подзон одновременно: Европейской части бывшего СССР [Гричук, 1941], Западной Сибири [Левковская, 1973] и Восточной Сибири [Гричук и др., 1973].

Предлагаемая методика основана на палинотератной статистике, собираемой автором около 60 лет. Статистика собиралась в каждой исследованной автором с 1968 года пробе современных отложений, а так же осадков плейстоцена и голоцена.

Связь определенных типов палинотератных комплексов с разнообразными экологическими нагрузками удалось выявить благодаря двум факторам.

Во-первых, работая палинологом многие годы, я исследовала материалы из многих регионов с разнообразными экологическими обстановками: поверхностные пробы из всех геоботанических подзон Западной Сибири [Левковская, 1973], разрезы плейстоцена и голоцена от Ямала на Севере до Кавказа на Юге, Енисея и Алтая на Востоке до Латвии, Закарпатья и Приднестровья на Западе, а также из Южной Аравии.

Во-вторых, благодаря работе в археологическом учреждении, исследованы разрезы около сорока пяти археологических памятников эпох палеолита, неолита, античного времени и средневековья [Банк...] которые в большинстве случаев имеют четкие экологические данные, основанные на заключениях палеозоологов.

Предлагаемая методика проверена практикой. Возможность палинотератной индикации геоботанических катастроф подтверждена результатами изучения поверхностных проб из района Чернобыля [Левковская и др., 2011; Левковская, Боголюбова, 2011]. В 2022 году геоботанический кризис времени геомагнитного экскурса Лашамп, открытый автором в пойменном рефугиуме Костенки 12 еще в 2005 году [Левковская и др., 2005] на основе палинотератной статистики, подтвержден открытием глобального кризиса для времени этого же экскурса на основе изучения древесины *Agathis australis* из Новой Зеландии [Cooper et al., 2021], а экстремальность его палеогеографических условий – корреляцией с этапом одного из наиболее значительных за весь плейстоцен обезлесиваний региона в районе водораздельного разреза Стрелица [Левковская, Болиховская и др, 2021].

В результате обобщения всех материалов, приведенных выше, предлагается следующая методика для получения экологических заключений на основе палинотератной статистики:

1. Сбор палинотератной статистики производится путем документирования каждой находки вертикальной линией с пометкой над ней значками особенностей каждого пыльцевого зерна: карликовое, асимметричное, с идеальной морфологией, сомнительное и т.д. Дополнительным источником статистической информации являются СЭМ микрографии, на которых изображены не отдельные палиноморфы, а комплексы пыльцы современных или ископаемых отложений, получаемые при нанесении на столики СЭМ не отдельных палиноморф, а пробирочных мацератов. Микрографии опубликованы в сочетании с экологическими

заклЮчениями, основанными на палеозоологических данных, для ряда разрезов с отложениями эпох мустье и верхнего палеолита [Левковская и др., 1983; Левковская и др., 1995; Levkovskaya, 1999; Levkovskaya et al., 2012], а так же для современных поверхностных проб из района ЧАЭС. СЭМ микрографии, приведенные в данной статье (Рис. 1, 2) иллюстрируют палинотератные комплексы с одной (Рис. 1:I), двумя (Рис. 2:III) и тремя (Рис 1:II и 2:IV) экологически значимыми патологиями. Последний тип зафиксирован нами лишь для Чернобыля, где сильны мутации. В природных отложениях господство уродливых форм не отмечалось. Наблюдалось некоторое увеличение гибридных форм в краевых частях ареалов;

2. Необходимо в каждой пробе рассчитывать процентное соотношение морфологически типичных и нетипичных палиноморф;

3. Выявлены значимые для экологических заключений патологии палиноморф: уродливость любого типа, карликовость, недоразвитие отдельных признаков из-за невызревания пыльцы [Ананова, 1966], несформированность большинства признаков из-за очень быстрого и сильного экологического удара (Чернобыльский тип). Суммируются все таксоны с каждой из этих патологий и рассчитываются их проценты внутри группы нетипичных форм;

4. Для разрезов необходимо строить палинотератные диаграммы. Примеры диаграмм опубликованы [Левковская и др., 2005; Левковская, Болиховская и др, 2021];

5. Почти полное отсутствие в комплексах морфологически атипичных и недоразвитых палиноморф практически всех таксонов является индикатором оптимальных условий для репродуктивной сферы большинства растений территории, т.е. этапов геоботанических оптимумов термомеров прошлого, а также районов экологического благополучия во время современного голоценового межледниковья, для которого палинотератные комплексы нами не обнаружены ни в Латвии, ни в лесной зоне Западной Сибири [Левковская 1967, 1987];

6. Почти полное отсутствие в палинокомплексах морфологически типичных и нормально вызревших палиноморф всех таксонов является индикатором геоботанических катастроф или стрессов прошлого (Рис. 1:I, 2:III) или территорий современного экологического неблагополучия, вызванного антропогенными (Рис. 1:II, 2:IV) или природными факторами.

7. Находки одиночных тератоморф не корректно использовать для экологических заключений, так как такие формы постоянно встречаются в отложениях климатических оптимумов любого возраста, а также в любом пыльнике современного растения, о чем знают все палиноморфологи. Поэтому некорректна методика использования находок единичных тератоморфных форм в пыльниках отдельных современных растений для индикации состояния окружающей среды [Дзюба, 2006];

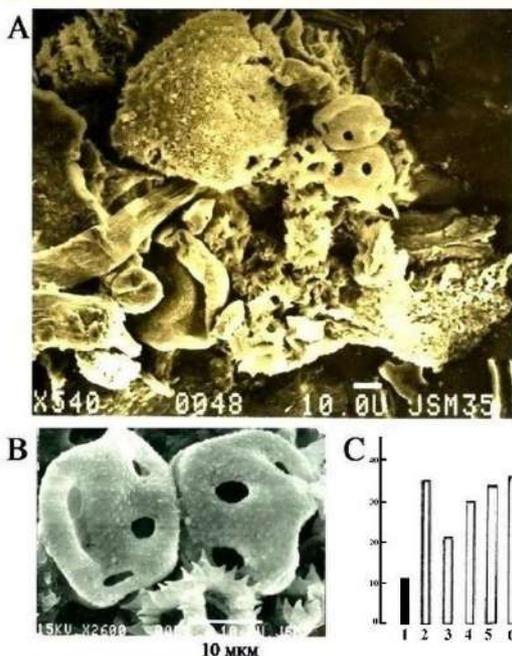
8. Использование палинотератной статистики может увеличить практическую значимость палинологического метода при применении его для:

- отложений любого геологического возраста (увеличение количества тератных форм возможно на границе геологических периодов);
- при палиноморфологическом изучении пыльцы из пыльников современных растений, существующих в краевых частях ареалов. В них может наблюдаться повышенное содержание форм с палинологическими свидетельствами межвидовых и межродовых гибридизаций, что показывают максимумы пыльцы березы (*Betula sp.*) карликового размера с признаками одновременно кустарниковых и древовидных форм на пределах существования древовидных берез в современных тундрах [Левковская, 1967, 1973; Васильчук, 2005];
- при проведении экологических экспертиз для выявления современных территорий экологического благополучия или геоботанических стрессов и катастроф, обусловленных природными или антропогенными факторами.

Литература:

- Ананова Е.Н. О недоразвитой пыльце в плейстоценовых отложениях // Бюллетень Комиссии по изучению четвертичного периода. М.: Наука, 1966. С. 18–22.
- Аскерова Р.К. Палинология цикориевых Compositae: Cichorioideae. Баку: Элм., 1987. 207 с.
- Банк палеоботанических и палинологических данных из археологических памятников территории бывшего СССР (BARPP). Составитель Г.М. Левковская. <http://www.gml.spb.ru>

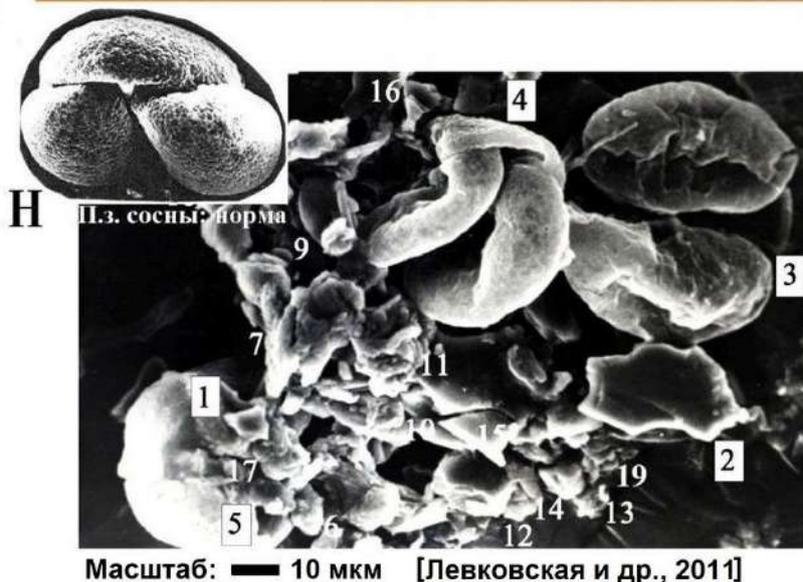
I. Комплекс с господством форм с одной важной для экологических заключений патологией - карликовость палиноморф. СЭМ: X540



А - общий вид комплекса с господством карликовой пыльцы *Sonchus*;
 В - нижняя форма: фрагмент ископаемого пыльцевого зерна *Sonchus* максимального размера (~ 20 мкм);
 С - средний размер наиболее мелких современных форм *Sonchus* L. (2-6) и среднего размера ископаемых форм (1).

Минимальные размеры пыльцы *Sonchus* L. современных кавказских видов (С: линии 2-6) - более 20 мкм [Аскерова, 1987], средний размер ископаемой пыльцы - 10 мкм (С: линия 1); максимальный размер ископаемой пыльцы ~ 20 мкм (В: нижняя форма) [Levkovskaya et. al, 1999].

II. Комплекс с господством форм с тремя важными для экологических заключений патологиями: монстровидное уродство форм (эдификатор комплекса) + неразвитость ряда признаков + варибельность размеров. СЭМ: X540



Патология А.
 Монстровидность пыльцы сосен - 3,4 (Н - норма) и форм с "опухольями" - 1, 7, 9, 14;

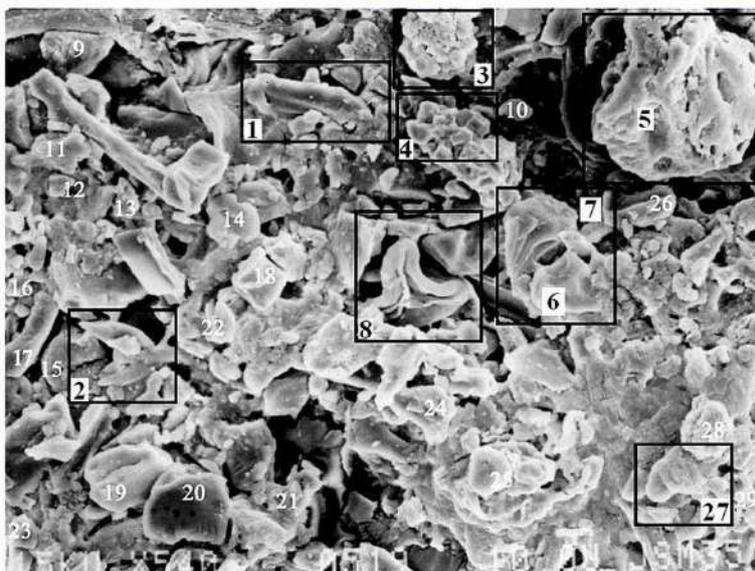
Патология В.
 Неразвиты: протопласт, скульптура, другие признаки у всех форм.

Патология С.
 Варибельность размеров: у большинства форм - 15 мкм; №13 (*Alnus*) - 10 мкм; №3,4 (*Pinus*) - 80 мкм.

Рис. 1. СЭМ микрофотографии, отражающие стрессовое состояние репродуктивной сферы отдельных растений (I) и геоботанической катастрофы (II) для всех растений территории.

I. Мезмайская пещера из пояса хвойных лесов Кавказа. Комплекс с господством карликовых зерен *Sonchus* и *Cheporodiaceae* эпохи неандертальцев по палеозоологическим данным сформировался в условиях дефицита осадков и, частично, температур. **II. Крюки, 16 км от Чернобыльской АЭС.** Максимальное загрязнение района ¹³⁷Cs (270 000 Бк/кг) – причина появления комплекса с господством монстровидно уродливых форм - мутации.

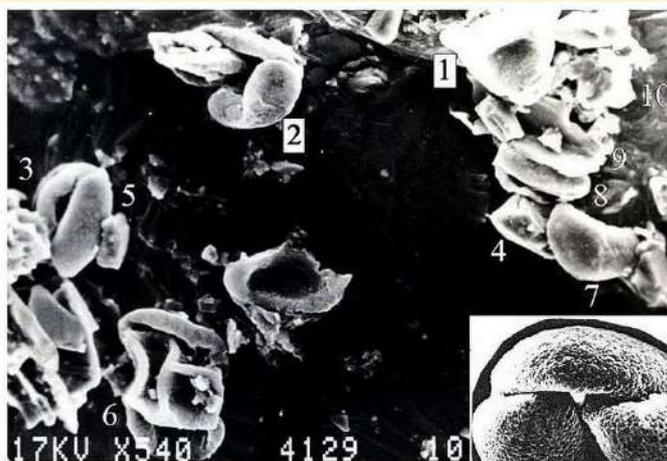
III. Комплекс форм с двумя патологиями, значимыми для экологических заключений: недоразвитие большинства признаков у всех форм (эдификатор комплекса) + карликовость. СЭМ: X540



Масштаб: 10 мкм

Признаки недоразвитой пыльцы Е.Н. Анановой (1966) из ледниковых отложений характеризуют и этот комплекс. Формы:
 - неопределимы из-за недоразвития (кроме: 1-фитолит 2 - *Juniperus*, 3 - *Asteraceae*, 8 - спора, 27 - *Pinus*);
 - недоразвита скульптура и другие признаки;
 - уплощены;
 - ультракарликовые (15 мкм)
 - есть полиады (4, 5);
 - на световом микроскопе цвет серый, а блеск стеклянный [Левковская, 2010].

IV. Комплекс форм с тремя патологиями, значимыми для экологических заключений: неразвитие большинства признаков у всех форм (эдификатор комплекса) + монстровидная уродливость + карликовость палиноморф. СЭМ: X540



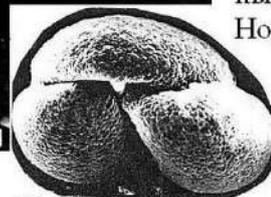
Масштаб: 10 мкм

[Левковская и др., 2011]

Патология А. Все формы "пусты" внутри из-за неразвития всех признаков и лишены скульптуры.

Патология В. Пыльца хвойных уродлива монстровидно. (1,2,6). Прочая не определима.

Патология С. Пыльца хвойных (1, 2, 6) мелка (40-15 мкм). Норма: 70 - 40 мкм.



П.з. сосны: норма

Рис. 2. СЭМ-микрографии палинотератных комплексов геоботанических катастроф репродуктивной сферы всех растений территорий, обусловленные климатической (III) и радиационной (IV) причинами.

III. Баракаевская пещера из пояса широколиственных лесов Кавказа. Комплекс эпохи неандертальцев с господством недоразвитой и карликовой пыльцы всех таксонов сформировался на верхнем пределе существования всех цветковых растений, в условиях очень резкого одновременного дефицита температуры и частично осадков, т.к. в палеозоологическом комплексе господствуют горно-лугово-степные виды. **IV. Масаны, 12 км от Чернобыльской АЭС.** Максимальное загрязнение района ^{90}Sr (14000 Бк/кг), а также ^{241}Am и $^{239,240}\text{Pu}$ является причиной появления комплекса «пустых» форм с неразвитостью всех морфологических признаков пыльцевых зерен, кроме их оболочек.

Болховская Н.С. Эволюция лёссово-почвенной формации Северной Евразии. М.: Изд-во МГУ. 1995. 270 с.

Васильчук А.К. Региональная и дальнезаносящая пыльца в тундровых палиноспектрах // Известия РАН. Серия биологическая. 2005. № 1, с. 85–99.

Гричук В.П. Опыт характеристики состава пыльцы в современных отложениях различных природных зон Европейской части СССР // Проблемы физической географии. 1941. Вып. 11. С. 101–129.

Гричук М.П., Каревская А.И., Карташова Г.Г. и др. Состав пыльцы и спор в различных современных осадках Восточной Сибири и Дальнего Востока СССР // Методические вопросы палинологии. Мат-лы III Международной палинологической конф. М.: Наука, 1973. С. 77–82.

Дзюба О.Ф. Палиноиндикация качества окружающей среды. СПб.: Недра, 2006. 198 с.

Левковская Г.М. Закономерности распределения пыльцы и спор в современных и голоценовых отложениях севера Западной Сибири. Автореф. дис. канд. геогр. наук. СПб.: ЛГУ, 1967. 20 с.

Левковская Г.М. Зональные особенности современной растительности и рецентных спорово-пыльцевых спектров Западной Сибири // Методические вопросы палинологии. Мат-лы III Международной палинологической конф. М.: Наука, 1973. С. 116–120.

Левковская Г.М., Бердовская Г.Н., Хомутова В.И. Морфологическая изменчивость пыльцы ели – возможный источник ошибок при палеогеографических реконструкциях (данные по стоянке Костенки 14) // Материалы IV Всес. палинол. конф. Свердловск: УрНЦ АН СССР, 1983. С. 53–57.

Левковская Г.М. Природа и человек в среднем голоцене Лубанской низины (Восточная Латвия). Рига: Зинатне. 1987. С. 1–94.

Левковская Г.М. Новые данные о природной среде и собирательстве неандертальцев из Баракаевской пещеры. (Северный Кавказ) // Исследования первобытной археологии Евразии (сборник статей к 60-летию Х.А. Амирханова). Махачкала: ДНЦ РАН, 2010. С. 208–239.

Левковская Г.М., Боголюбова А.Н. Качество пыльцы и особенности палинокомплексов некоторых природных экстремумов плейстоцена и их сравнение с палинокомплексами отложений с высоким радиоактивным заражением из района черныбыльской техногенной катастрофы // Проблемы современной палинологии. Мат. XIII Российской палинол. конф. Т. 2. Сыктывкар: Коми НЦ УрО РАН, 2011. С. 278–285.

Левковская Г.М., Мацко В.П., Сквернюк И.И. и др. Качество пыльцы и особенности палинокомплексов поверхностных почвенных проб из района Чернобыля (данные по отложениям с высоким радиоактивным заражением) // Проблемы современной палинологии. Мат. XIII Российской палинол. конф. Т. 2. Сыктывкар: Коми НЦ УрО РАН, 2011. С. 271–277.

Левковская Г.М., Хоффекер Дж.Ф., Аникович М.В., и др. Климатостратиграфия древнейших палеолитических слоев стоянки Костенки 12 – Волковская // Проблемы ранней поры верхнего палеолита Костенковско-Борщевского района и сопредельных территорий. Труды Костенковско-Борщевской арх. экспедиции. Вып. 3. СПб: ИИМК РАН, 2005. С. 93 – 130.

Cooper A., Turney C.S.M., Palmer J., et al. A global environmental crisis 42,000 years ago. // Science. 2021. Vol. 371. № 6531. P. 811–818.

Левковская Г.М., Болховская Н.С., Аникович М.В., Лисицын С.Н. и др. Влияние глобальных палеогеографических событий 52-40 тыс.л.н. на растительность и зооценозы пойменно-балочного рефугиума Костенки 12 и водораздельного рефугиума Стрелица из бассейна верхнего Дона. // Пути эволюционной географии. Выпуск 2. Материалы II Всеросс научн. конф., посвященной памяти профессора А.А. Величчко. М.: ИГ РАН, 2021. С. 190–194.

Levkovskaya G. Palynoteratical complexes as indicators of the ecological stress, past and present // Proceedings of the 5th European palaeobotanical and palynological conference. Acta Palaeobotanica. Kraków. 1999. Suppl. 2. P. 643 – 648.

Levkovskaya G., Lyubin V., Belyaeva E. Late Caucasian Neanderthals of Barakaevskaya Cave: chronology, palaeoecology and palaeoeconomy (Chapter 16) // Caves in context. The cultural significance of caves and rockshelters in Europe. Oxford: Oxbow Books, 2012. P. 225–253.

Levkovskaya G.M., Shumilovskikh L.S., Anikovich M.V. et al. Supra-regional correlations of the most ancient paleosols and Paleolithic layers of Kostenki-Borschevo region (Russian Plain) // Quaternary International. 2015. Vol. 365. P. 114–134.



ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОПИОНОВОГО АНГИДРИДА ПРИ ПОДГОТОВКЕ ПРОБ ДЛЯ СПОРОВО-ПЫЛЬЦЕВОГО АНАЛИЗА

Н.Г. Мазей¹, Е.Ю. Новенко^{1,2}

¹Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва,
natashamazei@mail.ru

²Институт географии РАН, Москва, *lenanov@mail.ru*

THE USE OF PROPIONIC ANHYDRIDE IN THE PREPARATION OF SAMPLES FOR POLLEN ANALYSIS

N.G. Mazei¹, E.Yu. Novenko^{1,2}

¹Lomonosov Moscow State University, Moscow

²Institute of Geography, Russian Academy of Sciences, Moscow

Первые методики подготовки проб для спорово-пыльцевого анализа появились в начале XX в. В 1916 г. Леннарт фон Пост впервые описал щелочной метод подготовки образцов озерных и болотных отложений для палинологического анализа. В 1933 г. Г. Эрдтман предложил ацетолизный метод обработки проб слаборазложившихся торфов или рецентной пыльцы, который заключается в обработке торфа смесью ледяной уксусной кислоты и уксусного ангидрида. Данный метод позволяет переводить в растворенное состояние целлюлозу, гемицеллюлозу и лигнин. В 1950 г. ученики фон Поста норвежец Кнут Фægри и датчанин Йоханнес Иверсен опубликовали руководство по палинологическому анализу (Fægri, K. & Iversen, J. «Textbook of Modern Pollen Analysis», 1950), в котором изложили методологические основы науки и модификацию метода обработки проб для анализа с использованием плавиковой кислоты и ацетолизной смеси.

Большой вклад в нашей стране в разработку палинологического анализа внес В.П. Гричук (Гричук, Заклинская, 1948; Пыльцевой анализ, 1950), его методика для исследования минеральных отложений с небольшими усовершенствованиями, активно используется до настоящего времени. На современном этапе существуют различные модификации подготовки проб для спорово-пыльцевого анализа (Berglund, Ralska-Jasiewiczowa, 1986. Moore et al., 1991; Bennett, Willis, 2002), но общие принципы этих методик очень близки.

На заключительных этапах подготовки проб большинство методов использует процедуру ацетолиза, впервые предложенную Г. Эрдтманом (1943). Проведение этого этапа особенно необходимо при изучении образцов торфа и почв. Как правило, несмотря на тщательность обработки, в полученном осадке кроме пыльцы и пелитовой части минералов, остаются и другие органические остатки. С целью разрушения целлюлозы и лигнина растительных клеток, а также цитоплазмы пыльцы и спор, собранный и обезвоженный осадок подвергается дополнительному воздействию ацетолизной смесью. При этом пыльцевые зерна окрашиваются в желтый цвет, что помогает при их идентификации.

Необходимый компонент ацетолизной смеси – уксусный ангидрид $(\text{CH}_3\text{CO})_2\text{O}$. Однако, согласно Постановлению Правительства Российской Федерации от 30 июня 1998 г. № 681 «Об утверждении перечня наркотических средств, психотропных веществ и их прекурсоров, подлежащих контролю» (Постановление ..., 1998), уксусный ангидрид отнесен к прекурсорам, оборот которых в Российской Федерации ограничен и в отношении которых устанавливаются особые меры контроля. В связи с этим приобретение, использование и хранение уксусного ангидрида в научных и учебных заведениях сопряжено с большими трудностями. Перед палинологами встала задача заменить уксусный ангидрид на другой реактив, в отношении которого нет подобных ограничений.

Для замены уксусного ангидрида мы исходили из того, что ацетолиз, частный случай ацидолиза – обменная реакция между сложным эфиром или ацеталем и карбоновой кислотой в присутствии каталитического количества минеральной кислоты (серной). Мы предлагаем заменить уксусный ангидрид при проведении ацидолиза пропионовым ангидридом $(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CO})_2\text{O}$. Теперь процедура проводится следующим образом:

Отмытый осадок в пробирке заливают ледяной уксусной кислотой (1/2 пробирки) для освобождения от воды. Это необходимо, поскольку вода бурно (взрывоподобно) реагирует с

ацетолизной смесью, и содержимое может выплеснуться из пробирки. После откручивания в центрифуге кислоту сливают.

Готовится «ацетолизная» смесь, которую необходимо использовать сразу после приготовления. Хранению она не подлежит. В мерный стеклянный цилиндр к 9 частям пропионового ангидрида добавляют по каплям 1 часть концентрированной серной кислоты, при этом полученная смесь сильно разогревается.

«Ацетолизную» смесь добавляют к осадку (5 частей смеси на 1 часть осадка), размешивают и помещают в водяную баню при 80-90° на 3-5 минут.

После нагревания «ацетолизную» смесь удаляют из образца центрифугированием (скорость 1500 об/мин), декантацией (сливанием) и последующей промывкой осадка сначала уксусной кислотой, а затем водой до исчезновения специфического запаха. Осадок подсушивают и заливают глицерином.

Для оценки качества обработки пропионовым ангидридом мы провели сравнение препаратов, обработанных с использованием уксусного и пропионового ангидридов. Тестирование было проведено на примере образцов среднеразложившегося торфа из пойменного болота, расположенного на территории заповедника «Калужские засеки». Серия из 6 образцов была обработана по методике (Moore et al., 1991), затем проводилась процедура «ацетолиза». Из каждого образца было отобрано по 2 пробы, одна из которых подвергалась ацетолизу с использованием уксусного ангидрида, а вторая пропионового.

Сравнение результатов исследования всей серии образцов показало, что состав и соотношение компонентов спорово-пыльцевых спектров, таксономическое разнообразие пыльцы, спор и непольцевых палиноморф в пробах, подготовленных с использованием уксусного и пропионового ангидридов, идентичны. Для оценки различий в размерах пыльцевых зерен после применения уксусного ангидрида и пропионового ангидрида мы провели измерения длины пыльцевого зерна и высоты воздушных мешков *Pinus sylvestris* L. В обеих выборках длина пыльцевого зерна составила от 59.1 мкм до 62.5 мкм, высота воздушных мешков – от 30.8 мкм до 33.4 мкм. Достоверных различий по критерию Стьюдента между размерами пыльцевых зерен *Pinus sylvestris* после применения уксусного и пропионового ангидридов не выявлено ($n = 30$, длина пыльцевого зерна: $t = 1.055$, $p = 0.3$; высота воздушного мешка: $t = 0.855$, $p = 0.4$). Достоверных различий по критерию Стьюдента между размерами пыльцевых зерен *Pinus sylvestris* L. (сравнивали длину тела и высоту воздушного мешка пыльцевого зерна) после применения уксусного ангидрида и пропионового ангидрида не выявлено.

Литература:

Гричук В. П., Заклинская Е. Д. Анализ ископаемых пыльцы и спор и его применение в палеогеографии. М. Географгиз. 1948. 224 с.

Постановление Правительства РФ от 30 июня 1998 г. N 681 "Об утверждении перечня наркотических средств, психотропных веществ и их прекурсоров, подлежащих контролю в Российской Федерации" (с изменениями и дополнениями). ЭПС "Система ГАРАНТ". 2021. URL: <https://base.garant.ru/12112176/>

Пыльцевой анализ / под ред. И. М. Покровской. М: Госгеолиздата 1950. 572 с.

Химическая энциклопедия. Т.1. Кнунянц И.Л. (гл. ред.). М.: Советская энциклопедия. 1988. 623 с.

Erdtman G. An Introduction to Pollen Analysis. Waltham.: Chronica Botany Company. 1943. 239 p.

Fægri K., Iversen, J. Textbook of modern pollen analysis. Copenhagen: Ejnar Munksgaard. 1950. 168 p.

Moore P.D., Webb J.A., Collinson M.E. Pollen Analysis. Oxford: Blackwell. 1991. 216 p.

Berglund B.E., Ralska-Jasiewiczowa M. Pollen analysis and pollen diagrams // Handbook of Holocene Palaeoecology and Palaeohydrology / Berglund B.E. (ed.). Wiley: Chichester. 1986. P. 455–484.

Bennett K.D., Willis K.J. Pollen // Tracking Environmental Change Using Lake Sediments / Smol J.P., Birks H.J.B., Last W.M., Bradley R.S., Alverson K. (eds). Dordrecht: Springer. 2002. P. 5-32. DOI: https://doi.org/10.1007/0-306-47668-1_2.



**УЛЬТРАТОНКОЕ СТРОЕНИЕ ВИЗЕЙСКИХ МИОСПОР
MAIASPORA Mamontov et al., 2021**

И ИХ ВЕРОЯТНОЕ БОТАНИЧЕСКОЕ РОДСТВО

Д.А. Мамонтов¹, О.А. Гаврилова², О.А. Орлова¹, Н.В. Ильина³

¹Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва,
palynologist.dm@mail.ru

²Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург,
gavrilova@binran.ru

³Институт геологии им. акад. Н.П. Юшкина ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар,
nat-ilyina@yandex.ru

**ULTRATHIN STRUCTURE OF VISEAN MIOAPORES
MAIASPORA Mamontov et al., 2021**

AND THEIR PROBABLE NATURAL AFFINITY

D.A. Mamontov¹, O.A. Gavrilova², O.A. Orlova¹, N.V. Ilyina³

¹Lomonosov Moscow State University, Moscow

²Komarov Botanical Institute RAS, St-Petersburg

³Institute of Geology named after Acad. N.P. Yushkin of KSC UB RAS, Syktyvkar

Монотипный род миоспор *Maiaspora* Mamontov et al., 2021 из верхневизейских отложений Калужской области рассматривается как ближайший дисперсный аналог [Mamontov et al., 2021] для уникальных спор *in situ* из органов спороношения *Radiitheca dobranyana* Brousmiche et al., 1985, описанных в ассоциации с отпечатками вай *Pecopteris waltonii* Corsin из московского яруса бассейна Пльзень Чехии [Brousmiche et al. 1985] и Саарско-Лотарингского бассейна Франции [Brousmiche-Delcambre et al. 1997]. Помимо явного сходства в треугольном очертании и в размерах, указанные дисперсные и инситные споры покрыты своеобразной метаретикулоидной скульптурой, которая по соотношению средних диаметров ямки (w) и ячейки (W) отличается от более распространенных скульптурных типов миоспор – сетчатого и ямчатого. Подобное соотношение (w\W) названо нами «индексом воронковидности» и составляет 0.19–0.33 у дисперсных *Maiaspora*, что укладывается в изменчивость 0.28–0.31 у микроспор *R. dobranyana* [Mamontov et al., 2021]. В тоже время ультраструктура спородермы у микроспор из упомянутых местонахождений в Западной Европе сближает материнское растение с лептоспорангиатными папоротниковидными из порядка Gleicheniales [Brousmiche-Delcambre et al. 1997]. В последний включаются по современным молекулярным и морфологическим данным три семейства: Gleicheniaceae, Matoniaceae и Dipteridaceae [Smith et al., 2006; Schuettpelz et al., 2016]. Однако споры у ныне произрастающих и ископаемых папоротников из этих семейств не обладают метаретикулоидной скульптурой [Болховитина, 1968; Tryon & Lugardon, 1991; Nowak et al., 2022; Van Konijnenburg-van Cittert, 1993; Van Konijnenburg-van Cittert & Kurmann, 1994; Wang et al., 2009], а спорангии несут вертикальное, поперечное, поперечно-косое, либо в разной степени косое кольцо [Мейн, 1989; Kramer, 1990a, b, c; Klavins et al., 2004; Smith et al., 2006; Perrie & Brownsey, 2015; Wang et al., 2009;], а в редких случаях даже горизонтальное [Kvaček, Dašková, 2010], что принципиально отличается от апикального кольца в спорангиях у каменноугольных *R. dobranyana*. Получается, что кроме ультраструктурных признаков нет других доказательств ботанического родства для упомянутых каменноугольных спор *in situ* покрытых метаретикулоидной скульптурой.

Таким образом, остается непонятным в какой же степени своеобразный метаретикулоидный орнамент *Maiaspora* определяет ботаническое родство, а не является очередным следствием конвергентной эволюции спор у неродственных групп вымерших растений. Поэтому цель настоящей работы в том, чтобы оценить степень ботанического родства метаретикулоидных миоспор *Maiaspora* и спор *in situ* из *R. dobranyana* с помощью сравнения данных по ультратонкому строению спородермы.

Дисперсные споры были отобраны из отложений михайловского горизонта верхнего визе карьера Мстихино (Калужская область) [Mamontov et al., 2021] и из верхнебашкирских

отложений с гл. 25.5 м из скв. 102 (Рязанской область). Позднебашкирский возраст отложений обоснован выделенным ранее комплексом миоспор, относящимся к зоне *Radiizonates aligerens* – *Arcuatisporites densoarcuratus* (AD) согласно региональной зональной схеме расчленения каменноугольных отложений Русской платформы по миоспорам (Решения..., 1990). Материал из скв. 102 был любезно предоставлен сотрудниками «Аэрогеология» (Московский Филиал ВСЕГЕИ).

Шесть экземпляров *Maiaspora* хорошей сохранности были последовательно изучены в световом (СМ, рис.1, фиг. 2; рис. 2, фиг. 1), сканирующем электронном (СЭМ, рис.1, фиг. 3; рис. 2, фиг. 2) и трансмиссионном электронном (ТЭМ, рис. 1, фиг.1, 4-5; рис. 2, фиг. 3-5) микроскопах. Подготовка миоспор для исследования в ТЭМ осуществлялась по стандартной методике [Завьялова и др., 2018] в Палеонтологическом институте им. А.А. Борисяка РАН и в лаборатории электронной микроскопии биологического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова.

В результате изучения ультратонких срезов в ТЭМ у всех экземпляров миоспор обнаружен специализированный «глеихениоидный» тип спородермы, который характеризуется развитием срединного экзоспория (Em) только в области развития проксимальных киртомов («flange») вдоль лучей щели разверзания [Truon & Lugardon, 1991]. Таким образом, оболочка миоспор *Maiaspora* в апертурной части состоит из трех слоев: тонкого внутреннего экзоспория из плотно сжатых ламелл (Ei), срединного слоя с ундулирующими ламеллами и большим количеством микрополостей внутри них (Em), а также гомогенного наружного экзоспория (Eo), который формирует метаретикулоидную скульптуру (рис. 1, 2). Волнообразные ламеллы срединного экзоспория вытянуты вдоль щели разверзания, поднимаясь на 1/3–2/3 от ее высоты, но никогда не перекрывают саму щель. Во внеапертурных частях экзоспорий состоит из двух слоев: внутреннего и наружного. Граница между слоями подчеркнута частыми вертикальными канальцами (c), образованными на поздних стадиях уплотнения (гомогенизации) экзоспория. Конфигурация срединного слоя не зависит от изменчивости скульптурных морфотипов спор *Maiaspora*, что хорошо сопоставляется с наблюдениями над спорами современных глеихениевых [Lugardon, 1971, 1974]. Ультратонкое строение не отличается у изученных верхневизейских (рис. 1) и верхнебашкирских (рис. 2) миоспор *Maiaspora*.

Таким образом, глеихениоидный тип экзоспория позволяет уверенно сопоставлять между собой миоспоры *Maiaspora* из нижнего и среднего карбона Центральной России и споры *in situ* из спорангиев *Raditheca dobranyana* из московского яруса Франции и Чехии. Следовательно, миоспоры *Maiaspora* и метаретикулоидные споры *in situ* можно объединить в вымершую (стемовую) группу папоротниковидных в порядке *Gleicheniales*, которые еще в раннем карбоне приобрели общий глеихениоидный тип экзоспория в качестве симплезиоморфного признака и широко распространились по северному полушарию вплоть до конца ранней перми, когда ареал произрастания, вероятно, сократился до Северного Китая. Интересно, что единичные находки метаретикулоидных миоспор (*Microreticulatisporites concavus* (Mamontov et al. in prep.) происходят из одного и того же региона, что и гладкие микроспоры с подтвержденным «глеихениоидным» типом экзоспория из спорангиев *Oligocarpia kepingensis* в нижней перми Китая [Wang et al. 1999]. В тоже время фертильные вайи *Chansithea wudaensis* описаны как самый ранний представитель семейства *Gleicheniaceae* из ассельских вулканогенных отложений Северного Китая (He et al., 2020). Микроспоры из спорангиев *Ch. wudaensis* аналогичны по морфологии микроспорам из *O. kepingensis*. В свою очередь из нижнепермских (ассельских) вулканогенных отложений формации Taiyuan во Внутренней Монголии (Китай) недавно описан новый орган спороношения *Oligosporangiopteris zhongxiangii* Votočková Frojdová et al., 2021 с микроспорами, у которых также наблюдаются признаки метаретикулоидной скульптуры и проксимальные киртомы [Votočková Frojdová et al., 2021]. К сожалению, нет данных по ультратонкому строению таких спор, а сам репродуктивный орган *Oligosporangiopteris* рассматривается в качестве *incertae sedis* т.к. схож как с несколькими вымершими семействами, так и с современными глеихениевыми папоротниками. Можно предположить, что каменноугольные папоротники с метаретикулоидными спорами из стемовой (stem) группы *Gleicheniales* многочисленные в раннем и среднем карбоне северного полушария, сохранились в ранней перми на территории

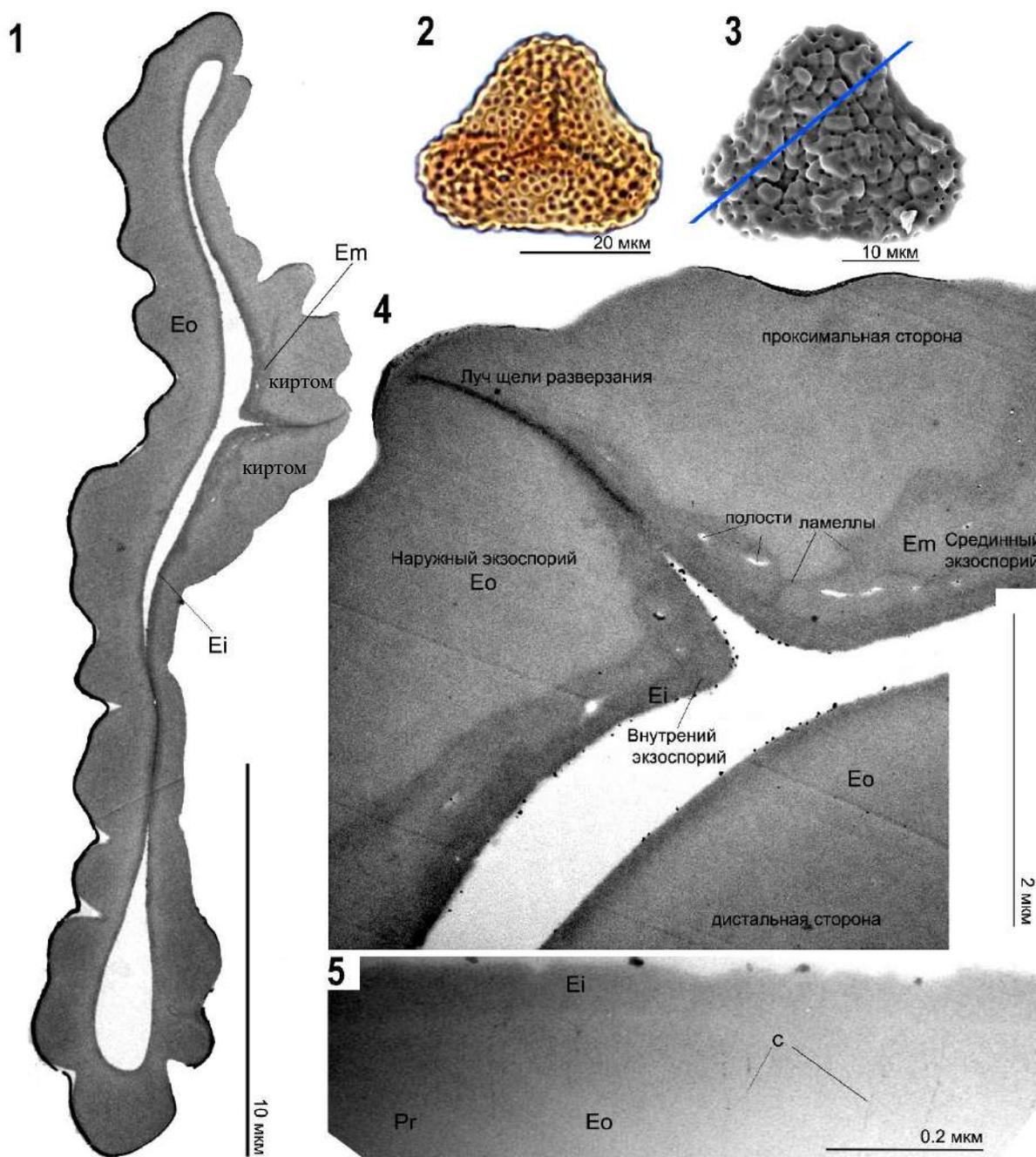


Рис. 1. Ультратонкое строение спородермы у миоспор *Maiaspora* Mamontov et al., 2021 из отложений верхнего визе (михайловский горизонт) Калужской области. Синяя линия на фиг.3 показывает положение ультратонкого среза, представленного на фиг. 1

Северного Китая, где уже появились первые представители коронной (crown) группы глеихениевых (Gleicheniaceae) папоротников со спорами с гладким экзоспорием.

В результате исследования было показано, что ультраструктура у метаретикулоидных миоспор *Maiaspora* анонсирует самое раннее подтвержденное появление своеобразной (стемовой) группы растений в порядке Gleicheniales в визейском веку раннего карбона.

Благодарности

Мы сердечно благодарим сотрудников лаборатории электронной микроскопии биологического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова в.н.с. Светлану Вячеславовну Полевою и асп. факультета почвоведения Куприянову Юлию Викторовну за консультации и неоценимую помощь в подготовке материала для ультрамикротомирования, а также за возможность съемки миоспор в ТЭМ.

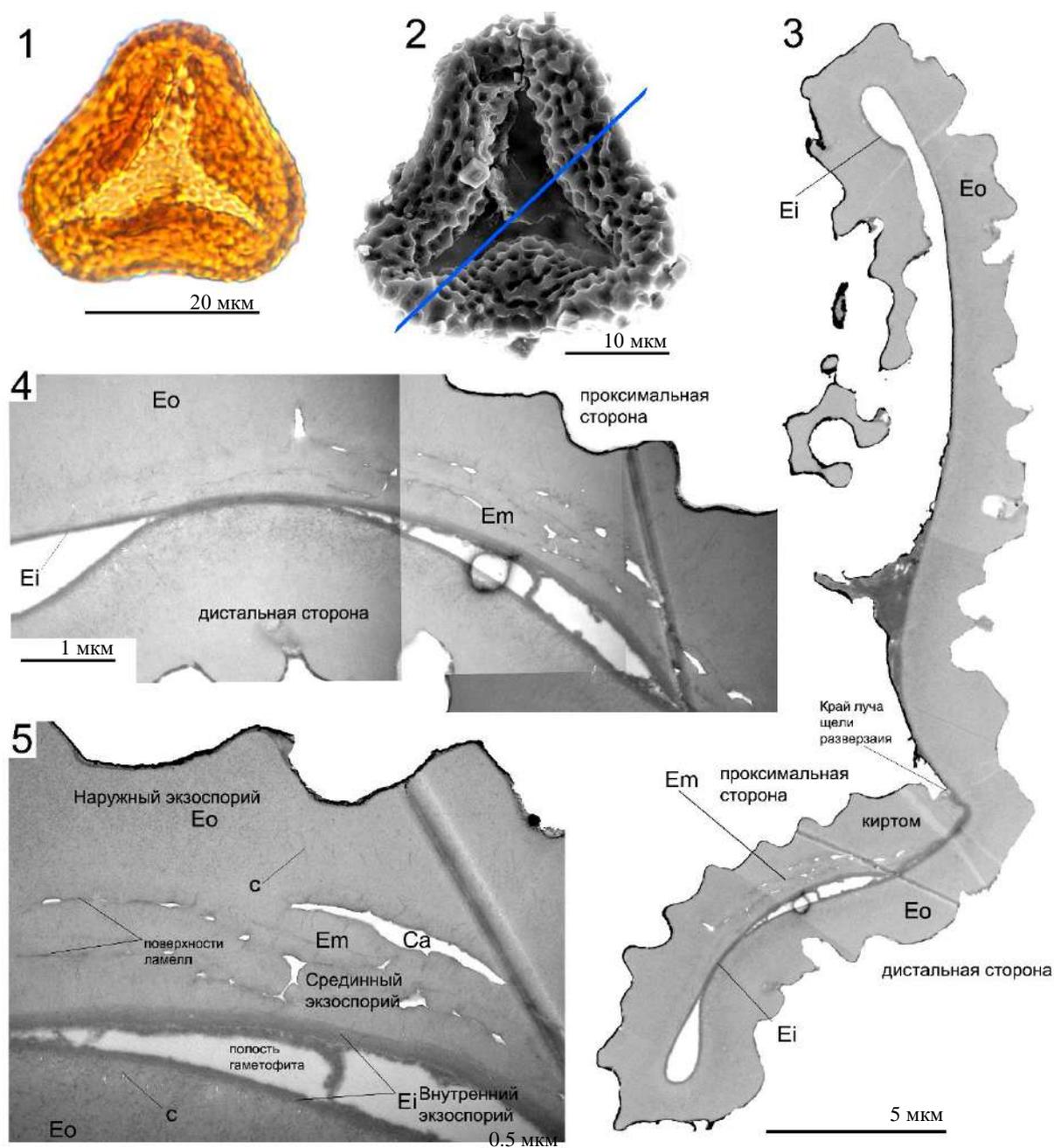


Рис. 2. Ультратонкое строение спородермы у миоспор *Maiaspora Mamontov et al., 2021* из верхнебашкирских отложений скв. 102 (гл. 25.5 м), Рязанской области. Синяя линия на фиг. 2 показывает положение ультратонкого среза, представленного на фиг. 3

Литература:

- Болховитина Н.А. Споры глейхениевых папоротников и их стратиграфическое значение. М.: «Наука», 1968. 112 с. (Труды Геологического института. Вып. 186)
- Завьялова Н.Е., Теклева М.В., Полевова С.В., Богданов А.Г. Исследование палинологических объектов методами электронной микроскопии. М.: РИПОЛ классик, 2018. 334 с.
- Мейн С.В. Основы палеоботаники. Справочное пособие. М.: Недра, 1987. 403 с.
- Решения Межведомственного регионального стратиграфического совещания по среднему и верхнему палеозою Русской платформы с региональными стратиграфическими схемами. Ленинград, 1988. Каменноугольная система. Л.: ВСЕГЕИ, 1990, 95 с.
- Brousmeche C., Coquel R., Laveine J. P., Loboziak S., Šetlik, J. *Radiitheca dobranyana* n. gen., n. sp., fougère pécoptéridienne du Carbonifère, productrice de spores de type *Microreticulatisporites* (Knox)

Potonié et Kremp. Compte Rendu 9 eme Congrès international de Stratigraphie et Géologie du Carbonifère (Washington et Champaign-Urbana 1979). 1985. V.5. P. 145–154.

Brousmiche-Delcambre C., Lugardon B., Coquel R., Goubet P. Decouverte dans le bassin Houiller Sarro-Lorrain du genre *Radiitheca* (organs reproducteurs de Filicophytes) et ultrastructure du genre *Microreticulatisporites* [Discovery of the genus *Radiitheca* in the Sarre-Lorraine coalfield (fructification of Filicophyta) and ultrastructural features of the genus *Microreticulatisporites*]. Geobios. 1997. V.30. P. 3–14. [In French]

Klavins S.D., Taylor T.N., Taylor E.L. Matoniaceous ferns (Gleicheniales) from the Middle Triassic of Antarctica // Journal of Palaeontology. 2004. V. 78. №1. P. 211–217.

Kramer K. U. 1990a. Dipteridaceae. P. 99–101. In: K. Kubitzki, ed. The families and genera of vascular plants. V. 1. Pteridophytes and gymnosperms. Vol. eds. K. U. Kramer and P. S. Green. Springer-Verlag, Berlin.

Kramer K. U. 1990b. Gleicheniaceae. P. 145–152. In: K. Kubitzki, ed. The families and genera of vascular plants. V. 1. Pteridophytes and gymnosperms. Vol. eds. K. U. Kramer and P. S. Green. Springer-Verlag, Berlin.

Kramer K. U. 1990c. Matoniaceae. P. 183–185. In: K. Kubitzki, ed. The families and genera of vascular plants. V. 1. Pteridophytes and gymnosperms. Vol. eds. K. U. Kramer and P. S. Green. Springer-Verlag, Berlin.

Kvaček J. & Daškova J. *Konijnenburgia*, a new genus of the fern family Matoniaceae // Review of Palaeobotany and Palynology. 2010. V. 158. P. 308–318.

Lugardon B. Contribution a la connaissance de la morphogenese et de la structure des parois sporales chez les Filicinees isosporees. Thesis, Paul Sabatier University, Toulouse, France, 1971. 257 p.

Lugardon B. La structure fine de l'exospore et de la perispore des Filicinees isospores. II. Filicales, Commentaires. Pollen Spores. 1974. 16. P. 161–226.

Mamontov D. A., McLean D., Orlova O. A., Gavrilova O. A. Maiaspora: a new miospore genus with enigmatic sculpture from the late Visian of European Russia // Papers in Palaeontology. 2021. V.7. №1. P. 263–306.

Nowak H., Kustatscher E., Rought G., Van Konijnenburg-van Cittert J. H.A. Variability of *in situ* spores in some leptosporangiate ferns from the Triassic in Italy and Austria // Review of Palaeobotany and Palynology. 2022. V. 296. doi.org/10.1016/j.revpalbo.2021.104544

Perrie L.R. & Brownsey P.J. Gleicheniaceae. 2015. In: Breitwieser I., Heenan P.B., Wilton A.D. Flora of New Zealand – Fern and Lycophytes. Fascicle 12. Manaaki Whenua Press, Lincoln. http://dx.doi.org/10.7931/B1VC77

Schuettpelz E., Schneider H., Smith A.R. et al. A community-derived classification for extant lycophytes and ferns // Journal of Systematics and Evolution. 2016. V.56. №6. P. 563–603. (PPG I (2016))

Smith A. R., Pryer K.M., Schuettpelz E., Korall P., Schneider H., Wolf P.G. A classification for extant ferns. Taxon. 2006. V.55. P. 705–731.

Tryon A.F & Lugardon B. Spores of the Pteridophyta: surface, wall structure, and diversity based on electron microscope studies. Springer-Verlag, New York, 1991. 648 p.

Van Konijnenburg-van Cittert J.H.A. A review of the Matoniaceae based on *in situ* spores // Review of Palaeobotany and Palynology. 1993. V. 78. P. 235–267.

Van Konijnenburg-van Cittert J.H.A. & Kurmann M.H. Comparative ultrastructure of living and fossil matoniaceous spores (Pteridophyta). In: M.H. Kurmann and J.A. Doyle (eds). Ultrastructure of fossil spores and pollen. Royal Botanic Gardens, Kew. 1994. P. 67–86.

Votočková Frojdová J., Wang J., Pšenička J., Bek J., Oplustil S., Libertin M. A new leptosporangiate fern *Oligosporangiopteris zhongxiangii* gen. and sp. nov. from the lowermost Permian of Inner Mongolia, China – morphology, anatomy and reproductive organs // Review of Palaeobotany and Palynology. 2021. V. 294. doi.org/10.1016/j.revpalbo.2021.104479.

Wang Y., Wu Xiuyuan. *Oligocarpia kepingensis* sp. nov. from the Lower Permian of the northern Tarim Basin, Xinjiang and its *in situ* spores // Chin. Sci. Bull. 1999. 44 (2). P. 108–112.

Wang Y., Yang X., Guignard G., Deng S., Tian N., Jiang Z. The fossil Gleicheniaceae ferns of China: Biodiversity, systematics, spore ultrastructure and evolution // Review of Palaeobotany and Palynology. 2009. V. 156. P. 139–156.

**ПАЛЕОКЛИМАТЫ И РАСТИТЕЛЬНОСТЬ ЮЖНОГО ПРИМОРЬЯ В ПОЗДНИЮ ФАЗУ АТЛАНТИЧЕСКОГО ПЕРИОДА ГОЛОЦЕНА****Ю.А. Микишин Ю.А.¹, Т.И. Петренко¹, И.Г. Гвоздева¹**¹Дальневосточный геологический институт ДВО РАН», Владивосток, yurimikishin@fegi.ru**PALEOCLIMATES AND VEGETATION OF SOUTHERN PRIMORYE (RUSSIAN FAR EAST) IN THE LATE PHASE OF THE ATLANTIC PERIOD OF THE HOLOCENE****Yu.A. Mikishin¹, T.I. Petrenko¹, I.G. Gvozdeva¹**¹Far East Geological Institute FEB RAS, Vladivostok, yurimikishin@fegi.ru

Поздняя фаза атлантического периода (далее ПАТ), согласно схеме периодизации голоцена, модифицированной для Северной Евразии [Хотинский, 1987], продолжалась около 1500 лет, с 6000 радиоуглеродных лет назад (далее л.н.) до 4600 л.н. Приведение возрастных рамок к астрономическому возрасту определяет их в 6800–5300 календарных лет (далее к.л.н.). В начале этого времени, около 6000–5500 л.н. / 6800–6300 к.л.н., происходило одно из значительных потеплений климата, отнесённое к оптимуму голоцена во многих регионах Земли [Борисова, 2014]. В Приморье оно рассмотрено как часть всего послеледникового термического максимума, либо как второй климатический оптимум атлантического периода голоцена [Короткий, 2002]. В растительности, согласно этим исследованиям, преобладали полидоминантные (применение этого термина к растительным группировкам с преобладанием одной породы, введённое в оборот в 70-х гг. прошлого века и до сих пор используемое многими авторами, крайне неудачно) широколиственные леса с преимуществом дуба и максимальным участием термофильных пород, таких как граб и орех (*Juglans*). Более поздние исследования, проведённые в 1998–2008 гг. [Микишин и др., 2008], дали возможность подробнее рассмотреть историю природы юга Приморья в течение ПАТ. Оптимальная климатическая фаза, во время которой развивались дубово-грабовые леса, датировалась около 6450–6000 к.л.н. После изучения голоцена о. Русский она была отнесена к завершающей стадии ПАТ, около 4750 л.н. / 5500 к.л.н. [Микишин и др., 2013, Микишин, Гвоздева, 2014], что нарушало прежнюю схему палеоклиматических изменений. Кроме того, возникла неопределённость и в хронологии постоптимального похолодания, датированного на континентальной части южного Приморья концом ПАТ, около 5100 л.н. / 5800–5900 к.л.н. На островах в одновозрастных отложениях был установлен спорово-пыльцевой комплекс (СПК), отразивший растительность, развивавшуюся в климатических условиях намного теплее современных. Отмеченные несоответствия в хронологии и последовательности палеогеографических событий, вызвали необходимость в дополнительном изучении коротко-периодичных изменений ПАТ южного Приморья. Важность его проведения подчёркивается небольшим прогрессом, достигнутым в решении этой проблемы работами последних лет [Белянин, 2013; Лящевская, 2016; Лящевская и др., 2017; Андерсон и др., 2017].

Материал и методы исследования. Изучены отложения торфяников на о. Русский и в долине р. Рязановка (рис. 1), а также лагунно-морские осадки в долине р. Раздольной. Спорово-пыльцевым анализом исследовано 33 образца, в том числе 20 – из разреза «Пб-10», 10 – из «Подножье-1» и 3 – из «Скв. Раздолье». Обработка проб выполнялась по стандартным методикам. Подсчет участия пыльцы и спор проводился отдельно в группах пыльцы древесных пород, трав и кустарничков, а также спор. Реконструкция палеорастительности выполнена на основе изучения субфоссильных СПК [Микишин и др., 2002]. Теплообеспеченность палеоклиматических событий оценивалась количеством пыльцы граба (*Carpinus*), наиболее термофильной древесной породы Приморья, повышенное содержание которой в отложениях атлантического периода отмечено большинством исследователей голоцена Приморья [Караулова и др., 1978; Короткий, 2002; Микишин и др., 2008, 2013; Микишин, Гвоздева, 2014]. За уровень, соответствующий современным климатическим условиям, принято максимальное количество (3–4 %) её пыльцы в субфоссильных спектрах. Фоссильные спорово-пыльцевые спектры с пиковым содержанием пыльцы граба свыше 10 %, наряду с преобладающим в них дубом, рассматриваются нами как отражение дубово-грабовых лесов, существовавших на юге Приморья в наиболее тёплые эпохи голоцена. Абсолютный возраст отложений определялся в лабораториях палеоклиматологии кайнозоя института Геологии и Минералогии СО РАН (8

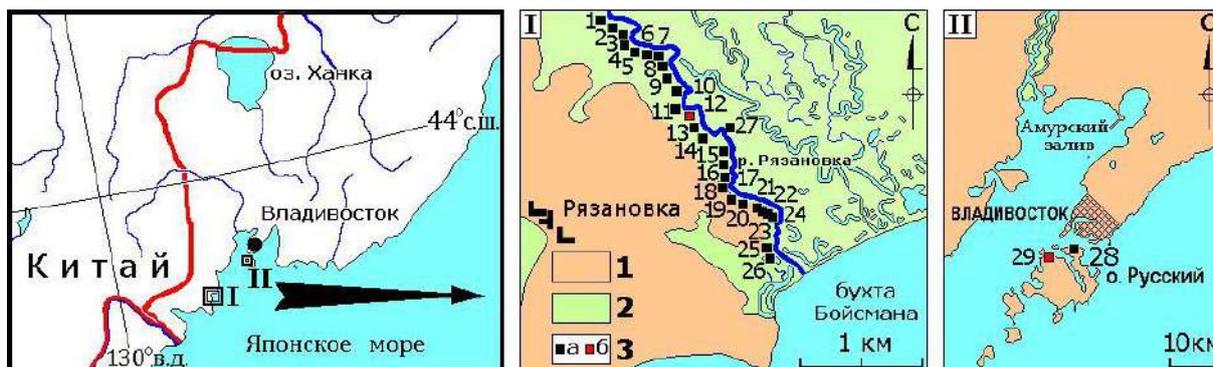


Рис. 1. Расположение изученных разрезов голоценовых отложений на юге Приморья. I – долина р. Рязановка, II – остров Русский. 1 – низогорные массивы, 2 – аккумулятивные террасы, 3 – разрезы голоценовых отложений: а – изученные ранее, б – нынешние.

радиоуглеродных дат, индекс СОАН), «Геоморфологические и палеогеографические исследования полярных регионов и Мирового океана» института наук о Земле СПбГУ (2 даты, индекс ЛУ), а также «Paleo Labo Co., Ltd.», Сайтама, Япония (1 AMS-дата, индекс PLD). Стратиграфическое расчленение горизонтов, выделенных в разрезах, проведено в соответствие со схемой периодизации голоцена Блитта-Сернандера, модифицированной для Северной Евразии [Хотинский, 1987].

Результаты и их обсуждение.

На острове Русский изучен разрез торфяника «Подножье-I», лежащий на северном берегу бухты Новик (рис. 1, № 29). На спорово-пыльцевой диаграмме отложений выделяются следующие спорово-пыльцевые спектры (СПС) и СПК (рис. 2 А). 1. «Ро-I-1» на глубине 179 см отразил развитие хвойно-широколиственных лесов (преобладание пыльцы хвойных пород: кедр – *Pinus koraiensis* – 47 %, ели – 3,5 %, реже широколиственных деревьев: *Quercus* – 14 %, *Carpinus* – 4,7 %, *Ulmus*, *Juglans*, *Corylus*, *Tilia* – до 2 %). Сопоставляется со временем относительного похолодания средней фазы атлантического периода голоцена [Микишин и др., 2008]. 2. «Ро-I-2» (133–146 см) отвечает широколиственным лесам с преобладанием дуба и большим участием граба, а также хвойно-широколиственным ассоциациям (*Quercus* – 50–58 %, *Carpinus* – 9–10 %, *Ulmus* – до 5 %, *Juglans* – до 6 %, *Tilia* до 2 %, *Pinus koraiensis* – 10–12 %, *Betula* – 7–8 %). Климат был намного теплее и влажнее современного (содержание пыльцы граба в 2,2–3,3 раза больше, чем в субфоссильных СПС). Потепление, отвечающее установленному ранее [Микишин и др., 2008] для континентальной части побережья в конце средней фазы атлантического периода, 6200–5900 л.н. / 7100–6700 к.л.н. 3. «Ро-I-3» (124–133 см) отразил господство дубово-грабовых лесов на о. Русский (*Quercus* – 41–50 %, *Carpinus* – 20–25 %, *Pinus koraiensis* – 6–10 %). Комплекс зафиксировал наступление оптимальных климатических условий, превышавших уровень потепления средней фазы атлантического периода голоцена [Микишин и др., 2008]. Абсолютный возраст оптимума около 5800 л.н. / 6600 к.л.н. (таблица) соответствует началу ПАТ.

В долине р. Рязановка, в 1,5 км выше устья, изучен разрез «Пб-10» (Рис. 1, № 12). Приведены результаты только по отложениям низинного торфа на глубине 230–272 см. На спорово-пыльцевой диаграмме представлены результаты только выделяются следующие СПК (рис. 2 Б). 1. «Пб-10-1» (264–272 см) отвечает распространению дубово-грабовых лесов, развивавшихся в оптимальных условиях ПАТ (*Quercus* – 27–32 %, *Carpinus* – 9–12 %, *Ulmus* – 5–8 %, *Juglans* – 4–6 %, *Corylus* – до 3 %, *Tilia*, *Fraxinus*, *Syringa* – до 2 %, *Pinus koraiensis* – 10–12 %). 2. «Пб-10-2» (260–264 см) отразил произрастание широколиственных лесов с преобладанием дуба в условиях относительного похолодания (*Quercus* – 28–30 %, *Carpinus* – 3–4 %, *Syringa* – < 1 %, *Pinus koraiensis* – 3–14 %). 3. «Пб-10-3» (250–260 см) соответствует распространению широколиственных лесов с ведущей ролью дуба и большим участием граба, развивавшихся в условиях, намного теплее и влажнее современных, но уступавших оптимуму ПАТ (*Quercus* – 23–25 %, *Carpinus* – 8–10 %). 4. «Пб-10-4» (238–250 см) отразил растительность многопородных широколиственных лесов с преобладанием дуба и минимальным участием

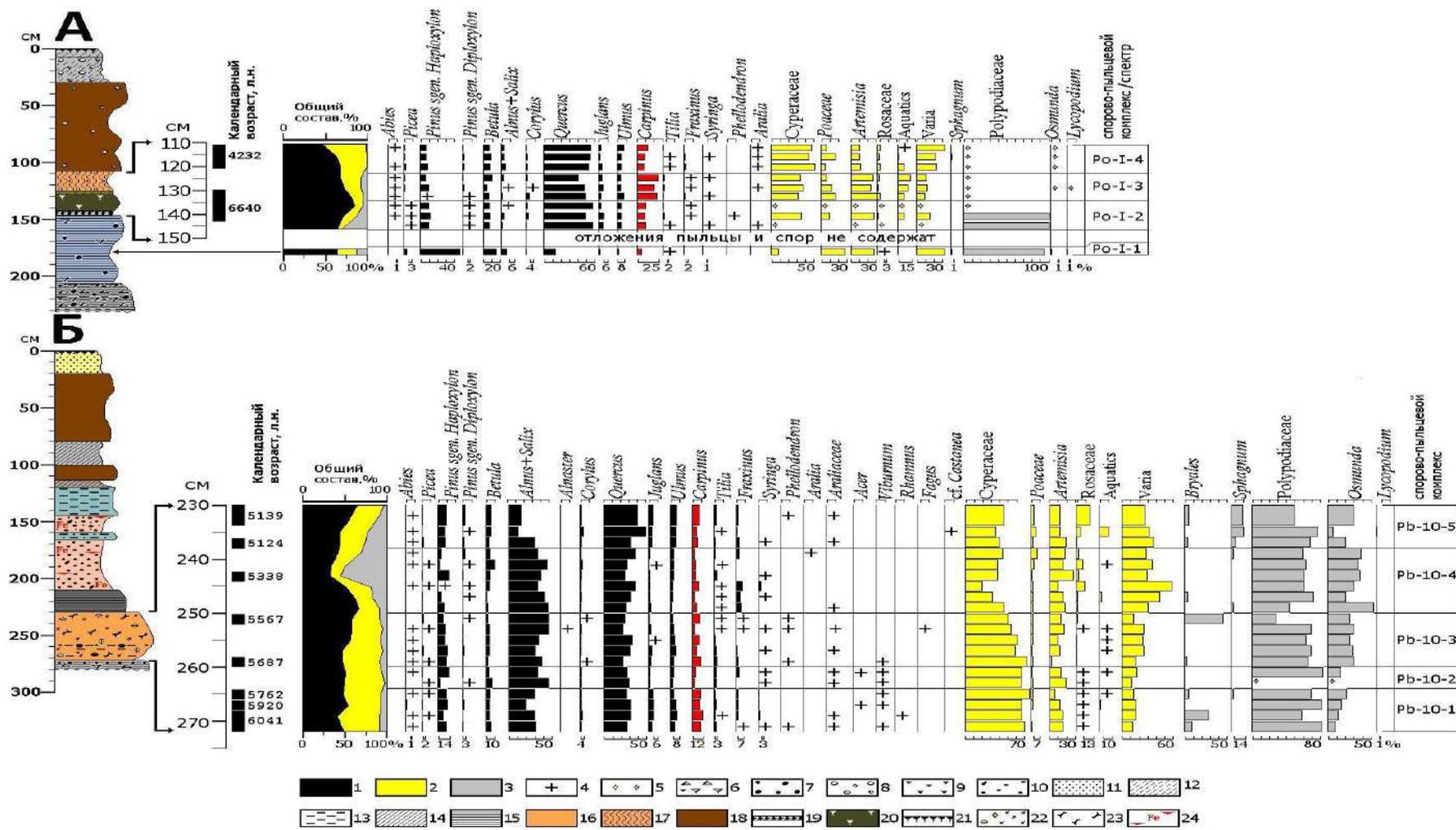


Рис. 2. Спорово-пыльцевые диаграммы отложений разрезов «Подножье-1» (А) и «Пб-10» (Б).

Пыльца и споры: 1 – пыльца деревьев и кустарников, 2 – пыльца трав и кустарничков, 3 – споры, 4 – содержание пыльцы и спор менее 1 %, 5 – % не подсчитан из-за малого числа обнаруженных зёрен пыльцы и спор. Литология: 6 – щебень, 7 – галька плохо окатанная, 8 – галька хорошо окатанная, 9 – дресва, 10 – гравий, 11 – песок, 12 – супесь, 13 – алевроит, 14 – суглинок, 15 – глина, 16 – торф травяной низинный, 17 – торф низинный тростниковый, 18 – торф верховой сильно разложившийся, 19 – торф зостеровый, 20 – погребённая почва, 21 – дерновый горизонт современной почвы, 22 – орехи (*Juglans mandshurica*) и семена водных растений красного цвета, 23 – мелкие обломки древесины, 24 – ожелезнение.

Таблица 1. Радиоуглеродные датировки отложений юго-западного Приморья, формировавшихся в позднюю фазу атлантического периода голоцена.

№ п/п	Разрез, координаты	Лаб. №	Глубина отбора, см	Материал	Возраст образца	
					радиоуглеродный, л.н.	календарный, к.л.н.*
Долина р. Раздольной, лагунно-морские отложения						
1	«Скв. Раздолье» 43°32'47.3" с.ш. 131°51'43.5" в.д.	PLD-12623	1200–1255	древесина, фрагмент	6000±35	6845±45
долина р. Рязановка, болотные отложения						
2	«Пб-10» 42°47'55.3" с.ш., 131°16'13.3" в.д.	СОАН-5011	230–234	торф	4465±35	5139±109
3		СОАН-5012	236–238	то же	4470±60	5124±125
4		СОАН-5013	242–244	то же	4625±65	5338±114
5		СОАН-5014	250–252	то же	4840±55	5567±66
6		СОАН-5015	258–260	то же	4940±60	5687±61
7		СОАН-5016	264–266	то же	5000±100	5762±108
8		СОАН-5017A	266–268	то же	5150±25	5920±12
9		СОАН-5017	268–272	то же	5250±45	6041±82
о. Русский, болотные отложения						
10	«Подножье-1» 43°02'46,1" с.ш. 131°49'01,0" в.д.	ЛУ-7613	111–112	торф	3820±80	4232 ± 125
11		ЛУ-7612	129–143	палеопочва	5820±130	6640 ± 150

*Калибровка дат выполнена в программе CalPal (<http://www.calpal-online.de>)

хвойных деревьев на горных территориях (*Quercus* – 25–38 %, *Carpinus* – 3–5 %, 6.7 % – только в одной пробе, *Pinus koraiensis* – 4 % в среднем. 5. «Пб-10-5» (230–238 см) отразил растительность широколиственных лесов с большим участием граба (*Quercus* – 32–50 %, *Carpinus* – 5–8 %, *Ulmus* – 6–7 %, *Juglans* – 4–5 %, *Corylus* – 2–4 %, *Pinus koraiensis* – до 10 %). Она развивалась в условиях теплее современных, но уступавших оптимальному климату начала ПАТ. Для установления хронологии выявленных ландшафтно-климатических изменений проведено детальное радиоуглеродное датирование торфяника (таблица). Сравнение полученных определений с возрастом подстилающих и перекрывающих его отложений, выявило значительное (до 300 лет) омоложение дат, позволившее сомневаться в их корректности. Поэтому был использован расчёт возраста по скорости осадконакопления. Начало торфонакопления в разрезе «Пб-10» отнесено к 5800 л.н. (как установлено датированием оптимума ПАТ на о. Русский), окончание, согласно более древней дате по древесине из озёрно-лагунных осадков [Микишин и др., 2008], перекрывающих этот слой торфа в разрезе аккумулятивной террасы р. Рязановка – к 4800 л.н. Средняя скорость торфонакопления, таким образом, составила 0,42 мм/год. Основываясь на ней, получаем следующие хронологические рамки обнаруженных событий ПАТ: оптимальное потепление («Пб-10-1») – 5800–5600 л.н., второе относительное похолодание – 5600–5500 л.н. («Пб-10-2»), первое относительное потепление («Пб-10-3») – 5500–5250 л.н., третье относительное похолодание – 5250–5000 л.н. («Пб-10-4»), второе относительное потепление («Пб-10-5») – 5000–4800 л.н.

В долине р. Раздольной, на её правом берегу у одноимённого посёлка, изучены лагунно-морские осадки разреза «Скв. Раздолье». Текучепластичными алевриты на глубине 12–12.5 м содержат СПК «Rzd-1», зафиксировавший распространение многопородных широколиственных лесов (*Quercus* – 30–36 %, *Ulmus* – 13–14 %, *Juglans* – 3–9 %, *Carpinus* – 3–5 %, *Corylus* – 2–5 %, *Tilia*, *Fraxinus*, *Syringa* – до 2 %, *Phellodendron*, *Vitis*, *Araliaceae*, *Viburnum* – < 1 %, *Pinus koraiensis* – 7–13 %), развивавшихся в условиях относительного похолодания климата в начале ПАТ, около 6000 л.н. / 6800 к.л.н. (таблица).

Заключение

В результате изучения новых разрезов голоценовых отложений и данных прежних лет [Микишин и др., 2008; Микишин, Гвоздева, 2014] получена наиболее полная картина ландшафтно-климатических изменений ПАТ на юге Приморья.

В начале фазы, около 6000–5800 л.н. / 6800–6600 к.л.н., происходило относительное похолодание, с параметрами, близкими к современному климату (**событие 1**). В нижнем растительном ярусе территории преобладали многопородные широколиственные леса с преимуществом дуба. Хвойно-широколиственные леса имели небольшое распространение в горах. Вторая половина фазы, около 5800–5600 л.н. / 6600–6400 к.л.н., ознаменовалась оптимальным потеплением, достигавшим, возможно, максимального уровня в голоцене (**2**). В растительности преобладали дубово-грабовые леса, причём на островах участие граба в них было выше, чем на континентальной части южного Приморья. Климатические условия, возможно, были близки к современным на Корейском полуострове к югу от 39 с.ш. (среднегодовые температуры 10–12°C, суммы осадков 1100–1600 мм), где растут дубово-широколиственные леса с различными видами граба, настоящим бамбуком, магнолией и бензойным деревом. На завершении начальной стадии, около 5600–5500 л.н. / 6400–6300 к.л.н., произошло второе относительное похолодание ПАТ, зафиксированное выпадением граба, в меньшей степени ильма и ореха, из состава широколиственных лесов (**3**).

Середина фазы имела два события примерно равной продолжительности. Около 5500–5250 л.н. / 6300–6050 к.л.н. развивалось потепление с климатическими условиями прохладнее оптимальных, но существенно выше современных (**4**). В растительности вновь стали доминировать широколиственные леса с преобладанием дуба и большим участием граба, чаще встречавшимся на островах. Затем, около 5250–5000 л.н. / 6050–5800 к.л.н., стало развиваться третье, наиболее продолжительное, относительное похолодание (**5**). В широколиственных лесах резко упала роль граба, и, до минимума, сократилось участие хвойно-широколиственных ассоциаций в горах.

Завершающая часть фазы началась со второго относительного потепления, происшедшего около 5000–4800 л.н. / 5800–5500 к.л.н. (**6**). Его уровень, вероятно, превышал теплообеспеченность прежнего аналогичного термохрона, т.к. на островах в это время развивались дубово-грабовые леса [Микишин, Гвоздева, 2014]. На континентальной части росли широколиственные леса с преобладанием дуба и большой ролью граба. В горах сохранялись хвойно-широколиственные леса. Последнее событие (**7**), около 4800–4600 л.н. / 5500–5300 к.л.н., ознаменовалось появлением настоящих полидоминантных широколиственных лесов с близким участием дуба, ореха, ильма, граба, липы и сирени [Микишин и др., 2008]. В горах хвойно-широколиственные леса укрепились и заняли позиции, сходные с их нынешним положением. Климат оставался теплее современного, хоть и прохладней, чем в начале завершающей части фазы. Влажность, возможно, превышала уровень всех палеоклиматических событий ПАТ.

Литература

Андерсон П.М., Белянин П.С., Белянина Н.И., Ложкин А.В. Эволюция растительного покрова западного побережья зал. Петра Великого в позднем плейстоцене-голоцене // Тихоокеанская геология. 2017. Т. 36, № 4. С. 99–108.

Белянин П.С. Развитие геосистемы бассейна р. Бикин (Дальний Восток) в среднем и позднем голоцене // География и природные ресурсы. 2013. № 1. С. 105–111.

Борисова О.К. Ландшафтно-климатические изменения в голоцене // Известия РАН. Серия географическая. 2014. № 2. С. 5–20.

Караулова Л.П., Короткий А.М., Гвоздева И.Г. Пространственно-временная эволюция растительных сообществ голоцена на территории Приморья // Палинологические исследования на Дальнем Востоке. Матер. II межведомств. семинара по палинологическим исслед. Владивосток: ДВНЦ АН СССР. 1978. С. 91–100.

Короткий А.М. Палинологические характеристики и радиоуглеродные датировки верхнечетвертичных отложений Российского Дальнего Востока (низовье р. Амур, Приморье, о. Сахалин, Курильские острова) // Позднечетвертичные растительность и климаты Сибири и Дальнего Востока (палинологическая и радиоуглеродная база данных). Магадан: Изд-во Сев.-Вост. науч. центра ДВО РАН. 2002. С. 257–369.

Ляцевская М.С. Ландшафтно-климатические изменения на островах залива Петра Великого (Японское море) за последние 20000 лет // Успехи современного естествознания. 2016. № 11. С. 372–379.

Ляцевская М.С., Макарова Т.Р., Разжигаева Н.Г., Ганзей Л.А., Кудрявцева Е.П., Паничев А.М., Арсланов Х.А., Максимов Ф.Е. Развитие ландшафтов полуострова Муравьевъ-Амурского в среднем-позднем голоцене по данным изучения отложений побережья бухты Муравьиной (Южное Приморье) // Успехи современного естествознания. 2017. № 2. С. 110–122.

Микишин Ю.А., Гвоздева И.Г. Палеосреда о. Русский (южное Приморье) в среднем-позднем голоцене // Фундаментальные исследования. 2014. № 3. С. 516–522. DOI: 10.17513/fr.33706

Микишин Ю.А., Гвоздева И.Г., Петренко Т.И. Спорово-пыльцевые спектры современных отложений побережья юго-западного Приморья // Методические аспекты палинологии: Матер. X Всерос. палинологической конф. Москва: ИГиРГИ. 2002. С. 154–156.

Микишин Ю.А., Петренко Т.И., Гвоздева И.Г., Попов А.Н., Кузьмин Я.В., Горбаренко С.А., Раков В.А. Голоцен побережья юго-западного Приморья // Научное обозрение. 2008. № 1. С. 8–27.

Микишин Ю.А., Петренко Т.И., Гвоздева И.Г. Ландшафтно-климатические изменения в голоцене южного Приморья // VIII Всероссийское совещание по изучению четвертичного периода: «Фундаментальные проблемы квартера, итоги изучения и основные направления дальнейших исследований» (г. Ростов-на-Дону, 10–15 июня 2013 г.) Сб. статей. Ростов н/Д: Изд-во ЮНЦ РАН. 2013. С. 443–445.

Хотинский Н.А. Радиоуглеродная хронология и корреляция природных и антропогенных рубежей голоцена // Новые данные по геохронологии четвертичного периода. К XII конгрессу ИНКВА (Канада, 1987 г.). М.: Наука, 1987. С. 39–45.

**ПАЛИНОСТРАТИГРАФИЯ МЕТАМОРФИЧЕСКИХ ПОРОД БАГДАРИНСКОЙ ПОДЗОНЫ (ЗАПАДНОЕ ЗАБАЙКАЛЬЕ)****О.Р. Минина¹, Л.Н. Неберикутина², Н.А. Доронина¹**¹Геологический институт СО РАН, yaksha@rambler.ru²Воронежский госуниверситет, neberikutina@bk.ru**PALYNOSTRATIGRAPHY OF METAMORPHIC ROCKS OF THE BAGDARIN SUBZONE (WESTERN TRANSBAIKALIA)****O.R. Minina¹, L.N. Neberikutina², N.A. Doronina¹**¹Geological Institute SB RAS, Ulan-Ude²Voronezh State University, Voronezh

Витимкан-Ципинская зоны занимает северную часть Витимского плоскогорья и входит в состав Байкало-Витимской складчатой системы (БВСС)й, в строении которой выделены три структурных этажа байкальский (RF), каледонский (V-С-S₁), ранне- (S₂-C₁) и позднегерцинский (C₁-P) [Руженцев и др., 2012; Минина и др., 2016]. Байкальский структурный этаж БВСС объединяет магматические и метаморфические комплексы. В Витимкан-Ципинской зоне к байкальскому этажу относятся метаморфизованные породы условно нижне-среднепротерозойских хойготской, талалинской свит и верхнерифейской ципиканской толщи, сложенных слюдисто-кварц-полевошпатовыми сланцами с прослоями карбонатных пород. Все эти стратоны относятся к полиметаморфическим образованиям, метаморфизм которых соответствует единому тренду от амфиболитовой до зеленосланцевой фаций [Доронина, 2012]. Проведенные палинологические исследования позволили получить новые данные о возрасте хойготской свиты и ципиканской толщи. Палинофлоры являются основными, и в данном случае, единственными, биостратиграфическими критериями для определения возраста этих метаморфических толщ.

Хойготская свита, мощностью около 2500 м, выделена в бассейне одноименной реки (левый приток р. Бол. Амалат) [Шелгачев и др., 2011]. Сложена переслаиванием битуминозных известняков, графитизированных мраморов, кварц-карбонатных, биотит-хлоритовых, амфибол-биотит-хлоритовых, актинолит-карбонатных, амфиболовых и карбонатных сланцев (сланцы имеют подчиненное значение). В составе хойготской свиты выделяют две пачки. Первая пачка (мощностью 1500 м) характеризует переход от существенно терригенных пород талалинской свиты к преимущественно карбонатной хойготской свите. Пачка представлена двуслюдяными, кварц-карбонатными сланцами и мраморами. Вторая пачка, общей мощностью 1400 м, сложена переслаиванием светло-серых кристаллических известняков с линзами зеленовато-серых слюдисто-кварц-карбонатных сланцев и темно-серых, черных амфибол-биотит-кварц-карбонатных сланцев с прослоями известняков. Микрофоссилии выделены (15 проб) из отложений второй пачки хойготской свиты, распространенной по левому борту р. Бол. Амалат (выше устья р. Байсы). Здесь свита сложена переслаиванием известняков светло-серых с линзами зеленовато-серых слюдисто-кварц-карбонатных сланцев и сланцев роговообманковых, черных в средней части с прослоями кристаллических известняков. Комплекс миоспор характеризуется широким развитием простых, мелких, гладких, шиповатых, с ареей и крупнобугорчатых спор родов *Leiotriletes*, *Trachytriletes*, *Stenozonotriletes*, *Calyptosporites*, *Dictyotriletes*, *Retusotriletes*, *Apiculiretusispora*, *Lophozonotriletes*. Среди них преобладают формы, впервые появляющиеся в среднем девоне и распространенные до среднего карбона – *Geminospora micrionifesta* (Naum.) Owens, *G. compacta* (Naum.) Obukh., *Tholisporites variabilis* (Naum.) Oshurk. Доминируют в комплексе виды *Geminospora ignorata* (Naum. et Tschibr.) Zbuk., *Calyptosporites tener* (Tschibr.) Obukh. var. *concinus* Tschibr., *Grandispora longa* (Arch.) Tschibr. var. *antiguus* Tschibr., *Camarozonotriletes pusillus* Naum., *Apiculatisporis tacatinicus* (Tschibr.) Oshurk., *Knoxisporites polymorphus* (Naum.) Balme et Hills var. *takatinicus* Tschibr., распространенные в нижнем – среднем девоне. В составе спектров всех проб также встречены виды *Knoxisporites polymorphus* (Naum.) Balme et Hills var. *takatinicus* Tschibr., *Apicularisporis tacatinicus* (Tschibr.) Oshurk., распространение которых ограничивается эмским веком раннего девона – эйфельским веком среднего девона. Характерным является присутствие спор *Dibolisporites capitellatus* (Tschibr.) Arch., *Retusotriletes communis* Naum. var. *modestus* Tschibr., *Rhabdosporites langii* (Eisen.) Rich.,

Cirratriradites monogrammos (Arch.) Arch., типичных для отложений эйфельского яруса среднего девона. Во всех пробах, кроме миоспор, установлены акритархи родов *Leiovalia* Eis. (V-C), *Leiosphaeridia* Eis., *Lophosphaeridium* Tim. (докембрий – кайнозой). Комплекс микрофоссилий позволяет предполагать, что формирование отложений хойготской свиты происходило в конце раннего (эмс) – начале среднего девона (эйфель).

Ципиканская толща, условно рифейского возраста, сложена биотит-кварцевыми, биотит-кварц-плагиоклазовыми, двуслюдяно-кварцевыми, графитизированными сланцами. Толща распространена в бассейне р. Ципикан [Шелгачев и др., 2011; Фишев и др., 2011]. В состав толщи включают пластовые тела плагиоклаз-амфиболовых сланцев (амфиболитов). В составе ципиканской толщи выделяется четыре пачки [Шелгачев и др., 2011; Доронина и др., 2012]. Первая пачка (мощность до 500 м) сложена кальцитовыми мраморами с линзами биотит-кварцевых сланцев и амфиболитов. Вторая пачка (мощность 500 м) представлена биотит-кварц-полевошпатовыми сланцами, содержит единичные маломощные силлы амфиболитов. Третья пачка (мощность 1000 м) сложена чередованием биотит-кварц-плагиоклазовых и, биотит-карбонат-кварцевых сланцев, кальцитовых мраморов, вмещает силлы амфиболитов. Четвертая пачка (мощность 1300 м) представлена биотит-кварц-плагиоклазовыми сланцами с гранатом, ставролитом, узловатыми сланцами с редкими линзами мраморов и слюдистых кварцитов. Так как степень метаморфизма ципиканской толщи неоднородна, и возрастает в юго-восточном направлении, в бассейне р. Ушмы в ее составе присутствуют метапесчаники и туфопесчаники, аргиллиты, апориодацитовые сланцы. Общая мощность толщи оценивается более 4000 м [Шелгачев и др., 2011]. В результате палинологических исследований (18 проб) из биотит-кварц-плагиоклазовых сланцев (по алевролитам и песчаникам) из второй, третьей и четвертой пачек были выделены микрофоссилии [Доронина и др., 2015]. В составе палиноспектров всех проб преобладают миоспоры.

В палинокомплексе второй пачки многочисленны мелкие гладкие, шагреновые и шиповатые формы, представленные родами *Leiotriletes*, *Calamospora*, *Trachytriletes*, *Punctatisporites* с широким интервалом распространения, а также патинатные споры с крупносетчатой и крупнобугорчатой скульптурой, среди которых наиболее часто встречаются виды *Geminospora compacta* (Naum.) Obukh., *G. micromanifesta* (Naum.) Owens, *Gravisporites basilaris* (Naum.) Pashk., распространенные в среднем девоне - среднем карбоне, виды *Auroraspora varia* (Naum.) Ahmed var. *minor* Naum. и *Brochotriletes faveolatus* Naum. распространены в девоне. Во всех спектрах преобладают франские виды спор - *Converrucosisporites stimulus* (Naum.) Oshurk., *Verruciretusispora semilucensis* (Naum.) Oshurk., *Tuberculiretusispora domanica* (Naum.) Oshurk., *Tolisporites variabilis* (Naum.) Oshurk., *Reticulatisporites devonicus* (Naum.) Oshurk., *Tuberculispora evlanensis* (Naum.) Oshurk., а виды *Acantotriletes buserus* Tschibr., *Densosporites sorokinii* Obukh. характерны для нижнего франа. В пробах также установлены дисперсные фрагменты кутикул *Estonia scarber* Serg. (остатки растительных тканей высших растений), типичных для франских отложений. В пробах из третьей пачки выделены богатые спектры спор, среди которых, кроме форм с широкими интервалами распространения, встречены девонско-каменноугольные виды: *Ambitisporites definitus* (Naum.) Oshurk., *Gravisporites basilaris* (Naum.) Pashk., *Geminospora rugosa* (Naum.) Obukh. (D₂-C₂), *Archaeozonotriletes variabilis* Naum. (D₂-C₁). Вид *Hymenozonotriletes emendatus* Kedo распространен в верхнем девоне, а *Geminospora semilucensa* (Naum.) Obukh. et M.Rask. и миоспоры с дистальной бороздой *Archaeoperisaccus* (Naum.) Pot. наиболее характерны для франского яруса.

Самый представительный палинокомплекс выделен из отложений четвертой пачки. В его составе значителен процент простых безотороченных гладких и бугорчатых форм родов *Leiotriletes*, *Calamospora*, *Trachytriletes*, имеющих широкие интервалы, а распространение вида *Leiotriletes furcatus* Naum. ограничивается живетским веком среднего девона – франским веком позднего девона. Основная часть комплекса представлена спорами *Geminospora rugosa* (Naum.) Obukh., *G. compacta* (Naum.) Obukh., *G. micromanifesta* (Naum.) Owens, *G. parvibasilaris* (Naum.) Буу., распространенными в среднем девоне-среднем карбоне. Виды *Reticulatisporites perlotus* (Naum.) Oshurk., *Geminospora semilucensa* (Naum.) Obukh. et M. Rask., *Archaeozonotriletes echinatus* Naum. и род *Archaeoperisaccus* (Naum.) Pot. характерны для франа. Доминирующими в составе палиноспектров являются виды *Verrucosisporites evlanensis* (Naum.) Obukh.,

Spelaotriletes microgrumosus (Kedo) Obukh., *Archaeozonotriletes tschernovii* Naum., *Lophozonotriletes tylophorus* Naum., *Hymenozonotriletes velatus* Naum., *Ambisporites eximius* (Naum.) Oshurk., *Cristatisporites deliquescens* (Naum.) Obukh., типичные для верхнефранского подъяруса верхнего девона. В палинокомплексе также встречены фрагменты кутикул *Estonia scarber* Serg. (фран).

В целом, для палинокомплексов ципиканской толщи характерно развитие патинатных миоспор *Geminospora*, *Tholispora*, спор с пленчатой *Hymenozonotriletes*, *Cristatisporites*, большая часть которых, в морфологическом отношении близка между собой, распространение форм с дистальной бороздой рода *Archaeoperisaccus*, появление и широкое развитие которых характеризует франский век, присутствие крупнобугорчатых миоспор *Lophozonotriletes* и дисперсных кутикул *Estonia scarber* Serg. Палинокомплекс ципиканской толщи определяет позднедевонское, франское время накопления отложений. Присутствие в палиноспектрах второй пачки (р. Ципикан, руч. Сивак) видов *Acantotriletes buserus* Tschibr., *Densosporites sorokinii* Obukh., характерных для нижней части франа, в палиноспектрах третьей пачки (р. Ципикан, руч. Якша) вида *Geminospora semilucensa* (Naum.) Obukh. et M. Rask., являющегося зональным миоспоровой зоны *SD* (*Geminospora semilucensa* – *Perotriletes donensis*) средней части франского яруса Русской платформы [Avkhimovitch et al., 1993; Родионова и др., 1995], а в спектрах четвертой пачки (р. Ушма, руч. Якша) *Cristatisporites deliquescens* (Naum.) Obukh., зонального вида миоспоровой зоны *Cristatisporites deliquescens* – *Verrucosisporites evlanensis* верхней части франского яруса, позволяет предполагать нижнефранское время накопления нижней, среднефранское для средней и позднефранское для верхней частей разреза толщи [Avkhimovitch et al., 1993; Родионова и др., 1995; Авхимович и др., 1996]. Распространение миоспор по разрезу толщи подтверждает установленную ранее вертикальную последовательность пачек, характеризует развитие палеофлоры в данном регионе и отражает определенные ее изменения в пределах палеофлористической области.

Ципиканская толща сопоставима с верхнедевонской, франской нижнеякшинской подсвитой Багдаринской подзоны Витимкан-Ципинской зоны Байкало-Витимской складчатой системы [Минина, 2014]. Хойготскую свиту мы сопоставляем с эмско-эйфельской бурлинской свитой Баргузино-Витимской структурно-формационной зоны Юго-Восточного Прибайкалья [Аюржанаева, Минина, 2015; Минина и др., 2018]. Состав палиноморф, на данном этапе исследований, определяет время накопления ранне-среднедевонским (эмс-эйфель) для хойготской свиты и позднедевонским (фран) для ципиканской толщи.

Таким образом, полученные данные позволяют полагать, что метаморфизованные отложения хойготской свиты и ципиканской толщи, содержащие девонские комплексы палиноморф, следует исключить из состава байкальского структурного этажа Байкальской горной области. Их формирование связано с реннегерцинским этапом развития Западно-Забайкальского региона.

Литература

Авхимович В.И., Обуховская Т.Г., Овтанова Н.С., Кузьмин А.В., Меннер В.В., Шувалова Г.А. Сопоставление зональной палинологической схемы верхнего девона Русской платформы со стандартной конодонтовой шкалой // Тез. докл. VIII Всерос. Палинол. Конф. М.: ИГиРГИ. 1996. С. 5.

Аюржанаева Д.Ц., Минина О.Р. К вопросу о возрасте итанцинской и бурлинской свит селенгинской серии (Юго-Восточное Прибайкалье) // Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского подвижного пояса (от океана к континенту). Вып.15. Иркутск: ИЗК СО РАН. 2017. С. 36–38

Доронина Н.А. ТР-параметры и последовательность зонального метаморфизма в рифейской ципиканской толще (Западное Забайкалье) // Современные проблемы магматизма и метаморфизма. Материалы Всероссийской конференции, посвященной 150-летию академика Ф.Ю. Левинсона-Лессинга и 100-летию профессора Г.М. Саранчиной. СПб: Изд-во СПбГУ. 2012. Т. 1. С. 204–207.

Доронина Н.А., Минина О.Р., Неберкутина Л.Н. Новые данные о возрасте ципиканской толщи Байкало-Витимской складчатой системы (Западное Забайкалье) // Вестник Воронежского университета. Серия геологическая. 2015. № 3. С. 17–21.

Минина О.Р. Ранние герциниды Байкало-Витимской складчатой системы (состав, строение, геодинамическая эволюция). Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора геолого-минералогических наук. Иркутск, 2014. 36 с.

Минина О.Р., Аюржанаева Д.Ц., Неберихутина Л.Н. Палинологическая характеристика итанцинской и бурлинской свит селенигинской серии, новые данные (Юго-Восточное Прибайкалье). *Фундаментальная и прикладная палеонтология. Материалы сессии Палеонтологического общества при РАН – СПб.: Картфабрика ВСЕГЕИ.* 2018. С. 80–82

Минина О.Р., Доронина Н. А., Некрасов Г.Е., Ветлужских Л.И., Ланцева В.С., Аристов В.А., Наугольных С.В., Куриленко А.В., Ходырева Е.В. Ранние герциниды Байкало-Витимской складчатой системы (Западное Забайкалье) // *Геотектоника.* 2016. № 3. С. 63–84.

Родионова Г.Д., Умнова В.Т., Кононова Л.И. и др. Девон Воронежской антиклизы и Московской синеклизы. М. 1995. С. 92–121.

Руженцев С.В., Минина О.Р., Некрасов Г.Е., Аристов В.А., Голионко Б.Г., Доронина Н.А., Лыхин Д.А. Байкало-Витимская складчатая система: строение и геодинамическая эволюция // *Геотектоника.* 2012. № 2. С. 3–28.

Фишев Н.А., Шелгачев К.М., Игнатович В.И., Гусев Ю.П., Минина О.Р. и др. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1 000 000 (третье поколение). Лист N-49 - Чита. Объяснительная записка СПб.: ВСЕГЕИ. 2011. 454 с.

Шелгачёв К.М., Шатковская Л.В., Скулыбердин А.А., Минина О.Р., Курбатова Е.И. Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1 : 200 000. Издание второе. Серия Баргузино-Витимская. Лист N-49-XVIII (Багдарин). Объяснительная записка [Электронный ресурс]. М.: Московский филиал ФГБУ «ВСЕГЕИ». 2019. 121 с.

Avkhimovitch V.I., Tchibricova E.V., Obukhovskaya T.G., Nazarenko A.M., Umnova V.T., Raskatova L.G., Mantsurova V.N., Loboziak S., Streel M. Middle and Upper Devonian miospore zonation off Eastern Europe // *Bull. Centres Rech. Explor.-Prod. Elf. Aquitaine.* 1993. v. 17. p. 79–147.



СЕЗОННЫЕ ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ МУЖСКОЙ ГЕНЕРАТИВНОЙ СФЕРЫ ДРЕВЕСНЫХ ПОКРЫТОСЕМЕННЫХ РАСТЕНИЙ УМЕРЕННОЙ ЗОНЫ

О.Е. Миргородская, Н.К. Котеева

Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург, mirgolga@yandex.ru,
knouria@mail.ru

SEASONAL FEATURES OF POLLEN DEVELOPMENT OF WOODY ANGIOSPERMS IN THE TEMPERATE ZONE

O.E. Mirgorodskaya, N.K. Koteyeva

Komarov Botanical Institute RAS, St. Petersburg

Изучение механизмов адаптации растений к сезонным изменениям климата является одной из актуальных проблем современной биологии. Выявление изменений, инициируемых пониженной температурой осенне-зимнего периода при естественной смене сезонов года, имеет большое научное и практическое значение. Агротехническая практика показывает, что именно репродуктивная система растений, особенно мужская, чувствительна к любым изменениям, в том числе климатическим, и служит ценной моделью для изучения влияния пониженных температур осенне-зимнего периода на развитие всего организма.

На сегодняшний день нет единого мнения о значении пониженных температур для развития генеративной сферы покрытосеменных растений: некоторыми учеными они рассматриваются как стрессовый фактор [Takeda et al., 2002; Arshad et al., 2017], другими, как фактор необходимый для своевременного прохождения этапов развития растений умеренной зоны [Мирославов и др., 2009; Khodorova et al., 2010; Julian et al., 2011]. Редко обращается внимание в исследовательских работах на стадии микроспорогенеза в осенне-зимний период. Хотя процессы, протекающие при состоянии зимнего покоя, определяют в дальнейшем интенсивность цветения и урожайность у многолетних растений [Allona et al., 2008].

Цель исследования – изучение структурных особенностей развития мужского гаметофита древесных покрытосеменных растений в условиях сезонности умеренного климата. Проведено морфологическое исследование генеративных почек 21 вида древесных покрытосеменных растений из 10 семейств: Betulaceae – *Alnus incana* (L.) Moench., *Betula pendula* Roth, *B. raddeana* Trautv., *B. humilis* Schrank, *Corylus avellana* L.; Caprifoliaceae – *Lonicera tolmatchevii* Pojark.; Cornaceae – *Cornus mas* L.; Ericaceae – *Rhododendron catawbiense* Michx., *R. ledebourii* Pojark., *R. luteum* Sweet, *Chamaedaphne calyculata* (L.) Moench.; Grossulariaceae – *Ribes nigrum* L.; Magnoliaceae – *Magnolia sieboldii* K. Koch; Oleaceae – *Syringa vulgaris* L., *Forsythia x intermedia* Zabel (*F. suspensa* (Thunb.) Vahl x *F. viridissima* (Lindl.)); Rosaceae – *Amygdalus ledebouriana* Schlecht. (*Prunus ledebouriana* (Schltdl.) Y.Y. Yao), *Louiseania triloba* (Lindl.) Pachom. (*Prunus triloba* Lindl.), *Padus avium* Mill. (*Prunus padus* L.), *Armeniaca mandschurica* (Maxim.) Skvorts. (*Prunus armeniaca* var. *mandshurica* Maxim.); Staphyleaceae – *Staphylea colchica* Stev.; Thymelaeaceae – *Daphne mezereum* L. Все виды произрастают на территории парка Ботанического сада Петра Великого БИН РАН (Санкт-Петербург). Зачатки соцветий или отдельные пыльники собирали в осенне-зимний период и перед цветением с января 2011 года по декабрь 2021 года и фиксировали по общепринятым методикам для электронной трансмиссионной микроскопии [Уикли, 1975]. Для анализа состояния микроспор в осенне-зимний период также изучали нефиксированные препараты: срезы толщиной 20 мкм изготовлены с использованием микротомы с вибрирующим лезвием (Microm HM 650V, Германия). Работа выполнена на оборудовании в ЦКП «Клеточные и молекулярные технологии изучения растений и грибов» Ботанического института им. В.Л. Комарова РАН (Санкт-Петербург).

Сезонный мониторинг состояния генеративных почек древесных покрытосеменных растений умеренных широт в осенне-зимний период показал, что растения вступают с состоянии зимнего покоя на разных стадиях развития мужских генеративных структур.

Пыльники растений первой группы (*Amygdalus ledebouriana*, *Armeniaca mandschurica*, *Lonicera tolmatchevii*, *Louiseania triloba*, *Magnolia sieboldii*, *Padus avium*, *Ribes nigrum*, *Staphylea colchica*, *Syringa vulgaris*) в период пониженных температур содержат спорогенную ткань, то есть находятся в преддверии микроспорогенеза.

Пыльники растений второй группы (*Betula raddeana*, *B. humilis*, *B. pendula*, *Chamaedaphne calyculata*, *Rhododendron catawbiense*, *R. luteum*, *Forsythia intermedia*) в период пониженных температур содержат одноклеточные микроспоры, то есть к зиме проходят все стадии микроспорогенеза до митоза. Стадия вакуолизации у этих видов проходит в два этапа. Обычно в сентябре начинается ранняя вакуолизация, характеризующаяся центральным положением ядра и наличием в цитоплазме микроспоры небольших вакуолей. В ноябре на стадии поздней вакуолизации крупная вакуоль смещает ядро и цитоплазму на периферию клетки (*Rhododendron catawbiense*, *R. luteum*, *F. intermedia*). С конца тетрадной стадии до митоза микроспор происходит формирование оболочки пыльцевого зерна. Сначала образуется экзина, а в конце стадии вакуолизации, перед митозом микроспор, синтезируется интина. Таким образом, для растений второй группы характерен самый длительный период формирования экзины и оболочки пыльцевого зерна в целом. У *Rhododendron luteum* на нефиксированных срезах пыльников было показано резкое снижение объема вакуоли в январе-феврале, что указывает на пластичность строения стенки развивающегося пыльцевого зерна.

У представителей сем. Betulaceae (*B. raddeana*, *B. humilis*, *B. pendula*) микроспора проходит стадию вакуолизации в конце осени, в зимние месяцы в её пластидах уже накапливается крахмал, но митоза микроспоры еще не наступают.

Пыльники третьей группы растений (*Alnus incana*, *Daphne mezereum*, *Cornus mas*, *Corylus avellana* и *Rhododendron ledebourii*) в период пониженных температур, приблизительно в течение 5 месяцев, содержат практически сформированные двуклеточные пыльцевые зерна.

При сопоставлении результатов мониторинга стадий микроспорогенеза в осенне-зимний период изученных видов со сроками их цветения было показано, что чем раньше зацветает растение, тем более сформирована мужская сфера в осенне-зимний период.

Выявленная взаимосвязь сроков цветения многолетних покрытосеменных растений умеренной зоны со стадиями развития мужского гаметофита важна и может быть использована в разработке ландшафтов, при подборе растений для оранжерей и садов непрерывного цветения. Сочетание морфологических и фенологических характеристик вида позволяет более полно проанализировать и лучше понять взаимоотношения между развитием генеративных органов растения и климатическими особенностями региона, что очень важно для интродукции видов.

Литература:

- Мирославов Е. А., Бармичева Е. М. Апоптозоподобная деградация пыльцевых зерен у *Scilla sibirica* связана с отсутствием пониженных температур при их развитии // Физиология растений. 2009. Т. 56 (№6). С. 942–947.
- Укли Б. Электронная микроскопия для начинающих. М.: Изд-во Мир, 1975. 336 с.
- Allona I., Ramos A., Ibanes C. Molecular control of winter dormancy establishment in trees: a review // Span. J. Agric. Res. 2008. V. 6. P. 201–210.
- Arshad M.S., Farooq M., Asch F., Krishna J.S.V., Prasad P.V.V., Siddique K.H.M. Thermal stress impacts reproductive development and grain yield in rice // Plant Physiol. Biochem. 2017. V. 115. P. 57–72.
- Julian C., Rodrigo J., Herrero M. Stamen development and winter dormancy in apricot (*Prunus armeniaca*) // Annals of Botany. 2011. V. 108 (N3). P. 617–625.
- Khodorova N. V., Miroslovov E. A., Shavarda A. L., Laberche J.-C., Boitel-Conti M. Bud development in corydalis (*Corydalis bracteata*) requires low temperature: a study of developmental and carbohydrate changes // Annals of Botany. 2010. V. 105 (N6). P. 891–903.
- Takeda, F., Strik B.C., Peacock D., Clark J. R. Cultivar differences and the effect of winter temperature on flower bud development in blackberry // Journal Amer. Soc. Hort. Sci. 2002. V. 127 (N4). P. 495–501.



**ПРИРОДНАЯ ОБСТАНОВКА НАЧАЛА И МАКСИМУМА ПОСЛЕДНЕГО
ОЛЕДЕНЕНИЯ В ЦЕНТРАЛЬНОЙ КАМЧАТСКОЙ ДЕПРЕССИИ**

Е.О. Мухаметшина

Институт географии РАН, Москва, Россия, eomukhametshina@igras.ru

**THE NATURAL CONDITIONS OF THE LAST GLACIAL BEGINNING AND MAXIMUM IN
THE CENTRAL KAMCHATKA DEPRESSION**

E. O. Mukhametshina

Institute of Geography RAS, Moscow, Russia, eomukhametshina@igras.ru

Крупные палинологические исследования эпохи последнего оледенения на Камчатке проводились уже более 50 лет назад [Брайцева и др., 1968; Скиба, 1975; Куприна, 1970], когда возможности датирования осадков были далеки от современных. Позднее коллектив авторов из Института Вулканологии СО АН СССР и Института географии АН СССР [Брайцева и др., 1968] провел масштабные геоморфологические и палеогеографические исследования, в том числе и спорово-пыльцевой анализ отложений позднего плейстоцена. Согласно полученным данным, межледниковые условия в плейстоцене характеризовались расширением площадей темнохвойных лесов и появлением во флоре элементов, чуждых ей в настоящее время. Во время похолоданий происходило сокращение площади лесных ценозов при расширении болотных, луговых и тундровых сообществ [Брайцева и др., 1968]. При этом Н.П. Куприна [Куприна, 1970] подчеркивала, что межстадиальные палинофлоры позднеплейстоценового возраста имеют довольно «холодолюбивый» облик, из-за чего в более ранних работах высказывалось мнение о единстве двух фаз позднеплейстоценового оледенения.

Наше исследование основано на спорово-пыльцевом анализе отложений разреза Кампен, впервые описанного в работе В.В. Пономаревой и соавторов [Ponomareva et al., 2021]. Этот разрез располагается в северной части Центральной Камчатской депрессии (ЦКД), в 9 км к востоку от пос. Ключи, и вскрывает мощную пачку озерных супесей с многочисленными прослоями пеплов Камчатских вулканов, извергавшихся от 28.3 до 7.8 тыс. кал. л.н., в береговом обрыве Ключевского озера [Ponomareva et al., 2021]. Наиболее слабо представленным в литературе является время последнего оледенения в плейстоценовой истории ЦКД, включая переход от позднеплейстоценового межстадиала к максимальной его фазе (LGM). Наше исследование позволяет дополнить имеющиеся данные о палеогеографических изменениях растительности и климата региона для этого времени.

В дополнение к анализу количественных соотношений пыльцы и спор различных растений в процентах полезной может оказаться диаграмма, отражающая изменение удельных скоростей аккумуляции пыльцевых зерен, поскольку на ней отражено количество пыльцы и спор, выпавших с пыльцевым дождем на единицу площади в единицу времени. Таким образом, она позволяет проследить изменения для каждого таксона индивидуально и независимо от прочих компонентов спектра [Борисова, Новенко, 2002]. Серия из 10 14C датировок, полученная по разрезу Кампен, показывает, что скорости осадконакопления менялись за время накопления исследуемого осадка [Ponomareva et al., 2021], следовательно, более информативными будут именно значения удельных скоростей накопления пыльцы, а не только изменения концентрации пыльцы по разрезу. В связи с этим для исследуемой части разреза была построена диаграмма, отражающая изменение удельных скоростей аккумуляции пыльцы основных таксонов во времени (УСА).

В настоящее время Камчатка выделяется разнообразием флоры и растительности ввиду влияния влажного морского климата, активной вулканической деятельности и преобладания горного рельефа. В днище ЦКД распространен лесной пояс растительности, представленный редкостойными лиственничниками (*Larix cajanderi*) и редкими ельниками (*Picea ajaensis*). На горных склонах ЦКД произрастают камменоберезняки (*Betula Ermanii*), а выше границы леса в кустарниковом поясе доминируют кедровый стланик (*Pinus pumila*), ольховник (*Alnus fruticosa*), береза тощая (*Betula exilis*). В альпийском поясе господствуют тундровые ценозы: луговинные, кустарничковые, каменистые, лишайниковые и моховые тундры. Пойменные территории заняты ивами, тополем (*Populus suaveolens*), чозенией (*Chosenia arbutifolia*), ольхой (*Alnus hirsuta*), черемухой (*Padus avium*). Кроме того, по долинам рек и ручьев можно встретить типичные

луговые заросли крупнотравья, высотой до 3 м [Якубов, 2007].

По изменениям пыльцевых спектров и состава ископаемой палинофлоры на спорово-пыльцевой диаграмме можно выделить 5 локальных палинозон (ЛПЗ). Выделение ЛПЗ проводилось с учетом результатов кластерного анализа CONISS [Grimm, 1987]. Временные рамки, соответствующие каждой ЛПЗ, и скорости осадконакопления определены по возрастной модели разреза Камплен [Ponomareva et al., 2021]. Глубины на диаграмме указаны от подошвы тефры вулкана Хангар (KHG), которая повсеместно представлена на Камчатке и является ярким маркирующим горизонтом. Процентные соотношения содержания пыльцы и спор всех таксонов рассчитаны от общей суммы пыльцы и спор в образце).

ЛПЗ 1 (835—682 см) характеризует временной промежуток 28.4-25.3 тыс. калиброванных л. н., далее тыс. л. н.). В ней преобладает пыльца трав (Non-Arboreal Pollen – NAP), доля которой составляет 53-62%. Пыльцы деревьев и кустарников (Arboreal Pollen – AP) гораздо меньше — около 25-31%, а спор — 7-16%. Среди деревьев и кустарников наиболее выделяется *Alnus fruticosa* (до 20%) и *Populus* (4-7%). В группе трав наиболее часто встречается пыльца Poaceae (15-20%), в меньшей степени Ranunculaceae, Asteraceae, Cyperaceae, Cichoriaceae (по 3-6%). Важно отметить единичные находки пыльцы водных растений, некоторые из которых сейчас произрастают только в южных районах Камчатского п-ова: *Nymphaea*, *Trapa natans*, а также *Potamogeton*, *Typha*, *Callitriche*. Помимо этого, были обнаружены отдельные зерна пыльцы и споры таких болотных таксонов как *Sphagnum*, *Utricularia*. Среди спор наиболее многочисленны *Lycopodium clavatum* и *Equisetum* (5-17%), а остальные встречаются единично.

Общая концентрация для этой палинозоны составляет всего 120-350 п.з./мл (пыльцевых зерен в 1 мл), но на порядок растет в верхней части (до 2000 п.з./мл). Наиболее многочисленна пыльца *Alnus fruticosa*, концентрация которой растет от 50 до 400 п.з./мл, и злаковых (до 60 п.з./мл). Для палинозоны в целом характерно низкое содержание пыльцы. Анализ диаграммы УСА показывает, что наиболее заметна роль пыльцы злаков, но, несмотря на то, что для всей палинозоны доля злаков оставалась довольно высокой, реально содержание пыльцы этого таксона растет только на границе ЛПЗ 1 и ЛПЗ 2.

ЛПЗ 2 характеризует осадки на глубине 682—531 см (25.3-22.2 тыс. л. н.). В ней преобладает пыльца трав (NAP), доля которой составляет 47-68%. Пыльцы деревьев и кустарников (AP) гораздо меньше — около 10-26 %, а спор — 16-27%. В группе AP растет доля пыльцы хвойных пород деревьев (*Larix*, *Picea*), а вместе с тем и кустарников (*Juniperus*, *Ribes*, *Pinus pumila*, *Betula* sect. *Nanae*). Появляется пыльца мелколиственных деревьев (*Alnus hirsuta*, *Salix*), а доля пыльцы *Populus* также увеличивается в составе спектра. В группе NAP выделяются злаковые (до 10%) и осоковые (до 5%). Также относительно многочисленна пыльца Ranunculaceae, Asteraceae и особенно Cichoriaceae, доля которой в среднем составляет 4-7%, но в отдельных образцах доходит до 36%. Появляется пыльца холодолюбивых растений — Saxifragaceae, *Rubus chamaemorus*, *Helianthemum*, *Koenigia*. На этих глубинах снова единично встречается пыльца водных и болотных растений, таких как *Potamogeton*, *Typha*, *Callitriche*, *Utricularia*, *Sphagnum* и *Drosera*. Среди спор можно выделить *Lycopodium clavatum* и *Equisetum*, доля которых составляет до 9%, а прочие почти не представлены.

Общая концентрация для этой палинозоны повышенная в нижней части ЛПЗ 2 (около 1000 п.з./мл) и снова снижается до 350 вверх по палинозоне. Анализ УСА показывает, что в отличие от диаграммы относительного содержания пыльцы и спор, на которой доля таких таксонов как Ranunculaceae, Asteraceae, Cyperaceae и даже Poaceae заметно не растет, удельные скорости их аккумуляции значительно поднимается в соответствии с увеличением общей концентрации п.з. в осадке. При этом для пыльцы деревьев и кустарников подобный рост не характерен и ее содержание остается низким.

В **ЛПЗ 3** (531—447 см, 22.2 — 21.0 тыс. л. н.) преобладает NAP, доля которой составляет 52-75%. Пыльцы деревьев и кустарников достигает всего 11-35 %, а на долю спор приходится до 21%. Среди деревьев и кустарников выделяется *Alnus fruticosa*, доля которого достигает 14%, а затем снижается, уступая место *Populus*, доля которого наоборот увеличивается в верхней части ЛПЗ (до 9%). Растет доля пыльцы хвойных растений, в том числе встречаются единичные зерна *Abies*. Важно отметить появление пыльцы экзотических пород (*Juglans*, *Ulmus*, *Acer*) вместе с появлением в образцах частей гломовых грибов в значительном количестве. В группе трав заметно сокращается доля пыльцы злаков, составляя всего 6-18%, на фоне роста доли пыльцы

Cichoriaceae до 30%. Также важную роль играют Ranunculaceae, Asteraceae, Caryophyllaceae. При этом пыльца водных растений все еще содержится в достаточно большом количестве, составляя до 10-13%. Среди водных и прибрежно-водных встречаются *Typha*, *Potamogeton*, *Utricularia*.

Концентрация пыльцы в этом интервале составляет в среднем около 250 п.з./мл, хотя на глубинах 496-486 увеличивается на порядок. Этим глубинам соответствуют пики содержания пыльцы Ranunculaceae, Cichoriaceae и *Potamogeton*. К сожалению, ввиду очень низкой концентрации пыльцы количество подсчитанных п.з. для этой и вышележащей палинозоны слишком низкое (менее 100 п.з.), поэтому такие резкие пики могут не соответствовать настоящим соотношениям. Важно, что общая доля пыльцы группы AP падает по сравнению с ЛПЗ 2, поэтому увеличение доли хвойных в составе спектра не отражается на диаграмме УСА, а напротив, показывает снижение. При этом для Роасеae можно наблюдать обратную ситуацию – на классической диаграмме доля злаков снижается, по сравнению с ЛПЗ 2, а на диаграмме УСА видно, что содержание пыльцы этого таксона в осадке наоборот растет. Cichoriaceae без учета пиков на глубинах 496-486 не демонстрирует значительного роста по сравнению с ЛПЗ 2.

ЛПЗ 4 характеризует осадки на глубине 447-295 см (21.0-18.0 тыс.л. н.). Для нее характерно продолжающееся уменьшение доли деревьев и кустарников (10-24%), увеличение доли пыльцы трав (до 76%). На споры приходится от 4 до 25%. В группе AP преобладает пыльца *Salix*, доля которой заметно растет по сравнению с ЛПЗ 3, *Betula* sect. *Nanae*, при этом доля *Alnus fruticosa*, напротив, снижается. В образцах также сохраняется пыльца экзотических широколиственных деревьев. Среди трав преобладает пыльца злаков, доля которых растет вверх по палинозоне и достигает 4-31%. Также относительно многочисленна пыльца *Rumex*, Cichoriaceae, Urticaceae, Ranunculaceae, Chenopodiaceae.

Накопление осадков, соответствующих ЛПЗ 4, сопровождается снижением концентрации п.з. в отложениях. В то время как спорово-пыльцевая диаграмма демонстрирует постепенный рост доли пыльцы злаков в составе СПС, диаграмма УСА скорее показывает скачкообразные изменения удельной скорости аккумуляции пыльцы этого таксона.

На глубинах, соответствующих **ЛПЗ 5** – 295-253 см (18.0 – 16.9 тыс. л. н.) по-прежнему преобладает пыльца трав (55-81%). На долю пыльцы деревьев и кустарников приходится 4-26%, а на споры 8-24%. На фоне минимального содержания пыльцы деревьев и кустарников содержание включенных в эту группу таксонов получается высоким. Примерно в равных долях представлены *Alnus fruticosa*, *Betula* sect. *Nanae*, *Pinus pumila*, *Salix* (до 6%), немного меньше *Betula* sect. *Albae* и sect. *Costatae*, *Alnus hirsuta* (до 5%). В группе трав абсолютно преобладает пыльца злаковых растений (15-58%). Относительно заметную роль также играют Cyperaceae и Ranunculaceae (2-10%).

Этап в промежутке времени **28.4-25.3 тыс. л. н.**, отражает начало похолодания на рубеже МИС 3 и МИС 2. Низкое содержание пыльцы деревьев в СПС, доминирование в группе AP пыльцы кустарников и преобладание пыльцы трав свидетельствует о том, что в северной части ЦКД, по всей видимости, была распространена растительность, близкая к современным сообществам субальпийского пояса — кустарниковые тундры и субальпийские луга. Вероятно, прохладные климатические условия этого времени были относительно мягкими и влажными. О.А. Брайцева [1968] подчеркивают, что климат межстадиального интервала был мягким, но холоднее современного. Однако отсутствие более теплолюбивых таксонов в составе спектра может также свидетельствовать не столько о суровости климата этого времени, сколько о невозможности их миграции ввиду изолированности ЦКД [Куприна, 1970].

Вероятно, в самом начале второй фазы позднеплейстоценового оледенения на севере ЦКД был довольно влажный и мягкий климат. Изученные отложения накапливались в озерном бассейне, вокруг которого были распространены кустарниковые тундры, а лесные фитоценозы были представлены ограниченно.

Накопление осадков в период, предшествующий максимуму последнего оледенения, **25.3-22.2 тыс. л. н.** происходило, вероятно, в условиях постепенного похолодания климата, о чем свидетельствует появление и увеличение доли пыльцы кедрового стланика (*Pinus pumila*), карликовой березки (*Betula* sect. *Nanae*) и рост доли *Salix* в ЛПЗ 2. Климат оставался довольно влажным, что способствовало сохранению на территории ЦКД небольших участков хвойных лесов (лиственничных и еловых с участием пихты). При этом в растительности на севере ЦКД преобладали злаково-разнотравные альпийские луга. В верхней части ЛПЗ 2 появляется пыльца

холодолюбивых растений, что, по всей видимости, говорит о продолжающемся похолодании и о распространении альпийских фитоценозов, с которыми в наше время ассоциируются перечисленные таксоны.

Стоит особого упоминания присутствие пыльцы пихты (*Abies*) в осадке на глубинах, соответствующих концу ЛПЗ 2 и началу ЛПЗ 3. Присутствие пыльцы *Abies* в исследованных нами осадках можно интерпретировать либо как свидетельство того, что до максимума последнего оледенения она еще встречалась в ЦКД в виде примеси в еловых лесах, но «не пережила» последнего оледенения, либо как признак переотложения. В пользу второго предположения говорит появление пыльцы широколиственных пород немного выше (ЛПЗ 3,4 и 5) по разрезу, которое также, на наш взгляд, является признаком размывания более древних осадков на водосборе. Появление в разрезе сначала пыльцы пихты, а затем широколиственных пород может говорить о последовательном размывании сначала четвертичных отложений (в которых содержится пыльца пихты [Брайцева и др., 1968]), а затем неогеновых, содержащих пыльцу широколиственных деревьев [Скиба, 1975].

22.2-21.0 тыс.л.н. продолжалось постепенное похолодание климата. Присутствие пыльцы хвойных пород деревьев в отложениях этого времени говорит о том, что лесные фитоценозы, хоть и сократили свои площади, но не исчезли совсем, а существовали в виде, по крайней мере, небольших рефугиумов. Но очень низкое содержание пыльцы деревьев и кустарников, разумеется, не дает усомниться в ограниченном распространении лесных сообществ. На это время приходится пик накопления пыльцы многих луговых и высокогорных трав (Poaceae, *Ranunculus nivalis*, Cichoriaceae, Caryophyllaceae, *Rumex*), при этом для данного этапа характерно повышенное таксономическое разнообразие в группе NAP. Видимо, в это время продолжилось сокращение площади лесов и быстрое распространение тундр, похожих на современные высокогорные альпийские луга.

Интервал **21.0-18.0 тыс.л.н.** соответствует наиболее суровому периоду LGM. Для него была характерна разреженная растительность, похожая на современные высокогорные пустоши. Распространение ледников приводило к сужению растительных поясов, похолодание и континентализация климата сопровождалась понижением снеговой границы. Произрастать так близко к краю ледника могли только растения, способные выдерживать суровые климатические условия: *Koenigia*, *Dryas*, *Ranunculus nivalis*, типичные для высокогорных сообществ региона. Причем, если для более влажных прибрежных территорий Камчатки характерно преобладание пыльцы осоковых в позднеледниковье, то, видимо, в ЦКД распространялись более «сухие» травянисто-кустарничковые тундры.

18.0-16.9 тыс.л.н. продолжалось нарастание континентальности климата. В СПС этого интервала резко преобладает пыльца злаков. Это может быть свидетельством продолжающейся континентализации климата и распространении фитоценозов, напоминающих тундростепи.

Установлено, что изменения климата на рубеже плейстоцена и голоцена на Камчатке происходили очень стремительно, что выражалось в резкой смене характера растительности и соответствующих ей СПС [Pendea et al., 2017; Брайцева и др., 1968; Мухаметшина и др., 2021]. Полученные нами данные показывают, что изменения СПС при переходе от МИС 3 к МИС 2 были более плавными. По всей видимости, климат при переходе от позднеплейстоценового межстадиала к последнему ледниковому максимуму менялся относительно медленно. По всей видимости, на «улучшение» климатических условий растительность влияет более быстро и бурно, что выражается в резком увеличении скорости аккумуляции пыльцы, а при «ухудшении» изменения СПС происходят более медленно. В таком случае резкий скачок удельных скоростей аккумуляции Poaceae, Chenopodiaceae, *Populus* на рубеже ЛПЗ 4 и 5 может свидетельствовать о кратковременных изменениях условий произрастания этих растений.

Важно отметить присутствие на всем исследованном интервале пыльцы водных растений. В настоящее время некоторые из этих растений (*Nymphaea* и *Trapa natans*) встречаются только на юге п-ова Камчатка, предпочитая мелководные озера и речные старицы [Мухаметшина, 2021]. К тому же кувшинка (*Nymphaea*) не переносит промерзания водной толщи до дна в зимний период [Федченко, 1925]. Наряду с названными таксонами встречается пыльца и споры и других водных растений: полушника, болотника, рогоза, рдеста. Сам факт их присутствия указывает на озерный генезис исследуемых осадков. Кроме того, известно, что эти растения предпочитают мелководные озерные бассейны и произрастают в наше время в условиях умеренного климата

(те виды, которые и сейчас произрастают на территории полуострова). При этом в осадках моложе 25,3 тыс.л.н. пыльцы теплолюбивых водных растений не обнаружено.

Таким образом, данное исследование описывает историю изменения растительности и климата в течение эпохи последнего оледенения, от 28.4 до 16.9 тыс.л.н. Описанные выше результаты показывают, что в конце МИС 3 климат был холоднее современного, но все еще относительно мягким, что способствовало сохранению теплолюбивых водных растений и лесных фитоценозов. Однако постепенное похолодание климата при переходе и во время МИС 2 приводило к смене растительности от субальпийских лугов с отдельными лесными массивами до пустошей с разреженной растительностью и злаковых тундростепей, реагируя на постепенное похолодание и нарастающую континентальность климата.

Исследования выполнены при поддержке гранта РНФ № 21-77-10102.

Литература:

Борисова О.К., Новенко Е.Ю. Определение концентрации пыльцы и спор в осадках как инструмент реконструкций растительности // Методические аспекты палинологии. Материалы X Всероссийской палинологической конференции. 2002. С. 26–27

Брайцева О.А., Мелекесцев И.В., Евтеева И. С., Лупкина Е.Г. Стратиграфия четвертичных отложений и оледенения Камчатки. М.: Наука, 1968. 245 с.

Куприна Н.П. Стратиграфия и история осадконакопления плейстоценовых отложений Центральной Камчатки. М.: Наука, 1970. 148 с.

Мухаметшина Е.О. Водные растения как индикаторы палеогеографической обстановки осадконакопления // Материалы Международного молодежного научного форума «ЛОМОНОСОВ-2021» [электронный ресурс]. М.: МАКС Пресс, 2021.

Мухаметшина Е.О., Зеленин Е.А., Пендея И.Ф. Реконструкция позднеледниковых обстановок экзогенного рельефообразования центральной Камчатки по данным спорово-пыльцевого анализа // Геоморфология., 2021. Т. 52. № 4. С. 53–63.

Скиба Л.А. История развития растительности Камчатки в позднем кайнозое. М.: Наука, 1975. 72 с.

Федченко Б.А. Биология водных растений, как предмет изучения в школе. М.: Гос. изд-во, 1925. 132 с.

Якубов В.В. Растения Камчатки: полевой атлас. М.: Путь, истина и жизнь, 2007. 264 с.

Grimm, E.C. 1987. CONISS: a FORTRAN 77 program for stratigraphically constrained cluster analysis by the method of incremental sum of squares // Computers & Geosciences. № 13. P. 13–35.

Pendea I.F., Ponomareva V., Bourgeois J., Zubrow E.B.W., Portnyagin M., Ponkratova I., Harmsen H., Korosec G. Late Glacial to Holocene paleoenvironmental change on the northwestern Pacific seaboard, Kamchatka Peninsula (Russia) // Quaternary Science Reviews. 2017. Vol. 157. P. 14–28.

Ponomareva V., Pendea I.F., Zelenin E., Portnyagin M., Gorbach N., Pevzner M., Plechova A., Derkachev A., Rogozin A., and Garbe-Schonberg D. The first continuous late Pleistocene tephra record from Kamchatka Peninsula (NW Pacific) and its volcanological and paleogeographic implications // Quaternary Science Reviews. 2021. Article 106838.



ПОЗДНЕ-ПЛИОЦЕНОВЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ РАСТИТЕЛЬНОСТИ И КЛИМАТА НА СЕВЕРЕ КАВКАЗСКО-КАСПИЙСКОГО РЕГИОНА ПО ПАЛИНОЛОГИЧЕСКИМ ДАННЫМ

О.Д. Найдина

Геологический институт РАН, Москва, onaidina@gmail.com

LATE PLIOCENE CHANGES IN VEGETATION AND CLIMATE IN THE NORTH OF THE CAUCASUS-CASPIAN REGION ACCORDING TO PALYNOLOGICAL DATA

O.D. Naidina

Geological Institute of the Russian Academy of Sciences, Moscow

Плиоценовый бассейн региона Паратетис (включая акчагыльский этап), лежащий к северу от Средиземного моря (Тетийский бассейн), представляет собой палеогеографический регион, месторождения которого содержат многочисленные и разнообразные залежи углеводородов, используемые на протяжении тысячелетий и активно эксплуатируемые сегодня [Erpelbaum, Katz, 2021]. Изменения растительности и климата на севере Кавказско-Каспийского региона во время акчагыльской трансгрессии палео-Каспия подробно изучаются методом спорово-пыльцевого анализа [Naidina, Richards, 2016; 2020].

Впервые для акчагыльских отложений Северного Кавказа и востока Северного Прикаспия выделены несколько спорово-пыльцевых комплексов (СПК). На основе СПК установлены изменения в растительности от предгорий Большого Кавказа, Терско-Сунженского междуречья в Чечне и равнинного Дагестана до Урало-Эмбенской области Казахстана в Прикаспии, выявлены климатические флуктуации для временного интервала 3.6-1.8 млн. лет.

Судя по составу СПК, в акчагыле Терско-Сунженской области преобладали формации широколиственных лесов с *Quercus*, *Ulmus* и было несколько теплее, чем в предгорьях Большого Кавказа, где доминировали смешанные хвойные леса с *Tsuga*. О влиянии вертикальной поясности, связанной с произрастанием лесов на различных высотах, и о понижении лесного пояса на склонах Большого Кавказа свидетельствуют спорово-пыльцевые материалы по Александрийской опорной скважине в Дагестане [Маслова, 1960; Найдина, 1988; 1990].

Данные палинологических исследований подтверждают существование в акчагыле широтной зональности – вполне определенных закономерностей в смене растительных зон с севера на юг. На Северном Кавказе степи сменялись елово-сосновыми лесами с участием вяза и дубовыми лесами с примесью хвойных в предгорьях [Naidina, Richards, 2016]. Установлено, что климатические флуктуации в акчагыле Предкавказья приводили к смене растительности лесов и степей не менее пяти раз. На востоке Северного Прикаспия смена ландшафтов степей, лесостепей и лесов происходила не менее трех раз [Naidina, Richards, 2020].

Аридизация климата вызывала расширение ландшафтов степей в начале акчагыла. К концу раннего акчагыла в Кавказско-Каспийском регионе отмечается возобновление лесов с субтропическими деревьями, знаменующее умеренно-теплый влажный климат, очевидно связанный с интенсивным потеплением. В начале среднего акчагыла произошло похолодание. Об этом свидетельствует появление хвойных лесов с тсугой.

В диапазоне времени 2.5-2.3 млн. лет началось последовательное сокращение доли теплолюбивых деревьев, совпадающее с похолоданием и началом оледенения Северного полушария. К концу среднего акчагыла происходит аридизация климата. Получили развитие безлесные ландшафты. Поздне-акчагыльское время характеризуется расширением степных ландшафтов и дальнейшим усилением аридизации климата.

На основе изучения СПК из акчагыльских отложений установлены два похолодания и потепления климата, включая кратковременное потепление около 3.2 млн. лет назад, когда в Терско-Сунженской и Урало-Эмбенской нефтегазоносных областях развивались наиболее разнообразные по таксономическому составу широколиственные леса. На основе СПК это потепление впервые регистрируется на севере Кавказско-Каспийского региона и коррелируется с поздне-плиоценовым потеплением климата в Средиземноморье [Suc, 1984].

Исследования выполнены по государственному заданию ГИН РАН.

Литература:

Маслова И.В. Результаты изучения спорово-пыльцевых спектров плиоценовых и четвертичных отложений по керну Александрийской опорной скважины (район г. Кизляр) // Тр. ВНИИГАЗ. 1960. Вып. 10(18). С. 285–292.

Найдина О.Д. Палинологическая характеристика акчагыльских отложений Терско-Сунженской нефтегазоносной области // Вестник Моск. ун-та. 1988. Сер. 4. Геология. №4. 72–78.

Найдина О.Д. Реконструкция растительности и климата Предкавказья в акчагыле // Вестн. Моск. ун-та. 1990. Сер. 4. Геология. №3. С. 78–81.

Eppelbaum L.V., Katz Y.I. Akchagylian hydrospheric phenomenon in the aspects of deep geodynamics // Stratigraphy and sedimentology of oil-gas basins. Sedimentology. 2021. №2. P. 9–26.

Naidina O.D., Richards K. Pollen evidence for Plio-Pleistocene vegetation and climate change in the North Caucasus, North-Western Caspian Region // Quaternary International. 2016. V. 409. Part A. P. 88–99.

Naidina O.D., Richards K. The Akchagylian stage (late Pliocene-early Pleistocene) in the North Caspian Region: Pollen evidence for vegetation and climate change in the Urals-Emba region // Quaternary International. 2020. Vol. 540. P. 22–37.

Suc J.-P. Origin and evolution of the Mediterranean vegetation in Europe // Nature. 1984. V. 307. P. 429–432.



**МОРФОЛОГИЯ И УЛЬТРАСТРУКТУРА ПЫЛЬЦЕВЫХ ЗЕРЕН НЕКОТОРЫХ
ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ РОДА *CASTANOPSIS* (FAGACEAE)**

Н.Н. Нарышкина

Институт географии РАН, Москва naryshkina@igras.ru

**POLLEN MORPHOLOGY AND ULTRASTRUCTURE OF SOME *CASTANOPSIS* SPECIES
(FAGACEAE)**

N.N. Naryshkina

Institute of GeographyRAS, Moscow

Род *Castanopsis* (D. Don) Spach. принадлежит к подсемейству Castaneoideae, семейству Fagaceae Dumort, Подсемейство Castaneoideae и насчитывает более 120 видов вечнозеленых деревьев или кустарников, встречающихся в некоторых тропических и субтропических регионах Юго-Восточной Азии (Корея, Китай, о-в Тайвань, Япония).

Пыльцевые зерна *Castanopsis* хорошо представлены в третичных и четвертичных палинологических спектрах Восточной Азии [Верховская и др., 1992; Gorbarenko et al., 1995, 2000; Igarashi, 1996; Gotanga et al., 2002; Sun et al., 2003; Kawahata, Ohshima, 2004; Chung et al., 2006; Evstigneeva, Naryshkina, 2010; Hayashi et al., 2010; Xu et al, 2010]. К сожалению, на световом уровне пыльцевые зерна *Castanopsis* определяются только до рода, а в некоторых случаях и даже до группы родов. Так, в спорово-пыльцевых спектрах Японских островов и Корейского полуострова они регистрируются как *Castanea/Castanopsis* [Верховская и др., 1992; Gorbarenko et al., 1995, 2000; Chung et al., 2006; Hayashi et al., 2010] или *Castanopsis*-type, объединяющий роды *Castanea* и *Castanopsis* [Gotanga et al., 2002; Evstigneeva, Naryshkina, 2010]. В спорово-пыльцевых спектрах Китая и Восточно-Китайского моря пыльца регистрируется как *Castanopsis/Lithocarpus* [Sun et al., 2003; Kawahata and Ohshima, 2004; Xu et al., 2010]. Такое объединение пыльцевых зерен разных родов в одном морфотип препятствует установлению родственных связей с современными представителями рода *Castanopsis* и разработке точных палеоклиматических реконструкций.

Современные исследования показали, что использование сканирующей (СЭМ) и трансмиссионной (ТЭМ) электронной микроскопии открывает новые перспективы для эволюционных, палеоботанических и палеоэкологических исследований [Liu et al., 2007; Naryshkina, Evstigneeva, 2009; 2020; Denk et al., 2012; Tekleva et al, 2014.; Grimsson et al., 2015; Grimsson et al., 2016; Нарышкина, Евстигнеева, 2017; Hofmann, Gregor, 2018 et al.].

Цель данного исследования выявить морфологические особенности современной пыльцы некоторых видов *Castanopsis* с помощью СМ, СЭМ и ТЭМ, которые могут быть использованы для более точной идентификации ископаемой пыльцы.

В работе использовался палинологический материал из Гербария Ботанического института им. В.Л. Комарова БИН РАН (LE), Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова. (LE MW), а также из гербария Kunming Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences (KUN), Китай. Пыльцевые зерна исследовались с помощью светового микроскопа Zeiss Axioskop 40 (СМ) и сканирующего электронного микроскопа Zeiss EVO 40 (СЭМ) в ЦКП ФНЦ Биоразнообразия ДВО РАН (г. Владивосток), Zeiss Sigma (СЭМ), Zeiss Libra 200HT (ТЕМ) на базе ЦКП ННЦМБ ДВО РАН (г. Владивосток), Jeol 100В и Jeol 1011 ТЕМ на базе МЛЭМ Биологического ф-та МГУ (г. Москва). Ультратонкие срезы были сделаны с использованием ультратома Leica UC6 (ПИН РАН, г. Москва).

Подготовка материала для исследования в СМ проводилась по классическому ацетолизному методу [Erdtman, 1952]. Подготовка материала для исследования с помощью СЭМ и ТЭМ проводилась по методике Завьялова и др. [2018]. Терминология для описания морфологии пыльцевых зерен соответствует Halbritter et al. [2018]. В работе использована систематика Barnett [1944].

Изучено 13 видов представителей рода *Castanopsis*: *C. argyrophylla* King ex Hook.f., *C. calathiformis* (Scan) Hickey and Camus, *C. carlesii* (Hemsl.) Hayata, *C. chinensis* (Spreng.) Hance, *C. cuspidata* (Thunb.) Schottky, *C. delavayi* Franch., *C. faberi* Hance, *C. fissa* (Champ.) Rehd. et Wills., *C. hainanensis* Merr., *C. indica* (Roxb. ex Lindl.) A.DC, *C. longispicata* Hu, *C. orthacantha* Franch.,

C. sclerophylla (Lindl. & Paxton) Schottky, из них 12 видов с использованием СЭМ микроскопа и 11 видов ТЭМ.

Пыльцевые зерна *Castanopsis* радиально-симметричные, с полюса трехлопастные или округло трехлопастные, с экватора – широкоэллиптические. Пыльцевые зерна мелкие, полярная ось (P) 13.43–17.92 мкм, экваториальный диаметр (E) 9.68–15.01 мкм. Среди изученных видов наибольшая полярная ось у *C. chinensis* 15.97–20.12 мкм, *C. cuspidata* 15.28–19.25 мкм, наименьшая у *C. argyrophylla*, *C. faberi*, and *C. fissa* 13.43–13.78 мкм. Форма от продолговато-сфероидальной P/E 1.19–1.44 до продолговатой P/E 1.52–1.82 в экваториальном положении. Наиболее вытянутая форма у *C. calathiformis* (P/E 1.82).

Апертуры бороздно-оровые. В экваториальном положении борозды параллельные, концы борозд отчетливые, клиновидные, края борозд ровные. Оры хорошо различимы как в световом, так и в сканирующем микроскопе.

При изучении в СЭМ скульптура морщинистая, морщины гладкие, длиной 0.52–2.0 мкм, шириной 0.1–0.38 мкм. Пыльцевые зерна *C. fissa* и *C. calathiformis* характеризуются самыми короткими морщинами, 0.52–0.58 мкм длиной и 0.20–0.3 мкм шириной. Самые узкие, до 0.1 мкм, скульптурные элементы имеют длину 1.2 мкм и характерны для пыльцевых зерен *C. cuspidata*, и *C. carlesii*. Пыльцевые зерна *C. sclerophylla* имеют скульптурные элементы длиной 2.0 мкм и шириной до 0.17 мкм. Аналогичные параметры наблюдаются у скульптурных элементов пыльцы *C. hainanensis*: они имеют длину 2.05 мкм и ширину до 0.24 мкм. Самые широкие морщины (0.19–0.38 мкм) обнаружены у пыльцевых зернах *C. delavayi*, *C. fabri*, *C. longispicata*, *C. orthacantha* и *C. argyrophylla*. Длина морщин варьирует от 0.86 до 1.48 мкм. *C. chinensis* отличается от всех видов наличием длинных узких скульптурных элементов (менее 0.1 мкм), которые объединяются в более широкие, до 0.72 мкм.

С помощью ТЭМ были изучены 11 видов *Castanopsis*. Эктэксина в безапертурной области 0.34–1.12 мкм, по направлению к апертурной области утончается и в апертурной области исчезает. Покров 0.16 – 0.61 мкм. Подстилающий слой неравномерный по толщине, 0.9–0.38 мкм. Пыльцевые зерна *C. calathiformis* характеризуются самой тонкой эктэксинной 0.34 мкм с покровом и подстилающим слоем около 0.16 мкм и 0.09 мкм соответственно. Максимальные значения этих параметров наблюдаются у *C. chinensis* и *C. cuspidata* - эктэксина 1.12 мкм и 1.01 мкм соответственно.

Эндэксина менее электронно-плотная, чем эктэксина, гомогенная; в безапертурной области 0.14 – 0.55 мкм, по направлению к апертурной области эндэксина резко утолщается до 0.85 мкм. Минимальная толщина эндэксина наблюдается у *C. calathiformis* (0.09 мкм в безапертурной области и 0.35 мкм в апертурной области). Максимальные значения этих параметров наблюдаются для *C. fissa* в безапертурной области (0.55 мкм) и для *C. indica* (0.85 мкм в апертурной области).

Интина электронно-прозрачная, в безапертурной области 0.18–0.76 мкм, в области апертур утолщается до 0.36–1.54 мкм. Самая тонкая безапертурная интина (0.15 мкм) встречается у *C. chinensis* и *C. hainanensis*. Самая толстая безапертурная интина (0.76 мкм) наблюдается у *C. sclerophylla*. Максимальная толщина интины в области апертуры (1.54 мкм) наблюдается у *C. cuspidata*.

Полученные палиноморфологические данные показали, что различия, наблюдаемые среди изученных нами видов, в основном ограничиваются различиями в скульптуре поверхности. Наиболее информативные из них это размер, форма и распределение скульптурных элементов по поверхности. На основании этих признаков выделено три группы, которые соответствуют принимаемому нами делению рода *Castanopsis* по системе Е. Барнетт [Barnett, 1944]. Группа *C. fissa* (*C. fissa*, *C. calathiformis*) характеризуется наиболее короткими и широкими морщинами. Группа *C. acuminatissima* (*C. cuspidata*, *C. carlesii*, *C. sclerophylla*) объединяет пыльцу с самыми узкими и длинными скульптурными элементами (морщинами). Подобные скульптурные элементы были описаны для скульптуры пыльцевых зерен *C. sessilis*, этот вид является базинимом *C. carlesii* var. *sessilis*. (Nakai) [Shen, 1984]. Группа *C. tribuloides* характеризуется самыми широкими и длинными морщинами. Подобная скульптура описана для пыльцевых зерен *C. formosana*, произрастающего на Тайване [Shen, 1984]. Среди всех изученных видов выделяется пыльца *C. chinensis* с наибольшей полярной осью, отличной от других видов скульптурой поверхности, а также самой толстой эктэксинной и покровом, и наиболее тонкой интиной.

Литература:

Верховская Н.Б., Горбаренко С.А., Черепанова М.В. Изменения природной среды юга Японского моря и прилегающей суши в конце плейстоцена – голоцене // Тихоокеанская геология. 1992. № 2. С. 12–21.

Завьялова Н. Е., Теклёва М. В., Полева С. В., Богданов А. Г. Исследование палинологических объектов методами электронной микроскопии. М.: РИПОЛ классик, 2018. 334 с.

Нарышкина Н.Н., Евстигнеева Т.А. Пыльца Castaneoidae (Fagaceae) из голоценовых отложений Японского моря // Палеонтологический журнал. 2017. № 3. С. 97–106.

Barnett E. C. Keys to the species groups of *Quercus*, *Lithocarpus*, and *Castanopsis* of Eastern Asia, with notes on their distribution // Transactions of the Royal Society of Edinburgh. 1944. Vol. 34. P. 159–204.

Chung Ch.H., Lim H.S., Yoon H.I. Vegetation and climate changes during the Late Pleistocene to Holocene inferred from pollen record in Jinju area, South Korea // Geosciences Journal. 2006. Vol. 10. P. 423–431.

Denk T., Grímsson F., Zetter R. Fagaceae from the early Oligocene of Central Europe: Persisting new world and biogeographic links // Review of Palaeobotany and Palynology. 2012. Vol. 169. P. 7–20.

Erdtman G. Pollen morphology and plant taxonomy. Angiosperms. Stockholm, 1952. 539 p.

Evstigneeva T.A., Naryshkina N.N. The Holocene climatic optimum at the Southern coast of the Sea of Japan // Paleontological Journal. 2010. Vol. 10. P. 1262–1269.

Shen Ch-Fu. The taxonomy and pollen morphology of the Fagaceae in Taiwan. 1984. 148 p.

Gorbarenko S.A., Pliss S.G., Southon J.R. et al. Detailed carbonate stratigraphy of the Japan Sea sediments during last Glaciacion-Holocene // TAO. 1995. Vol. 1. P. 103–113.

Gorbarenko S.A., Southon J.R. Detailed Japan Sea paleoceanography during the last 25 kyr: Constraints from AMS dating and $\delta^{18}O$ planktonic foraminifera // Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology. 2000. Vol. 156. P. 177–193.

Gotanga K., Nakagawa T., Tarasov P. et al. Biome classification from Japanese pollen data: application to modern-day and Late Quaternary samples // Quaternary Science Reviews. 2002. Vol. 21. P. 647–657.

Grímsson F., Grimm G.W., Zetter R., Denk T. Cretaceous and Paleogene Fagaceae from North America and Greenland: evidence for a Late Cretaceous split between *Fagus* and the remaining Fagaceae // Acta Palaeobotanica. 2016. Vol. 56. P. 247–305.

Grímsson F., Zetter R., Grimm G.W., et al. Fagaceae pollen from the early Cenozoic of West Greenland: revisiting Engler's and Chaney's Arcto-Tertiary hypotheses // Plant Systematics and Evolution. 2015. Vol. 301. P. 809–832.

Halbritter H., Ulrich S., Grímsson F. et al. Illustrated Pollen Terminology. Switzerland.: Springer, 2018. 483 p.

Hayashi R., Takahara H., Hayashida A., Takemura K. Millennial-scale vegetation changes during the last 40,000 yr based on a pollen record from Lake Biwa, Japan // Quaternary Research. 2010. Vol. 74. P. 91–99.

Hofmann C.-C. and Gregor H.-J. Scanning electron microscope and light microscope investigations of pollen from an atypical mid-Eocene coal facies in Stolzenbach mine (PreußenElektra) near Borken (Kassel, Lower Hesse, Germany) // Review of Palaeobotany and Palynology. 2018. Vol. 252. P. 41–63.

Igarashi Y. A late glacial climatic reversion in Hokkaido, Northeast Asia, inferred from the Larix pollen record // Quaternary Science Reviews. 1996. Vol.15. P. 989–995.

Kawahata H., Ohshima H. Vegetation and environmental record in the northern East China Sea // Global and Planetary Change. 2004. Vol. 41. P. 51–273.

Liu Y.-S., Zetter R., Ferguson D.K., et al. Discriminating fossil evergreen and deciduous *Quercus* pollen: A case study from the Miocene of eastern China // Review of Palaeobotany and Palynology. 2007. Vol.145. P. 289–303.

Naryshkina N.N., Evstigneeva T.A. Sculpture of pollen grains of *Quercus* L. from the Holocene of the south of the Sea of Japan // Paleontological Journal. 2009. Vol. 43. No.10. P. 1309–1315.

Naryshkina N.N., Evstigneeva T.A. Fagaceae in the Eocene Palynoflora of the South of Primorskii Region: New Data on Taxonomy and Morphology // *Paleontological Journal*. 2020. V. 54. № 4. P. 429–439.

Sun X., Luo Y., Huang F. et al. Deep-sea pollen from the South China Sea: Pleistocene indicators of East Asian monsoon // *Marine Geology*. 2003. Vol. 201. P. 97–118.

Tekleva M.V., Naryshkina N.N., Evstigneeva T.A. Fine structure of *Quercus* pollen from the Holocene sediments of the Sea of Japan // *Plant Systematics and Evolution*. 2014. Vol. 300. No. 8. P. 1877–1893.

Xu D., Lu H., Wu N., Liu Z. 30 000-Year vegetation and climate change around the East China Sea shelf inferred from a high-resolution pollen record // *Quaternary International*. 2010. Vol. 227. P. 53–60.



ПРОЯВЛЕНИЯ КОРОТКОПЕРИОДНЫХ ПОХОЛОДАНИЙ РАННЕГО ГОЛОЦЕНА НА ЗАПАДЕ ЕВРОПЕЙСКОЙ ТЕРРИТОРИИ РОССИИ (ПО ДАННЫМ КОМПЛЕКСНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ОЗЕРНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ)

Н.Н. Нарышкина, О.К. Борисова, Е.А. Константинов, А.В. Панин

Институт географии РАН, Москва, paleo_igras@mail.ru

SHORT-TERM COLD CLIMATIC OSCILLATIONS OF THE EARLY HOLOCENE IN THE WEST OF THE EUROPEAN TERRITORY OF RUSSIA (ACCORDING TO THE MULTI-PROXY STUDIES OF LAKE SEDIMENTS)

N.N. Naryshkina, O.K. Borisova, E.A. Konstantinov, A.V. Panin

Institute of Geography RAS, Moscow

Исследования изменений изотопного состава льда по кернам из скважин GRIP, GISP2 и NGRIP в разных районах Гренландского ледяного щита [Rasmussen et al., 2006, 2014; и др.] наглядно показывают, что после серии контрастных климатических фаз позднеледникового и экстремально быстрого потепления при переходе к голоцену, достигшего $10\pm 4^\circ\text{C}$ за период около 50 лет [Grachev, Severinghaus, 2005], в голоцене произошла относительная стабилизация климатических условий. Тем не менее, в раннем голоцене на фоне положительного тренда глобальной температуры также обнаружены следы нескольких кратковременных похолоданий, каждое из которых, в свою очередь, заканчивалось быстрым потеплением [Rasmussen et al., 2006]. Основные короткопериодные похолодания раннего голоцена, датированные на основе подсчетов годовичных слоев льда в Гренландии, имеют возраст около 11.4, 10.2, 9.3 и 8.2 тыс. лет назад [Kobashi et al., 2007; Thomas et al., 2007; Fleitmann et al., 2008]. Первое кратковременное похолодание голоцена – пребореальная осцилляция (ПБО) – прервало процесс потепления уже около 11.4 тыс. л. н., а ~11.2 тыс. л. н. вновь сменилось быстрым потеплением, во время которого температура воздуха в Гренландии повысилась на $4\pm 1,5^\circ\text{C}$ [Kobashi et al., 2008].

Следы похолодания, соответствующего ПБО в Гренландии, были обнаружены в северо-западных и центральных регионах Европы благодаря комплексным исследованиям озерных осадков, проведенным с высоким разрешением по времени. По данным [Plicht van der et al., 2004; Vos et al., 2007], на современной территории Нидерландов позднеледниковая тундрово-степная растительность сменилась березовыми редколесьями в ходе первоначального потепления голоцена. Заметное похолодание в ПБО прервало процесс распространения лесов приблизительно на 200 лет, вызвав новое расширение открытых травянистых сообществ. О наличии кратковременного похолодания в раннем пребореале свидетельствуют также результаты исследований длинных серий озерных отложений с годичной слоистостью в Средней Европе [Brauer et al., 1999]: увеличение мощности прослоев в оз. Меерфельдер-Маар в Германии и более отрицательные значения $\delta^{18}\text{O}$ в отложениях оз. Гостенж в Польше указывают на похолодание, совпадающее по времени с ПБО, приблизительно на 3°C по сравнению с началом пребореала. В начале позднего пребореала (~11.2 тыс. л. н.) потепление на территории Нидерландов возобновилось при сдвиге к более гумидному климату, и начался новый этап распространения лесной растительности, в том числе расселение сосны [Plicht van der et al., 2004; Vos et al., 2007]. В начале позднего пребореала отмечено также увеличение содержания органического вещества в озерных отложениях в центральной части Латвии, что можно объяснить уменьшением поступления минеральных частиц в отложения в условиях большей залесенности [Puusepp, Kangur, 2010]. Около 10.7 тыс. л. н. на территории Нидерландов широко распространились сосновые леса. В целом в позднем пребореале на севере Европы климат был относительно теплым и влажным [Vos et al., 2007].

Несмотря на многочисленные палинологические исследования голоценовых отложений, проведенные на европейской территории России (ЕТР) [Богдель и др., 1983; Елина и др., 1995; Kremenetski et al., 2000; Зерницкая и др., 2001; Novenko et al., 2014; и мн. др.], разрезы с достаточно подробно изученными пребореальными осадками и надежным хронологическим контролем для раннего голоцена в целом до сих пор отсутствуют.

Подробные седиментологические и палинологические данные были получены нами по донным отложениям оз. Селигер (скв. SP-2 в вершине Селижаровского плеса) [Константинов и др., 2021]. Радиоуглеродные датировки и биостратиграфические данные свидетельствуют о том,

что вскрытые скважиной отложения накапливались непрерывно в течение позднеледниковья и голоцена. Дополнительная серия AMS-датировок позволила уточнить модель осадконакопления, согласно которой в данном разрезе пребореалу соответствует слой темно-коричневой гиттии мощностью около 85 см, перекрывающий карбонатные илы, образовавшиеся в позднеледниковье. Средняя скорость осадконакопления в пребореале составляла 0.8-0.9 мм в год. Анализ потерь при прокаливании (ППП) при 550°C, характеризующих содержание органических веществ в осадке, показал наиболее резкое изменение на нижней границе голоцена: при переходе от позднего дриаса к пребореалу ППП возрастают с 25 до 50% [Константинов и др, 2021]. Этот подъем отражает увеличение продуктивности озера, связанное с ростом теплообеспеченности.

В нижней части разреза, соответствующей похолоданию среднего дриаса, пыльца (п.) деревьев представлена в основном *Pinus* и *Betula*; п. *Picea* составляет <5% от суммы п. древесных пород. П. трав и кустарничков достигает 40-50% от общей суммы п.; наиболее обильна п. *Artemisia* и *Сурегасеае*. В слоях интерстадиала аллерёд содержание п. травянистых растений снижается до 20% спектров; среди п. деревьев доминируют *Picea*, *Pinus* и *Betula*. Доля п. *Picea* в процентах и удельная скорость ее аккумуляции максимальные по разрезу: 30-45% от суммы п. древесных пород и до 9 тыс. зерен на см² в год, соответственно. Похолоданию позднего дриаса отвечают наиболее высокие по разрезу содержания п. березы (до 70% от суммы п. деревьев и кустарников) и снижение доли п. сосны с 40% до 15%. Удельная скорость аккумуляции п. *Betula* возрастает до 20-30 тыс. зерен на см² в год; в связи с этим доля п. деревьев и кустарников в этом интервале достигает 85% от общей суммы п. наземных растений. П. ели в слоях позднего дриаса представлена единичными зёрнами.

В раннем пребореале процентное содержание п. *Betula* достигает своего максимума – 75% от суммы п. древесных пород. В интервале ПБО доля п. березы снижается до 55% при увеличении доли п. сосны на 20%. При этом удельная скорость аккумуляции (УСА) п. березы продолжает увеличиваться и в начале позднего пребореала достигает ~100 тыс. зерен на см² в год. П. *Picea* в этом слое почти не встречается. Доля п. трав в спектрах несколько снижается по сравнению с поздним дриасом, однако скорости аккумуляции п. *Роасеае*, *Сурегасеае* и *Artemisia* значительно возрастают к началу позднего пребореала. Появляется единичная п. вяза, ее концентрация заметно увеличивается к концу пребореала.

В бореальную фазу голоцена отмечено минимальное для раннего голоцена содержание п. травянистых растений – 5-7% от общей суммы п., однако скорости аккумуляции п. *Роасеае*, *Сурегасеае*, *Сенородиасеае* и *Artemisia* остаются на уровне позднего пребореала. Среди деревьев преобладает п. березы и сосны (45-50% и 20-25% от суммы п. древесных пород, соответственно). Вновь появляется п. ели; скорость ее накопления достигает 6-7·тыс. зерен на см² в год. Обнаружена единичная п. *Quercus* и *Tilia*.

В целом, палинологические данные по разрезу SP-2 позволяют заключить, что березовые и сосновые лесные (редколесные) массивы с участием ели впервые сложились в бассейне оз. Селигер уже в аллерёде. Похолодание в позднем дриасе, сопровождавшееся ростом континентальности и засушливости климата, привело к почти полному выпадению ели и к господству березы в лесных сообществах при значительном сокращении роли сосны. Соотношение ландшафтной роли березовых и сосновых лесов изменялось в течение раннего голоцена в ответ на короткопериодные климатические колебания при сохранении преобладания березы. К началу бореала потепление и смягчение континентальности климата создали благоприятные условия для нового расселения ели и проникновения широколиственных пород в лесные сообщества на окружающей озеро территории.

Данные, полученные по скв. SP-2, были сопоставлены с опубликованными материалами по пяти наиболее подробно изученным и датированным разрезам озерных отложений, расположенным на соседних территориях: 1) оз. Теребенское [Wohlfarth et al., 2007] на Валдайской возвышенности, приблизительно в 100 км к С от оз. Селигер; 2) оз. Долгое [Kremenetski et al., 2000] на Клиско-Дмитровской гряде, ~270 км к ВЮВ; оз. Судoble [Богдель и др., 1983; Novik et al., 2010] в бассейне р. Березины в центральной Белоруссии, ~450 км к ЮЗ; оз. Накри [Amon et al., 2012] на юге Эстонии, ~420 км к ЗСЗ; и болото Мошкарное [Филимонова, 1995] в бассейне Онежского оз., ~500 км к С от оз. Селигер. Проведенные сравнения позволяют проверить и уточнить реконструкцию короткопериодных изменений растительности и климата

на западе ЕТР в течение раннего голоцена с особым вниманием к пребореальному интервалу в целом и к проявлению ПБО в частности.

Во всех названных местонахождениях накопление озерных суглинков, происходившее в позднеледниковье, сменилось образованием гиттии в раннем голоцене, однако время этого перехода и состав отложений довольно значительно различаются от места к месту. Если в озерах Селигер и Накри переход от минеральных илов к карбонатной гиттии совпадает с нижней границей голоцена, то в оз. Терebenское, где содержания органических веществ в осадках в целом значительно ниже, смена озерного суглинка глинистой гиттией соответствует началу позднего пребореала, а в бореале начинается аккумуляция детритовой гиттии. В оз. Долгое суглинки сменяются гиттией на границе пребореала и бореала, когда ППП быстро возрастают с 10 до 50%. В оз. Судoble на рубеже пребореала и бореала песчаная гиттия сменилась детритовой гиттией, а в наиболее северном из рассмотренных разрезов Мошкарное смена минеральных илов гиттией произошла только в середине бореала.

Изменения ППП в осадках озер Селигер, Долгое, Накри и Терebenское отражают наличие кратковременного похолодания, соответствующего по времени ПБО. Так, в разрезе SP-2 доля органических веществ в этом интервале сокращается на 5-8%, а затем вновь резко увеличивается, достигая 60-65% в начале позднего пребореала. В оз. Долгое ПБО также отмечено снижением ППП на 7%, однако затем содержание органических веществ остается на этом низком уровне в течение всего пребореала, и только в начале бореала рост ППП возобновляется. Близкая последовательность изменений содержания органического углерода установлена для осадков оз. Терebenское. В оз. Накри ПБО соответствует временное снижение темпов роста ППП на уровне ~20%. Быстрое потепление в начале позднего пребореала вызвало новый подъем продуктивности озерных экосистем.

Палинологические и другие палеоботанические данные по разрезам Терebenское, Долгое, Судoble, Накри и Мошкарное подтверждают реконструкции, проведенные по разрезу SP-2. Изменения в соотношении п. древесных и травянистых растений в спектрах показывают, что роль лесных сообществ увеличивалась во время межстадиала аллерёд и вновь сокращалась в холодную стадию позднего дриаса. Во всех рассмотренных разрезах основными древесными породами являются *Betula* и *Pinus*, а также *Picea* в разрезах Селигер, Долгое и, в меньшей степени, Судoble. Поскольку роль таких ветроопыляемых деревьев с высокой пыльцевой продуктивностью, как сосна и береза, в местной растительности трудно оценить только по процентному содержанию их п. в спектрах, для уточнения реконструкций была использована дополнительная информация по удельным скоростям аккумуляции (УСА) п., древесным макроостаткам и находкам устьичных клеток *Picea* и *Pinus* в отложениях.

В аллерёде УСА п. *Pinus* и *Betula* в разрезах Селигер, Долгое и Накри превышали величины, характерные для их локального присутствия, согласно [Serrä, Hicks, 2006]. В разрезе Накри в слое возрастом 13–13.5 тыс. л. н. найдены макроостатки древовидной березы и одно устье сосны [Amon et al., 2012]. Таким образом, и береза, и сосна принимали участие в локальной растительности уже в аллерёде, образуя лесотундровые или редколесные сообщества. Присутствие ели в аллерёде достоверно установлено для окрестностей оз. Селигер и Долгое, где, помимо высокой доли п. ели в спектрах, УСА п. *Picea* образуют отчетливые пики, достигая 9 и 1 тыс. зерен на см² в год, соответственно; в том же слое в разрезе Долгое обнаружены устья *Picea*. О присутствии ели в аллерёде в окрестностях других рассмотренных разрезов трудно судить определенно, так как п. *Picea* встречается там в очень малых количествах.

В начале позднего дриаса УСА п. ели, сосны и березы в разрезах Селигер и Долгое, а также УСА п. сосны и березы в разрезе Накри резко снизились, отражая сокращение лесных сообществ в ответ на похолодание. Потепление на рубеже позднеледниковья и голоцена привело к новому увеличению скоростей накопления п. деревьев. На потепление также указывает значительный сдвиг соотношения п. древесных и травянистых растений в спектрах в сторону преобладания п. деревьев. В разрезе Долгое содержания п. ели и сосны в раннем пребореале составили по 30% от группы п. деревьев. В это же время УСА *Pinus* на участках Селигер и Долгое превысили значения, характерные для аллерёда. Быстрый рост УСА *Betula* в разрезе Селигер начался уже ~13 тыс. л. н., продолжился в позднем дриасе и достиг пика в начале позднего пребореала; в разрезе Долгое резкое повышение УСА п. березы отмечено позже, в бореале. В разрезе Терebenское самые ранние датированные находки макроостатков *Picea* относятся к концу

позднего дриаса, а *Betula* – к началу пребореала [Wohlfarth et al., 2007], что говорит о возрастании роли этих видов в локальной растительности в ответ на потепление при переходе к голоцену. В начале бореала ландшафтная роль березняков снизилась, и началось внедрение широколиственных пород в лесные сообщества, что свидетельствует о дальнейшем потеплении при снижении континентальности климата.

На пыльцевых диаграммах рассмотренных выше разрезов похолодание ПБО отражено довольно слабо. На большинстве диаграмм этому интервалу соответствует уменьшению доли древесной п. в спектрах по сравнению с началом пребореала. В разрезе Долгое наблюдается снижение УСА п. основных деревьев, а в разрезе Селигер зарегистрировано также повышение УСА п. травянистых растений, особенно *Roaseae* и *Artemisia*. На пыльцевых диаграммах Накри и Мошкарное ПБО соответствует небольшой пик п. можжевельника, более характерный для спектров позднего дриаса в этом регионе [Филимонова, 1995; Amon et al., 2012]. В целом похолодание ПБО прослеживается по данным комплексного изучения рассмотренных выше разрезов значительно слабее, чем по палеоботаническим данным из северо-западных и центральных районов Европы [Brauer et al., 1999; Plicht van der et al., 2004; Bos et al., 2007].

Таким образом, результаты комплексных исследований осадков оз. Селигер в сопоставлении с данными по пяти наиболее полно изученным разрезам из соседних регионов позволяют реконструировать изменения продуктивности озер и растительности, развивавшиеся под воздействием быстрых изменений климата в позднеледниковье и раннем голоцене. Потепление в аллереде впервые привело к расселению ели, березы и сосны на северо-западе ЕТР и к формированию лесотундры или редколесий. Значительное похолодание в позднем дриасе вызвало быстрое сокращение лесных сообществ и новое распространение тундрово-степной растительности с рассеянными группами деревьев в наиболее защищенных местообитаниях.

Под воздействием резкого потепления климата на переходе от позднеледниковья к голоцену вновь распространились редколесья, образованные холодостойкими и светолюбивыми пионерными породами – березой, а несколько позже и сосной. Кратковременное похолодание ПБО, ~11.4 тыс. л. н., наиболее отчетливо прослеживается по снижению доли органических веществ в озерных осадках. Палеоботанические данные показывают, что это похолодание прервало или замедлило распространение березовых и сосновых лесов и вызвало новое расширение открытых травянистых сообществ. В начале позднего пребореала произошел быстрый переход к более теплому и влажному климату, способствовавший развитию березовых и сосновых лесов. Дальнейшее потепление в течение бореала привело к проникновению широколиственных пород в лесные сообщества и снижению ландшафтной роли березняков. Проведенный анализ показал, что первое кратковременное похолодание голоцена, соответствующее ПБО в Гренландии, проявилось и на северо-западе ЕТР, однако воздействие этого похолодания на развитие растительности и озерные экосистемы, вероятно, было выражено слабее, чем в Западной и Средней Европе.

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда (проект № 22-27-00639).

Литература:

Богдель И.И., Власов Б.П., Ильвес Э.О., Климанов В.А. Разрез Судобле – стратотип реконструкции палеогеографических условий голоцена Центральной Белоруссии // История озер в СССР. Т. 1. Таллин: Ротапринт АН ЭССР, 1983. С. 30–32.

Елина Г.А., Арсланов Х.А., Кузнецов О.Л. и др. Хронология этапов развития растительности в голоцене на юго-востоке Фенноскандии (по стандартным спорово-пыльцевым диаграммам) // Палинология в России. Т. 2. М., 1995. С. 37–55.

Зерницкая В.П., Жуховицкая А.Л., Власов Б.П., Курзо Б.В. Озеро Долгое (седиментогенез, стратиграфия донных отложений и этапы развития). Минск, 2001. 84 с.

Константинов Е.А., Панин А.В., Карпухина Н.В. и др. Речное прошлое озера Селигер // Водные Ресурсы. 2021. Т. 48. № 5. С. 481–491.

Филимонова Л.В. Стандартные спорово-пыльцевые диаграммы позднеледниковья и голоцена Средней Карелии // Палинология в России. 1995. Т. 2. С. 86–103.

Amon L., Veski S., Heinsalu A., Saarse L. Timing of Lateglacial vegetation dynamics and respective palaeoenvironmental conditions in southern Estonia: evidence from the sediment record of Lake Nakri // Journal of Quaternary Science. 2012. Vol. 27 (2). P. 169–180.

Bos J.A.A., van Geel B., van der Plicht J., Bohncke S.J.P. Preboreal climate oscillations in Europe: Wiggle-match dating and synthesis of Dutch high-resolution multi-proxy records // *Quaternary Science Reviews*. 2007. Vol. 26. P. 1927–1950.

Brauer A., Endres C., Negendank J.F.W. Lateglacial calendar year chronology based on annually laminated sediments from Lake Meerfelder Maar, Germany // *Quaternary International*. 1999. Vol. 61. P. 17–25.

Fleitmann D., Mudelsee M., Burns S.J., et al. Evidence for widespread climatic anomaly at around 9.2 ka before present // *Paleoceanography*. 2008. Vol. 23. PA1102.

Grachev A.M., Severinghaus J.P. A revised $+10 \pm 4^\circ\text{C}$ magnitude of the abrupt change in Greenland temperature at the Younger Dryas termination using published GISP2 gas isotope data and air thermal diffusion constants // *Quaternary Science Reviews*. 2005. Vol. 24. P. 513–519.

Kobashi T., Severinghaus J., Barnola J.-M. $4 \pm 1.5^\circ\text{C}$ abrupt warming 11,270 yr ago identified from trapped air in Greenland ice // *Earth and Planetary Science Letters*. 2008. Vol. 268. No. 3. P. 397–407.

Kremenetski K.V., Borisova O.K., Zelikson E.M. The Late Glacial and Holocene history of vegetation in the Moscow region // *Paleontological Journal*. 2000. Vol. 34. Suppl. 1. P. S67–S74.

Novenko E.Yu., Ereemeeva A.P., Chepurnaya A.A. Reconstruction of Holocene vegetation, tree cover dynamics and human disturbances in central European Russia, using pollen and satellite data sets // *Vegetation History and Archaeobotany*. 2014. Vol. 23. P. 109–119.

Novik A., Punning J.-M., Zernitskaya V. The development of Belarusian lakes during the Late Glacial and Holocene // *Estonian Journal of Earth Sciences*. 2010. Vol. 59 (1). P. 63–79.

Plicht J. van der, van Geel B., Bohncke S.J.P., et al. The Preboreal climate reversal and a subsequent solar-forced climate shift // *Journal of Quaternary Science*. 2004. Vol. 19. P. 263–269.

Puusepp L., Kangur M. Linking diatom community dynamics to terrestrial vegetation changes: a paleolimnological case study of Lake Kūži, Vidzeme Heights (Central Latvia) // *Estonian Journal of Ecology*. 2010. Vol. 59. P. 259–280.

Rasmussen S.O., Andersen K.K., Svensson A.M., et al. A new Greenland ice core chronology for the last glacial termination // *Journal of Geophysical Research-Atmospheres*. 2006. Vol. 111. D06102.

Rasmussen S.O., Bigler M., Blockley S., et al. A stratigraphic framework for abrupt climatic changes during the Last Glacial period based on three synchronized Greenland ice-core records: refining and extending the INTIMATE event stratigraphy // *Quaternary Science Reviews*. 2014. Vol. 106. P. 14–28.

Seppä H., Hicks S. Integration of modern and past pollen accumulation rate (PAR) records across the arctic tree-line: a method for more precise vegetation reconstructions // *Quaternary Science Reviews*. 2006. Vol. 25. P. 1501–1516.

Thomas E.R., Wolff E.W., Mulvaney R., et al. The 8.2 ka event from Greenland ice cores // *Quaternary Science Reviews*. 2007. Vol. 26. P. 70–81.

Wohlfarth B., Lacourse T., Bennike O., et al. Climatic and environmental changes in north-western Russia between 15,000 and 8000 cal yr BP: a review // *Quaternary Science Reviews*. 2007. Vol. 26. P. 1871–1883.

**ПАЛИНОМОРФЫ РОДА *PLICATIPOLLENITES* LELE, 1964 И ИХ ЗНАЧЕНИЕ ДЛЯ ПАЛЕОФИТОГЕОГРАФИЧЕСКИХ РЕКОНСТРУКЦИЙ****С.В. Наугольных***Геологический институт РАН, г. Москва, naugolnykh@list.ru***PALYNOMORPHS OF THE GENUS *PLICATIPOLLENITES* LELE, 1964 AND THEIR SIGNIFICANCE FOR PALEOPHYTOGEOGRAPHICAL RECONSTRUCTIONS****S.V. Naugolnykh***Geological Institute of RAS, Moscow, naugolnykh@list.ru*

Многие годы палеоботаники и палинологи, занимающиеся верхнепалеозойскими отложениями Ангариды, задаются вопросом: существовали ли палеофитогеографические связи между Ангаридой и Гондваной, и если да, то чем они были обусловлены и как проявлялись?

Мнения большинства исследователей разделились на две практически диаметрально противоположные группы. Представители первой группы, вслед за ее основателем М.Д. Залесским [Zalessky, 1918], придерживались мнения, что связи такие существовали. Более того, исследователи, разделяющие эту точку зрения, считали и продолжают считать, что многие ангарские и гондванские высшие растения были тесно связаны филогенетически и, по существу, могли относиться к близким таксонам. Представители второй группы палеоботаников и палинологов, наиболее ярким и последовательным приверженцем которой был С.В. Мейен [Meuен, 1987, 1988], отрицали тесную связь гондванской и ангарской флор позднего палеозоя. Многие из наблюдавшихся общих черт ангарской и гондванской флор эти исследователи объясняли явлениями конвергенции или параллелизма.

Автором были изучены микроспорангиатные органы, обнаруженные в среднекаменноугольных отложениях Сибири (листвяжнинская свита; стратиграфический эквивалент катской и мазуровской свит). Местонахождение, в котором были собраны растительные остатки, расположено на правом берегу р. Кан, недалеко от восточной окраины г. Канск, рядом с устьем ручья Мохового. Образцы были собраны и предоставлены для изучения геологом В.Е. Ситвичковым (г. Новокузнецк), которому автор искренне признателен. Микроспорангиатные органы, отнесенные к новому виду и роду *Angaranthus victorii* Naugolnykh (рис. 1, фиг. 1, 2), сохранились в тесной ассоциативной связи с листьями рода *Angaridium* Zalessky (подробнее см.: [Naugolnykh, 2012]), образующими непрерывный ряд изменчивости между морфологическими типами, ранее описанными в качестве самостоятельных видов *Angaridium potaninii* (Schmalhausen) Zalessky – *A. mongolicum* Zalessky (обсуждение см. в: [Нейбург, 1948; Naugolnykh, 2012]). Из микроспорангиев *Angaranthus victorii* была извлечена предпыльца, отнесенная к роду *Plicatipollenites* Lele, 1964 (рис. 1, фиг. 3–5).

Предпыльца рода *Plicatipollenites* впервые была описана из верхнепалеозойских отложений Индии. Несмотря на то, что присутствие этого рода позднее было вполне надежно установлено для каменноугольных отложений Ангариды [Бетехтина и др., 1988], а также для областей Пери-Гетиса [Zavialova, Stephenson, 2006], *Plicatipollenites* традиционно считается характерным для Гондваны [Banerjee, D’Rozario, 1988].

Пыльцевые зерна *Plicatipollenites*, сохранившиеся *in situ* в микроспорангиях *Angaranthus victorii*, имеют округлую или овальную форму; размер их составляет от 60 мкм до 100 мкм в диаметре (рис. 1, фиг. 3–5). Они несут хорошо развитый экваториальный квазисаккус. Квазисаккус нередко встречается в изолированном состоянии, поскольку легко отделяется от центрального корпуса. На проксимальной стороне пыльцевых зерен наблюдается хорошо выраженный, хотя и небольшой по размеру трилетный рубец (рис. 1, фиг. 3).

Установленная связь «гондванской» предпыльцы *Plicatipollenites* и ангарских каллистофитовых птеридоспермов *Angaranthus/Angaridium*, морфологически примыкающим к типично гондванскому каменноугольному роду *Gondwanidium* Gothan, подтверждает существование динамичных миграционных обменов между флорами Ангариды и Гондваны в позднем палеозое [Zalessky, 1918; Januzzi, Pfefferkorn, 2002; Yang et al., 2011, Naugolnykh, Uranbileg, 2018].

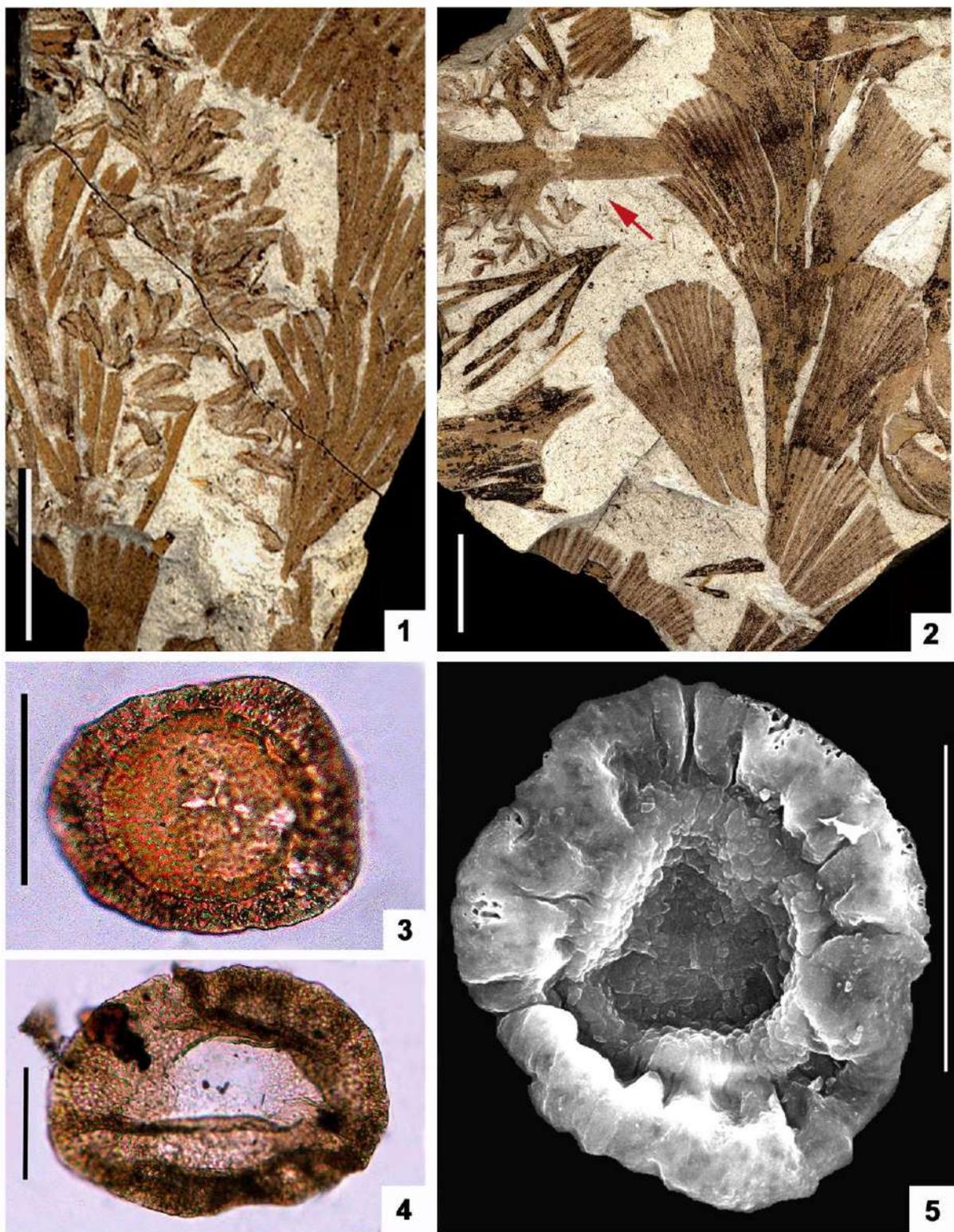


Рис. 1. Каллистофитовые птеридоспермы из листовяжнинской свиты (средний карбон); Сибирь, г. Канск, и их предпыльца.

1, 2 – Микроспорангиатные органы *Angaranthus victorii* Naugolnykh, сохранившиеся в тесной ассоциации с листьями *Angaridium* spp., 1 – апикальная часть собрания микроспорангиев; 2 – базальная часть собрания микроспорангиев (отмечена красной стрелкой); 3–5 – предпыльца *Plicatipollenites* sp., извлеченная из микроспорангиев *Angaranthus victorii*: 3, 4 – в оптическом микроскопе; 5 – в электронном сканирующем микроскопе. Длина масштабной линейки – 1 см (1, 2); 50 мкм (3–5).

Литература:

- Бетехтина О.А., Горелова С.Г., Дрягина Л.Л., Данилов В.И., Батяева С.П., Токарева П.А.* Верхний палеозой Ангариды: Фауна и флора. Новосибирск: Наука, 1988. 256 с.
- Нейбург М.Ф.* Верхнепалеозойская флора Кузнецкого бассейна. М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1948. 342 с.
- Banerjee M., D’Rozario A.* Palynostratigraphy and environment of deposition in the Lower Gondwana sediments of Chuparbhita Coalfield, Rajmahal Hills // Journal of the Palaeontological Society of India. 1988. Vol. 33. P. 73–90.
- Januzzi R., Pfefferkorn H.W.* Glacial warm-temperate floral belt in Gondwana (Late Visean, Early Carboniferous) // Palaios. 2002. Vol. 17. P. 571–590.
- Meyen S.V.* Fundamentals of Palaeobotany. London: Chapman and Hall, 1987. 432 p.
- Meyen S.V.* Gymnosperms of the Angara flora // Origin and evolution of Gymnosperms (ed. Ch.B.Beck) // New York: Columbia University Press, 1988. P. 338–381.
- Naugolnykh S.V.* A new Carboniferous pteridosperm of Angaraland: *Angaranthus victorii* Naugolnykh, gen. et spec. nov. (Angaranthaceae, fam. nov., Callistophytales) // Wulfenia. 2012. Vol. 19. P. 39–55.
- Naugolnykh S.V., Uranbileg L.* A new discovery of *Glossopteris* in southeastern Mongolia as an argument for distant migration of Gondwanan plants // Journal of Asian Earth Sciences. 2018. Vol. 154. P. 142–148.
- Yang T., Naugolnykh S.V., Sun G.* A new representative of *Neocalamites* Halle from the Upper Permian of Northeastern China (Jiefangcun Formation) // Paleontological Journal. 2011. Vol. 45. No.3. P. 335–346.
- Zalessky M.D.* Flore paléozoïque de la série d’Angara. Atlas. Mémoires du Comité géologique. Nouvelle série. 1918. Livraison 174. 76 p.
- Zavialova N.E., Stephenson M.H.* The exine ultrastructure of *Plicatipollenites* Lele 1964 // Review of Palaeobotany and Palynology. 2006. Vol. 139. P. 241–252.



**ПАЛИНОКОМПЛЕКСЫ ОЗЕРНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ В ДЕЛЬТЕ РЕКИ ПЕЧОРЫ
(ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЗАПОВЕДНИК «НЕНЕЦКИЙ»)**

Г.Р. Нигаматзянова, Н.М. Нигматуллин, Л.А. Фролова

Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, gulnaranita@mail.ru

**PALYNOLOGICAL COMPLEXES OF LAKE SEDIMENTS IN THE PECHORA RIVER
DELTA (NENETS NATURE RESERV)**

G.R. Nigamatzyanova, N.M. Nigmatullin, L.A. Frolova

Kazan Federal University, Kazan

Наиболее полную информацию об истории развития растительности и изменении климата в регионе дают записи пыльцы ненарушенных ландшафтов, свободных от антропогенного воздействия [Novenko et al., 2020]. Ненецкий государственный природный заповедник, расположенный на территории дельты р. Печоры на северо-востоке Европейской части России, является уникальной природной территорией [Degteva et al., 2015].

Печора является крупнейшей рекой европейского Севера России, впадающая в Баренцево море. Ее дельта характеризуется разветвленной системой протоков и наличием многочисленных островов с множественными озерами разных размеров. Питание реки осуществляется поверхностным стоком и болотными водами. Климат района континентальный с суровой продолжительной зимой и коротким прохладным летом. Средняя температура воздуха в январе -20°C , в июле $+8-12^{\circ}\text{C}$. Средняя высота снежного покрова составляет 20-30 см, годовая сумма осадков 400-500 мм [Лукин и др., 2000].

Объект исследования - озеро Аркто-Пимберто ($68^{\circ}26'$ с.ш., $053^{\circ}32'$ в.д.) - расположено на географически обособленном участке Ненецкого заповедника "Захарьин берег". Это сильно заозеренная низменность с множеством озер. К более высоким дренированным террасам приурочены лишайниково-кустарниковые тундры с преобладанием ягеля. Злаковые и осоковые луга с зарослями кустарниковых ив преобладают на пойменных террасах протоков дельты реки [Лавриненко и др., 2015]. В августе 2018 г. в ходе комплексных гидрологических, гидрохимических, гидробиологических и палеоэкологических исследований сотрудниками Казанского федерального университета была отобрана колонка донных отложений оз. Аркто-Пимберто длиной 96 см (координаты точки отбора $68^{\circ}26.114'$ с.ш., $053^{\circ}32.311'$ в.д.). Для проведения палинологического анализа были использованы 48 образцов колонки с шагом 2 см. Пробоподготовка проводилась согласно методу Фаегри-Иверсена, но без проведения этапа ацетализации [Faegri, Iversen, 1989]. Для подсчета концентрации пыльцы в отложениях в каждый образец добавлялось по 1 таблетке спор *Lycopodium clavatum* (Lund University, номер партии 1031, 20848 ± 691 спор/табл.) [Stockmarr, 1972]. Палиноморфы, помещенные в глицерин, были проанализированы под световым микроскопом AxiolmagerA2 (Carl Zeiss, Германия) с увеличением $\times 400$. Таксономическая принадлежность спор и пыльцы была определена с помощью специализированной литературы [Куприянова, Алешина, 1972; 1978]. В каждом образце подсчитано не менее 310 пыльцевых зерен и спор. Процентное содержание пыльцы рассчитывалось на основе общей суммы всех таксонов пыльцы, принятых за 100%, исключая непильцевые палиноморфы и споры. Спорово-пыльцевая диаграмма выполнена с применением программного обеспечения Tilia/TiliaGraph. Выделение локальных зон на диаграмме выполнено в пакете CONISS [Grimm, 2004]. AMS датирование было использовано для определения возраста донных отложений озера Аркто-Пимберто в Лаборатории радиоуглеродного датирования Департамента геологических наук Национального университета Тайваня (NTUAMS Lab). Согласно радиоизотопному датированию, возраст колонки донных отложений озера составляет около 6 тысяч лет.

В составе донных отложений исследованной колонки идентифицированы 32 палиноморфы (9 древесных, 16 травянистых и 7 споровых) (Рис. 1). Преобладание пыльцы древесных таксонов является отличительной особенностью спорово-пыльцевых спектров отложений озера. Содержание пыльцы травянистых растений составляет всего 10-20%. Пыльца *Betula* spp., *Syringaceae* и *Sphagnum* spp. имеет более или менее постоянное процентное содержание по всей колонке.

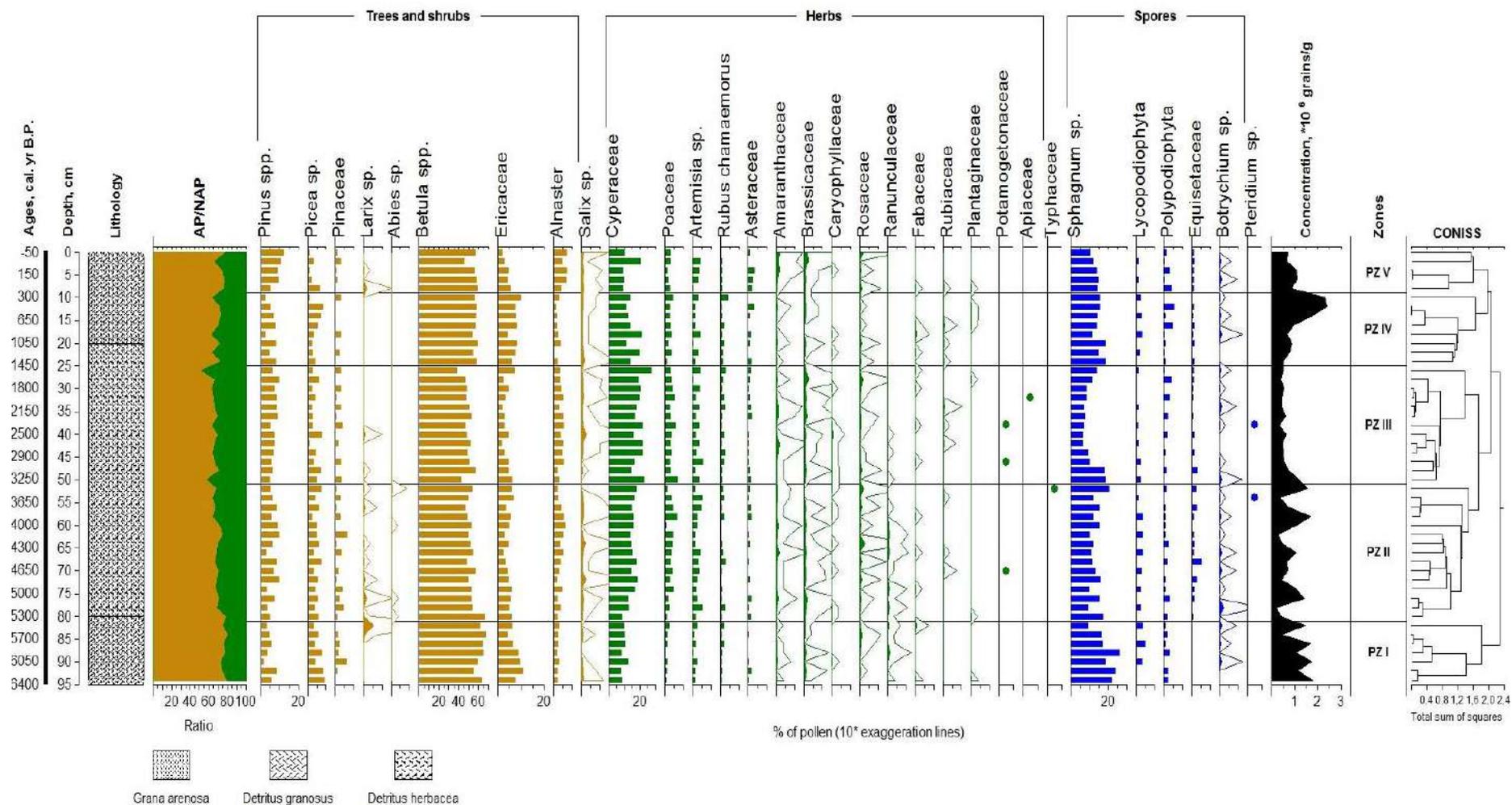


Рис. 1. Палинодиаграмма 96 см колонки донных отложений озера Аркто-Пимберто, дельта р. Печоры (Ненецкий АО, РФ). Приведены процентные значения пыльцы и спор. Кривые показывают 10-кратное увеличение. AP/NAP показывает соотношение между древесными и недревесными таксонами.

Палинозона 1 (PZ I, 95-81 см, 6400-5300 кал.л.н.) характеризуется высоким содержанием пыльцы кустарников. Зафиксировано максимальное содержание пыльцы *Betula* spp. (66%) и *Ericaceae* (11%). Из хвойных деревьев присутствует пыльца *Pinus* spp., *Picea* sp. (до 10%), *Larix* sp. (5%). Содержание пыльцы *Alnaster* и *Salix* spp. относительно низкое (до 3%). Травянистые таксоны включали пыльцу *Poaceae*, *Artemisia* sp., *Asteraceae*, *Rubus chamaemorus*, *Brassicaceae*, *Amaranthaceae*, *Caryophyllaceae*, *Rosaceae*, *Ranunculaceae*, *Fabaceae* и *Plantaginaceae*. Пыльца *Сурегасеае* (13%) доминирует во всех спектрах зоны. Споровые растения представлены *Sphagnum* spp. (максимальное содержание 26%), *Polypodiophyta*, *Лусородиофита*, а также в небольшом количестве *Botrychium* sp. В PZ I концентрация пыльцы колеблется в диапазоне $0.5-1.8 \cdot 10^6$ зерен/г.

Палинозона 2 (PZ II; 81-51 см, 5300-3350 кал.л.н.). В спорово-пыльцевых спектрах заметно незначительное снижение пыльцы *Betula* spp. (до 45%) на общем фоне доминирования древесной пыльцы (52%). Присутствие пыльцы *Pinus* spp. и *Picea* sp. колеблется (2-10% и 2-8%, соответственно). Отмечены пыльца *Abies* sp. и *Larix* sp. Содержание пыльцы *Ericaceae* варьирует в диапазоне 2-7%. По сравнению с предыдущей зоной, в PZ II значительно увеличивается содержание пыльцы *Alnaster* (до 6%), *Сурегасеае* (до 18%), *Poaceae* и *Artemisia* sp. Среди споровых растений продолжает доминировать *Sphagnum* spp. Впервые в спектрах отмечены споры *Equisetaceae* и *Pteridium* sp. На протяжении PZ II наблюдаются резкие изменения концентрации пыльцы ($0.3-1.6 \cdot 10^6$ зерен/г).

Палинозона 3 (PZ III, 51-25 см; 3350-1450 кал.л.н.). Спектры характеризуются снижением количества пыльцы *Betula* spp. (58-44%). Содержание пыльцы *Pinus* spp. несколько возрастает в верхней части зоны (до 10%). Процентное содержание пыльцы *Salix* sp. относительно стабильно. Зафиксирован максимум пыльцы *Сурегасеае* (27%). Содержание пыльцы *Poaceae* и *Artemisia* sp. колеблется в небольшом диапазоне. Содержание спор *Sphagnum* sp. подвержено существенным изменениям (6-18%). Присутствие спор *Лусородиофита* и *Equisetaceae* незначительно снижается. Количество спор *Polypodiophyta* постепенно увеличивается к верхней части зоны. В нижней части зоны концентрация пыльцы резко снижается и остается низкой на протяжении всей зоны ($1.4-0.4 \cdot 10^6$ зерен/г).

Характерной особенностью спектров палинозоны 4 (PZ IV, 25-9 см; 1450-300 кал.л.н.) является увеличение содержания пыльцы *Betula* spp. (до 60%) и *Ericaceae* (до 10%). Несколько снижается процент пыльцы *Pinus* spp. (2-9%) и увеличивается содержание пыльцы *Picea* sp. (до 8%). Относительно низко содержание пыльцы *Alnaster* (до 4%). Количество пыльцы травянистых таксонов *Сурегасеае*, *Poaceae* и *Artemisia* sp. снижается. В этой зоне отмечена максимально высокая концентрация пыльцы в отложениях: $2.4 \cdot 10^6$ зерен/г.

Палинозона 5 (PZ V, 9-0 см; 300-0 кал.л.н.). Пыльца *Betula* spp. продолжает доминировать среди древесных таксонов. Палиноспектры характеризуются снижением участия пыльцы *Picea* sp. (до 1%) и *Ericaceae* и возрастанием содержания пыльцы *Pinus* spp. (13%) и *Alnaster* (7%). В содержании пыльцы *Сурегасеае* наблюдается резкое повышение (до 15%) с последующим снижением до 9%. Участие спор *Polypodiophyta* колеблется и постепенно уменьшается к верхней части зоны (до 2%). Концентрация пыльцы резко снижается с 1.7 до $0.9 \cdot 10^6$ зерен/г в нижней части PZ V и снова увеличивается до $1.1 \cdot 10^6$ зерен/г к середине зоны. К верхней части зоны концентрация пыльцы составляет $0.7 \cdot 10^6$ зерен/г.

Выполненные палинологические исследования выявили изменения растительности на территории, прилегающей к оз. Аркто-Пимберто за последние ~6400 л. Озерные отложения свидетельствуют о присутствии в растительности 6400-3500 кал.л.н. *Betula* spp., *Pinus* sp., *Picea* sp., *Larix* sp. и *Ericaceae*. В интервале 5300-3500 кал.л.н. становится более заметна роль *Alnaster*, *Сурегасеае*, *Poaceae* и *Artemisia* sp. Это может свидетельствовать о развитии лесотундры [Valiranta, 2003]. Растительность этого времени свидетельствует о теплом влажном климате. Согласно исследованиям [Andreev, Klimanov, 2000; Kaakinen, Eronen, 2000; Salonen et al., 2011; Panova et al., 2010] это интервал оптимума голоцена.

Отчетливые изменения наблюдаются в интервале 3500-1500 кал.л.н. Происходит сокращение лесной растительности с увеличением роли кустарниковых сообществ. Растет доля участия трав, особенно *Сурегасеае* и *Poaceae*. Согласно [Kaakinen, Eronen, 2000], в это время начинает закладываться современная растительность, представляющая собой безлесную тундру. Около 2500 кал.л.н. начинается сокращение еловых лесов с одновременным увеличением доли

пыльцы *Pinus* spp. Низкая концентрация пыльцы в отложениях в этот период указывает на температурный минимум, соответствующий суббореальному и субатлантическому похолоданию [Valiranta et al., 2003; Оспенников, Максимова, 2012]. С 1500 по 900 кал.л.н. увеличение концентрации пыльцы (а также развитие *Betula* spp., Ericaceae) отражает улучшение условий окружающей среды. Это может быть вследствие средневекового теплого периода IX–XIV вв. [Andreev, Klimanov, 2000]. Последние 300 кал.л.н. растительность отражает условия, близкие к современным.

Спорово-пыльцевой анализ был проведен при поддержке гранта Российского научного фонда (№ 20-17-00135). Статистический анализ проведен за счет средств субсидии, выделенной Казанскому федеральному университету по государственному заданию №671-2020-0049 в сфере научной деятельности, и программы стратегического академического лидерства Казанского федерального университета.

Литература:

Большакинов Д.Ю., Макаров А.С., Морозова Е.А., Павлов М.В., Саватюгин Л.М. Экология полярных регионов за последнее тысячелетие на основе исследований озерных отложений // Проблемы Арктики и Антарктики. 2009. 1 (81). С. 108–115.

Куприянова Л.А., Алешина Л.А. Пыльца и споры растений флоры СССР. Л.: Наука, 1972. Т. 1. 171 с.

Куприянова Л.А., Алешина Л.А. Пыльца и споры растений флоры СССР. Л.: Наука, 1978. Т. 2. 183 с.

Лавриненко И.А., Лавриненко О.В., Николаева Н.М., Уваров С.А. Особо охраняемые природные территории Ненецкого автономного округа. Архангельск: лит.-изд. центр «Люция», 2015. 80 с.

Лукин А.А., Даувальтер В.А., Новоселов А.П. Экосистема Печоры в современных условиях. Апатиты: изд. Кольского научного центра, 2000. 192 с.

Оспенников Е.Н., Максимова Л.Н. Эволюция болотных систем и мерзлотных условий Большеземельской тундры в голоцене // Криосфера Земли. 2012. Том 16, №3. С. 21–32.

Andreev A.A., Klimanov V.A. Quantitative Holocene climatic reconstruction from Arctic Russia // Journal of Paleolimnology. 2000. 24. P. 81–91. DOI: 10.1023/A:1008121917521.

Degteva S.V., Ponomarev V.I., Eisenman S.W., Dushenkov V. Striking the balance: Challenges and perspectives for the protected areas network in northeastern European Russia. Ambio, 2015. 44(6). P. 473–490.

Fægri K., Iversen J. Textbook of Pollen Analysis. The Blackburn Press, 1989. 328 p.

Fedotov A.P., Phedorin M.A., Enushchenko I.V., Vershinin K.E., Melgunov M.S., Khodzher T.V. A reconstruction of the thawing of the permafrost during the last 170 years on the Taimyr Peninsula (East Siberia, Russia) // Global and Planetary change. 2012. 98-99. P. 139-152. <http://dx.doi.org/10.1016/j.gloplacha.2012.09.002>.

Grimm E. Tilia software 2.0.2. Illinois State Museum Research and Collection Center, Springfield, 2004.

Kaakinen A., Eronen M. Holocene pollen stratigraphy indicating climatic and tree-line changes derived from a peat section at Ortino, in the Pechora lowland, northern Russia European Russia // The Holocene. 2000. 10, 4. P. 611–620.

Klimenko V.V. Reconstruction of Climate in the Russian Arctic over the Last 600 Years Based on Documentary Evidence // Doklady Earth Sciences. 2008. Vol. 418, No. 1. P. 95–98. DOI: 10.1134/S1028334X08010212.

Novenko E.Yu., Borisova O.K., Mazei N.G., Zyuganova I.S., Kusilman M.V., Bobrovsky M.V. Palaeoenvironments of the Medieval warm period in the “Kaluzhskiy Zaseki” Nature Reserve (Central European Russia) // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. United Kingdom, 2020. 438. No 012020.

Panova N.K., Trofimova S.S., Antipina T.G., Zinoviev E.V., Gilev A.V., Erokhin N.G. Holocene Dynamics of Vegetation and Ecological Conditions in the Southern Yamal Peninsula According to the Results of Comprehensive Analysis of a Relict Peat Bog Deposit. Russian Journal of Ecology, 2010, Vol. 41, No. 1. P. 20–27. DOI: 10.1134/S1067413610010042.

Salonen S., Seppä H., Väliranta M., Jones V.J., Self A., Heikkilä M., Kultti S., Yang H. The Holocene thermal maximum and late-Holocene cooling in the tundra of NE // *Quaternary Research*. 2011. 75. P. 501–511. doi:10.1016/j.yqres.2011.01.007.

Stockmarr J. Determination of spore concentration with an electronic particle counter. *Danm. geol. Unders. Arbog*, 1972. P. 87–89.

Valiranta M., Kaakinen A., Kuhry P. Holocene climate and landscape evolution in the Ortino region, East-European Russian Arctic // *Quat. Res.* 2003. 59. P. 335–344. DOI: 10.1016/S0033-5894(03)00041-3.



**ДИНАМИКА РАСТИТЕЛЬНОСТИ И КЛИМАТА ЕНИСЕЙСКОЙ СИБИРИ В
СРЕДНЕМ И ПОЗДНЕМ ГОЛОЦЕНЕ**

Е.Ю. Новенко^{1,2}, О.В. Руденко³, Н.Г. Мазей¹, К.А. Бородин¹

¹*Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия,
lenanov@mail.ru, natashamazei@mail.ru, karina2180@yandex.ru*

²*Институт географии РАН, Москва, Россия, lenanov@mail.ru*

³*Орловский государственный университет им. И.С. Тургенева, Орел, Россия,
olrudenko2011@yandex.ru*

**VEGETATION AND CLIMATE DYNAMICS IN YENISEI SIBERIA DURING THE MIDDLE
AND LATE HOLOCENE:**

E.Yu. Novenko^{1,2}, O.V. Rudenko³, N.G. Mazei¹, K.A. Borodina¹

¹*Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia*

²*Institute of Geography Russian Academy of Science, Moscow, Russia*

³*Orel State University named after I.S. Turgenev, Orel, Russia*

Изменения природной среды в криолитозоне Сибири и ее возможная динамика в условиях меняющегося климата текущего столетия остается одной из актуальных научных проблем, требующих детальных исследований. Палеоботанические данные, полученные в результате изучения озер и болот, наиболее часто используются для реконструкции изменений растительности и климата прошлых эпох и решения прогнозных задач.

Исследования изменений палеорастительности и климата голоцена проведены в окрестностях города Игарка в Туруханском районе Красноярского края. Изучаемая территория находится на границе Западносибирской и Среднесибирской физико-географических стран, и поэтому лесные и болотные экосистемы этого региона очень чувствительны к климатическим изменениям и могут служить архивом для изучения динамики природной среды в голоцене. Первые палеоботанические данные для этой территории получены Н.Я. Кацем, Н.И. Пьявченко и Г.М. Левковской с соавторами. Обзор имеющихся данных о растительности, строении и развитии крупнобугристых торфяников в регионе представлен в монографии Ю.К. Васильчука с соавторами [Васильчук и др., 2008].

В качестве объекта для палеоэкологических исследований было выбрано крупнобугристое болото, названное нами болото «Большая Гравийка», расположенное в 8 км к северо-востоку от города Игарка (67°31'53''с.ш. 86°38'05''в.д.) в пределах пологохолмистой моренной равнины ермаковского оледенения. Болото представляет собой чередование крупных бугров типа пальза (миграционно-сегрегационных бугров пучения в торфяниках), и плоских широких ложбин, шириной 200-300 м. Климат изучаемой территории умеренный, резко континентальный. По данным наблюдений на метеостанции в городе Игарка, среднегодовая температура составляет -7.8°C, осадков выпадает около 650 мм в год. Район исследований находится в зоне сплошного распространения многолетнемерзлых пород. Растительный покров территории представлен берёзово-елово-лиственничными с участием сосны сибирской зеленомошными лесами. Преобладающие типы почв – криозёмы и торфяно-криозёмы.

Палинологический анализ выполнен для двух разрезов торфяных отложений, расположенных в пределах болота. Скважина-1 была заложена на вершине мерзлого торфяного бугра, высотой около 5 м. Отбор образцов торфа выполнен с помощью переносной буровой станции, оснащенной мотобуром колонкового способа бурения. Скважиной-1 вскрыта торфяная залежь и подстилающие ее суглинки общей мощностью 860 см. Скважина-2 заложена в ложбине между буграми. Бурение проведено торфяным буром Сукачева. По техническим причинам удалось отобрать только 120 см торфа. Интервал отбора образцов для всех видов анализа в разрезе мерзлого бугра составлял 4-5 см, в разрезе мочажины – 3 см.

Для разреза торфяного бугра получено 18 радиоуглеродных AMS-датировок и для скважины в ложбине – 4 AMS-датировки, анализ проведен в ЦКП «Лаборатория радиоуглеродного датирования и электронной микроскопии» Института географии РАН и Центре прикладных изотопных исследований Университета Джорджии (США). Для построения модели роста отложений изученных разрезов применена программа Bacon [Blaauw, Christen,

2011] с использованием калибровочной кривой IntCal20. Возрастная шкала показана на спорово-пыльцевых диаграммах как дополнительная шкала (рис. 1, 2).

Обработка проб для анализа ботанического состава торфа и подстилающих отложений выполнена согласно методике, разработанной С.Н. Тюремновым [Тюремнов, 1959]. Образцы для спорово-пыльцевого анализа были подготовлены по стандартной методике [Moore et al., 1991]. Помимо пыльцы и спор, в осадках дополнительно определены непыльцевые палиноморфы и проведен подсчет микрочастиц угля. За 100% принята сумма пыльцы древесных пород (AP) и травянистых растений (NAP).

Согласно полученным данным, изучаемое болото начало формироваться около 6200 календарных лет назад (кал. л.н.), что соответствует концу термического максимума голоцена. Радиоуглеродные датировки образцов, отобранных с интервалом 50 см, за исключением нескольких инверсий, показывают равномерное увеличение возраста с глубиной. Однако, анализ модели роста отложений показал, что формирование 8-ми метровой толщи торфа (глубины 860-15 см) в течение 4 тысяч лет, очевидно, не отражает истинной скорости торфонакопления в болоте, а, скорее, является следствием расширения торфа при пучении и формировании шпирового льда при сегрегационном льдообразовании [Васильчук и др., 2008]. При бурении торфяного бугра нами были отмечены прослойки чистого льда толщиной до 5 см, а также отмечались включения кристаллов льда в торфе. Радиоуглеродная датировка из образца, отобранного на глубине 120 см из скважины, расположенной в ложбине между буграми пучения, показала возраст 4150 ± 20 14C л.н./ 4690 ± 50 кал. л.н. (IGAN AMS 8353), что соответствует средней скорости накопления торфа за этот период около 0.25 мм/год и близка к средней скорости аккумуляции торфа в регионе.

Радиоуглеродная датировка, показывающая возраст около 1850 кал. л.н., полученная на глубине 15 см, указывает на очень низкие скорости вертикального прироста торфа в течение последних 2 тысяч лет ($0,075$ мм год⁻¹). Но, вероятнее всего, верхние горизонты торфа эродированы или выгорели. Так, при полевом описании, на глубине 10-11 см были обнаружены скопления угольков и обугленных веточек, что свидетельствует о пожаре и выгорании части торфяной залежи. Скорость накопления торфа в мочажине за этот же период была близкой к средним скоростям торфонакопления на севере западной Сибири и составляла 0,28 мм/год.

Таким образом, палеоботанические данные из разреза Скважины-1 позволяют нам реконструировать изменения растительности и климата за период 6200-1800 с высоким временным разрешением. События позднего голоцена детально нами рассмотрены на основе данных из Скважины-2.

Согласно результатам анализа макроскопических остатков растений в разрезе торфяного бугра, в основании торфяной залежи вскрыт горизонт тяжелого суглинка, содержащий остатки древесины *Larix* sp., *Duschekia fruticosa*, что позволяет сделать вывод о том, что болото начало формироваться на месте влажного лиственничника. Для ранних стадий развития болота (6260-5360 кал. л.н.) характерен хорошо разложившийся гипновый низинный торф, сложенный остатками мхов *Drepanocladus aduncus*, *Hamatocaulis vernicosus*, *Scorpidium scorpioides* с участием остатков *Menyanthes trifoliata* и осок. В интервале 5330-5060 кал. л.н. условия увлажнения в болотной экосистеме изменились, что обусловило накопление низинного сфагнового торфа средней и низкой степени разложения. Выше него залегает хорошо разложившийся травяно-гипновый торф (5060-4970 кал. л.н.), который снова сменяется низинным сфагновым торфом (4970-4465 кал. л.н.). Для интервала 4970-2250 кал. л.н. характерно накопление осоково-гипнового, гипнового и осоково-сфагнового торфа, сильно разложившегося.

Постепенное накопление торфа и увеличение его мощности привело к смене минерального питания болота и переходу болотной геосистемы из эвтрофной в мезотрофную стадию. Начало этого этапа маркируется появлением остатков *Eriophorum vaginatum* и *Scheuchzeria palustris* на глубине 31-16 см (2250-1700 кал. л.н.). Резкое увеличение гумификации торфа указывает на уменьшение поверхностной влажности болота и соответствует ранней субаэральной фазе развития бугра пучения. Таким образом, возраст бугра, т.е. момент перехода бугра из субаквальной стадии в субаэральную, определен около 2250 кал. л.н. Развитие торфяного бугра в течение субаэральной фазы проходило по пути иссушения его поверхности и формирования растительных сообществ из видов, способных

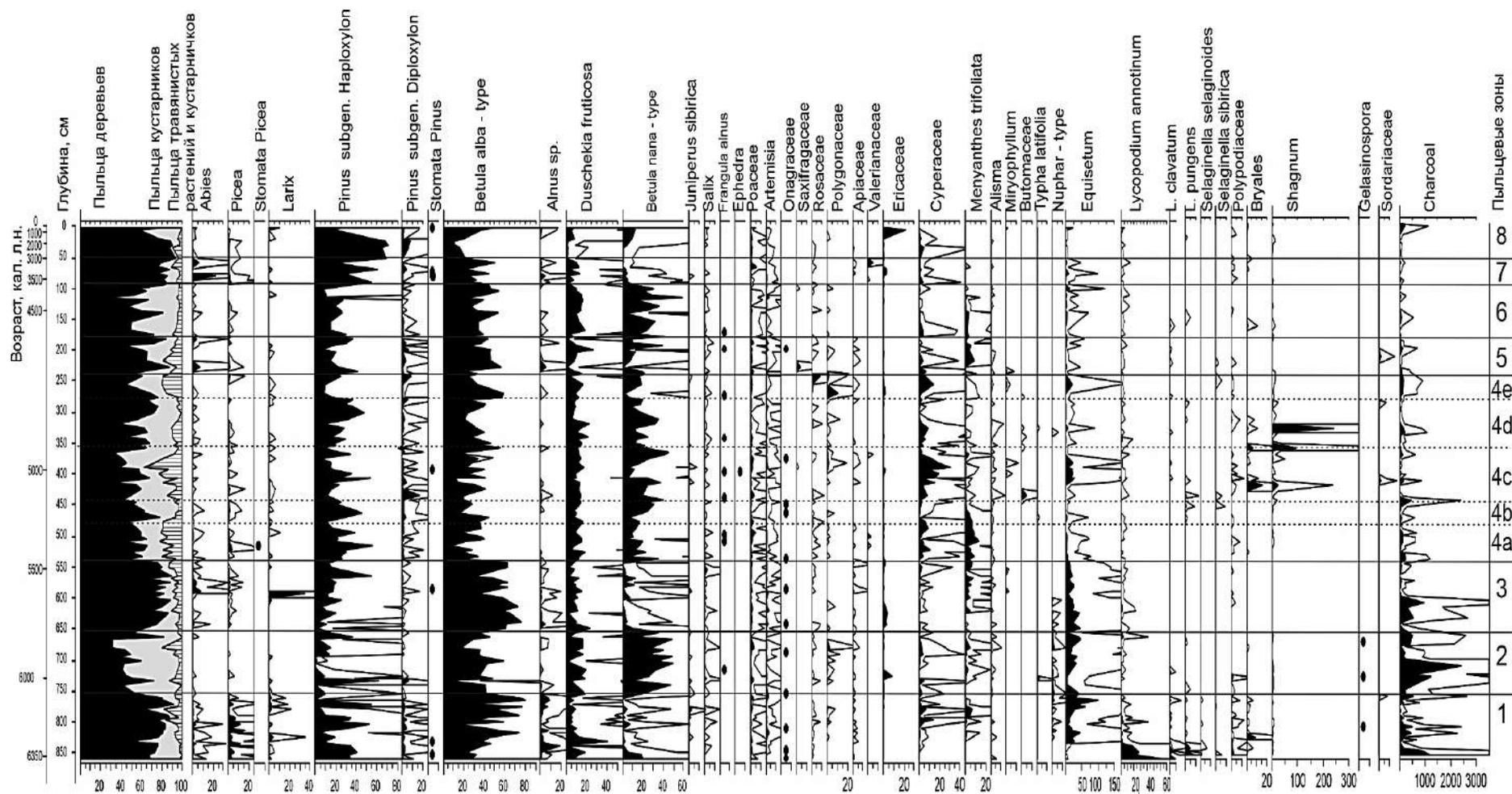


Рис. 1. Спорво-пыльцевая диаграмма торфяной залежи разреза многолетнемерзлого бугра из болота Большая Гравийка (Скважина-1)

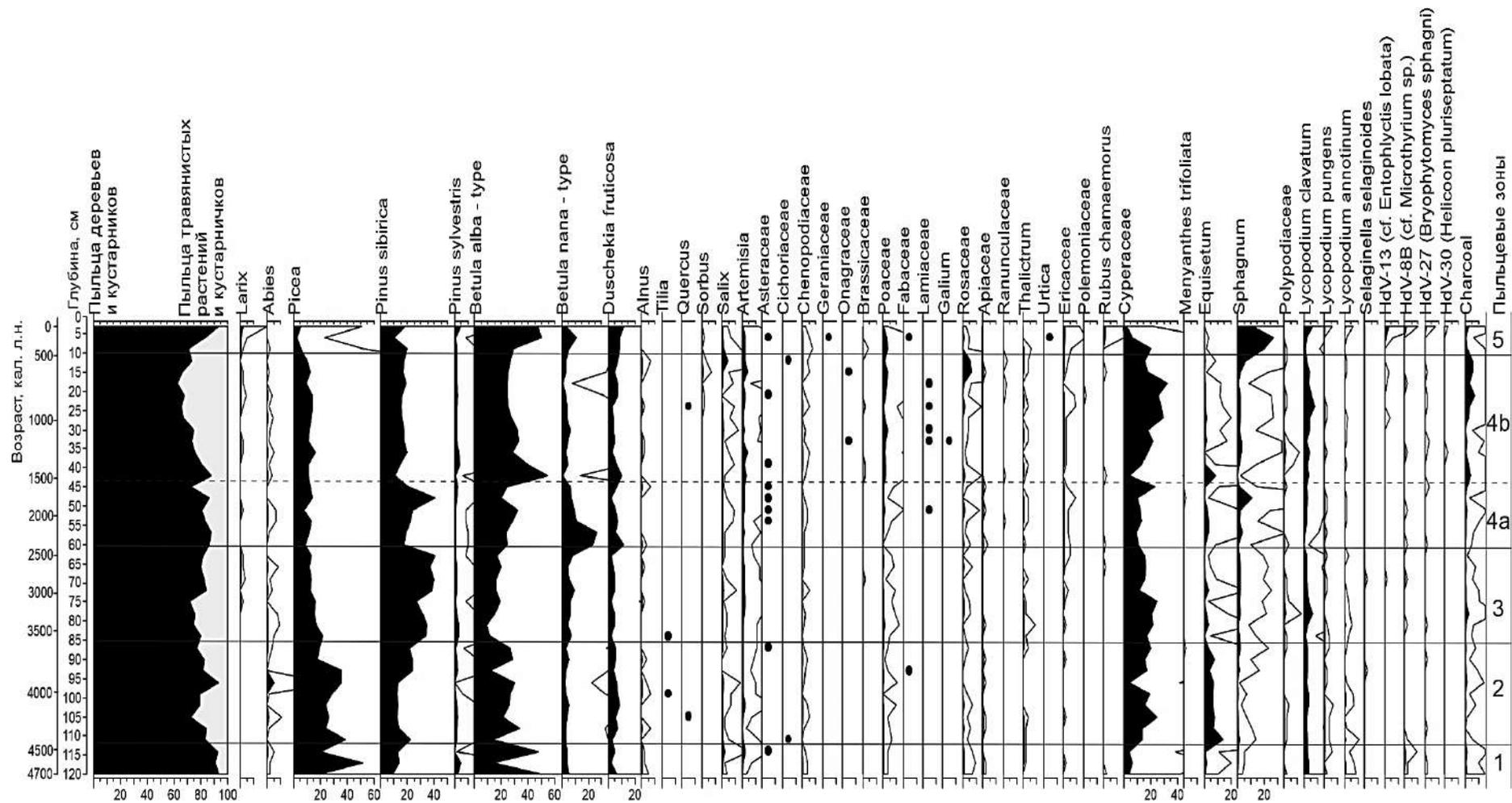


Рис. 2. Спорово-пыльцевая диаграмма торфяной залежи из мочажины болота Большая Гравийка (Скважина-2)

переносить сухие условия. Верхнюю часть торфяной залежи образует рыжеватого-охристый рыхлый горизонт, пронизанный корнями растительности и погребенными стволиками кустарничков. Среди остатков отмечены *Cladonia*, *Cetraria*, *Polytrichum strictum*, *Betula nana*, *Ledum palustris* (преобладает). В верхних 6 см разреза доминируют остатки лишайников.

Торфяную залежь Скვაжины-2 слагают низинный (осоковый, гипново-осоковый) и переходный торф. В период 4700-4450 кал. л.н. в локальной растительности мочажины преобладали зеленые мхи *Paludella squarrosa*, *Drepanocladus aduncus* Moenk., *Meesia trifaria* с участием осоки *Carex lasiocarpa*. Затем в период 3600-540 кал. л.н. формировался осоковый торф, причем биоразнообразие осок существенно увеличилось (*Carex lasiocarpa*, *C. chordorrhiza*, *C. lasiocarpa*, *C. wuliica*). Верхнюю часть торфяной залежи, накопившуюся в период от 540 кал. л.н. до настоящего времени, образует сфагновый переходный торф. Среди макроостатков преобладает *Sphagnum fuscum* и фрагменты коры и древесины *Betula nana* и *Salix*.

Согласно палинологическим данным из разреза многолетнемерзлого бугра, в интервале 6200-5700 кал. л.н. (пыльцевые зоны 1-3, рис. 1) на изучаемой территории были распространены среднетаежные леса из лиственницы, ели и пихты. В настоящее время северная граница ареала пихты (*Abies sibirica*) проходит примерно в 200 км к югу от района исследований [Ареалы деревьев и кустарников..., 1977], что свидетельствует о более теплых климатических условиях времени формирования палинозон 1-3. И действительно, палеоклиматические реконструкции, выполненные по палинологическим данным озера Лама в северо-западной части плато Путорана [Andreev et al., 2003] - районе, наиболее близком к нашему, показывают, что температуры достигали максимальных значений за весь голоцен именно в период между 7200 и 5200 кал. л.н.

В изученном нами разрезе на спорово-пыльцевой диаграмме выделена фаза резкого снижения пыльцы древесных растений и увеличения обилия пыльцы карликовой березки продолжительностью около 200 лет (зона 2, рис. 1). Очевидно, изменения растительности обусловлены не климатическими причинами, а являются отражением послепожарной сукцессионной динамики растительного покрова. Это также подтверждается пиками микрочастиц угля, на два порядка превышающими их среднее содержание в разрезе, а также находками мелких угольков при анализе макроостатков растений на тех же глубинах.

В период между 5200 и 4700 кал. л.н. (зона 4, рис. 1) в районе исследований произрастали редкостойные северо-таежные леса. В спорово-пыльцевых спектрах количество пыльцы ели, пихты и лиственницы постепенно снижается, увеличивается доля березы, как древесной, так и кустарниковой, и сосны (*Pinus* subgen. *Haploxylon* и *P.* subgen. *Diploxylon*). В настоящее время сосна сибирская (*Pinus sibirica*) в районе исследований встречается в елово-лиственничных лесах. Сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris*) на изучаемой территории не встречается. Отметим, что на севере Сибири доля пыльцы обеих видов сосен приобретает максимальные значения либо в растительных сообществах с очень низкой сомкнутостью крон, либо в безлесных, то есть там, где выше доля заносной пыльцы в целом.

Ботанический анализ торфа в изученном разрезе показал резкую смену видов торфа и условий увлажнения болотной экосистемы около 5330 кал. л.н. Мы предполагаем, что низкая гумификация сфагнового торфа, накопившегося в интервале 5300-4900 кал. л.н., связана не только с большей устойчивостью сфагнов к разложению по сравнению с зелеными мхами, но и с началом промерзания болота, что приводило к подавлению процессов разложения. Согласно палеоклиматическим реконструкциям по палинологическим данным озера Лама [Andreev et al., 2003], начиная с 5200 кал. л.н., в регионе началось постепенное похолодание климата, а на северо-западе плато Путорана выявлено расширение территорий, занятых тундровыми сообществами.

В течение временного интервала между 4700 и 3000 кал. л.н. в спорово-пыльцевой диаграмме бугра пучения выявлено 2 фазы увеличения доли древесной растительности, в том числе пихты и ели (интервалы 4700-4300 и 3500-3000 кал. л.н., пыльцевые зоны 5 и 7, рис.1), разделенные периодом, характеризующимся увеличением доли пыльцы березы, сосны и кустарничков (*Dusckia fruticosa*, *Betula nana*) (4300-3500 кал. л.н., пыльцевая зона 6, рис.1). Тот же временной интервал 4700-3500 кал. л.н. на спорово-пыльцевой диаграмме Скვაжины-2 из мочажины выделяется как фаза усиления роли среднетаежных формаций и повышенного содержания пыльцы ели и пихты в спектрах (пыльцевые зоны 1 и 2, рис.2). Возможно, рост доли

пыльцы *Duschekia fruticosa* и *Betula nana* отражает локальное увеличение ерниковых зарослей на болоте при начавшемся развитии бугра пучения.

В период 3500–2400 кал. л.н. доля пихты и ели в лесных сообществах сокращается, возрастает участие сосны сибирской (пыльцевая зона 3, рис.2). Возможно, изменения растительного покрова вызваны не столько климатическими изменениями, сколько частыми пожарами в этот период.

Согласно проведенному анализу, после 2500 кал. л.н. растительный покров становится близким современному. В спорово-пыльцевых спектрах (пыльцевая зона 4, рис.2) выявлено существенное сокращение доли пыльцы ели и лиственницы и почти полное исчезновение пыльцы пихты на фоне роста содержания пыльцы сосны, а также карликовой березки и сфагновых мхов (пыльцевая зона 5, рис.2), макроостатки которых отмечены в ботаническом составе торфа. Очевидно, что изменения состава спорово-пыльцевых спектров в рассматриваемом периоде вызваны перестройкой растительного покрова и, возможно, отражают изменения положения границы среднетаежных и северно-таежных лесных формаций, обусловленных климатическими причинами. Снижение теплообеспеченности около 2500 кал. л.н., отчетливо прослежено по изменениям палеотемператур, полученным с помощью анализа сообществ хирономид из озер на западе плато Путорана [Self et al., 2015] и по материалам изучения озерных отложений Таймыра [Палеоклимат полярных областей..., 2019].

Полученные данные позволяют заключить, что в периоды потепления климата в среднем и позднем голоцене, 6200–5700 и 4700–3500 кал. л.н., на изучаемой территории распространялись среднетаежные леса из лиственницы, ели и пихты, а граница среднетаежной и северотаежной подзон смещалась к северу как минимум на 200 км относительно ее современного положения. Изреживание лесного полога и формирование редкостойных березово-елово-лиственничных лесов соотносятся с временными рубежами 5360 и 2500 кал. л.н. и отражают эпизоды похолоданий в Российской Арктике, сопровождавшиеся широким развитием криогенных процессов.

Исследования выполнены при поддержке проекта РНФ 20-17-00043.

Литература:

- Ареалы деревьев и кустарников СССР*, том 1. Л.: Наука. 1977. 164 с.
- Васильчук Ю.К., Васильчук А.К., Буданцева Н.А., Чижова Ю.Н.* Выпуклые бугры пучения многолетнемерзлых торфяных массивов. М.: Изд-во Московского университета. 2008. 571 с.
- Палеоклимат полярных областей Земли в голоцене* / Под ред. Большаинова Д.Ю., Веркулича С.Р. СПб.: ААНИИ. 2019. 204 с.
- Тюремнов С.Н.* (ред.) Атлас растительных остатков, встречаемых в торфе. М.–Л., Госэнергоиздат, 1959. 90 с.
- Andreev A.A., Tarasov P.E., Klimanov V.A., Melles M., Lisitsyna O.M., Hubberten H.-W.* Vegetation and climate changes around the Lama Lake, Taymyr Peninsula, Russia during the Late Pleistocene and Holocene // *Quaternary International*. 2003. Vol. 122. P. 69–84.
- Blaauw M., Christen J.A.* Flexible paleoclimate age-depth models using an autoregressive gamma process // *Bayesian Analysis*. 2011. Vol. 6(3). P. 457–474.
- Moore, P.D., Webb, J.A., Collinson, M.E.* Pollen Analysis. Blackwell, Oxford. 1991. 216 p.
- Self A.E., Jones V.J., Brooks S.J.* Late Holocene environmental change in arctic western Siberia // *The Holocene*. 2015. Vol. 25. P. 150–165.

ОСНОВНЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ СПОРОВО-ПЫЛЬЦЕВЫХ СПЕКТРОВ ДОННЫХ ПОВЕРХНОСТНЫХ ПРОБ ВОСТОЧНО-СИБИРСКОГО МОРЯЕ. С. Носевич¹, В. А. Жамойда¹, А. Ю. Сергеев¹, И. А. Неевин¹¹ФГБУ «ВСЕГЕИ» им. А. П. Карпинского, Санкт-Петербург, Ekaterina_Nosevich@vsegei.ru, vladimir_zhamoïda@vsegei.ru, Alexander_Sergeev@vsegei.ru, Igor_Neevin@vsegei.ru**MAIN CHARACTERISTICS OF FORMATION OF MARINE BOTTOM SURFACE SAMPLES POLLEN SPECTRA, EAST SIBERIAN SEA**E. S. Nosevich¹, V. A. Zhamoïda¹, A. Yu. Sergeev¹, I. A. Neevin¹¹Russian Geological Research Institute, Saint Petersburg

В 2020 г. в рамках составления карты четвертичных образований листов S-55,56 сотрудниками ФГБУ «ВСЕГЕИ» проводились междисциплинарные исследования подводных ландшафтов западной части Восточно-Сибирского моря (рис. 1). В ходе работ на 84 станциях пробоотбора производились измерения физико-химических показателей грунта (температуры, pH), поверхностной и придонной воды (температура, pH, Eh), были взяты образцы для гранулометрического, геохимического и минералогического анализов. Одновременно производился отбор колонок донных отложений с целью дальнейшего их изучения, в том числе палинологическим методом. Для корректной интерпретации результатов спорово-пыльцевого анализа образцов кернов морских осадков на 70 станциях были отобраны донные поверхностные пробы.



Рис. 1 Карта-схема региона исследования

Точки отбора проб выбирались исходя из результатов предварительных геофизических исследований методами батиметрической съемки многолучевым эхолотом, гидролокации бокового обзора и непрерывного сейсмоакустического профилирования. Опережающие геофизические данные показали высокую степень неоднородности дна изучаемой территории: от пологих равнин со следами ледового выпахивания в прибрежной зоне моря до грядово-холмистого рельефа близ острова Новая Сибирь. Тип донных отложений в отобранных колонках

также отличался большим разнообразием: от текучих илов до слитых глин, с трудом процарапываемых ножом. В связи с разнородностью донных осадков актуальность комплексного изучения поверхностных проб существенно возросла.

Для палинологического анализа отбирались пробы массой не менее 120 граммов для пелита и алевропелита и не менее 150 граммов для алевролита и песков. Важно отметить, что из 70 проб только 4 образца были песчаными, 60 из них представляли собой илисто-глинистую массу, в редких случаях песчаную. Еще 6 проб представляли собой алевролит с примесью ила. Обработка проб производилась по методике, выработанной эмпирически на 10 образцах, масса которых составляла 400-500 граммов. Общая навеска была разделена на несколько порций, которые обрабатывались разными способами. В результате эксперимента был принят протокол обработки, предполагавший удаление органического вещества посредством перекиси водорода, более длительное разрушение осадка в пирофосфате натрия и обогащение осадка в полимерной тяжелой жидкости ГПС-В.

Пыльца и споры растений присутствовали во всех отобранных образцах, при этом содержание зерен было в среднем выше, чем в континентальных образцах высокоширотной Арктики [Nosevich et al., 2014]. Для анализа полученных результатов палиноспектры группировались по географической широте и удаленности от берега. Наибольшее внимание уделялось находкам пыльцы древесных. На точках наблюдения близ Новосибирских островов в спорово-пыльцевых спектрах древесные полностью отсутствуют. *Salix* не превышает 2,5 %, *Betula nana* достигает 5,4 %. Повсеместно доминируют травы (до 95,4 %) от общего количества пыльцы и спор), среди которых выделяются Poaceae (до 54,9 %), присутствуют Cyperaceae (до 31,4 %) и Rosaceae (до 10,5 %). Отмечены споры Bryales и Polypodiaceae, однако они имеют очень плохую сохранность, а также споры *Woodsia* хорошей сохранности. Повсеместно встречены перетолженные древние формы. Аналогичные спектры в поверхностных пробах суши свидетельствуют о развитии полярных пустынь. По мере приближения к континентальному берегу в спектрах появляются древесные. В палиноспектрах проб, отобранных в 200–300 км от берега, они представлены единичными *Pinus* и *Betula*, совокупно не превышающими 4,5 %, в то время как *Betula nana* достигает 14,3 %, *Alnaster* – 11,4 %, *Salix* – 5,3 %. Однако в спектрах проб, взятых ближе 150 км от берега континента, древесные преобладают (до 64,8 %). Встречены *Pinus* (до 39,7 %), *Pinus sibirica* (до 10,4 %), *Picea* (до 9,6 %), *Picea obovata* (до 3,1 %), *Abies* (до 3,0 %), также *Betula nana* (до 15,5 %), *Alnaster* (до 6,3 %), единично – *Larix* плохой сохранности.

Важно отметить, что данные виды не произрастают на побережье континента, занятом арктикотундровой растительностью, и их пыльца является дальнезаносной. Таким образом, спорово-пыльцевые спектры поверхностных проб донных отложений Восточно-Сибирского моря коррелируют с зональной растительностью суши при удалении от континентального берега значительно лучше, чем вблизи него – по всей видимости, при формировании спорово-пыльцевых спектров морских отложений играет роль только сток с суши, поверхностный и речной.

Полученные данные были использованы при интерпретации результатов анализов колонок донных отложений Восточно-Сибирского моря, на основании корреляции которых на карту четвертичных образований были внесены уточнения.

Отбор проб донных отложений и палинологические исследования были выполнены в рамках государственного задания ФГБУ «ВСЕГЕИ» и при поддержке гранта РФФИ № 22-27-00412 «Реконструкция палеогеографического развития прибрежных районов шельфа Восточно-Сибирского моря в неоплейстоцене – голоцене».

ЛИТЕРАТУРА

Nosevich E., Anisimov M., Sapelko T., Kholod D. Modern vegetation of the archipelago Franz Josef land subrecent pollen specters of the surface samples // 9th European Palaeobotany - Palynology Conference. Abstract volume. Padova, August, 2014.

**ОБСУЖДЕНИЕ ПРИЗНАКОВ ПЫЛЬЦЕВЫХ ЗЕРЕН РОДА *STEPHANOCARYUM* В СВЯЗИ С ЕГО ПОЛОЖЕНИЕМ В СИСТЕМЕ СЕМЕЙСТВА BORAGINACEAE****С.В. Овчинникова***Центральный сибирский ботанический сад СО РАН, г. Новосибирск, sv-ovchin@yandex.ru***DISCUSSION OF FEATURES OF POLLEN GRAINS OF THE GENUS *STEPHANOCARYUM* IN CONNECTION WITH ITS POSITION IN THE SYSTEM OF THE FAMILY BORAGINACEAE****S.V. Ovchinnikova***Central Siberian Botanical Garden, SB RAS, Novosibirsk*

Виды рода *Stephanocaryum* Попов – Венцовник – многолетние каудексообразующие рыхлодерновинные низкие травы мезофитного облика с нежными супротивными листьями и цветками, сидящими по одному в пазухах верхних листьев. Чашечка почти до основания раздельная на 5 ланцетных, при плодах не изменяющихся зубцов. Венчик брахиморфный, с короткой трубочкой и плоским отгибом, с округло-яйцевидными лопастями, в почкосложении скрученными. Пыльники и столбик заключены в трубку, сводики довольно крупные, замыкающие зев. Гинобазис почти плоский, с длинным столбиком, заметно превышающим высоту эремов и слабо раздвоенным рыльцем. Эремы кубарчатые, с очень высокими боками и сильно скошенным диском, по краям которого располагается узкое окаймление, из-под которого вырастает тонкоперепончатое широкое мохнатоопушенное крыло. Цикатрикс округлый, вогнутый, расположен базально. Эндемичный род Западного Тянь-Шаня с 2 видами: *S. olgae* (В. Fedtsch.) Popov, растущим в трещинах известняковых скал в альпийском поясе и *S. popovii* Kamelin, встречающимся на щебнистых склонах в древесно-кустарниковых сообществах среднего горного пояса. Был отнесен к трибе *Eritrichieae* (Benth et Hook.f.) Guerke [Попов, 1951; Овчинникова, 2007а, б]. *S. olgae* первоначально был описан в составе рода *Trigonotis* Steven, потом переведен А. Брандом в род *Omphalodes* Mill., далее был описан как самостоятельный род *Stephanocaryum*. Только на основании строения плодов, в состав рода был переведен вид *Mertensia dschagastanica* Regel [Никифорова, 2014]. При построении современной филогенетической системы семейства Boraginaceae Juss. род не был включен в молекулярно-генетический анализ из-за отсутствия материала, но предварительно был отнесен к трибе *Myosotideae* Rchb.f. вместе с родами *Myosotis* L., *Trigonotis*, *Brachybotrys* Maxim. ex Oliv., *Decalepidanthus* Riedl, *Omphalotrigonotis* W.T. Wang [Chacón et al., 2016].

Изучение пыльцевых зерен отдельных родов обширного семейства Boraginaceae проводилось многими исследователями, в том числе и с помощью СЭМ [Grau, Schwab, 1982; Ning et al., 1993; Овчинникова, 2001; Никифорова, 2002, 2008; Hargrove, Simpson, 2003; Coutinho et al., 2012]. Палиноморфологические признаки представителей бурачниковых используются для установления эволюционных взаимоотношений на уровне видов, родов и триб, а также для определения степени родства таксонов [Аветисян, 1956; Земскова, Попова, 1991; Овчинникова, 2006; Attar et al., 2018]. Пыльцевые зерна видов рода *Stephanocaryum* с помощью СЭМ не изучались. Пыльца *S. olgae* впервые была исследована Е.М. Аветисян [1956] с помощью СМ.

Материалом для работы послужили образцы пыльников с пыльцевыми зёрнами, взятые с гербарных экземпляров из республик Казахстан, Узбекистан, Кыргызстан, хранящихся в Гербариях LE, MW, AA, TASH. Исследование морфологии пыльцы проводилось с помощью СЭМ модели Carl Zeiss EVO MA 10 в ЦКП микроскопического анализа биологических объектов ЦСБС СО РАН. Съемка проводилась при увеличении $\times 10\,000$ – $15\,000$. Пыльца для светового микроскопирования обрабатывалась по ацетолизному методу [Аветисян, 1950]. При описании морфологии п. з. использована терминология, предложенная в работах [Куприянова, Алешина, 1972; Hesse et al., 2009; Volkova et al., 2013]. Работа выполнена в рамках государственного задания ЦСБС СО РАН по проекту АААА-А21-121011290024-5.

Установлено, что п. з. у изученного *S. olgae* равнополярные (изополярные), одиночные (монады), гетерокольпчатные, 6-бороздно-3-оровые, гантелевидные (в форме песочных часов), в очертании с полюса округло-шестиугольные, с экватора сильно сжато эллиптические, полярная ось 6.3–6.86 мкм, экваториальный диаметр в узкой части 1.89–2.06 мкм, в широкой части 3.09–3.53, псевдоапертура длинная 4.86–5.59 мкм, оровая борозда короче, ланцетовидная, 3.29–4.59

мкм с одной овальной орой, расположенной по экватору, 0.69–0.86 мкм диам. Апертуры с орами чередуются с псевдоапертурами. Мембрана борозд гладкая, по краям зернистая. Экзина 0.3 мкм толщ., гладкая, к полюсам перфорированная. На обоих полюсах имеются дополнительные поровидные участки треугольной или почти округлой формы 1.45–2.8 мкм диам. с зернистой поверхностью (рисунок: 1–3).

Анализ обширных литературных данных показал, что подобные образования были найдены у немногих представителей родов *Myosotis*, *Cryptantha* Lehm., *Oncaglossum* Sutorý, *Microula trichocarpa* (Maxim.) I.M.Johnst., *Omphalodes cardiophylla* A.Gray ex Hemsl., *Solenanthus hupehensis* R.R. Mill. из разных триб [Grau, Schwab, 1982; Ning et al., 1993; Никифорова, 2002, 2008; Hargrove, Simpson, 2003; Bigazzi et al., 2006; Sutorý, 2010; Coutinho et al., 2012]. Особого внимания заслуживают две замечательные работы, посвященные изучению поровидных областей у *Myosotis palustris* (L.) L. (= *M. scorpioides* L.) [Volkova et al., 2013, 2017]. Впервые наличие полюсной поры было отмечено у сибирских видов типовой секции рода *Myosotis* в работе О.Д. Никифоровой [2002]. Этот же признак был отмечен ею у *Trigonotis radicans* (Turcz.) Steven. О.А. Волковой с соавторами [Volkova et al., 2013, 2017] были подробно изучены внутреннее строение пыльцевых зерен в районах апертур, псевдоапертур и полярной пористой области. Отмечено, что псевдокольпы и полярные области не служат выходом для пыльцевой трубки, а служат для компенсации клеточного объема при обезвоживании пыльцевого зерна в процессе гармомегатии. Авторы предполагают, что аналогичную функцию могут выполнять пыльцевые зерна с ясно выраженным синкольпом борозд на полюсах, явление, также не очень распространенное среди покрытосеменных растений, но выявленное у отдельных более примитивных представителей Boraginaceae, например, из родов *Ogastemma* Brummitt, *Craniospermum* Lehm., *Onosma* L., *Pseudolappula* Khoshokhan et Kaz.Osaloo [Земскова, Попова, 1991; Овчинникова, 2001, 2006; Liu et al., 2021].

Чтобы сравнить признаки пыльцевых зерен *Stephanocaryum olgae* с литературными данными видов со сходной палиноморфологией мы поместили их в таблицу (Табл. 1). Так как ранее род *Stephanocaryum* относили к трибе *Eritrichieae*, мы сравнили признаки пыльцевых зерен родов *Eritrichium* Schrad. ex Gaudin и *Lappula* Moench с признаками *S. olgae*. Для эритрихиевых родов характерны гетерокольпчатные 6-бороздно-3-6-оровые пыльцевые зерна, но с расположением ор не на экваторе, а в разных половинах пыльцевого зерна [Овчинникова, 2011]. Кроме того, у этих таксонов никогда не отмечалась поровидная область на полюсах (рисунок: 10–12). Для видов рода *Mertensia* Roth из трибы *Asperugeae* Zakirov ex Овчинникова, включая вид *M. dschagastanica* (рисунок: 8), характерны более крупные коконообразные 6-бороздно-3-оровые пыльцевые зерна со слабым сужением в области экватора, с очень крупными 3 орами, расположенными по экватору, но без поровидной области на полюсах [Никифорова, 2008; Fukuda, Ikeda, 2012]. Сходное строение пыльцевых зерен характерно для пыльцы видов обширного американского рода *Cryptantha* [Hargrove, Simpson, 2003] из трибы *Cynoglosseae* W.D.J.Koch. (рисунок: 7). В отличие от нашего вида пыльцевые зерна коконообразные со слабым сужением на экваторе, очень мелкие, с очень тонкой экзиной и очень мелкой поровидной областью. Заслуживает внимания также сходство в строении пыльцевых зерен рода *Stephanocaryum* и китайского вида *Microula trichocarpa* (рисунок: 4), однако для видов рода *Microula* Benth. в целом (триба *Cynoglosseae*) наличие выраженной поровидной области не характерно [Ning et al., 1993]. Наиболее близкой по всем параметрам оказалась пыльца видов родов *Myosotis* и *Trigonotis* из трибы *Myosotideae* [Volkova et al., 2017] (рисунок: 5–6).

В результате проведенного сравнительного анализа морфологических и палиноморфологических данных можно заключить, что род *Stephanocaryum* должен располагаться в составе трибы *Myosotideae* семейства Boraginaceae. А вид *Mertensia dschagastanica* из секции *Mertensianthe* (Popov) Popov сохраняет свое положение в составе рода *Mertensia* по системе М.Г. Попова [1953].

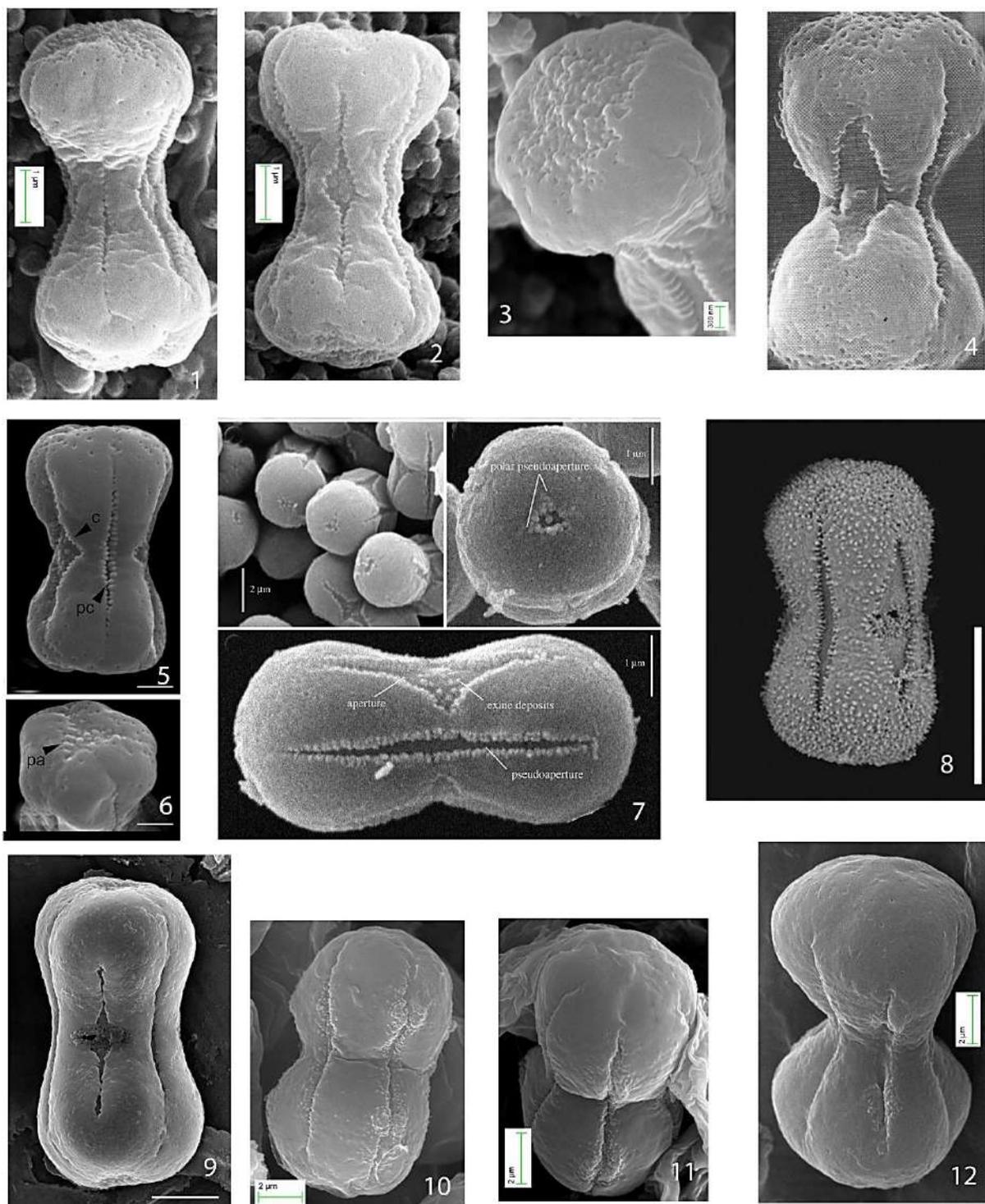


Рис. 1–11. Пыльцевые зерна изученных видов:

1–3 — *Stephanocaryum olgae*; 4 — *Microula trichocarpa*; 5–6 — *Myosotis palustris*; 7 — *Cryptantha intermedia* Greene; 8 — *Mertensia dschagastanica*; 9 — *Omphalodes cardiophylla*; 10–11 — *Lappula botschantzevii* Ovczinnikova; 12 — *Eritrichium sericeum* DC.

1, 2, 4, 5, 7 (фото снизу), 8–10, 12 — вид со стороны экватора; 3, 6, 7 (фото сверху), 11 — вид с полюса; на фото 8 — масштабная линейка 6 мкм.

Таблица 1. Признаки пыльцевых зерен *Stephanocaryum olgae* и изученных видов со сходной палиноморфологией.

Вид	Форма п.з.	Экваториальный диаметр в узкой и широкой части, мкм	Длина полярной осн. мкм	Длина псевдоапертуры, мкм	Длина ороевой борозды, мкм	Форма и размеры оры, мкм	Наличие поровидной области, размер, мкм	Скульптура эжины	Толщина эжины, мкм	Страна происхождения материала
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<i>Eritrichium pamiricum</i>	коконообразная	3.38–3.75	8.44–9.38	5.63–6.56	5.25–6.0	округлая 1.3–1.5	нет	гладкая	0.5	Таджикистан
<i>Stephanocaryum olgae</i>	гантелевидная	1.89–2.06 (3.09)3.3–3.53	6.3–6.86	4.86–5.59	3.29–4.59	округлая 0.69–0.86	(1.4)1.9–2.8	гладкая, перфорированная у полюсов	0.3	Узбекистан
<i>Myosotis palustris</i>	гантелевидная	2.7–4.32 3.29–5.51	6.04–7.43	4.2–4.3	3.0–3.1	округлая 0.6–0.7	имеется	гладкая, перфорированная у полюсов	0.4	Россия, Восточная Сибирь
<i>Trigonotis radicans</i>	коконообразная	3.7–4.0 5.4–5.6	9.6–10.2	6.9–7.1	4.8–5.1		слабо заметная	мелкозернистая	0.6	Россия, Забайкальский край
<i>Mertensia dschagastanica</i>	коконообразная, со слабым сужением	4.8–5.6 6.0–7.1	11.0–13.3	в длину зерна	5.6–6.0	2.3x3.0	нет	мелкозернистая, перфорированная	0.6	Узбекистан
<i>Omphalodes cardiophylla</i>	коконообразная, со слабым сужением	2.3–3.6 3.7–6.3	7.6–8.9	5.1–7.8	3.6–6.1	округлая 1.1–1.6	имеется	гладкая или зернистая перфорированная	0.5–1.0	Мексика
<i>Solenanthus lupulensis</i>	коконообразная	5.9	10.7	7.7	5.8	округлая	имеется	гладкая, точечная	0.6	Китай
<i>Microula trichosarpa</i>	гантелевидная, с сильным сужением	3.48–5.22	6.96–8.7	5.29	2.58	овальная 1.05	имеется	гладкая, сильно перфорированная	0.4	Китай
<i>Sturptanthe intermedia</i>	коконообразная	2.0–2.5	5.2–5.8	3.9–4.1	2.6–2.9	слабо выражена	имеется	гладкая	0.15	США

Литература:

- Аветисян Е.М. Упрощенный ацетолитный метод обработки пыльцы // Бот. журн. 1950. Т. 35. № 4. С. 385–386.
- Аветисян Е.М. Морфология микроспор бурачниковых // Тр. Бот. ин-та АН АрмССР. 1956. Т. 10. С. 7–66.
- Земскова Е.А., Попова Т.Н. Палиноморфологическое исследование рода *Onosma* (Boraginaceae) // Бот. журн. 1991. Т. 76. № 9. С. 1279–1291.
- Куприянова Л.А., Алешина Л.А. Палинологическая терминология покрытосеменных растений. Л., 1967. 85с.
- Никифорова О. Д. Палиноморфологическое исследование рода *Myosotis* (Boraginaceae) и некоторых родственных ему родов // Бот. журн. 2002. Т. 87. № 3. С. 44–53.
- Никифорова О. Д. Морфология пыльцевых зерен некоторых родов из триб *Trigonotideae* и *Myosotideae* (Boraginaceae) // Растительный мир Азиатской России. 2008. № 1. С. 37–51.
- Никифорова О.Д. Таксономия *Mertensia dschagastanica* и видов рода *Stephanocaryum* (Boraginaceae) // Turczaninowia. 2014. Т. 17. № 3. С. 5–11. DOI: 10.14258/turczaniniwia.17.3.1.
- Овчинникова С.В. Палиноморфология рода *Craniospermum* (Boraginaceae) // Бот. журн. 2001. Т. 86. № 12. С. 44–50.
- Овчинникова С.В. Палиноморфология представителей трибы *Eritrichieae* (Boraginaceae) // Материалы V международной научно–практической конференции «Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии». Барнаул, 2006. С. 173–180.
- Овчинникова С.В. Ультраскульптура плодов некоторых родов из триб *Eritrichieae* (подтриба *Eritrichiinae*) и *Trigonotideae* (Boraginaceae) // Бот. журн. 2007а. Т. 92. № 2. С. 228–240.
- Овчинникова С.В. Система трибы *Eritrichieae* (Boraginaceae) // Бот. журн. 2007б. Т. 92. № 5. С. 751–759.
- Овчинникова С.В. Установление филогенетических связей трибы *Eritrichieae* с другими трибами семейства Boraginaceae с использованием данных палиноморфологии // Проблемы современной палинологии: Матер. XIII Российской палинологической конференции, посвященной памяти выдающихся российских палинологов Е.Д. Заклинской и Л.В. Ровниной. Сыктывкар: ИГ Коми Уро РАН, 2011. Т. 1. С. 42–46.

Понов М.Г. Два новых рода из сем. Бурачниковых Средней Азии // Ботан. мат. Гербария Ботан. ин-та АН СССР. 1951.Т. 14. С. 336–342.

Понов М. Г. О системе и филогенетическом развитии рода *Mertensia* Roth (Boraginaceae) на основании сравнения американских и азиатских видов // Ботан. мат. Гербария Ботан. ин-та АН СССР. 1953.Т. 15. С. 248–266.

Attar F., Esfandani-Bozchaloyi S., Mirtadzadini M., Ullah F. Taxonomic identification in the tribe *Cynoglosseae* (Boraginaceae) using palynological characteristics // Flora. 2018. Vol. 249. P. 97–110.

Bigazzi M., Nardi E., Selvi F. Palynological contribution to the systematics of *Rindera* and the allied genera *Paracaryum* and *Solenanthus* (Boraginaceae-Cynoglosseae) // Willdenowia. 2006. Vol.36 (Special Issue). P. 37–46.

Chacón J., Luebert F., Hilger H., Ovchinnikova S., Selvi F., Cecchi L., Williams C.M., Hasenstab-Lehman K., Sutory K., Simpson M.G., Weigend M. The borage family (Boraginaceae s. str.): a revised infrafamilial classification based on new phylogenetic evidence, with emphasis on the placement of some enigmatic genera // Taxon. 2016. Vol. 65 (3). P. 523–546.

Coutinho A.P., Castro S., Rodrigo Carbaja R., Ortiz S., Serrano M. Pollen morphology of the genus *Omphalodes* Mill. (*Cynoglosseae*, Boraginaceae) // Grana. 2012. Vol. 51. P. 1–12. DOI:10.1080/00173134.2012.665943

Fukuda T., Ikeda H. Palynological analysis and taxonomic position of the genus *Mertensia* (Boraginaceae) // Botany. 2012. Vol. 90. P. 722–730.

Grau J., Schwab A. Mikromerkmale der Blüte zur Gliederung der Gattung *Myosotis* // Mitt. Bot. Staatssam. München. 1982. Bd 18. S. 9–58.

Hargrove L., Simpson M. G. Ultrastructure of heterocolpate pollen in *Cryptantha* (Boraginaceae) // Int. J. Pl. Sci. 2003. Vol. 164. N 1. P. 137–151.

Hesse M. et al. Pollen Terminology. An illustrated Handbook. Springer-Verlag, Wien, 2009. 261 pp.

Liu D-H., Xu X-M., He Y., Liu Q-R. A new combination in *Pseudolappula* (Boraginaceae, Rochelieae) based on morphological, molecular and palynological evidence // PhytoKeys. 2021. Vol. 187. P. 77–92. <https://doi.org/10.3897/phytokeys.187.75346>

Ning J., Xi Y., Zhang Y. A study on pollen morphology of *Microula* Benth. and allied genera (Boraginaceae) // Acta Phytotax. Sin. 1993. Vol. 31. N 4. P. 318–328.

Sutory K. *Oncaglossum*, a new genus of the Boraginaceae, tribe *Cynoglosseae* from Mexico // Novon. 2010. Vol. 20. N 4. P. 463–469.

Volkova O., Severova E., Polevova S. Structural basis of harmomegathy: evidence from Boraginaceae pollen // Plant Syst. Evol. 2013. Vol. 299. P.1769–1779.

DOI 10.1007/s00606-013-0832-8

Volkova O., Severova E., Polevova S. Development of heterocolpate pollen in *Myosotis scorpioides* L.(*Cynoglosseae*, Boraginaceae) // Grana. 2017. Vol. 56 (5). P. 368–376. DOI: 10.1080/00173134.2016.1276211



ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ И ПАЛИНОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЗДНЕЧЕТВЕРТИЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ТРЕТЬЕЙ НАДПОЙМЕННОЙ ТЕРРАСЫ Р. ЛЕНА (НА ПРИМЕРЕ ХАРЬЯЛАХСКОГО ОБНАЖЕНИЯ), ЦЕНТРАЛЬНАЯ ЯКУТИЯ

М.Р. Павлова, А.А. Галанин

Институт мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН, Якутск, Nigaer@yandex.ru

FEATURES OF STRUCTURE AND PALYNOLOGICAL CHARACTERISTICS OF THE LATE QUATERNARY DEPOSITS OF THE THIRD FLOODPLAIN TERRACE OF THE LENA RIVER (BY THE EXAMPLE OF KHARYALAH OUTCROP), CENTRAL YAKUTIA

M.R. Pavlova, A.A. Galanin

Melnikov Permafrost Institute SB RAS, Yakutsk, Nigaer@yandex.ru

Уже более десяти лет научным коллективом проводится поиск новых и доизучение уже известных разрезов, включающие позднечетвертичные покровные дюнные отложения Центральной Якутии, формирование которых происходило с конца каргинского периода позднего плейстоцена – начало голоцена [Галанин, Павлова, 2019]. В виде прерывистого чехла они присутствуют на водоразделах, разновысотных речных террасах, склонах междуречий, достигая мощности несколько десятком метров [Галанин, 2021]. Такие покровы, согласно В.В. Колпакову [Колпаков, 1983], именуется дьолкуминской свитой. Эти генетические типы четвертичных осадков региона остаются наименее исследованными. Изучение их строения, генезиса и возраста важно для решения дискуссионных вопросов, связанные с количеством и происхождением террас р. Лена, в реконструкции палеоландшафтов, климатических и геокриологических условий, а также для дальнейшего понимания истории развития данного региона в целом.

В 2018 году в ходе экспедиционных работ нами установлено новое опорное обнажение Харьялахское (63°09'52'' с.ш., 129°43'52'' в.д.), включающее позднечетвертичные покровные дюнные отложения. Оно вскрывается в береговом обрыве р. Лена вблизи устья р. Алдан, приурочено к третьей (кёрдёмской) надпойменной террасе р. Лена, имеет протяженность более 2 км и высотой достигает 18-25 м. Поверхность террасы, преимущественно, сложена параллельными рядами дюн, которые покрыты сосновым лесом с толокнянково-лишайниковым покровом. Изучение и опробирование данного обнажения проводилось в течении нескольких лет с 2018-2021 гг. В пределах Харьялахского обнажения заложена серия разрезов – №№ 412, 413, 414, 415, 418, 482 (рис. 1) на основании которых выполнено общее геологическое описание. На базе института мерзлотоведения СО РАН для уточнения гранулометрического состава отложений выполнен анализ 41 пробы методами ситового отсева и ареометрии согласно [ГОСТ 12536-2014. Грунты, 2015], проведено определение абсолютного возраста отложений радиоуглеродным анализом для восьми образцов (торф, остатки древесины) методом жидкостной сцинтилляции на спектрометре-радиометре Quantulus 1220. Выполнен спорово-пыльцевой анализ 29 проб из двух разрезов – № 412, № 482. Химическая подготовка образцов производилось с применением адаптированной методики, базирующейся на методах Гринчука [Палеопалинология, 1966; Пыльцевой анализ, 1950] и Фаегри-Иверсена [Faegri, Iversen, 1989]. Микроскопирование выполнено с использованием светового микроскопа проходящего света PRIMO STAR_Zeiss с увеличением 400 раз. По мимо идентификации спор и пыльцы производилось параллельное определение непыльцевых палиноморфов.

На основании полученных данных установлено, что в Харьялахском естественном обнажении (рис. 1), приуроченного к третьей (кёрдёмской) надпойменной террасе р. Лена, снизу-вверх от межленного уровня вскрываются:

0-2 (3) м – переслаивание песчано-гравийных отложений с единичными валунами до 0.5 м диаметром, сходные по составу с аллювиальными галечниками бестяхской свиты, охарактеризованные в [Камалентдинов, Минюк, 1991].

2-3.7 м – песок темно-серый среднезернистый чередующийся с песком светло-серым мелкозернистым хорошо отваянным с линзовидными прослоями песка крупнозернистого, гравия и единичных галек со следами ожелезнения. Присутствие многочисленных знаков ряби, представленные двумя типами – волновая и ориентированная. Пачка отнесена к аллювиальным отложениям. Отмечаются останки животных, в частности, челюсть оленя, предположительно, *Rangifer tarandus*.

3.7-6 м – песок светло-серый мелкозернистый кварцевый горизонтально и пологоволнистый с прослоями супеси пылевой. Отложения, предположительно, отнесены к покровным дюнным отложениям (дьолкуминской свите). В близи кровли отложений сосредоточены крупные скопления плавника, из которых получена (на глубине 5.5-6 м) абсолютная дата 13370 ± 400 л. н. (MPI-135).

6.0-6.4 (7.0) – поверхность палеорельефа с хорошо выдержанным почвенным горизонтом на протяжении всего обнажения, несогласно срезающий подстилающую пачку эоловых отложений. Отложения представлены супесями темно-коричневыми пылевыми уплотненными, местами суглинками легкими слабо гумусированными, слабо оглееными. Поверхность палеорельефа волнистая, местами погружается в виде пологих депрессий на 2-2.5 м, разбита систематическими вертикальными песчано-суглинистыми клиньями, структурами седиментационных инволюций и криотурбаций. К палеопочвенному горизонту приурочены вертикально стоящие пни лиственницы (*Larix gmelinii*) вместе с корневой системой и погребенные кустарниковые березы (*Betula exilis*). Из одного пня получена абсолютная датировка 9900 ± 200 л. н. (MPI-138).

6.4 (7)-9.0 – песок светло-желтый мелкозернистый с перекрестной, пологоволнистой, местами, круто-наклонной слоистостью. На отдельных участках падение слоев противоположно современному течению р. Лена. Вблизи кровли (8.7 м) в пачке прослеживаются прослой и линзы плавника со стволами древесной растительности, в основном, из *Larix gmelinii* разной степени сохранности. Отложения отнесены к отложениям дьолкуминской свиты.

В интервале 5.5-9 м (разрез № 482, видимая мощность 3.5 м), вскрывающий поверхность палеорельефа с палеопочвенным горизонтом и покровные песчаные отложения дьолкуминской свиты нижней и верхней пачки. На основе анализа 19 образцов выделено две палинозоны (рис. 2 Б).

Палинозона PZI (5.5 м) приурочена к поверхности палеорельефа и нижней дюнной пачки, в пределах которой выделяются палиноспектры палеопочвенных слоев, отмеченные в интервалах 7.15-7.20 м, 7.25-7.40 м, 7.45-7.60 м, 7.70-7.85 м и 8.15-8.25 м, и разделяющие их песчаных мелкозернистых прослоев. В палиноспектрах палеопочвенных горизонтов преобладает пыльца трав и кустарничков (37.6-53.6 %) с доминированием *Superaceae* (13.5-28.5 %), *Poaceae* (4.4-9.4%) и *Artemisia* (1.1-5.6%), а также *Betula* sect. *Nanae* (10.2-28.2%) и *Larix* (1-6.9%). В значительном количестве присутствует пыльца *Amaranthaceae*, *Caryophyllaceae* и *Brassicaceae*. Сумма спор составляет 5.7-18.1 % с преобладанием *Sphagnum* (1.4-10.7 %). Отмечены непыльцевые палиноморфы – споры грибов *Glomus*, *Gelasinospora*, *Microthyrium microscopicum*, водоросли (*Botryococcus*), корненожки *Assulina*, остатки хирономид *Chironomidae*, устьица хвойных и углистые частицы. Концентрация составляет 929-7094 зерен / г.

В палиноспектрах песчаных мелкозернистых прослоях преобладает пыльца древесных растений (61.7-84.1 %) с доминированием *Picea* (47.7-87.3 %), предположительно, имеющая переотложенный характер из нижележащей аллювиальной пачки отложений. Отмечается *Larix* (0.9-6.2 %), *Pinus* s/g *Diploxylon* (1.2-10 %), *Betula* sect. *Nanae* (2.8-7.8 %), *Betula* spp., *Alnaster* (0.3-8.4 %), *Salix* (0.3-3.4 %), и единичные зерна *Pinus* s/g *Haploxylon*. Пыльца трав и кустарничков составляет от 5.5 до 13.1 % с доминированием *Superaceae* (1.7-10.2%). В значительном количестве присутствуют *Poaceae* (1.1-3.9%) и *Artemisia* (0.2-2.1 %). Сумма спор составляет 5.8-16.4 % с преобладанием *Sphagnum* (2.1-9.7 %). В спектрах непыльцевые палиноморфы – споры гриба *Gelasinospora*, водоросли (*Botryococcus*), устьица хвойных и углистые частицы. Концентрация составляет 195-1041 зерен / г.

Палинозона PZII (7-9 м). Характеризуются преобладанием травянистых сообществ (35-51.3 %) с доминированием *Superaceae*, *Poaceae* и *Artemisia*, а также *Betula* sect. *Nanae*. Сумма спор составляет 1.9-14.9 %. Отмечены непыльцевые палиноморфы – споры грибов *Gelasinospora*,

в относительно большом количестве *Glomus* (7.8%), водоросли (*Botryococcus*) и углистые частицы. Концентрация составляет 90-2974 зерен / г.

9.0-9.4 – поверхность погребенного палеорельефа, волнистая, несогласно срезает подстилающую пачку. Отложения представлены супесью темно-коричневой пылеватой с прослоями почвенных горизонтов, торфа кустарничково-мохового и вертикально стоящими пнями деревьев. Горизонт хорошо выдержан по всему обнажению на протяжении 2 км, местами пологоволнистый с погружениями до 1 м. К понижениям кровли приурочены скопления плавника.

9.4-18 (25) – песок светло-желтый мелкозернистый субгоризонтально- и перекрестно-слоистый кварцевый мощностью от 15 до 30 см с чередованием супеси темно-серой пылеватой слабоволнисто-слоистой 1 до 3 мм, с включениями тонких прослоев детрита, веточек кустарников. Из остатков растительного материала получены две датировки, из которых получены две датировки на глубине 15 м – 9860±170 л. н. (MPI-137) и 17 м – 9290±220 л. н. (MPI-136). Кровля пачки образована сингенетическим рельефом копьевидных дюн, экспонируемый в настоящее время и закрепленный сосново-березовым лесом. Отложения отнесены к дюнной (эоловой) фации.

В пределах пачки получена спорово-пыльцевая колонка мощностью 4.5 м (зачистка № 412, интервал 13.5-18 м). В ходе анализа 10 образцов выделена одна палинозона (рис. 2 А). В палиноспектрах доминируют древесные породы 66.7-94.2 % с преобладанием пыльцы *Picea* (2.3-92.5 %), *Pinus s/g Diploxylon* (1.0-53.6 %) и *Larix* (0.3-2.5 %). Отмечено значительное содержание *Betula* spp. (0.6-39.1 %) и *Betula* sect. *Nanae* (2.2-37.6 %). В спектрах присутствуют пыльца *Alnaster* (1.1-12.2 %), *Salix* (0.3-2 %) и единичные зерна *Pinus s/g Haploxylon*. Пыльца трав и кустарничков составляет 2.6-31.6 % с доминированием *Cyperaceae* (0.8-10.1 %), *Artemisia* (0.6-5.2%) и *Poaceae* (0.5-9.3 %). В спектрах отмечена пыльца *Caryophyllaceae*, *Amaranthaceae*, *Brassicaceae*, *Ericales*, *Asteroideae*, *Cichoriodeae*, *Onagraceae*, *Rosaceae*, *Sanguisorba officinalis*, *Rubus chamaemorus*, *Thalictrum*, *Ranunculaceae*, *Polygonaceae*, *Polemoniaceae*, *Lamiaceae*, *Valerianaceae*. Сумма спор составляет 1.7-7.6 %. Отмечены *Selaginella rupestris*, *Polypodiophyta*, *Sphagnum*, *Lycoperidaceae*, *Bryales*, *Equisetum*. Встречаются переотложенные споры *Polypodiophyta*, *Sphagnum* и Cf. *Osmunda*. Отмечено содержание в спектрах спор грибов *Glomus*, *Gelasinospora* и *Microthyrium microscopicum*, водорослей *Botryococcus*, устьицы хвойных и углистые частицы. Концентрация составляет 134-5849 зерен / г, в образце 412-0.8 м – 18819 зерен / г.

Таким образом, Харыялахское обнажение позднечетвертичных отложений, вскрытое в пределах третьей надпойменной террасы р. Лена в среднем течении, иллюстрирует взаимоотношение дюнообразования и накопления аллювия в переходный период от второй половины сартанского времени к голоцену. Отчетливо наблюдаемые горизонты плавника (на глубинах 6, 8.7 и 9.4 м) свидетельствуют о максимальных уровнях Палеолены для разных интервалов. Спорово-пыльцевые спектры пачек, включающие покровные дюнные отложения с разделяющими их палеопочвенным горизонтом Беллинг-Аллередовского потепления, в общем, отражают холодные суровые условия сартанского времени, где, предположительно, наблюдалось практически полное исчезновение древесной растительности и распространение холодных степей с преобладанием злаковых, полыневых, маревых и осоковых, а также открытых песчаных незакрепленных пространств и каменистых полупустынь. Резкое потепление климата, начавшееся около 11.8 тыс. л. н., привело к существенному возрастанию количества осадков, увеличению обводненности и речного стока, затуханию эоловой активности и постепенному закреплению дюнных ландшафтов. К первой половине голоцена доминирующим типом растительности становятся лиственный леса с большим участием березы, но сосуществовавшие со степными ценозами, которые в разных районах Центральной Якутии исчезли из растительного покрова постепенно [Галанин, Павлова, 2019; Andreev et al., 2009].

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 21-17-00054, <https://rscf.ru/project/21-17-00054/>.

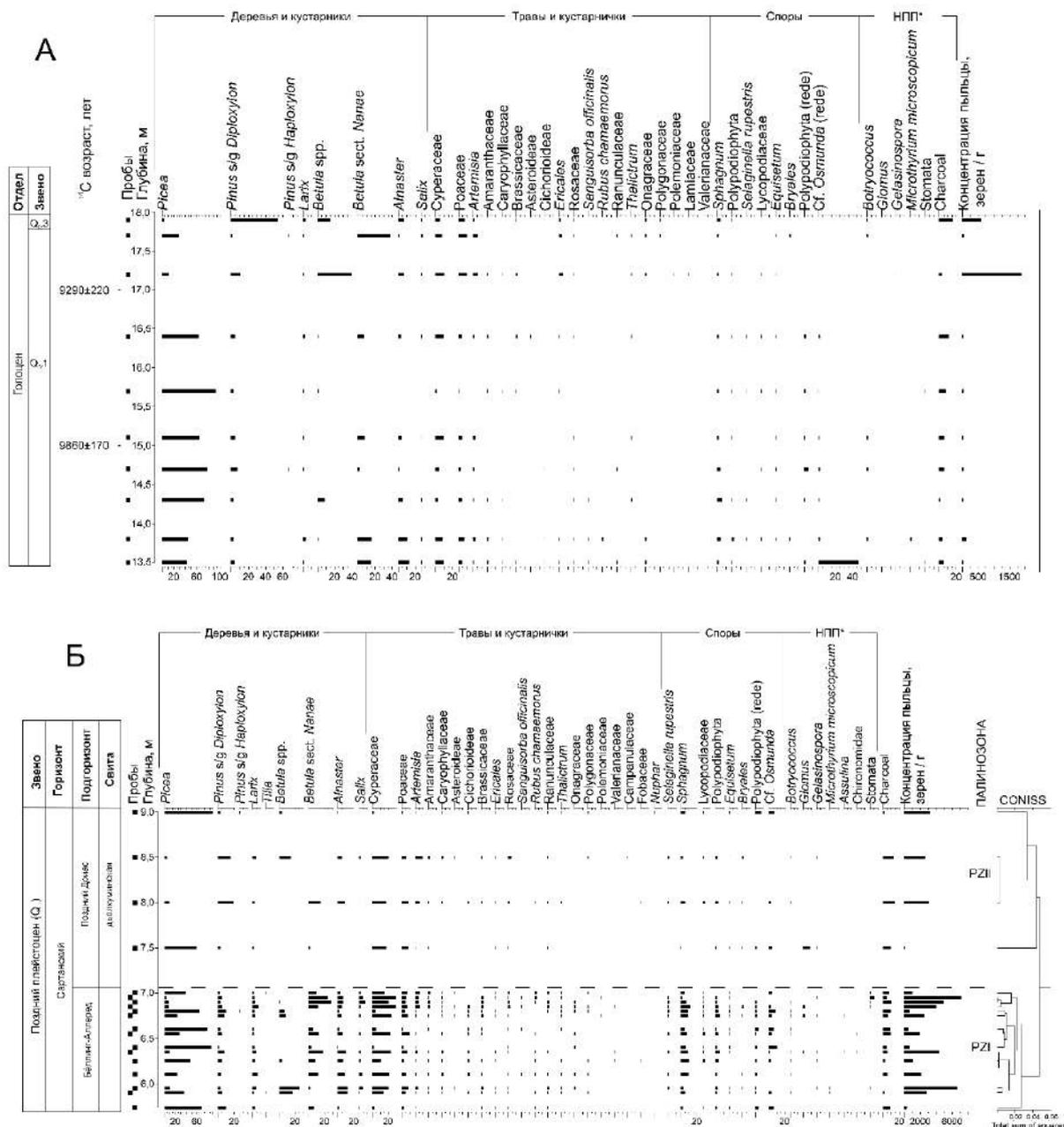


Рис.2. Палинологическая диаграмма разрезов № 412 (А) и № 482 (Б) позднечетвертичных отложений Харылахского обнажения, долина среднего течения р. Лена
* – непольцевые палиноморфы

Литература:

Галанин А.А., Павлова М.Р. Позднечетвертичные дюнные образования (Дюлкунинская свита) Центральной Якутии (Часть 2) // Криосфера Земли. 2019. Т. XXIII. № 1. С. 3–16.

Галанин А.А. Позднечетвертичные песчаные покровы Центральной Якутии (Восточная Сибирь): строение, фациальный состав и палеоэкологическое значение // Криосфера Земли. 2021. Т. XXV. № 1. С. 3–34.

ГОСТ 12536-2014. Грунты. Методы лабораторного определения гранулометрического (зернового) и микроагрегатного состава. М.: Стандартинформ, 2015. 24 с.

Камалентдинов В.А., Минюк П.С. Строение и характеристика бестяхской террасы Средней Лены // Бюл. Комиссии по изучению четвертичного периода. 1991. № 60. С. 68–70.

Колтаков В.В. Эоловые четвертичные отложения Приленской Якутии // Бюл. Комиссии по изучению четвертичного периода. АН СССР. М.: Наука, 1983. № 5. С. 123–131.

Палеопалинология: в 3 т. / Под ред. И. М. Покровской. Л.: Недра, 1966. Т. 1. 251 с.

Пыльцевой анализ / Под ред. И.М. Покровской. М.: Госгеолиздат, 1950. 570 с.

Andreev A.A., Grosse G., Schirrmeyer L., Kuznetsova T.V., Kuzmina S.A., Boborov A.A., Tarasov P.E., Novenko E.Y., Meyer H., Derevyagin A.Y., Kienast F., Bryantseva A., Kunitsky V.V. Weichselian and Holocene palaeoenvironmental history of the Bol'shoy Lyakhovsky Island, New Siberian Archipelago, Arctic Siberia // *Boreals*. 2009. V. 38. P. 72–110.

Fægri K., Iversen, J. Textbook of Pollen Analysis. The Blackburn Press, 1989. 328 p.



**ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ МОРСКИХ И НАЗЕМНЫХ ПАЛИНОМОРФ В РАЗРЕЗЕ
БАТА-БОРЕАЛЬНОГО БЕРРИАСА НА Р. АНАБАР (СЕВЕР ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ)**

Е.Б. Пешевицкая

*Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН,
Новосибирск, PeshevickayaEB@ipgg.sbras.ru*

**SUCCESSIONS OF MARINE AND TERRESTRIAL PALYNOMORPHS IN THE
BATHONIAN-BOREAL BERRIASIAN FROM THE ANABAR SECTION
(NORTH OF EASTERN SIBERIA)**

E.B. Pestchevitskaya

*Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics SB RAS, Novosibirsk,
PeshevickayaEB@ipgg.sbras.ru*

В работе представлены результаты изучения последовательностей палиноморф морского и наземного генезиса в разрезе бата-бореального берриаса на р. Анабар, который обнажается по ее правому борту, в 40 км выше по течению от пос. Юрюнг-Хая. Разрез располагается на севере Восточной Сибири, который является важным районом для изучения литологических и биостратиграфических последовательностей юрско-мелового интервала и разработки детальных стратиграфических схем. Наибольший интерес в этом отношении представляют собой непрерывные разрезы с последовательной литологической характеристикой и многочисленными находками разнообразной фауны, которые формируются в обстановках умеренного глубоководья. Такие разрезы рассматриваются как опорные, на их основе сформирован пакет детальных параллельных зональных шкал, которые с успехом используются на территории Сибири и других бореальных областей [Никитенко и др., 2013, 2015]. Однако для палеогеографических и биофациальных реконструкций интересную информацию несут также и разрезы, сформировавшиеся в условиях мелководья. Они построены наиболее контрастно, что важно для реконструкции геологических событий разного ранга и восстановления наиболее полной истории регионов. К таким разрезам относятся естественные выходы верхов средней юры – низов мела, вскрытые на правом берегу р. Анабар.

Изученный разрез на р. Анабар обладает рядом реперных, четко опознаваемых уровней и хорошо охарактеризован фауной [Никитенко и др., 2022]. В разрезе прослежены фораминиферовые комплексы зон бореального стандарта. На многих уровнях возраст обоснован находками аммонитов. Все это обеспечивает стратиграфический контроль палинологических биостратонов и определяет надежность биостратиграфических и корреляционных реперов, выделенных на основе анализа палиноморф.

Непрерывная последовательность спорово-пыльцевых биостратонов была ранее установлена для нижней и средней юры. В келловей-волжском интервале в последовательности спорово-пыльцевых биостратонов имелись значительные перерывы [Шурыгин и др., 2000; Никитенко и др., 2013]. Практически полная шкала для этого интервала была разработана на основе диноцист. Однако она была основана на материалах из Западной Сибири, на севере Восточной в последовательности диностратонов также имелись значительные хиатусы [Шурыгин и др., 2000; Никитенко и др., 2013]. Палинологические данные, полученные по этому региону в последние годы, позволили существенно дополнить и уточнить последовательности палиностратонов верхнего оксфорда – бореального берриаса. Непрерывная последовательность как по диноцистам, так и по спорам-пыльце в интервале с верхнего оксфорда по волжский ярус была установлена в разрезе Нордвик [Никитенко и др., 2015]. Волжско-берриасский интервал надстраивается по материалам разреза Оленек [Nikitenko et al., 2018]. Все эти разработки легли в основу палиностратиграфического расчленения бата-бореального берриаса в разрезе на р. Анабар.

На основе изучения биостратиграфической последовательности спор и пыльцы наземных растений выделено девять биостратонов. В нижней части разреза, в бате и келловее, прослежены палинозоны, которые были установлены В.И. Ильиной на севере Сибири в разрезах, хорошо охарактеризованных фауной и, позднее, прослежены во многих районах Западной Сибири [Ильина, 1985; Шурыгин и др., 2000]. Важные признаки связаны с началом общего климатического потепления: это появление определенных видов и увеличение количества

пыльцы *Classopollis* в келловее. Новые данные и анализ литературы показывают, что последний признак является наиболее надежным, поскольку это прослеживается как в Восточной, так и в Западной Сибири, хотя в процентном отношении выражено по-разному. Важным признаком является также появление в бате спор глейхениевых папоротников и среди них рода *Gleicheniidites*, которые постепенно в келловее становятся постоянными компонентами комплекса, что особенно характерно для западных районов Западной Сибири [Ильина, 1895; Шурыгин и др., 2000 и др.].

В верхней части изученного разреза выявлены слои с палинофлорой, которые ранее были установлены на севере Восточной Сибири в разрезах Нордвик и Оленек [Никитенко и др., 2015; Nikitenko et al., 2018]. Палинологические признаки хорошо опознаются в разрезе Анабар. Основания некоторых палиностратонов могут рассматриваться как важные биостратиграфические реперы, важные для межрегиональной корреляции. Палинологические признаки, положенные в основу выделения их границ, прослеживаются кроме севера Сибири в среднем оксфорде и в средней части волжского яруса на севере Западной Европы, в средней части берриаса также на Приполярном Урале и Русской плите, а в переходном юрско-меловом интервале наблюдается широкая корреляция с Западной и Восточной Европой, Северной Америкой и Дальним Востоком [Никитенко и др., 2022].

Диноцистовые биостратоны установлены в батско-волжском интервале. Отметим, что в верхней части бата на территории Сибири биостратиграфическое подразделение по диноцистам установлено впервые. Ранее в этом регионе были обнаружены только единичные находки батских диноцист в Сургутском и Шаимском районах Западной Сибири [Шурыгин и др., 2000]. По материалам анабарского разреза в верхней части бата – низах келловее выявлена зона *Sirmiodinium grossii*, которая была впервые описана для этого интервала в Баренцевоморском регионе [Smelror, Below, 1992]. В средней части нижнего келловее по представительному присутствию вида-индекса в разрезе на р. Анабар выявлена зона *Fromea tornatilis*, которая может служить хорошим инструментом для корреляции разрезов восточных и западных областей этого региона [Никитенко и др., 2022]. Ее верхняя граница в разрезе на р. Анабар не установлена из-за сокращенной мощности келловее и размыва отложений в его верхней части. Выше по разрезу, в нижнем оксфорде определены комплексы диноцист, которые содержат стратиграфически важные виды, обеспечивая корреляцию с Восточной и Западной Европой, Баренцевоморским шельфом и Арктической Канадой. Зона *Wanaea fimbriata*, нижняя граница которой уверенно прослеживается в основании нижнего оксфорда по появлению вида-индекса, на р. Анабар охарактеризована рядом дополнительных признаков, которые хорошо опознаются в одновозрастных разрезах различных бореальных областей. В верхах оксфорда, кимеридже и волжском ярусе выявлены слои с диноцистами, ранее установленные в разрезах Нордвик и Оленек [Никитенко и др., 2015; Nikitenko et al., 2018]. Границы выделенных биостратонов охарактеризованы видами, которые имеют важное стратиграфическое и корреляционное значение, поскольку их появление фиксируется квазисинхронно на севере Западной Европы, в европейской части России и на Урале.

Надежная стратиграфическая основа позволяет проанализировать фациальную характеристику палинологических ассоциаций для узких стратиграфических интервалов. В изученном разрезе микрофитопланктон представлен диноцистами, прازیнофитами, акритархами и зелеными водорослями. В нижней части разреза (бат – середина волжского яруса) стабильно доминируют диноцисты, в верхней части разреза – прازیнофиты. Постоянное присутствие диноцист, которые часто достигают значительного количества и разнообразия, свидетельствует о нормально морских условиях. Это гониаулакоидные диноцисты семейств *Cladouruxiaceae*, *Paedodiniaceae*, *Gonyaulacaceae*, *Aegoligeraceae*. Среди прازیнофитов в большом количестве присутствует род *Leiosphaeridia* (до 65%).

Среди диноцист по всему разрезу доминируют проксиматные формы (без радиальных выростов) плохой сохранности: 12-45% в бат-нижневолжской части и 3-18% в волжско-берриасской. В бате-оксфорде среди проксиматных форм постоянно встречаются *Chytroeisphaeridia*, *Chlamydophorella*, *Evansia*, *Rynchodiniopsis*, *Atopodinium*, в келловей-оксфорде – *Lithodinia*, *Meiourugonyaulax*, *Dissiliodinium*, *Fromea*, *Gonyaulacysta*, в оксфорд-волжской части – *Cribroperidinium* и *Apteodinium*, волжско-берриасской – *Dingodinium* и *Jansonia*. Изменение таксономического состава диноцист связано как с эволюционными

событиями, так и с изменением палеообстановок. Хоратные формы (с длинными радиальными выростами) встречаются непостоянно и их количество обычно не превышает 2.5%. Обилие проксиматных форм характерно для ассоциаций диноцист в бореальных областях и свидетельствует об относительно прохладных палеообстановках [Smelror, 1993; Никитенко и др., 2015; Nikitenko et al., 2018 и др.].

Отдельно стоит отметить гониаулакоидные проксиматные и проскимохоратные формы простой морфологии групп *Escharisphaeridia-Batiacasphaera* и *Sentusidinium-Barbatacysta*. Они наиболее многочисленны и разнообразны практически по всему разрезу, что характерно для нестабильных экологических обстановок и мелководных условий [Никитенко и др., 2015; Nikitenko et al., 2018 и др.]. Незначительные глубины палеобассейна также подтверждаются небольшим количеством микрофитопланктона в целом: в большинстве образцов доминируют споры и пыльца наземных растений. Динамика соотношения морских и наземных палиноморф показывает, что наиболее мелководные обстановки существовали в бате и конце волжского века – бореальном берриасе. Здесь значительно сокращается количество палиноморф морского генезиса и разнообразие диноцист. Однако в ассоциациях микрофитопланктона наблюдаются существенные различия. В бате доминируют диноцисты, среди которых большого количества достигает род *Chytroeisphaeridia* (18-28%). В волжско-берриасских ассоциациях доминируют прازیнофиты *Leiosphaeridia*, что возможно связано с похолоданием, которое восстанавливается по результатам палеоэкологического анализа наземных палиноморф. Отметим, что в современных альгологических сообществах прازیнофиты более многочисленны в обстановках с прохладными температурными условиями [Guy-Ohlson, 1996]. В разрезе Анабар похолодание подтверждается постоянным присутствием в ассоциациях диноцист типично арктического вида *Paragonyaulacysta? borealis*, количество которого увеличивается (до 28%) в середине волжского века.

На небольшие глубины палеобассейна указывает также то, что во время наиболее выраженного трансгрессивного тренда в волжском веке увеличивается количество родов *Cribroperidinium* и *Apteodinium*, которые считаются показателями неглубоких областей неритовой зоны и иногда нестабильных условий [Wilpshaar, Leereveld, 1994; Nikitenko et al., 2018 и др.]. Во время трансгрессии в разрезе Анабар также возрастает количество хоратных форм и каватных диноцист подсемейства *Leptodinioidae* (*Scriniodinium*, *Sirmiodinium*) и *Gonyaulacoideae* (*Tubotuberella*), что на севере Сибири отмечается как признак, характерный для относительно глубоководных условий. Это зафиксировано в средней части волжского века в разрезах Нордвик и Оленек [Никитенко и др., 2015; Nikitenko et al., 2018]. Однако там акме этих форм более яркое, что согласуется с более глубоководными обстановками, которые восстанавливаются как по данным палинологии, так и на основе анализа фораминифер. В разрезе Анабар во время волжского трансгрессивного тренда постоянными компонентами ассоциаций также становятся *Cassiculosphaeridia* и *Occisucysta*. Еще один трансгрессивный тренд наблюдается в раннем оксфорде, но он менее заметный и отражается только в общем увеличении количества микрофитопланктона и разнообразия диноцист.

В келловее и оксфорде на основе палеоэкологического анализа спор и пыльцы наземных растений восстанавливается небольшое климатическое потепление. В ассоциациях диноцист это выражается в незначительном увеличении процентного содержания *Lithodinia*, *Meiourogonyaulax*, *Chlamydophorella*, *Sepispinula*, *Dissiliodinium*, *Atopodinium*, *Fromea*, *Rhynchodiniopsis*. Вероятно, эти роды можно рассматривать на севере Сибири как показатели более тепловодных условий.

Ассоциации спор и пыльцы наземных растений в изученном разрезе отличаются обилием и большим таксономическим богатством, что свидетельствует о благоприятных условиях на обрамляющих участках суши и развитии обильной и разнообразной растительности. Практически во всех образцах доминирует пыльца голосеменных. В ее составе резко преобладает мешковая пыльца, которую продуцировали древние хвойные, видимо, составляющие основное ядро древесных сообществ. Незначительное процентное содержание пыльцы гинкговых, хейролепидиевых, таксодиевых и сциадопитисовых отражает особенности древесной флоры Сибирско-Канадской палеобиогеографической области с влажным и теплоумеренным климатом [Вахрамеев, 1988; Ильина, 1985]. Среди спор наибольшего количества достигают споры циатейных/диптерисовых и осмундовых папоротников, что также характерно для сибирских

палеофлор. Увеличение количества влаголюбивых папоротников в бате-келловее и второй половине волжского века – начале берриаса указывает на более влажный климат в эти периоды. Об этом также свидетельствует повышенное содержание спор плаунов и мхов, которые среди споровых растений наиболее требовательны к влаге. Большое родовое и видовое разнообразие папоротников, мхов и плаунов показывает, что влажные местообитания были разнообразны и отличались особенностями экологических условий. Во влажные периоды, видимо, была более развита речная и озерная сеть: в это время в ассоциациях микрофитопланктона постоянно присутствуют пресноводные зеленые водоросли речного/дельтового (*Ovoidites*, *Schizosporis*) и озерного (*Botriococcus*) генезиса.

Работа подготовлена при поддержке грантов РФФ 22-17-00054 и РФФИ 20-05-00076.

Литература:

- Вахрамеев В.А.* Юрские и меловые флоры и климаты Земли. М.: Наука, 1988. 215 с.
- Ильина В.И.* Палинология юры Сибири. М.: Наука, 1985. 237 с.
- Никитенко Б.Л., Шурыгин Б.Н., Князев В.Г., Меледина С.В., Дзюба О.С., Лебедева Н.К., Пещевицкая Е.Б., Глинских Л.А., Горячева А.А., Хафаева С.Н.* Стратиграфия юры и мела Анабарского района (Арктическая Сибирь, побережье моря Лаптевых) и бореальный зональный стандарт // Геология и геофизика. 2013. Т. 54 (№ 8). С. 1047–1082.
- Никитенко Б.Л., Князев В.Г., Пещевицкая Е.Б., Глинских Л.А., Кутыгин Р.В., Алифиров А.С.* Высокорастворимая стратиграфия верхней юры побережья моря Лаптевых // Геология и геофизика. 2015. Т. 56 (№ 4). С. 845–872.
- Никитенко Б.Л., Девятков В.П., Пещевицкая Е.Б., Попов А.Ю., Фурсенко Е.А., Хафаева С.Н.* Стратиграфия, литология и геохимия прибрежных и мелководно-морских разрезов верхов средней юры – низов мела р. Анабар (Арктическая Сибирь) // Геология и геофизика. 2022. В печати.
- Шурыгин Б.Н., Никитенко Б.Л., Девятков В.П., Ильина В.И., Меледина С.В., Гайдебурова Е. А., Дзюба О.С., Казаков А.М., Могучева Н.К.* Стратиграфия нефтегазоносных бассейнов Сибири. Юрская система. Новосибирск: Гео, 2000. 480 с.
- Guy-Ohlson O.* Prasinophycean algae // Jansonius, J., McGregor, D.C.(Eds.), *Palynology: principals and application*, in 3 volumes. Salt Lake City: Publishers Press, 1996. Vol. 1. P. 181–191.
- Nikitenko B.L., Pestchevitskaya E.B., Khafaeva S.N.* High-resolution stratigraphy and palaeoenvironments of the Volgian - Valanginian in the Olenek section (Anabar-Lena region, Arctic Eastern Siberia) // *Rev. Micropalaeontol.* 2018. Vol. 61. P. 271–312.
- Smelror M.* Biogeography of Bathonian to Oxfordian (Jurassic) dinoflagellates: Arctic, northwest Europe and Circum-Mediterranean // *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology.* 1993. Vol. 102 (No. 1). P. 121–160.
- Smelror M., Below R.* Dinoflagellate biostratigraphy of the Toarcian to Lower Oxfordian (Jurassic) of the Barents Sea Region // *Arctic Geology and Petroleum Potential. Nor. Pet. Soc. Spec. Publ.* 1992. Issue 2. P. 493–511.
- Wilpshaar M., Leereveld H.* Palaeoenvironmental changes in the Early Cretaceous Vocontian Basin (SE France) reflected by dinoflagellate cysts // *Review of Palaeobotany and Palynology.* 1994. Vol. 84. P. 121–128.



**СПЕКТРОСКОПИЯ ХАРАКТЕРИСТИЧЕСКИХ ПОТЕРЬ ЭНЕРГИИ
ЭЛЕКТРОНАМИ (ELECTRON ENERGY LOSS SPECTROSCOPY, EELS) В ИЗУЧЕНИИ
СОДЕРЖАНИЯ КРЕМНЕЗЕМА В СПОРОДЕРМЕ ПОЛУШНИКА *ISOETES
ECHINOSPORA DURIEU*.**

С.В. Полева

*Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва,
spolevova@gmail.com*

**ELECTRON ENERGY LOSS SPECTROSCOPY, EELS IN THE STUDY OF THE SILICA
CONTENT IN THE ISOETES SPORODERM *ISOETES ECHINOSPORA DURIEU*.**

S. Polevova

Lomonosov Moscow State University, Moscow

Среди всех неорганических соединений кремнезем наиболее часто встречается у растений. Было обнаружено, что присутствие кремнезема в растениях облегчает переживание многих типов абиотических и биотических стрессов [Frew, et al., 2018]. Отложения кремнезема способствуют механической прочности [Hodson et al., 2005], защите от патогенных микроорганизмов [Wang et al., 2017], от травоядных животных [Massey et al., 2006], помогает при дефиците важных микроэлементов [Hernandez-Araolaza, 2014], и в присутствии токсичных металлов [Bhat et al., 2019], поддерживает жизнедеятельность при засолении и дефиците воды [Coskun et al., 2016]. Механизмы такого положительного влияния не всегда удается расшифровать. Отложение кремнезема связано с некоторыми олиго- и полисахарами. Так, маноза у диатомовых определяется в вакуолях, связанных с отложением кремнезема в створках [Li et al., 1989]. У хвощей гемицеллюлоза и каллоза - важнейший молекулярный шаблон для биологического окремнения [Law, Exley, 2011]. Кремнезем и пектин, глюко- и маннаноподобные гликозиды определяются совместно в сферических гранулах, которые сосредоточены на поверхности элатер спор хвощей [Volkov et al., 2019]. Каллоза связана с отложением кремнезема у мутантного арабидопсиса [Brugi re, Exley 2017]. Кремний в вегетативных частях растений встречается в нескольких группах, обычно как фитолиты – кремнеземные тельца различных форм и размеров, выделяемые растительными клетками и тканями, в листьях и стеблях, например, у мхов [Thummel et al. 2019], папоротников и плауновидных [Mazumdar, 2011], цветковых [Sharma et al. 2019]. Эта особенность давно и успешно используется в фитолитном анализе [Perry, 2009]. В оболочках спор и пыльцевых зерен кремнезем также часто встречается как особый слой, обычно самый наружный. Например, у антоцеротовых [Filin, Platonova, 2018], хвощей [Volkov et al. 2019], папоротников и плауновидных [Tuyon, Lugardon, 1991], в пыльце цветковых [Crangr, May, 1974]. Особенно хорошо представлен кремнезем в оболочках спор гетероспоровых плауновидных, *Selaginella* и *Isoetes*. Причем для крупных мегаспор кремнезем в спородерме был описан уже очень давно [Fitting, 1900].

Споры *Isoetes echinospora* Durieu сильно различаются: женские – мегаспоры – трилетные, крупные около 1000 μm , с шиповатой поверхностью. Мужские – микроспоры – маленькие, овальные, 27 мкм по длинной оси, 18 мкм по короткой, полярная ось 20 мкм, с единственной лезурой. Скульптура шипиковатая, рис.1.

Спородерма у полушников имеет очень характерные ламеллы как у мега- так и у микроспор. В ней выделяют несколько слоев: самый наружный, темный, сетчатый (Si), ламеллярный экзоспорий (наружный (Экз1) и внутренний (Экз2)) и гомогенный, светлый эндоспорий (Энд), рис.1. Tuyon, Lugardon (1991) описал внешний кремнеземный слой на поверхности экзоспория у мегаспор полушника и селлагинеллы. Слой, расположенный на этом же месте у микроспор, назван авторами «периспорием» – то есть продуктом отложения материала из плазмодиального тапетума поверх экзоспория и после него. Химизм этого слоя у микроспор авторами не указан.

В процессе развития слои спородермы откладываются в следующем порядке. В тетраде первыми начинают откладываться ламеллы с белыми линиями наружного экзоспория (у микроспор их 2-3, у мегаспор их больше), затем откладывается матрикс, на основе которого

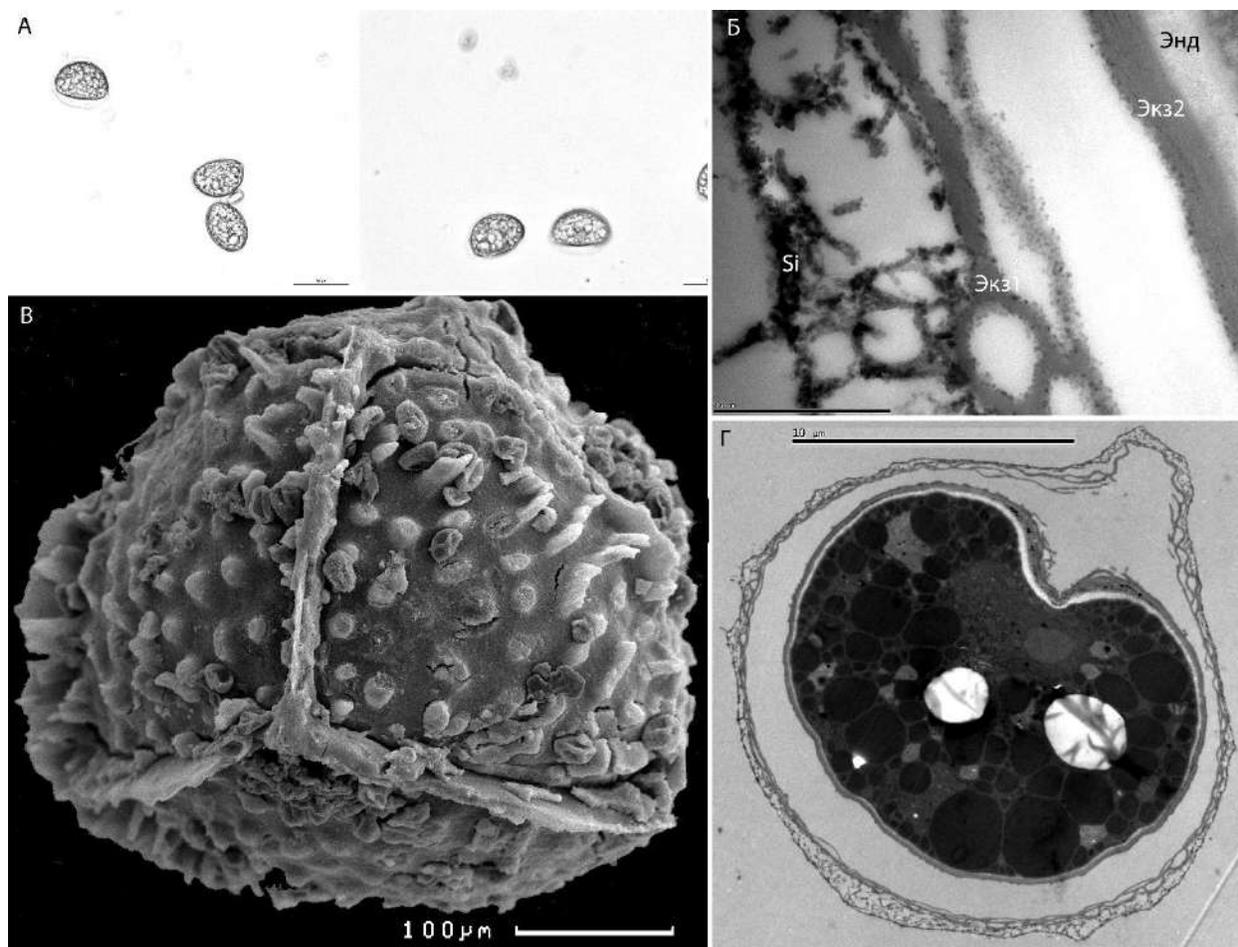


Рис. 1. Строение мега- и микроспор *Isoetes echinospora* Durieu.

А: микроспоры в световом микроскопе. **Б:** ультраструктура спородермы микроспоры, трансмиссионная электронная микроскопия (ТЭМ), Si – наружный слой кремнезема, Экз1 – наружные ламеллы экзоспория, Экз2 – внутренний слой экзоспория, Энд – эндоспорий. **В:** мегаспора с налитшими на её поверхность микроспорами в сканирующем электронном микроскопе. **Г:** срез микроспоры на стадии одной клетки на ТЭМ. Наружные слои спородермы отделены от внутренних, широкой полостью. Клетка мужского гаметофита заполнена темными каплями жиров, видны пара светлых амилопластов с крахмалом и серое ядро

формируется полость между внешним и внутренним экзоспорием, затем снова формируются ламеллы, но уже внутреннего экзоспория. Ламеллы внутреннего экзоспория откладываются плотно друг к другу, кроме небольших мест у микроспор, около апертуры, где остаются мультиламеллярные тела (зоны). У мегаспор все ламеллы внутреннего экзоспория расположены очень плотно и мультиламеллярных зон не наблюдается. По мере развития ламеллы толстеют, и белые линии исчезают. Все еще в тетраде у мегаспор становится видимым “faintly staining layer” поверх наружного экзоспория. В микроспорах подобного слоя в тетрадах не отмечено, хотя на фотографии 4D [Blackmore et al., 2012] серый слой поверх наружного экзоспория можно заметить. Поскольку этот слой виден еще в тетраде, то нет оснований считать его периспорием. При созревании спор так называемый «периспорий» становится все более электронноплотным. Процесс его отложения у микро- и мегаспор отличается. В мегаспорах его элементы начинают откладываться еще под специальной оболочкой и его элементы на значительной толщине внедрены между ламеллами наружного экзоспория. Наличие кремнезема в оболочке предполагается только для

мегаспор. Химизм наружного слоя оболочки (периспория) у микроспор не обсуждает [Blackmore et al. 2012].

Элементный анализ в просвечивающем электронном микроскопе может производиться с помощью рентгеновской энергодисперсионной спектроскопии ЭДС (EDS), либо с помощью спектроскопии характеристических потерь энергии электронов (electron energy loss spectroscopy, EELS).

ЭДС анализ может быть выполнен как с помощью сканирующего электронного микроскопа, так и помощью просвечивающего электронного микроскопа. В ЭДС анализе, осуществляемом в СЭМ, пучок электронов высокой энергии падает на образец и возбуждает рентгеновское излучение в микрообъеме порядка 1 мкм^3 . Такое взаимодействие ухудшает пространственное разрешение ЭДС анализа. ЭДС на основе ТЭМ обладает лучшим пространственным разрешением, потому что объем взаимодействия ограничен толщиной исследуемого среза. Метод ЭДС дает информацию об элементном составе. Результаты такого анализа могут быть легко искажены сигналами рентгеновского излучения от материалов, окружающих объект интереса, например, от медных сеток и полимерных подложек, обычно используемых в качестве опор ультратонких срезов образца в ТЭМ.

В EELS упруго (без потерь) и неупруго (с частичной потерей энергии) рассеянные электроны из интересующей области в образце направляются в спектрометр, смонтированный в нижней части колонны ТЭМ, т.е. по ходу пучка электронов, что значительно повышает уровень сигнала. Важно отметить, что в энергетическом спектре присутствует сильный фон, интенсивность которого увеличивается с толщиной образца. В толстых образцах фоновый сигнал может достигать чрезвычайно больших значений, и анализировать энергетический спектр в этом случае нецелесообразно. EELS является прекрасным дополнением к ЭДС, который относительно прост в применении и чувствителен к относительно тяжелым элементам (начиная с углерода). EELS - более сложный метод, предназначенный для работы с тонкой структурой спектров и определения не только элементного состава, но и характера химических связей, валентности атомов, свойств валентной зоны и полосы проводимости. EELS прекрасно себя показал при анализе легких элементов (начиная с бора), аналитические пики которых лежат в области энергий до 2 кэВ. Пространственное разрешение при анализе методом EELS определяется диаметром электронного пучка и может достигать долей нанометра.

Taylor [1992] использовал энергодисперсионный анализ (EDS в СЭМ) для обнаружения кремния в оболочках мегаспор *Isoetes melanopoda*. Кремний обнаруживался у разных мегаспор в одном спорангии в разном количестве, вплоть до полного отсутствия. Мегаспоры нескольких видов средиземноморских полушников были исследованы на СЭМ ЭДС. Для них показан кремний во внешней оболочке мегаспор [Troia et al. 2012]. Кремнезем откладывается на мегаспорах вне зависимости от субстрата, в том числе у видов, произрастающих на щелочных почвах. Кремний показан в мегаспорах методом ЭДС и у бразильских видов полушника. При этом ни листья, ни микроспоры не были проанализированы на кремний [Nunes et al. 2018].

Растения *Isoetes echinospora* Durieu в период спороношения, начало августа 2018 года, были собраны в воде озера Белое близ деревни Дубасово Шатурского района Московской области ($55^{\circ}15'01.8''\text{N } 39^{\circ}59'35.5''\text{E}$), на глубине 1 метра. Отпрепарированные спорангии из пазух листьев в розетке на разных стадиях были зафиксированы, заключены в смесь эпоновых смол по стандартной методике [Завьялова и др., 2018]. Ультратонкие срезы (60 нм толщиной) изготовлены алмазным ножом (Diatom, 45°) на ультратоме Лейка UC6 и исследованы на ТЭМ JEM-1011 и JEM-2100 (JEOL, Япония) в лаборатории электронной микроскопии биологического факультета МГУ.

EDS-анализ показал наличие кремния на срезах оболочки мегаспор в наружном кремнеземном слое и в темных включениях в промежутках между ламеллами наружного экзоспория. Однако точность локализации кремния при этом типе анализа была слишком низкой, чтобы достоверно выявить кремний на ламеллах спородермы.

EFTEM-карты показали сигнал кремния в микроспорах в наружном слое, так называемом «периспории», по краям ламелл наружного экзоспория и на поверхности внутреннего экзоспория, а также в темных включениях внутри эндоспория под лезурой.

Собрав спектры EELS (дисперсия 0.05 эВ, разрешение 1.6 эВ) с разных участков оболочек мега- и микроспор, удалось установить, что сигнал от внутренних частей спородермы был недостоверным. Элементный сигнал кремния на EELS спектрах подтвердился только на зрелых спорах. На мегаспорах в наружной кремнеземной оболочке и на темных включениях в промежутках между наружными ламеллами наружного экзоспория (рис.2) кремний достоверно есть. На зрелых микроспорах сигнал кремния подтвердился в так называемом «периспории» и на самых наружных ламеллах наружного экзоспория (рис.2). Кроме того, по форме кривой спектра EELS можно с большой долей вероятности судить о том, что кремний в оболочке спор находится именно в

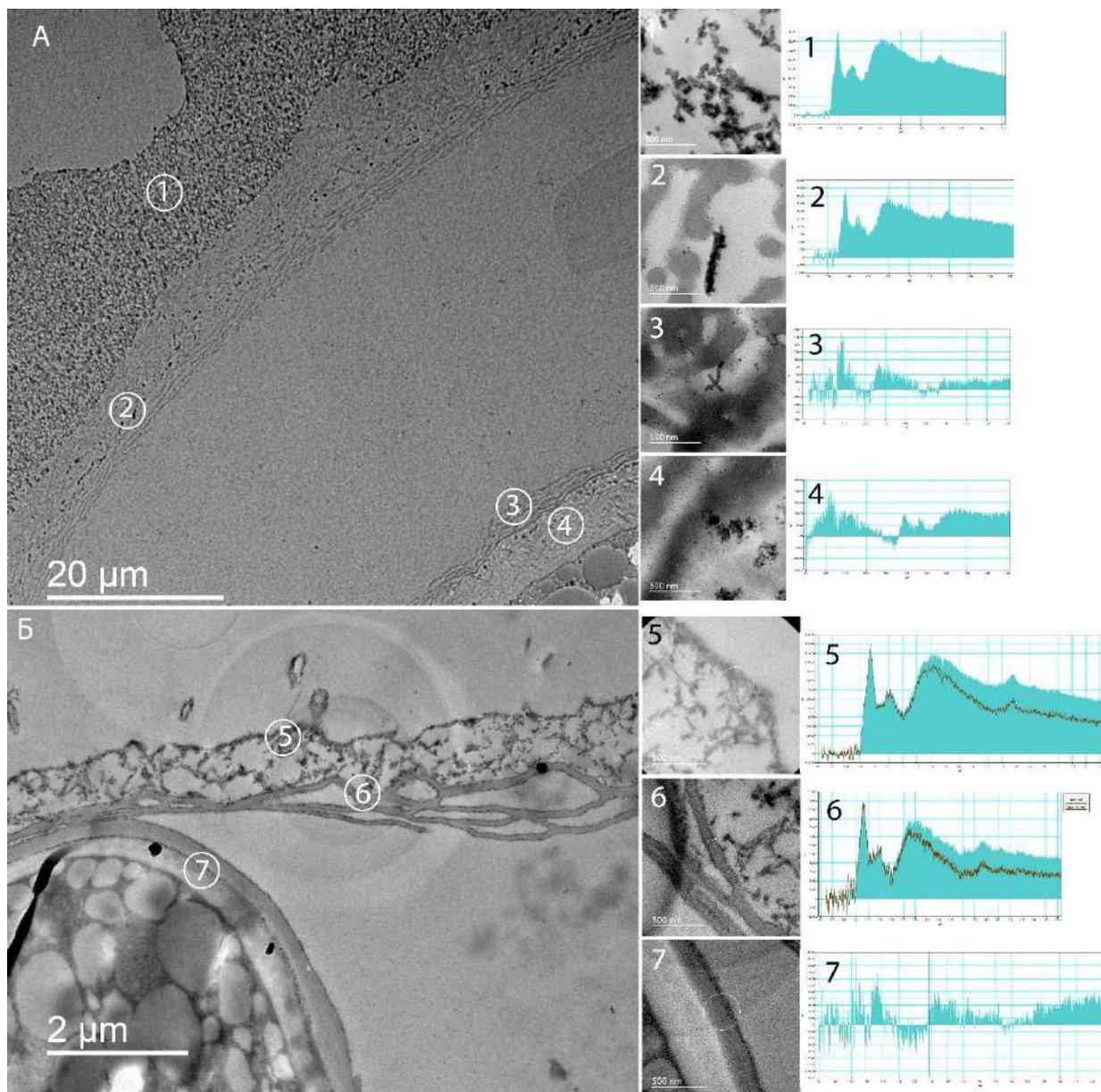


Рис. 2. Элементный анализ слоев спородермы мега- и микроспор *Isoetes echinospora* Durieu при помощи EELS ТЭМ: А: срез спородермы мегаспоры с четырьмя участками элементного анализа

←
(к Рис.2) Участок 1 в кремнеземном слое и спектр, построенный для него. Участок 2 в наружных ламеллах экзоспория с темными включениями кремнезема и спектр для него. Участок 3 во внутренних ламеллах экзоспориума и его спектр, в котором не выявляются никакие пики кроме фона. Участок 4 в эндоспориуме с темными вкраплениями и его спектр с фоном без выраженных пиков. Б: срез спородермы микроспоры с тремя участками элементного анализа. Участок 5 в кремнеземном слое и спектр построенный для него. Участок 6 в наружных ламеллах экзоспория с темными включениями кремнезема и спектр для него. Участок 7 включающий внутреннюю ламеллу экзоспориума, эндоспориум и его спектр, в котором не выявлены никакие пики кроме фона.

форме диоксида (кремнезем) [Fig.1 в работе Schneider et al 1996].

Внутренние ламеллы наружного экзоспория, внутренних экзоспорий и темные включения в эндоспории мега- и микроспор кремний на спектрах EELS не показали. Поиски кремния в молодой микроспоре тоже не дали результатов методами EDS и EELS. Сопоставление по положению, морфологии и элементному составу «периспория» микроспоры и наружного кремнеземного слоя у мегаспор говорят в пользу полной гомологии этих слоев. Цвет и размер частиц в этих слоях у микро- и мегаспор одинаков (6–10 nm). Веточки, составленные из этих частиц (15–30 nm диаметром) составляют чрезвычайно сходный паттерн, но у мегаспор этот слой гораздо толще. Поскольку периспорием этот слой назвать нельзя [Taylor 1992, 1993; Troia et al. 2012], то надо оставить за этим слоем название кремнеземной оболочки как для мегаспор, так и для микроспор.

Литература:

Завьялова Н.Е., Теклева М.В., Полевова С.В., Богданов А.Г. Исследование палинологических объектов методами электронной микроскопии. РИПОЛ классик, Москва, 2018. 334 с.

Bhat J.A., Shivaraj S.M., Singh P., Navadagi D.B., Tripathi D.K., Dash P.K., Solanke A.U., Sonah H., Deshmukh, R. Role of Silicon in Mitigation of Heavy Metal Stresses in Crop Plants. *Plants (Basel, Switzerland)*, 2019. Vol.8(3). P.71. <https://doi.org/10.3390/plants8030071>

Blackmore S., Takahashi M., Uehara K. & Wortley A.H. Development of megaspores and microspores in *Isoetes japonica* A. Br. (Lycopodiophyta: Isoetaceae). *Grana*. 2012. Vol. 51. P. 84–96.

Brugiére T., Exley C. Callose-associated silica deposition in Arabidopsis. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*. 2017. Vol. 39. P. 86-90. <https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2016.08.005>

Coskun D., Britto D.T., Huynh W.Q., Kronzucker H.J. The Role of Silicon in Higher Plants under Salinity and Drought Stress. *Front Plant Sci*. 2016. Vol. 7. P. 1072. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.01072>

Crangr E., May G. Evidence for silicon as a prevalent elemental component in pollen wall structure. *Can. J. Bot*. 1974. Vol. 52. P. 2171–2174.

Filin V.R., Platonova A.G. Siliceous sporoderm of hornworts: an apomorphy or a plesiomorphy? *Wulfenia*. 2018. Vol. 25. P.131–156.

Fitting H. Bau und Entwicklungsgeschichte der Makrosporen von *Isoetes* and *Selaginella* und ihre Bedeutung für die Kenntniss des Wachstums pflanzlicher Zellmembranen. *Botanische Zeitung*. 1900. Vol. 58. P.107–165.

Frew A., Weston L.A., Reynolds O.L., Gurr G.M. The role of silicon in plant biology: a paradigm shifts in research approach. *Annals of botany*. 2018. Vol. 121(7). P. 1265–1273. <https://doi.org/10.1093/aob/mcy009>

Hernandez-Apaolaza L. Can silicon partially alleviate micronutrient deficiency in plants? a review. *Planta*. 2014. Vol. 240. P. 447–458. <https://doi.org/10.1007/s00425-014-2119-x>

Law C., Exley C. New insight into silica deposition in horsetail (*Equisetum arvense*). *Law and Exley BMC Plant Biology*. 2011. Vol. 11. P.112. <http://www.biomedcentral.com/1471-2229/11/112>

Li C.-W., Chu S., Lee M. Characterizing the silica deposition vesicle of diatoms. *Protoplasma*. 1989. Vol. 151. P.158–163.

Massey F.P., Ennos A.R., Hartley S.E. Silica in grasses as a defence against insect herbivores: contrasting effects on folivores and a phloem feeder. *J Anim Ecol*. 2006. Vol. 75(2). P. 595–603. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2656.2006.01082.x>

Mazumdar J. Phytoliths of pteridophytes. South African Journal of Botany. 2011. Vol. 77. P. 10–19. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2010.07.020>

Nunes G.L., Oliveira R.R.M., Guimarães J.T.F., Giuliatti A.M., Caldeira C., Vasconcelos S., et al. Quillworts from the Amazon: A multidisciplinary populational study on *Isoetes serracarajensis* and *Isoetes cangae*. PLoS ONE. 2018. Vol. 13(8). P. e0201417. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0201417>

Perry C.C. An Overview of Silica in Biology: Its Chemistry and Recent Technological Advances. Pp. 295–313. In Müller W.E.G. and Grachev M.A. (eds.), Biosilica in Evolution, Morphogenesis, and Nanobiotechnology, Progress in Molecular and Subcellular Biology, Marine Molecular Biotechnology 2009. 47. <https://doi.org/10.1007/978-3-540-88552-8>

Schneider R., Woltersdorf J., Lichtenberger O. ELNES across interlayers in SiC(Nicalon) fibre-reinforced Duran glass. J. Phys. D: Appl. Phys. 1996. Vol. 29. P. 1709. <https://doi.org/10.1088/0022-3727/29/7/005>

Sharma R., Kumar V., Kumar R. Distribution of phytoliths in plants: a review. Geology, ecology, and landscapes. 2019. Vol. 3(2). P. 123–148 <https://doi.org/10.1080/24749508.2018.1522838>

Taylor W.A. Megaspore wall development in *Isoetes melanopoda*: morphogenetic post-initiation changes accompanying spore enlargement. Review of Palaeobotany and Palynology. 1992. Vol. 72(1–2). P. 61–72. [https://doi.org/10.1016/0034-6667\(92\)90176-H](https://doi.org/10.1016/0034-6667(92)90176-H)

Taylor W.A. Megaspore wall ultrastructure in *Isoetes*. American Journal of Botany. 1993. Vol. 80. P. 165–171. <https://doi.org/10.1002/j.1537-2197.1993.tb13785.x>

Thummel R.V., Brightly W.H., Stromberg C.A.E. Evolution of phytolith deposition in modern bryophytes, and implications for the fossil record and influence on silica cycle in early land plant evolution. New Phytologist. 2019. Vol. 221. P. 2273–2285 <https://doi.org/10.1111/nph.15559>

Troia A., Bazan G., Schicchi R. Micromorphological approach to the systematics of Mediterranean *Isoëtes* species (Isoëtaceae, Lycopodiophyta): analysis of the megaspore surface. Grana. 2012. Vol. 51(1). P. 35–43 <https://doi.org/10.1080/00173134.2011.637131>

Tryon A.F., Lugardon B. Spores of the pteridophyta: surface, wall structure, and diversity based on electron microscope studies. N.Y., 1991. 648 p.

Volkov V.V., Hickman G.J., Sola-Rabada A., Perry C.C. Distributions of Silica and Biopolymer Structural Components in the Spore Elater of *Equisetum arvense*, an Ancient Silicifying Plant. Front. Plant Sci. 2019. Vol. 10. P. 210. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00210>

Wang M., Gao L., Dong S., Sun Y., Shen Q., Guo S. Role of Silicon on Plant-Pathogen Interactions. Frontiers in plant science. 2017. Vol. 8. P. 701. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00701>



**ДИАТОМЕИ И ЦИСТЫ ДИНОФЛАГЕЛЛАТ КАК ИНДИКАТОРЫ
ЛЕДОВО-МОРСКОГО ОСАДКОАКОПЛЕНИЯ В АРКТИЧЕСКИХ МОРЯХ**

Е.И.Полякова¹, Т.С.Клювиткина¹, Е.А.Новичкова², Е.А.Агафонова²

¹*Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва,
ye.polyakova@mail.ru, t.klyuvitkina@mail.ru*

²*Институт океанологии имени П.П. Ширшова РАН, Москва, enovichkova@mail.ru,
agafonovaelizaveta@mail.ru*

**DIATOMS AND DINOFLAGELLATE CYSTS AS INDICATORS
OF SEA-ICE SEDIMENTATION IN THE ARCTIC SEAS**

Ye.I.Polyakova¹, T.S.Klyuvitkina¹, E.A. Novichkova², E.A. Agafonova²

¹*Lomonosov Moscow State University, Moscow*

²*P.P.Shirshov Institute of Oceanology RAS, Moscow*

В высокоширотных областях Арктики и Антарктики распространен особый тип литогенеза, названный А.П.Лисицыным «морской ледовый седиментогенез» [Лисицын, 1994, 2010; Lisitzin, 2002]. Ведущим агентом подготовки, транспортировки и отложения осадочного вещества в этих обширных областях Мирового океана, занимающих в настоящее время $\frac{1}{4}$ его площади, являются различного типа морские льды и айсберги. В холодные эпохи позднего кайнозоя площади распространения айсбергов и образующихся при замерзании морской воды морских льдов, способные переносить осадочный материал очень широкого диапазона крупности, существенно расширились, возростала продолжительность существования сезонных морских льдов. Главным индикатором этих палео процессов является материал ледового разноса, вмещающий в лед в процессе его формирования и поступающий в морские и океанические осадки в результате таяния льдов.

История морского ледового покрова представляет значительный интерес для разработки климатических моделей, палеоокеанологии и эволюции биосферы. Биоценозы морских льдов являются важнейшей составной частью полярных экосистем. В целом, как в северных, так и в южных высоких широтах Мирового океана одним из основных методов реконструкций морского ледового покрова до настоящего времени является исследование в морских осадках остатков микроскопических организмов, в той или иной степени связанных с распространением морских льдов [Hillaire-Marcel et al., 2007; Полякова, 1997; Armand et al., 2017; Polyakova, 2003 и др.]. Традиционно, в первую очередь, использование диатомовых водорослей, кремниевые створки которых сохраняются в осадках. Морские диатомеи включают группу специфических ледово-морских видов, обрастающей нижнюю и боковую поверхности морских льдов, и фактически представляют единственную группу микроводорослей, часть жизненного цикла которых связана со льдами. Они наиболее часто обеспечивают свидетельства изменения границ распространения сезонных морских льдов в голоцене и неоплейстоцене арктических морях, в субарктических районах Тихого и Атлантического океанов, Норвежском и Гренландском морях, а также Южном океане [Sancetta, 1983; Cook et al., 2005; Katsuki, Takahashi, 2005; Коç et al., 1993; Gersonde, Zielinski, 2000; Armand et al., 2017 и многие другие].

Основными источниками поступления диатомей в осадки арктических морей являются фитопланктон и так называемая «ледово-морская» («sea ice») - криофильная - флора диатомей. В арктических морях вклад ледовых биоценозов в годовую первичную продукцию составляет в среднем 20–25% [Legendre et al., 1992], при этом большая ее часть поступает в короткий (< 2-х недель) весенний период «цветения» льдов.

Криофильная флора диатомей - важнейший компонент арктических морских экосистем. Термин «криофильная флора» был введен П.И. Усачевым [1949] и подразумевал ледовые сообщества и планктонные диатомеи, связанные в своем развитии с морскими льдами. Среди почти 150 видов, установленных к тому времени в морских льдах Арктики (сейчас этот список насчитывает почти 600 таксонов) [Melnikov, 1997; Ильяш, Житина, 2009; Poulin et al., 2010], П.И. Усачев выделил группу «типичных криофилов», включив в него 24 наиболее обычных и массовых вида, развивающихся на нижней и боковой поверхностях морских льдов. В зарубежной литературе, несмотря на большое терминологическое разнообразие, наиболее часто

используется понятие “морские ледовые водоросли” (“sea-ice algae”), которое характеризует флору микроводорослей, чье развитие происходит при непосредственном контакте с морскими льдами - либо прикрепленными к кристаллам льда, либо в воде, содержащейся между кристаллами [Hornner, 1989]. Р. Хорнер в составе ледовых фитоценозов выделяет 14 наиболее обычных и массовых видов диатомей, образующих группу типичных криофилов. По данным К. Сансетты [Sancetta, 1981, 1983], наиболее показательными видами ледовитости морей по материалам из субарктических районов Тихого океана являются *Attheya septentrionalis*, *Fragilariopsis oceanica*, *F. cylindrus*, ареал которых не выходит за границу распространения плавучих льдов. Вслед за П.И. Усачевым и Р. Хорнер, рядом других исследователей автор этой статьи включает в группу «типичных криофилов» виды диатомей, обитающие в нижних 10-20 см морских льдов и образующие также скопления (“агрегаты”) различных размеров и формы на нижней и боковой поверхностях льдов, омываемых морскими водами, которые создают вспышку «весеннего цветения» ледово-морской альгофлоры и подледного фитопланктона [Полякова, 1997; Полякова и др., 2017].

Многочисленные виды диатомей, зафиксированные во льдах Северного Ледовитого океана, попадают туда, главным образом, в процессе формирования льдов и могут служить надежными индикаторами происхождения льдов, условий их формирования, возраста, путей дрейфа в океане. Виды диатомей, инкорпорированные в лед, могут быть разделены на следующие основные группы: 1) типичные планктонные виды, попадающие на поверхность льдов с волновыми заплесками или намерзающие на нижнюю поверхность льдов с мелкими кристаллами новообразованного льда; 2) бентосные морские диатомей, вмержающие в припайные льды в процессе их формирования в прибрежной зоне арктических морей или интенсивного ледообразования в районах незамерзающих квазистационарных заприпайных полыней; 4) пресноводные виды диатомей, поступающие в прибрежную зону с речным стоком или речными льдами; 5) разнообразные диатомей в составе аэрозолей, выпадающие на поверхность морских льдов со снегом.

Основными продуцентами в составе биоценозов морских льдов являются ледово-морские диатомей (около 30 таксонов): *Nitzschia frigida*, *N.promare*, *N.arctica*, *Fragilariopsis oceanica*, *F.cylindrus*, *Pauliella taeniata*, *Fossula arctica*, *Navicula septentrionalis*, *N.vanhoeffenii*, *Attheya septentrionalis*, *Melosira arctica*, *Haslea vitrea*, *Pseudogomphonema arctica*, *Entomoneis kjelmanii* и другие). Кремниевые створки этих диатомей, сохраняющиеся в донных осадках морей, являются надежными индикаторами распространения морских льдов на арктических шельфах в недавнем геологическом прошлом [Полякова, 1997; Polyakova, 2003]. К сожалению, за пределами шельфа арктических морей диатомей практически не встречаются в глубоководных осадках Северного Ледовитого океана, что связано с низкой продуктивностью вод и растворением кремниевых створок диатомей в условиях дефицита растворенного кремния в арктических водах [Полякова, 1997].

В последние годы нами установлено, что распределение ледово-морских диатомей в осадках сибирских морей и их участие в составе диатомовых ассоциаций в целом соответствует ледово-гидрологическим условиям. Выявлено, что скачкообразное увеличение процентного содержания ледово-морских диатомей (>10–20%) в составе диатомовых ассоциаций из поверхностного слоя донных осадков, как в Карском море, так и море Лаптевых приурочено к среднему межгодовому положению Великой Сибирской полыни [Polyakova, 2003; Полякова и др. 2009]. В прибрежных районах, где формируются припайные льды, концентрации ледово-морских диатомей в осадках крайне низкое, а их суммарное содержание в ассоциациях не превышает 10%. Самыми высокопродуктивными в Северном Ледовитом океане (> 1000 мгС/м²/г) являются области заприпайных полыней – Великой Сибирской полыни и крупнейшие полыни у берегов Северной Гренландии [Романкевич, Ветров, 2021]. Согласно нашим данным, в поверхностных осадках моря Лаптевых из районов, соответствующих среднему межгодовому положению заприпайной полыни, концентрации ледово-морских диатомей возрастают почти на порядок. Севернее полыни, под припайными льдами, концентрации ледово-морских диатомей в осадках и их роль в составе диатомовых ассоциаций резко возрастают (>10–20%), в целом закономерно увеличиваясь к северу, где достигают максимальных значений (50-60%).

Помимо типичных криофилов выделяется группа так называемых ледово-неритических видов диатомей, характерных компонентов весенних фитоценозов арктических и субарктических вод, вегетация которых начинается при отрицательных температурах поверхностных вод у кромки тающих морских льдов: *Thalassiosira nordenskioldii*, *T. hyaline*, *T. gravida* и др. Температура подледных вод определяет продуктивность криопелагических фитоценозов – вегетация диатомовых водорослей, как показали исследования, возможна при отрицательных температурах (-1,8 - -1,5° С), однако при повышении температур в зависимости от видового состава наблюдается увеличение их численности.

Анализ таксономического разнообразия ледово-морских ассоциаций в фитоценозах льдов и подледного планктона в морях Арктики и Субарктики, а также поверхностных осадках этих морей по опубликованным данным и собственным материалам исследований, выявил единообразие видового состава доминирующих ледово-морских диатомей [Полякова, неопубликованные данные]. Наши наблюдения подтверждаются и анализом биоразнообразия морских пелагических и ледовых микроводорослей, выполненным М. Poulin с соавторами [2010], которые показали, что вопреки существовавшим ранее представлениям микрофлора пан-Арктики, включая Норвежско-Гренландский бассейн, Гудзонов и Баффинов заливы, отличается высоким разнообразием видов (> 2000). Доминируют по числу установленных таксонов диатомей (1227) и динофлагеллаты (441). При этом из четырех выделенных М. Poulin районов (Канадская, Скандинавская, Российская и Аляскинская Арктика). единым для всех районов является постоянная встречаемость холодноводного комплекса ледово-морских и ледово-неритических диатомей, включающего *Thalassiosira gravida*, *T. nordenskioldii*, *Cylindrosetella closterium*, *Fragilariopsis oceanica*, *Chaetoceros furcellatus*. Субдоминантами являются криофильные ледово-морские виды - *Attheya septentrionalis*, *Melosira arctica*, *Enthomoneis kjelmanii*, *Nitzschia frigida*, *Fragilariopsis cylindrus*, *Navicula directa*, *Pauliella taeniata*. Из динофлагеллат постоянно встречается в Арктике лишь один вид *Protoberidinium pellucidum*.

В Северной Пацифике, включая Берингово и Охотское моря, А.П. Жузе и С. Sancetta были выполнены наиболее детальные исследования диатомовых ассоциаций в поверхностных осадках и установлена их зависимость от океанологических условий, включая границы распространения сезонных льдов. Выявлены наиболее значимые для палеореконовструкций виды-индикаторы морских льдов. По их участию в составе диатомовых ассоциаций показано, что в конце позднего неоплейстоцена (18-23 тыс.л.н.) наблюдалось значительное смещение к югу границы сезонных льдов, которые занимали практически всю акваторию Берингова моря. Начало деградации морского ледового покрова и быстрое смещение к северу его южных границ произошло около 8 тыс.л.н. [Жузе, 1962; Sancetta, 1980, 1983; Cook et al., 2005 и др.].

Аналогичные методические работы и палеореконовструкции по диатомеям были выполнены для Гренландского, Исландского и Норвежского морей, где диатомей весьма обильны в осадках, начиная с максимума последнего оледенения [Коç-Karpuz, Schrader, 1990; Коç et al., 1993; Birks, Коç, 2002 и др.].

В настоящее время основным направлением реконструкций палеоокеанологических условий с использованием микроорганизмов является разработка новых биогеохимических методов, прежде всего биомаркеров [Masse et al. 2011; Stein et al., 2012 и др.]. Установлено, что диатомей продуцируют широкий спектр пигментов, позволяющих им обитать в широком диапазоне интенсивности солнечной инсоляции, включая условия низкой инсоляции в полярных районах под морскими льдами. Конечными продуктами фотосинтеза у диатомей являются жиры, состав которых может служить важным диагностическим видовым признаком, что положило начало использованию биохимического анализа липидов и жирных кислот для палеоокеанологических реконструкций. В Арктике успешно используется биомаркер диатомей морского льда IP₂₅ в верхнеплейстоценовых-голоценовых осадках для реконструкций морского ледового покрова.

В отличие от криофильных диатомей динофлагеллаты никогда не были обильны в морских льдах, несмотря на то, что в них зафиксировано большое количество видов, которые включаются в лед в процессе его формирования [Melnikov, 1997; Tuschling et al., 2000]. Однако к настоящему времени в арктических морях известен лишь один вид динофлагеллат, достоверно являющийся криофилом, так как изредка был встречен в больших количествах на нижней поверхности льдов

в период их «цветения» [Okolodkov, 1999]. Вместе с тем, выделяются ледово-неритические, ассоциированные с морскими льдами популяции динофлагеллат, встречающиеся в составе ранневесеннего фитопланктона в непосредственной близости от тающих льдов, которые состоят как из фототрофных, так и гетеротрофных видов из родов *Gymnodinium*, *Gyrodinium*, *Amphidinium*, *Protoperidinium* [Melnikov, 1997; Tuschling et al., 2000 и др.]. Содержание в ассоциациях диноцист из осадков моря Лаптевых ледово-неритических видов было положено нами в основу реконструкций изменений ледовитости моря за последние 18 тыс.лет [Клювиткина, Полякова, 2019]

На соотношении цист автотрофных и гетеротрофных видов динофлагеллат в ассоциациях диноцист в осадках разработаны методики количественной оценки продолжительности морского ледового покрова в высоких широтах Северного полушария и выполнены палеорекострукции для неоплейстоцена и голоцена [de Vernal et al., 2013 a, b]. В основу методики авторами положен обширный материал поверхностных проб и колонок донных осадков из Северного Ледовитого океана, включая Норвежское и Гренландское моря, а также субарктических районов Атлантического и Тихого океанов. В этих районах выделены две группы диноцист: 1) характерные для районов с продолжительным, почти круглогодичным покровом сезонных морских льдов (*Islandinium minutum*, *Echinidinium karaense*, *Polykrikos* sp., *Spiniferites elongatus-frigidus* и *Impagidinium pallidum*); 2) космополитичные таксоны, более характерные для субарктических районов (*Operculodinium centrocarpum*, *Pentapharsodinium dalei* и *Brigantedinium* spp.) Анализ канонического соответствия, проведенный для сообществ диноцист, иллюстрирует взаимосвязь с параметрами поверхностных вод, такими как соленость, температура и морской ледовый покров. Применение современного аналогового метода позволяет реконструировать сезонную продолжительность морского ледяного покрова (количество месяцев в году с концентрацией морского льда более 50%) или среднегодовую концентрацию морских льдов. (в десятых долях). Несмотря на возможные ошибки, связанные с неопределенностью возрастной оценки исследованных осадков, в целом использование диноцист полезно для количественных реконструкций сезонного морского ледового покрова.

Работа выполнена в рамках госзадания лаборатории новейших отложений и палеогеографии плейстоцена географического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова «Палеогеографические реконструкции природных геосистем и прогнозирование их изменений» (№121051100135-0).

Литература:

Жузе А.П. Стратиграфические и палеогеографические исследования в северо-западной части Тихого океана. М.: Изд-во Академии наук СССР. 1962. 259 с.

Ильяш Л.В., Житина Л.С. Сравнительный анализ видового состава диатомовых водорослей льдов морей Российской Арктики // Журнал общей биологии. 2009. Т.70. №2. С.143–154.

Клювиткина Т.С., Полякова Е.И. Изменения палеогеографических условий в море Лаптевых в позднем плейстоцене и голоцене по материалам исследования водных палиноморф // Океанология. 2019. Том 59. № 3. С. 433–448.

Лисицын А.П. Ледовая седиментация в Мировом океане. М.: Наука. 1994. 448 с.

Лисицын А.П. Новый тип седиментогенеза в Арктике – ледовый морской, новые подходы к исследованию процессов // Геология и геофизика. 2010. Т.51. №1. С.18–60.

Полякова Е.И. Арктические моря Евразии в позднем кайнозое. М.: Научный мир. 1997. 145 с.

Романкевич А.Е., Ветров А.А. Углерод в мировом океане. М.: ГЕОС. 2021. 352 с. <https://doi.org/10.34756/GEOS.2021.16.37857>

Усачев П.И. Микрофлора полярных льдов. Тр.ИО АН СССР. Т.III. 1949.С.216-259.

Armand L., Ferry A., Leventer A. Advances in palaeo sea ice estimation. In: D. N. Thomas (ed.) *Sea ice* (3rd ed. 2017. P. 600–629). John Wiley & Sons. 2017. <https://doi.org/10.1002/9781118778371.ch26>

Birks C.J.A., Koç, N. A high-resolution diatom record of late-Quaternary sea-surface temperatures and oceanographic conditions from the eastern Norwegian Sea // *Boreas*. 2002. 31(4). P. 323–344.

- Cook M.S., Keigwin L.D., Sancetta C.S.* The deglacial history of surface and intermediate water of the Bering Sea // *Deep-Sea Research*. 2005. Vol. II 52. P. 2163–2173.
- de Vernal A., Hillaire-Marcel C., Rochon A. et al.* Dinocyst-based reconstructions of sea ice cover concentration during the Holocene in the Arctic Ocean, the northern North Atlantic Ocean and its adjacent seas // *Quat. Sci. Rev.* 2013a. <http://dx.doi.org/10.1016/j.quascirev.2013.07.006>
- de Vernal A., Rochon A., Fréchette B. et al.* Reconstructing past sea ice cover of the Northern Hemisphere from dinocyst assemblages: status of the approach // *Quaternary Science Reviews*. 2013b. Vol. 79. P. 122–134.
- Gersonde R., Zielinski U.* The reconstruction of late Quaternary Antarctic sea-ice distribution - the use of diatoms as a proxy for sea-ice. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 2000. 162. P.263–286.
- Hillaire-Marcel C., de Vernal A. (eds).* Proxies in late Cenozoic paleoceanography. *Developments in Marine Geology*. Vol.1. 2007. Amsterdam: Elsevier. 843pp
- Horner R.* Arctic sea-ice biota. In: Herman Y., ed. *The Arctic Seas. Climatology, Oceanography, Geology, and Biology*. New York. Van Nostrand Reinhold Company. 1989. P. 123–146.
- Katsuki K., Takahashi K.* Diatoms as paleoenvironmental proxies for seasonal productivity, sea-ice and surface circulation in the Bering Sea during the late Quaternary. *Deep-Sea Research II*. 2005. [Doi:10.1016/j.dsr2.2005.07.001].
- Koç N., Jansen E. and Haflidason H.* Paleoceanographic reconstructions of surface ocean conditions in the Greenland, Island and Norwegian seas through the last 14 ka based on diatoms // *Quaternary Science Reviews*. 1993. V.12. P.115–140.
- Koç-Karpuz N., Schrader H.* Surface sediment diatom distribution and Holocene paleotemperature variations in the Greenland, Iceland and Norwegian Seas // *Paleoceanography*. 1990. Vol. 5. P. 557–580.
- Legendre L., Akey S.F., Dieckmann G.S. et al.* Ecology of sea ice biota. 2. Global significance // *Polar Biology*. 1992. V.12. P. 429–444.
- Lisitzin A. P.* Sea ice and iceberg sedimentation in the ocean: recent and past. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 2002. 563 p. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-55905-1>
- Masse G., Belt S., Crosta X. et al.* Highly branched isoprenoids as proxies for variable sea ice conditions in the Southern Ocean. *Antarctic Science*, 23. 2011. P. 487–498.
- Melnikov I.A.* The Arctic Sea Ice Ecosystem. Amsterdam: Gordon&Breach. 1997. 204 p.
- Okolodkov. Y.B.* An ice-bound planktonic dinoflagellate *Peridiniella catenata* (Levander) Balech: Morphology, ecology and distribution // *Botanica Marina*. 1999. V. 42. P. 333–341.
- Polyakova Ye.I.* Diatom assemblages in the surface sediments of the Kara Sea (Siberian Arctic) and their relationship to oceanological conditions. *Siberian River Run-Off in the ara Sea: Characterization, Quantification, Variability and Environmental Significance*. *Proceedings in Marine Sciences*. R.Stein, K.Fahl, D.K.Fütterer et al. (eds.). Amsterdam, 2003. 375–400. P.
- Poulin M., Daugbjerg N., Gradinger R., et al.* The pan-Arctic biodiversity of marine pelagic and sea-ice unicellular eukaryotes: a first-attempt assessment // *Mar. Biodiversity*. 2010. DOI 10.1007/s12526-010-0058-8.
- Sancetta C.* Distribution of diatom species in surface sediments of the Bering and Okhotsk seas // *Micropaleontology*. 1982. Vol. 28. P. 221–257.
- Sancetta C.* Effect of Pleistocene glaciation upon oceanographic characteristics of the North Pacific Ocean and Bering Sea // *Deep Sea Research*. 1983. Vol. 30 (8A), P. 851–869.
- Tuschling K., Juterzenka K., Okolodkov Y.B., et al.* Composition and distribution of pelagic and sympagic algal assemblages in the Laptev Sea during autumnal freeze-up. *J Plankton Res.* 2000. Vol.22(5). P.843–864. <https://doi.org/10.1093/plankt/22.5.843>
- Stein R., Fahl K., Müller J.* Proxy Reconstruction of Cenozoic Arctic Ocean Sea-Ice History – from IRD to IP25 // *Polarforschung*. 2012. V. 82 (1). P. 37–71.



СТРУКТУРА СООБЩЕСТВ ДИАТОМЕЙ И ДИНОФЛАГЕЛЛАТ В ОСЕННЕМ ПЛАНКТОНЕ МОРЕЙ ЛАПТЕВЫХ И ВОСТОЧНО-СИБИРСКОЕ КАК ОТРАЖЕНИЕ ЛЕДОВО-ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ (СЕНТЯБРЬ 2008)

Е.И.Полякова¹, И.М.Крюкова², Т.С.Клювиткина¹, А.Е.Новихин³, Ф.М.Мартынов³

¹*Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, ye.polyakova@mail.ru, t.klyuvitkina@mail.ru*

²*Институт океанологии им.П.П.Ширшова РАН, Москва, kryukova.irina88@yandex.ru*

³*Арктический и Антарктический научно-исследовательский институт, С.-Петербург, andrey.novikhin@gmail.ru, fedor.martynov@gmail.com*

COMMUNITY STRUCTURE OF DIATOMS AND DINOFLAGELLATES IN AUTUMNAL PLANKTON OF THE LAPTEV AND EAST-SIBERIAN SEAS IN RELATION TO HYDROLOGY AND SEA-ICE CONDITIONS (SEPTEMBER 2008)

Ye.I.Polyakova¹, I.M.Kryukova², T.S.Klyuvitkina¹, A. E. Novikhin³, F. M. Martynov³

¹*Lomonosov Moscow State University, Moscow*

²*P.P.Shirshov Institute of Oceanology RAS, Moscow*

³*Arctic and Antarctic Research Institute, St.-Petersburg*

Введение

Арктика представляет собой один из наиболее чувствительных элементов глобальной природной системы и, как считается, быстро реагирует на изменения климата. Потепление и одновременная потеря льда, которые ускоряются в последние десятилетия, приводят к увеличению первичной продукции и содержания органического углерода в арктических морях [Arrigo, Dijken 2015; Wassmann et al. 2010; Романкевич, Ветров, 2021]. Они также влияют на структуру планктонных сообществ в Северном Ледовитом океане, что привело к переходу к пелагической системе, в которой доминирует гетеротрофный метаболизм в нескольких арктических регионах с увеличением продуктивности токсичных видов динофлагеллат [Lasternas, Agusti, 2010; Agusti et al., 2010]. Наблюдается миграция конкурирующих видов на север [Bauerfeind et al. 2009] и изменение размерной структуры сообщества фитопланктона в сторону более мелких водорослей [Li et al. 2009].

По сравнению с другими арктическими морями Евразии фитопланктон самых высокоширотных из них - Лаптевых и Восточно-Сибирское менее изучены из-за удаленности и суровых ледово-гидрологических условий в течение всего года. Большинство исследований фитопланктона проводилось в восточной части моря Лаптевых в незамерзающие периоды (август-сентябрь) или в начале ледостава (октябрь) [Киселев 1932; Tuschling et al. 2000; Kraberg et al. 2013; Sukhanova et al. 2017; Polyakova et al., 2021].

В этом исследовании представлены общие и региональные характеристики фитопланктона, включая таксономический состав и характер распределения биомассы водорослей в восточной части моря Лаптевых и западной части Восточно-Сибирского моря в сентябре 2008 года. Наше внимание было сосредоточено на анализе того, как факторы окружающей среды определяют изменчивость фитопланктона в течение исследуемого периода.

Результаты и обсуждение

Это исследование основано на материалах, собранных в ходе экспедиции TRANSDRIFT XIV на борту R/V "Иван Петров" в моря Лаптевых и Восточно-Сибирское с 6 по 25 сентября 2008 года. Экспедиция проводилась в рамках российско-германского мультидисциплинарного проекта "Фронтальные зоны и системы полыней в море Лаптевых" (2007-2010). В общей сложности пробы для анализов были отобраны на 63 станциях, где глубины варьировали от 10 до 57 м. Современные ледово-гидрологические условия в море Лаптевых в значительной степени контролируются стоком реки Лена (70% общего стока рек в это море). Эти воды в основном направляются на восток и северо-восток через крупнейшие Трофимовскую и Быковскую протоки в дельте Лены (61% и 25% соответственно), опресняя эти районы моря. Распространение речных вод на шельфе моря зависит от преобладающей с июня по сентябрь атмосферной циркуляцией

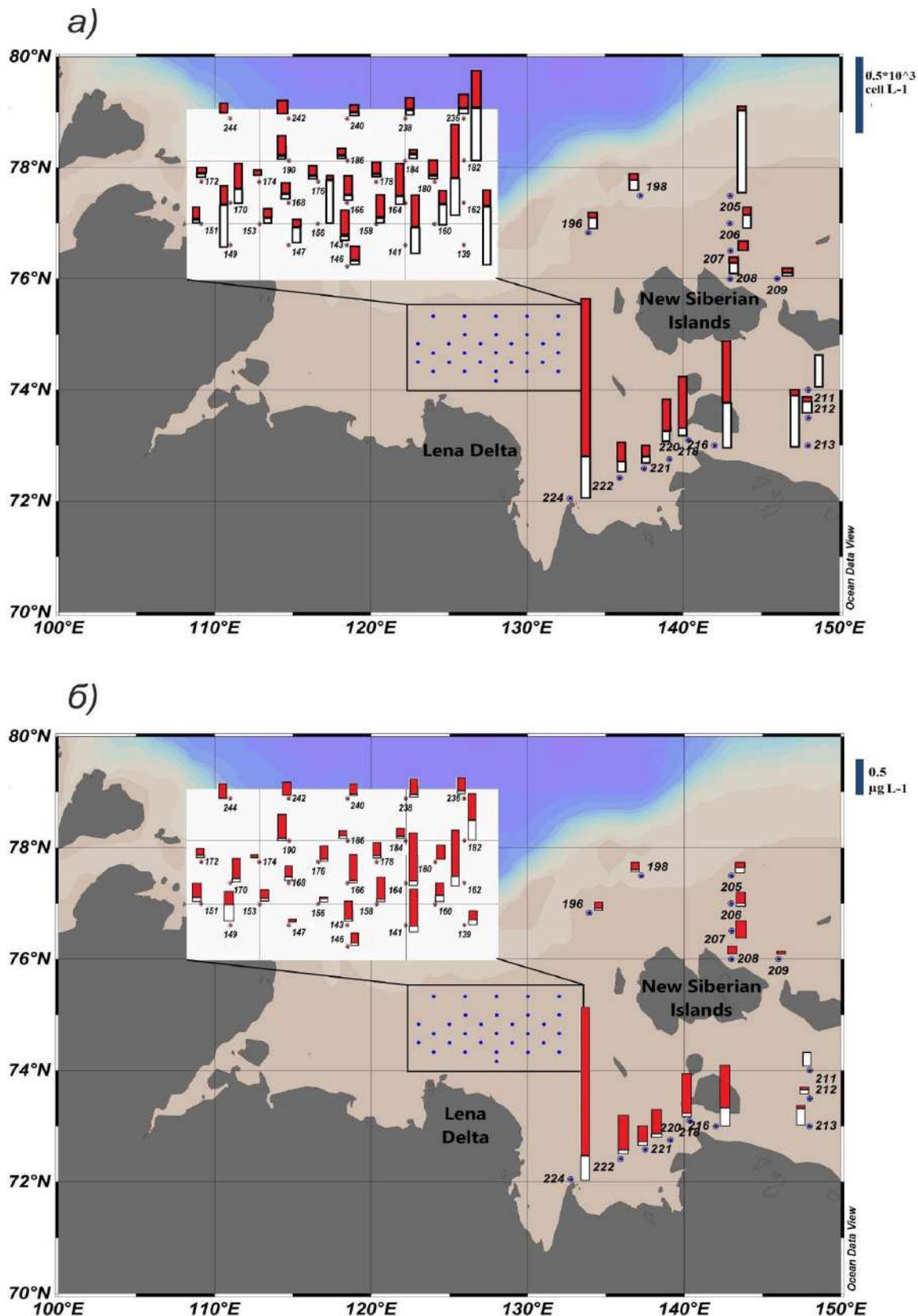


Рис. 1. (а) общая численность (количество клеток на L^{-1}) диатомовых водорослей (белая колонка) и динофлагеллат (красная колонка) в толще воды в море Лаптевых и западной части Восточно-Сибирского моря (сентябрь 2008 года); (б) общая биомасса ($\mu\text{g C на } L^{-1}$) диатомовых водорослей (белый столбик) и динофлагеллат (красная колонка) в толще воды в море Лаптевых и западной части Восточно-Сибирского моря сентябрь 2008 года).

над морем Лаптевых. Отбор проб происходил в четырех районах, которые характеризуются различными ледово-гидрологическими условиями (рис.1): (1) центральная часть шельфа моря Лаптевых, район к северу от дельты Лены; (2) юго-восточная часть внутреннего шельфа моря Лаптевых между мысом Буор-Хая и проливом Дмитрия Лаптева; (3) западная часть Восточно-Сибирского моря между Новосибирскими островами и континентом; (4) внешний шельф морей Лаптевых и Восточно-Сибирское, к северу от Новосибирских островов.

Настоящее исследование показало, что в течение ранней осени 2008 года (6-25 сентября) в сообществах фитопланктона в морях Лаптевых и Восточно-Сибирском доминировали морские диатомеи и динофлагеллаты, единично отмечены силикофлагеллаты и пресноводные зеленые водоросли. Видовой состав фитопланктона четко отражает ледово-гидрологические условия за период наблюдений. Прежде всего, обращает на себя внимание полное отсутствие ледово-морских видов диатомей, которые типичны для биоценозов сезонных морских льдов в арктических морях. Этот факт связан с положением кромки льда за пределами зоны отбора проб в сентябре 2008 года. По данным Tuschling et al. [2000] первый морской лед и связанные с ним диатомовые водоросли в 1995 году появились в море Лаптевых только в конце октября.

Поступление арктических водных масс с севера определяет видовой состав сообществ диатомовых водорослей и динофлагеллат, которые в основном представлены холодноводными аркто-бореальными и биполярными видами (около 30%). Таксономически разнообразны космополитические и аркто-бореально-тропические виды (более 40%), обладающие высокой экологической пластичностью, что позволяет им обитать в условиях высокой изменчивости температуры и солености морских вод. Море Лаптевых и западная часть Восточно-Сибирского являются последними из евразийских арктических морей, получающими трансформированные атлантические воды, которые переносятся вдоль континентального склона. Некоторые виды динофлагеллат (*Pentaparsodinium dalei* и *Protoceratium reticulatum*) рассматриваются как индикаторы атлантических вод в Северном Ледовитом океане [Matthiessen et al., 2005]. Их появление на шельфе моря Лаптевых обусловлено поступлением атлантических вод на шельф благодаря реверсивным придонным течениям.

Распределение речных вод на шельфе, поставляемых, главным образом, рекой Лена (>70%) обусловлено атмосферной циркуляцией. Летом 2008 году циркуляция характеризовалась антициклональным режимом, который определял распространение речных водных масс на север и северо-восток. На это указывали максимальные концентрации растворенного кремния в водах и самая низкая соленость в поверхностном слое воды в этом районе. Биогенные элементы (фосфаты, силикаты), влияющие на продуктивность фитопланктона, также поступают в море с речными водами. К концу лета и осенью речной сток сокращается, что приводит к уменьшению поступления биогенных элементов в арктические моря, уровень которых снижается также из-за биоассимиляции. Истощение биогенных элементов в водах на большей части исследованной акватории морей Лаптевых и Восточно-Сибирское [Polyakova et al., 2021] отражается на низких значениях биомассы фитопланктона. Пространственное распределение хлорофилла *a*, который рассматривается как показатель продуктивности фотосинтезирующего фитопланктона, в целом соответствует изменениям распределения речных вод на шельфе. Самые высокие концентрации хлорофилла *a* (до 2.0–2.3 мг/м³) установлены в верхних слоях пресноводной линзы к северу от дельты Лены и в опресненных водах в юго-восточной части моря Лаптевых с высоким содержанием растворенного кремния.

Основываясь на полученных данных о видовом составе и продуктивности фитопланктона, выделено четыре района с характерными сообществами водорослей, соответствующие различным ледово-гидрологическим обстановкам в сентябре 2008 года (рис.1). На внешнем шельфе морей Лаптевых и Восточно-Сибирское (к северу от Новосибирских островов) фитопланктон в основном состоял из морских неритических видов диатомей рода *Chaetoceros* (*C.furcellatus*, *C.diadema*, *C.debilis*, *C.constrictus*), которые типичны для весеннего фитопланктона арктических морей. В августе 2008 года этот район был покрыт льдом в течение длительного времени (ААНИИ, база данных), что могло привести к позднему развитию летнего фитопланктона в северной части исследуемого района. Вертикальные профили флуоресценции выявили максимум хлорофилла *a* на глубине 25 м. Это могло быть вызвано опускающимися на дно вегетативными клетками *Chaetoceros* и их покоящимися спорами. Высокие концентрации

последних можно рассматривать как индикатор сезонных изменений условий окружающей среды в сторону неблагоприятных, так как обычно образование покоящихся спор вызывается абиотическим стрессом, таким как истощение питательных веществ или ограничение освещенности [Sugie, Kumar 2008]. Согласно нашим гидрохимическим данным, воды к северу от Новосибирских островов были бедны фосфатами и силикатами в этот период.

Внутренний шельф моря Лаптевых характеризовался летне – осенней переходной фазой в развитии фитопланктона. Сообщества водорослей включали автотрофные динофлагеллаты (*Gonyaulax spinifera*, *Prorocentrum cordatum*, *P.compressum*, *Amylax triacantha*) и виды диатомей, которые типичны для поздней весны – раннелетнего фитопланктона в арктических шельфовых морях. Доминировали неритические виды диатомей из рода *Thalassiosira* (*T.hyperborea*, *T.baltica*, *T.gravida*, *T.nordenskioldii*, а также *Thalassionema nitzschioides*, *Leptocylindrus danicus*, *L.minimus*. С другой стороны, значительный вклад в общее количество и биомассу водорослей вносили гетеротрофные виды динофлагеллат из родов *Dinophysis* и *Protoperidinium* (*D.acuminata*, *D.contracta*, *D.norvegica*, *P.pallidum*, *P.pellucidum*, *P.ovatum*, *P.granii*), которые типичны для позднего летнего фитопланктона в арктических шельфовых морях.

Динофлагеллаты были более многочисленны к северу-востоку от дельты Лены, где наблюдалась строгая стратификация водной толщ. Считается, что динофлагеллаты чувствительны к турбулентным процессам и предпочитают условиям слабого перемешивания [Trigueros et al., 2001]. Преобладали в фитопланктоне этой области планктонные неритические диатомей, также как и в западной части Восточно-Сибирского моря (*T.hyperborea*, *T.baltica* и *T.antarctica*), в то время как динофлагеллаты были субдоминантной группой. Этот регион характеризовался более равномерным вертикальным распределением солености и температуры в толще воды, что могло быть результатом активных гидродинамических процессов. Сильная турбулентность в зоне мелководного шельфа являлась причиной высокого процента бентических видов в фитопланктоне, как наблюдалось на станциях у острова Котельный.

Заключение

По сравнению с предшествующими исследованиями, выполненными в морях Лаптевых и Восточно-Сибирское, нами получены материалы, собранные на обширной площади, что позволило выявить региональные особенности структуры сообществ фитопланктона, и их связь с различными ледово-гидрологическими и гидрохимическими условиями морей.

Внешний шельф моря Лаптевых летом 2008 года был покрыт сезонными льдами в течение более длительного времени по сравнению с внутренним шельфом. В результате, в сентябре этого года в фитопланктоне на внешнем шельфе преобладали типичные поздневесенние виды диатомовых водорослей. Юго-восточная часть внутреннего шельфа, который в основном подвержен влиянию речного стока, характеризовался летне – осенней переходной фазой в развитии фитопланктона. Такое смешение сообществ микроводорослей в море Лаптевых было связано с различными ледово-гидрологическими и гидрохимическими условиями моря.

Общая численность и биомасса фитопланктона постепенно снижались в северном направлении. Динофлагеллаты и диатомей доминировали в сообществах фитопланктона на большинстве станций. Диатомей в основном представлены неритическими морскими и солоноватоводно-морскими видами, среди которых наиболее многочисленны были холодноводные арктическо-бореальные и биполярные виды родов *Thalassiosira* и *Chaetoceros*. В составе динофлагеллат преобладали миксо- и гетеротрофные виды родов *Dinophysis* и *Protoperidinium*).

Работа выполнена в рамках госзадания лаборатории новейших отложений и палеогеографии плейстоцена географического факультета Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова «Палеогеографические реконструкции природных геосистем и прогнозирование их изменений» (№121051100135-0)

Литература:

Киселев И.А. Материалы по микрофлоре юго-восточной части моря Лаптевых. В сб.: Исследования морей СССР. Государственный Гидрологический институт. Л.: 1932. С. 67–103.

Романкевич А.Е., Ветров А.А. Углерод в мировом океане. М.: ГЕОС. 2021. 352 с. <https://doi.org/10.34756/GEOS.2021.16.37857>

Суханова И.Н., Флинт М.В., Сергеева В.М. Структура планктонных сообществ в восточной части моря Лаптевых // *Океанология*. 2017. Том 57. Вып. 1. С. 86–102. <https://doi.org/10.1134/S0001437017010209>

Agusti S., Sejr M.K., Duarte C. Impact of climate warming on polar marine ecosystems // *Polar Biology*. 2010. Vol. 33. P.1595–1598. <https://doi.org/10.1007/s00300-010-0955-0>

Arrigo K., Dijken G.L. Continued increases in Arctic Ocean primary production. *Prog. Oceanogr.* 136:60–70. <https://doi.org/10.1016/j.pocan.2015.05.002>

Bauerfeind E., Noethig E.M., Beszczynska A. et al. Particle sedimentation patterns in the eastern Fram Strait during 2000–2005: results from the Arctic long-term observatory HAUSGARTEN. *Deep Sea Res.* 2009. I. Vol. 56. P.1471–1487. <https://doi.org/10.1016/j.dsr.2009.04.011>

Kraberg A.C., Druzhkova E., Heim B. et al. Phytoplankton community structure in the Lena Delta (Siberia, Russia) in relation to hydrography. *Biogeosciences*. 2013. Vol.10. P.7263–7277. <https://doi.org/10.5194/bg-10-7263-2013>

Lasternas S., Agusti S. Phytoplankton community structure during the record Arctic ice-melting of summer 2007. *Polar Biology*. 2010. Vol.33(12). P.1709–1717. <https://doi.org/10.1007/s00300-010-0877-x>

Li W.K., McLaughlin F.A., Lovejoy C. et al. Smallest algae thrive as the Arctic Ocean freshens. *Science*. 2009. 326:539. <https://doi.org/10.1126/science.1179798>

Matthiessen J., Vernal A., Head M. et al. Modern organic-walled dinoflagellates cysts in Arctic marine environments and their (paleo-) environmental significance. *Palaontol.* 2005. Z Vol.79(1). P.3–51. <https://doi.org/10.1007/BF03021752>

Polyakova Ye.I., Kryukova I.M., Martynov F.M. et al. Community structure and spatial distribution of phytoplankton in relation to hydrography in the Laptev Sea and the East Siberian Sea (autumn 2008) // *Polar Biology*. 2021. <https://doi.org/10.1007/s00300-021-02873-w>

Sugie K., Kuma K. Resting spore formation in the marine diatom *Thalassiosira nordenskiöldii* under iron- and nitrogen-limited conditions. *J Plankton Res.* 2008. Vol. 30(11):1245–1255. <https://doi.org/10.1093/plankt/fbn080>

Trigueros J.M., Orive E. Seasonal variations of diatoms and dinoflagellates in a shallow, temperate estuary, with emphasis on neritic assemblages. *Hydrobiologia*. 2001. Vol.444. P.119–133. <https://doi.org/10.1023/A:1017563031810>

Tuschling K., Juterzenka K., Okolodkov Y.B., et al. Composition and distribution of pelagic and sympagic algal assemblages in the Laptev Sea during autumnal freeze-up. *J Plankton Res.* 2000. Vol.22(5). P.843–864. <https://doi.org/10.1093/plankt/22.5.843>

Wassmann P., Slagstad D., Ellingsen I. Primary production and climatic variability in the European sector of the Arctic Ocean prior to 2007: preliminary results. *Polar Biology*. 2010. Vol. 33. P.1641–1650. <https://doi.org/10.1007/s00300-010-0839-3>



**ПАЛИНОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СТИПИНАЙСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ НА
ТЕРРИТОРИИ ЛАТВИИ (ГЛАВНОЕ ДЕВОНСКОЕ ПОЛЕ)**

М.Г. Раскатова, А.А. Щемелинина

*Воронежский государственный университет, Воронеж, mgraskatova@yandex.ru,
shemelininageol@yandex.ru*

**PALYNOLOGICAL CHARACTERISTICS OF STIPINAI DEPOSITS ON THE LATVIA
(MAIN DEVONIAN FIELD)**

M.G. Raskatova, A.A. Chshemelinina

Voronezh State University, Voronezh

Как самостоятельное подразделение в Прибалтике был выделен Н. Делле [Delle, 1935a] и обозначен индексом D3 f1. Позднее, этим же исследователем [Delle, 1935b, 1937], было отмечено двучленное ритмичное строение этого горизонта и впервые осуществлено сопоставление его со стипинайскими слоями Литвы [Dalinkevičius, 1939] и с воронежскими слоями Центрального девонского поля [Delle, 1937, 1938, 1942]. На огрском горизонте стипинайский залегают трансгрессивно, почти повсеместно с размывом. Горизонт сложен преимущественно доломитами и доломитовыми мергелями и распространен сплошным полем в Юго-Западной Латвии до линии г. Бауска – г. Елгава – г. Сабиле. В Латвии горизонт был подразделен В.С. Сорокиным [Сорокин, 1965] на имульские (название происходит от р. Имула) – половина горизонта D3 f1 схемы Н. Делле [Delle, 1942] и бауские (название происходит от стратотипа у г. Бауска) – верхняя половина горизонта схемы D3 f1 Н. Делле. На крайнем Западе Латвии бауские слои трудноотделимы от имульских. Эта единая толща представлена лагунно-морскими комковатыми песчано-глинистыми доломитами не охарактеризованными палеонтологически. В верхней части бауских слоев залегают пачка пятнисто-разнозернистых доломитов с крупными ходами роющих организмов фукоидного и хондритового облика, обугленными водорослями *Chaetocladus* и обломками древесины (район г. Бауски – на с.п. Юмправа – пос. Иецава). Эти слои соответствуют двум крупным ритмам с доломитовыми или терригенно-доломитовыми пачками в основании каждого из них. Из этих пачек был выделен воронежско-евлановский комплекс спор (в Латвии плохо изученный) и остатки *Theodossia semgalensis*. Это позволяет сопоставлять бауские и имульские слои со смотинскими и ловатскими слоями Великолуцкой и Оршанской впадин Московской синеклизы, а также с верхневоронежскими и, возможно, евлановскими слоями Центрального девонского поля и Припятского прогиба.

Повторно [Raskatova, Jurina, 2012] миоспоровый комплекс стипинайского горизонта изучался нами из разреза скважины № 5 в районе г. Бауски на территории Латвии. Образцы отбирались с глубин 34.7–39.5 м и практически все содержали комплексы миоспор, празиофитов и акритарх. Отложения горизонта представлены чередованием пачек кварцитовидных доломитов с остатками морской фауны, песчаниковидных – землистых доломитов с ходами роющих организмов и доломитовых мергелей с остатками ихтиофауны.

Полученный миоспоровый комплекс характеризуется доминированием миоспор рода *Geminospora*: *G. rugosa* (Naum.) Obukh. – 7 %, *G. compacta* (Naum.) Obukh. – 6 %, *G. micromanifesta* (Naum.) Owens – 4 %, *G. semilucensa* (Naum.) Obukh. et M.Rask. – 2 %. Другие роды имеют примерно одинаковое процентное содержание видов: *Membrabaculisporis radiatus* (Naum.) Arkh. – 2 %, *Diaphanospora rugosa* (Naum.) Byvsch. – 3 %, *Stenozonotriletes conformis* Naum. – 4%, *Ambitisporites definitus* (Naum.) Oshurk. – 3 %, *Tholisporites densus* McGreg. – 2%, *Verrucosisporites grumosus* (Naum.) Obukh. – 2 %, *Converrucosisporites curvatus* (Naum.) Turnau – 3 %, *Lophozonotriletes tylophorus* Naum. – 2 %, *Lophozonotriletes grandis* Naum. – 3 %, *Retusotriletes communis* Naum. – 4 %, *R. puchovii* Naum. – 4 %, *Cyclogranisporites rugosus* (Naum.) Oshurk. – 5 %, *C. rotundus* (Naum.) Oshurk. – 2 %, *Kedoesporis evlanensis* (Naum.) Obukh. – 7 %, *Auroraspora speciosa* (Naum.) Obukh. – 2 %, *Hystricosporites cf. grandiusculus* Kedo – 3 % и другие. Простые миоспоры без скульптуры и орнаментации экзины также присутствуют в комплексе: *Calamospora minutissima* (Naum.) Lub. – 7 %, *C. atava* (Naum.) McGreg. – 3 %, *Punctatisporites solidus* (Naum.) Byvsch. – 3 % (Рис. 1).

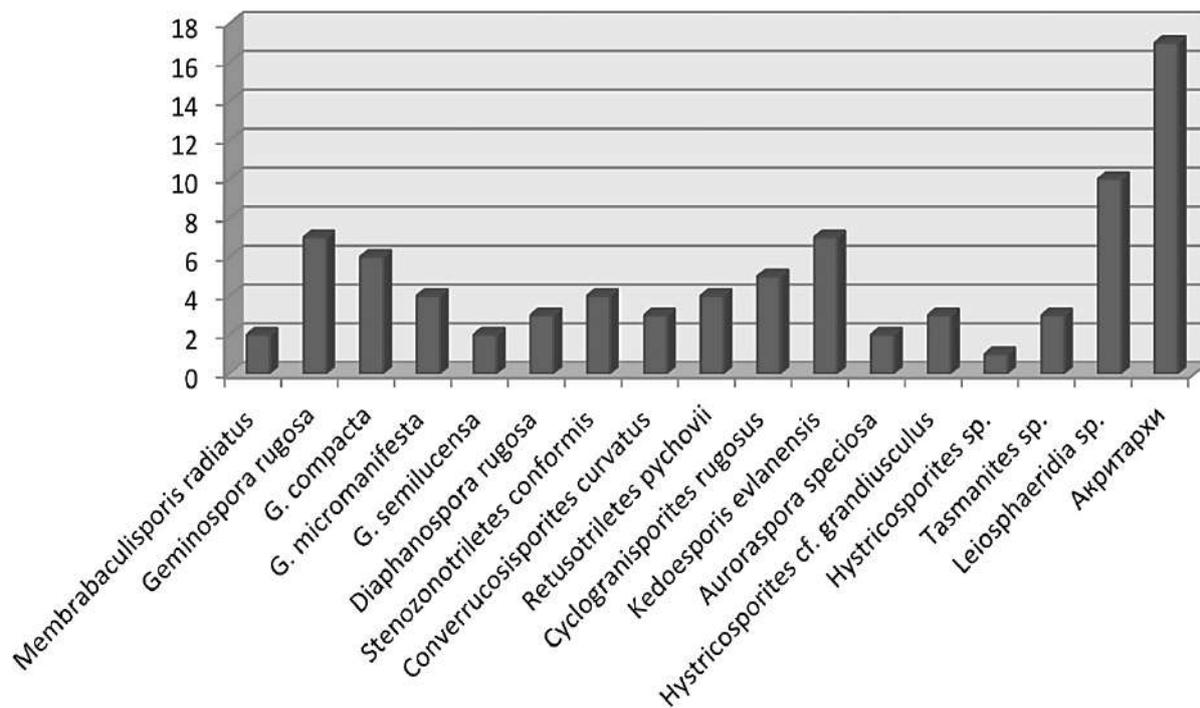


Рис. 1. Процентное содержание комплекса миоспор, празинофитов и акритарх из стипинайских отложений (скв. № 5 в районе г. Бауски, Латвия, Главное девонское поле)

В отложениях стипинайского горизонта на глубине 34.7 м установлено присутствие редуцированного комплекса палиноморф, включающего только два таксона празинофитов: *Tasmanites sp.* – 3 % и *Leiosphaeridia sp.* – 10%, а также пять видов акритарх, имеющих различные размеры и морфологию. Выявленные виды акритарх, в основном, принадлежат к интервалу распространения в пределах верхнего девона (франкий и фаменский ярусы): *Baltisphaeridium distentum* Playf. – 2 %, *Micrhystridium adductus* Wic. – 4 %, *Veryhachium arcarium* Wic. & Loeb. – 4 %, *V. cymosum* Wic. & Loeb. – 3 %, *Lophosphaeridium segregum* Playf. – 4 % и составляют 17 % (Рис. 1).

В стипинайских отложениях присутствие видов рода *Archaeoperisaccus* не установлено, что возможно объясняется малым количеством исследованных образцов, хотя этот стратиграфический уровень в других регионах характеризуется довольно устойчивым присутствием видов данного рода.

Руководящий комплекс миоспор I был выделен В.Р. Озолиню для бауской и амульской формаций в западной части Латвии. Комплекс содержал незначительное количество миоспор и отличался от миоспоровых комплексов, характерных для верхнефранских отложений Центрального девонского поля [Озолия, 1963].

Комплекс миоспор (Табл. I), выделенный нами для стипинайских отложений сопоставляется с XVI комплексом Центрального девонского поля [Раскатова, 1975], установленным для верхневоронежских отложений франского яруса Восточно-Европейской платформы. В отличие от XVI комплекса в стипинайском комплексе не присутствует вид-индекс зоны OG – *Archaeoperisaccus ovalis* [Avkhimovitch et al., 1993], но присутствует вид-индекс подзоны *Membraculisporis radiatus* и такие виды как: *Diaphanospora rugosa* (Naum.) Byvs., *Kedoesporis livnensis* (Naum.) Obukh. и *Verrucosiporites grumosus* (Naum.) Obukh., которые типичны для подзоны *Auroraspora speciosa* (AS), характеризующей евлановский горизонт. Как уже отмечалось для Pamūšis RS комплекс миоспор из Stipinai RS может быть отнесен к лоне (MR)

Таблица I

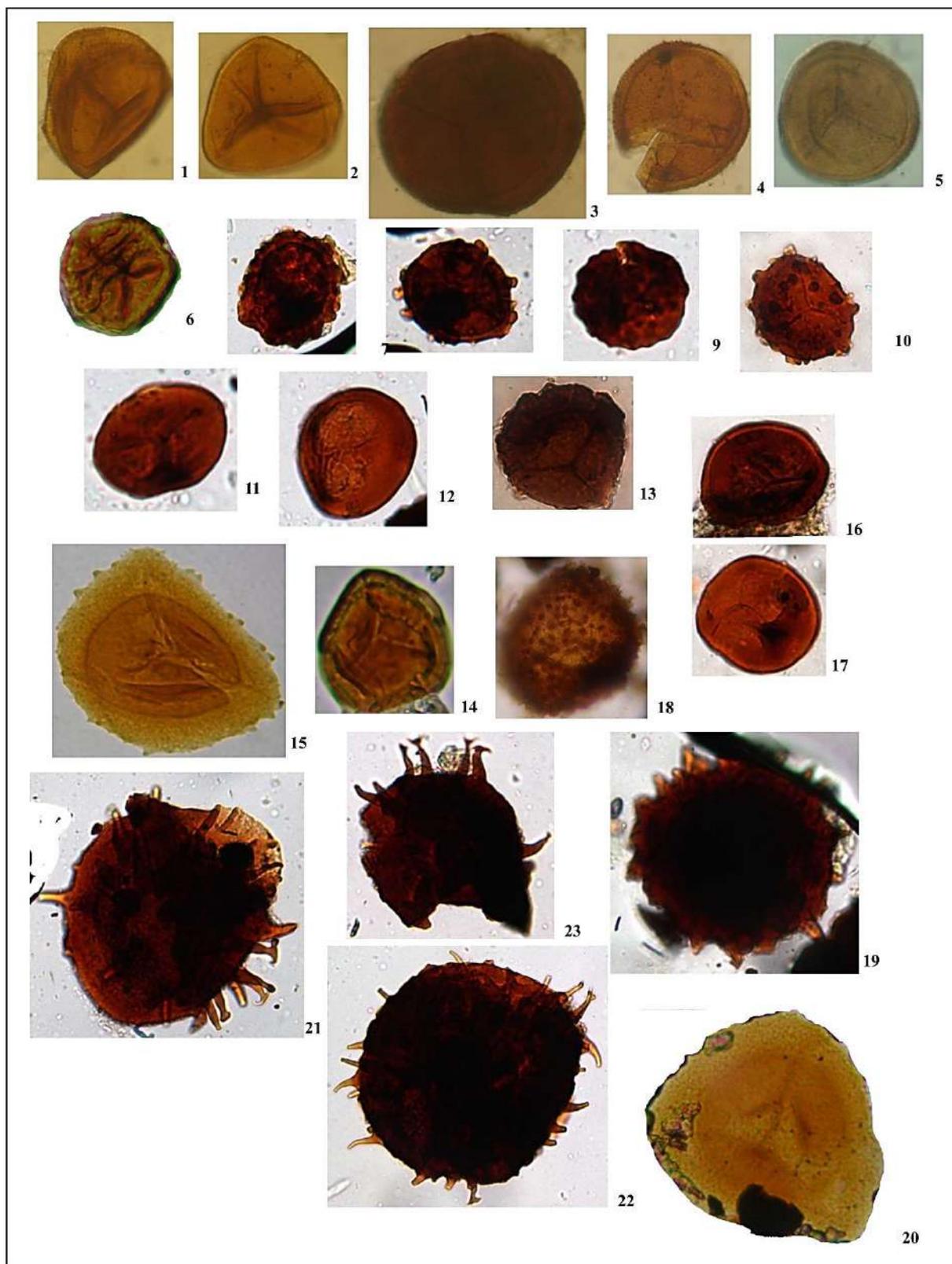


Табл. I. Фототаблица и объяснение к ней:

Палинозона *Archaeoperisaccus ovalis*–*Verrucosisporites grimosus* (OG)

Подзона *Membrabaculisporis radiatus*

миоспоры из стипинойских отложений Главного девонского поля

(Увеличение форм $\times 450$)

Вид-индекс подзоны *Membrabaculisporis radiatus* (Naum.) Arkh. – в связи с плохой и фрагментарной сохранностью таксона, изображения отсутствуют – ВГУ, препарат 5/1, 5/2, 5/3, Латвия, г. Бауска,

←

правобережье р. Лиелупе, скв. 5, гл. 34.7–39.5 м, девон средний, франкий ярус, стипинайский горизонт, зона *A. ovalis*–*V. grumosus* (OG), подзона *Membraculisporis radiatus* (MR); Фиг. 1. *Geminospora rugosa* (Naum.) Obukh. – ВГУ, препарат 5/2, Латвия, г. Бауска, правобережье р. Лиелупе, скв. 5, гл. 34.7–39.5 м там же; Фиг. 2. *G. notata* (Naum.) Obukh. – ВГУ, препарат 5/2, Латвия, г. Бауска, правобережье р. Лиелупе, скв. 5, гл. 34.7–39.5 м там же; Фиг. 3. *G. micromanifesta* (Naum.) Owens – ВГУ, препарат 5/1, Латвия, г. Бауска, правобережье р. Лиелупе, скв. 5, гл. 34.7–39.5 м там же; Фиг. 4. *G. contracta* (Naum.) Obukh. – ВГУ, препарат 5/2, Латвия, г. Бауска, правобережье р. Лиелупе, скв. 5, гл. 34.7–39.5 м там же; Фиг. 5. *G. semilucensa* (Naum.) Obukh. et M.Rask. – ВГУ, препарат 5/2, Латвия, г. Бауска, правобережье р. Лиелупе, скв. 5, гл. 34.7–39.5 м там же; Фиг. 6. *Kedoesporis evlanensis* (Naum.) Obukh. – ВГУ, препарат 5/3, Латвия, г. Бауска, правобережье р. Лиелупе, скв. 5, гл. 34.7–39.5 м там же; Фиг. 7, 8. *Lophozotriletes tylophorus* Naum. – ВГУ, препарат 5/3, Латвия, г. Бауска, правобережье р. Лиелупе, скв. 5, гл. 34.7–39.5 м там же; Фиг. 9. *Verrucosiporites grumosus* (Naum.) Obukh. – ВГУ, препарат 5/3, Латвия, г. Бауска, правобережье р. Лиелупе, скв. 5, гл. 34.7–39.5 м там же; Фиг. 10. *Converrucosiporites curvatus* (Naum.) Turnau – препарат 5/3, Латвия, г. Бауска, правобережье р. Лиелупе, скв. 5, гл. 34.7–39.5 м там же; Фиг. 11. *Retusotriletes ruschovii* Naum. – ВГУ, препарат 5/3, Латвия, г. Бауска, правобережье р. Лиелупе, скв. 5, гл. 34.7–39.5 м там же; Фиг. 12. *R. communis* Naum. – ВГУ, препарат 5/3, Латвия, г. Бауска, правобережье р. Лиелупе, скв. 5, гл. 34.7–39.5 м там же; Фиг. 13. *Tholisporites densus* McGreg. – ВГУ, препарат 5/3, Латвия, г. Бауска, правобережье р. Лиелупе, скв. 5, гл. 34.7–39.5 м там же; Фиг. 14. *Kedoesporis imperfectus* (Naum.) Obukh. – ВГУ, препарат 5/4, Латвия, г. Бауска, правобережье р. Лиелупе, скв. 5, гл. 34.7–39.5 м там же; Фиг. 15. *Cristatisporites deliquescens* (Naum.) Arkh. – ВГУ, препарат 5/4, Латвия, г. Бауска, правобережье р. Лиелупе, скв. 5, гл. 34.7–39.5 м там же; Фиг. 16. *Stenozotriletes conformis* Naum. – ВГУ, препарат 5/3, Латвия, г. Бауска, правобережье р. Лиелупе, скв. 5, гл. 34.7–39.5 м там же; Фиг. 17. *Ambitisporites definitus* (Naum.) Oshurk. – ВГУ, препарат 5/3, Латвия, г. Бауска, правобережье р. Лиелупе, скв. 5, гл. 34.7–39.5 м там же; Фиг. 18. *Grandispora famenensis* (Naum.) Streel var. *gracilis* Kedo – ВГУ, препарат 5/4, Латвия, г. Бауска, правобережье р. Лиелупе, скв. 5, гл. 34.7–39.5 м там же; Фиг. 19. *Ancyrospora* cf. *voronensis* (Arkh.) Arkh. – ВГУ, препарат 5/3, Латвия, г. Бауска, правобережье р. Лиелупе, скв. 5, гл. 34.7–39.5 м там же; Фиг. 20. *Aurogaspora speciosa* (Naum.) Obukh. – ВГУ, препарат 5/4, Латвия, г. Бауска, правобережье р. Лиелупе, скв. 5, гл. 34.7–39.5 м там же; Фиг. 21, 22. *Huysticosporites* cf. *grandiusculus* Kedo – ВГУ, препарат 5/3, Латвия, г. Бауска, правобережье р. Лиелупе, скв. 5, гл. 34.7–39.5 м там же; Фиг. 23. *Huysticosporites* sp. – ВГУ, препарат 5/3, Латвия, г. Бауска, правобережье р. Лиелупе, скв. 5, гл. 34.7–39.5 м там же.

Литература:

- Озолиня В.Р. Спорово-пыльцевой спектр франского яруса верхнего девона Латвийской ССР // Франские отложения Латвийской ССР. Рига: Зинатне, 1963. С. 299–310.
- Раскатова Л.Г. Палинологическая характеристика воронежских отложений центральных районов Русской платформы // Некоторые вопросы стратиграфии осадочного чехла Воронежской антеклизы. Воронеж: Изд-во Воронеж. ун-та, 1975. С. 25–59.
- Сорокин В.С. Об этапности осадконакопления в ранне- и среднефранское время на Главном девонском поле // Бюл. МОИП. Отд. Геол. 1965. № 4. С. 121–122.
- Avkhimovitch V.I., Tchibrikova E.V., Obukhovskaya T.G., Nazarenko A.M., Umnova V.T., Raskatova L.G., Mantsurova V.N., Loboziak S., Streel M. Middle and Upper Devonian miospore zonation of Eastern Europe // Bull. Centres Rech. Explor.-Prod. Elf Aquitaine. 1993. 17 (1). P. 79–147.
- Dalinkevičius J. Devono stratigrafija ir apatinio karbono transgresijos žymes Lietuvoje // VDU Mat.-Gamt. fak. darbai. t. 13. Kaunas. 1939. P. 11–51.
- Delle N. Devono nogulumi Talsu novada // Grām.: Talsu novads. Rīga, 1935a. P. 9–16.
- Delle N. Zemgales līdzenuma, Augšzemes un Lietuvas devona nogulumi // LU Raksti. Mat. Un Dabaszin. Fak. Sēr. Rīga, 1935b. 2. sēj.. N 5. P. 105–384.
- Delle N. Latvijas pamatformācijas. Grām.: Latvijas zeme, daba un tauta, I. sēj. Rīga. 1937. 610 p.
- Delle N. Latvijas pamatdeformācijas un to derīgie izrakteņi. «ZBPI Raksti». Rīga, 1938. 315 p.
- Delle N. Austrumapgabala un Eiropas Krievijas W-daļas ģeoloģiskā karte. Rīga, 1942.
- Raskatova M.G., Jurina A.L. Frasnian Miospore Assemblages and Zones of Southern Latvia and North-Western Russia (Pskov Region) // Scientific Papers University of Latvia, Earth and Environmental Sciences. 2012. Vol. 783. P. 24–36.



МОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ПЫЛЬЦЫ *EPHEDRA DAHURICA* TURCZ. В УСЛОВИЯХ ТЕМПЕРАТУРНО-ВЛАЖНОСТНОГО РЕЖИМА ТОРЕЙСКОЙ ВПАДИНЫ (ЗАБАЙКАЛЬЕ)

С.А. Решетова^{1,2}, Е.В. Безрукова², В.А. Обязов^{3,4}, Т.Е. Ткачук⁵

¹Институт геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН, Иркутск, srescht@mail.ru

²Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, Чита

³Научно-производственное объединение "Гидротехпроект", Санкт-Петербург, obviaf@mail.ru

⁴Российский государственный гидрометеорологический университет, Санкт-Петербург

⁵Забайкальский государственный университет, Чита, tetkachuk@yandex.ru

MORPHOLOGICAL VARIABILITY OF THE *EPHEDRA DAHURICA* TURCZ. POLLEN UNDER DIFFERENT TEMPERATURE-HUMIDITY REGIME OF THE TOREY DEPRESSION (TRANSBAIKAL AREA)

S.A. Reshetova^{1,2}, E.V. Bezrukova², V.A. Obyazov^{3,4}, T.E. Tkachuk⁵

¹A.P. Vinogradov Institute of Geochemistry SB RAS, Irkutsk

²Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology SB RAS, Chita

³Research and Production Association "Hydrotechproekt", St. Petersburg

⁴Russian State Hydrometeorological University, St. Petersburg

⁵Transbaikal State University, Chita

Род *Ephedra* насчитывает более 70 видов [Сосков, 1968], 12 из которых встречается на территории Сибири [Пешкова, 2005]. Ее пыльцевые зерна хорошо отличаются от пыльцы остальных голосеменных растений и часто включаются в число таксономически важных единиц в палеогеографических исследованиях [Welten, 1957; Steeves and Barghoorn, 1959; Kedves, 1987], указывая на сухой и континентальный климат. Форма пыльцы эфедры хорошо всем известна, детально описана во многих работах, имеет борозды и ребра, сходящиеся у полюсов [Erdtman, 1952; Гричук, 1954; El-Ghazaly et al., 1998; Halbritter et al., 2018].

В Забайкалье в степных сообществах встречается 2 вида: эфедра односемянная *Ephedra monosperma* J.G.Gmel. ex С.А.Меу. и эфедра даурская *Ephedra dahurica* Turcz. [Бобринев В.П., Пак Л.Н., 2006]. Существует мнение [Пешкова, 2005], что по морфологическим признакам растение эфедра односемянная представляет собой продукт гибридизации эфедры хвощевой *Ephedra equisetina* Bunge (секция *Monospermae*) и вида из секции *Ephedra*, близкого к эфедре даурской или эфедре средней *Ephedra intermedia* Schrenk & С.А.Меу. Пыльцевые зерна данных видов, за исключением эфедры даурской, характеризуются наличием борозд от 4 до 14 [Bolinder et al., 2016]. Описание пыльцы эфедры даурской в опубликованных источниках нами не найдено.

Частое присутствие пыльцы эфедры в отложениях плейстоцена и голоцена Забайкалья, определяемой до рода, разной по форме, количеству борозд и ребер, хорошей сохранности, особенно, в донных отложениях современных озер, обусловили интерес авторов к изучению ее морфологических особенностей на примере современных растений. Материалом для изучения послужили пыльцевые зерна эфедры даурской из пыльников растений гербария Забайкальского государственного университета, собранного в 2000, 2003, 2005 и 2011 годы на территории Торейской впадины.

Образцы к исследованию подготовлены с использованием стандартной методики обработки гербарного материала. Микроскопические анализы выполнены с помощью светового биологического микроскопа Аxiolab. Для того чтобы иметь возможность рассматривать каждое пыльцевое зерно в полярном и экваториальном положениях изготавливались временные препараты с использованием глицерина. Для определения морфологических особенностей пыльцевых зерен и определения количества борозд образцы просмотрены при увеличении в х400, х630 раз. В пыльниках каждого года исследовано не менее 500 зерен. Всего изучено 4000 единиц пыльцы *Ephedra dahurica*.

Результаты исследований показали большую вариативность пыльцевых зерен в размерах и форме. Встречены продолговато-сфероидальные (рис.1 а), эллипсоидальные (рис. 1 б) и близкие к сфероидальным зерна (рис. 1 в). Диапазон размеров описанных зерен составил

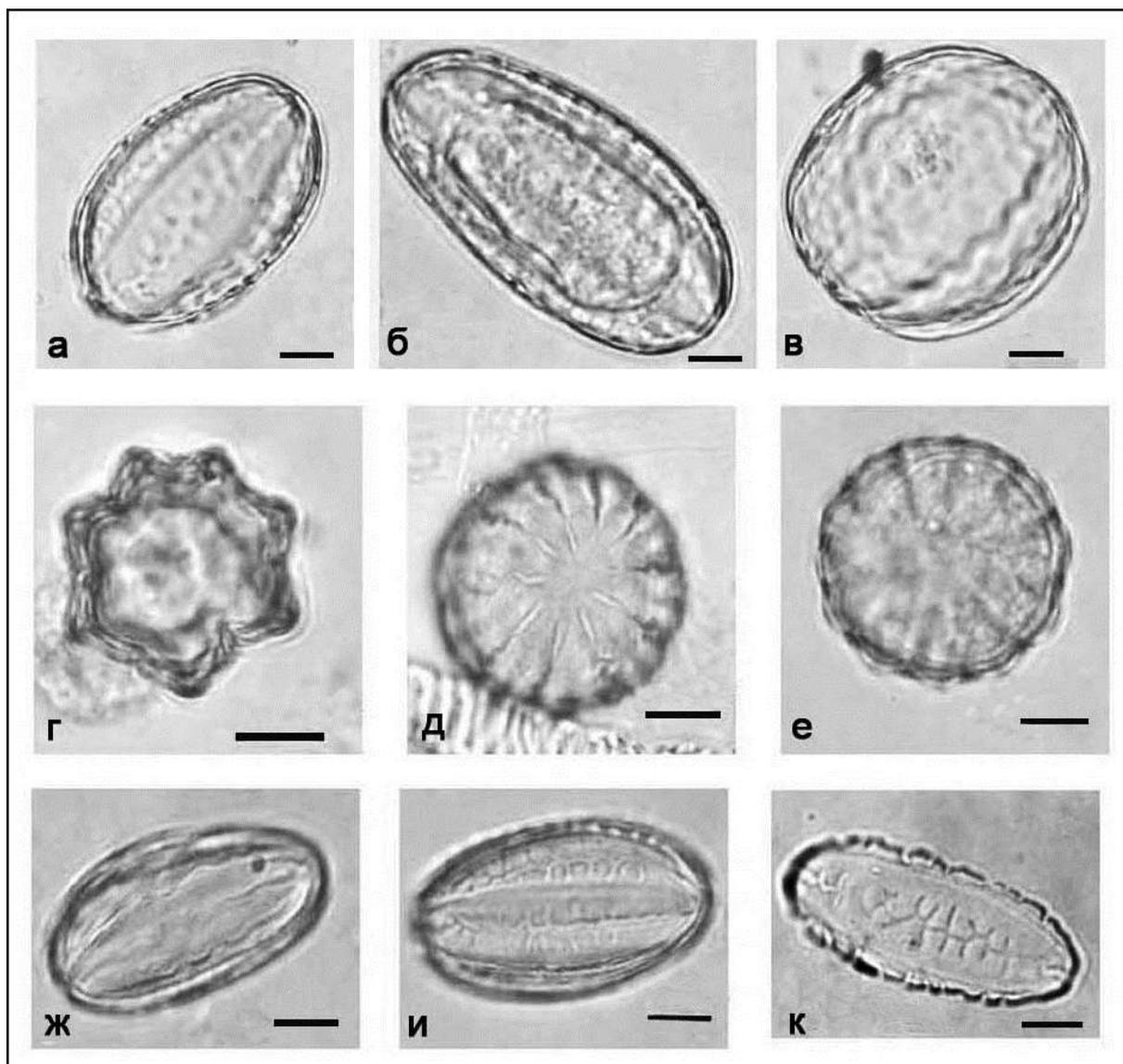


Рис. 1. Некоторые морфологические особенности пыльцевых зерен *Ephedra dahurica* Turcz под световым микроскопом. По форме: а – продолговато-сфероидальные; б – эллипсоидальные; в – близкие к сфероидальным. По количеству борозд: г – 7-ми бороздные; д – 10-ти бороздные, е – 11-ти (12?) бороздные. По строению «гармомегата»: ж – с извилистым; и, к – с ветвистым. Масштабная линия соответствует 10 мкм.

13,2 – 70,4 мкм. Количество ребер и борозд на поверхности пыльцы изменялось от 4 до 11(12 под вопросом, рис. 1 е). В случаях, когда пыльцевые зерна имели количество борозд 4-7, то их ребра были хорошо выражены (рис. 1 г). Установлено, что с увеличением числа борозд происходит заметное сглаживание реберных поверхностей (рис. 1 д, е), чаще встречается извилистый «гармомегат» (термин Р.П. Вудгауза) вместо ветвистого (рис. 1 ж-к) – орган, отвечающий за объем пыльцевого зерна и приспособление к среде с изменяющимся водным режимом [Козо-Полянский, 1945].

Пыльцевые зерна 2000 и 2011 года характеризовались меньшим количеством борозд: от 4 до 8. Пыльца растений 2003 и 2005 года имела 4 – 11(12?) борозд.

Сравнение среднего количества борозд и ребер пыльцевых зерен разных лет с величинами температуры и влажности (рис. 2) по данным метеостанции Соловьевск показало их обратную зависимость. С повышением температуры и влажности за время вегетационного периода с мая

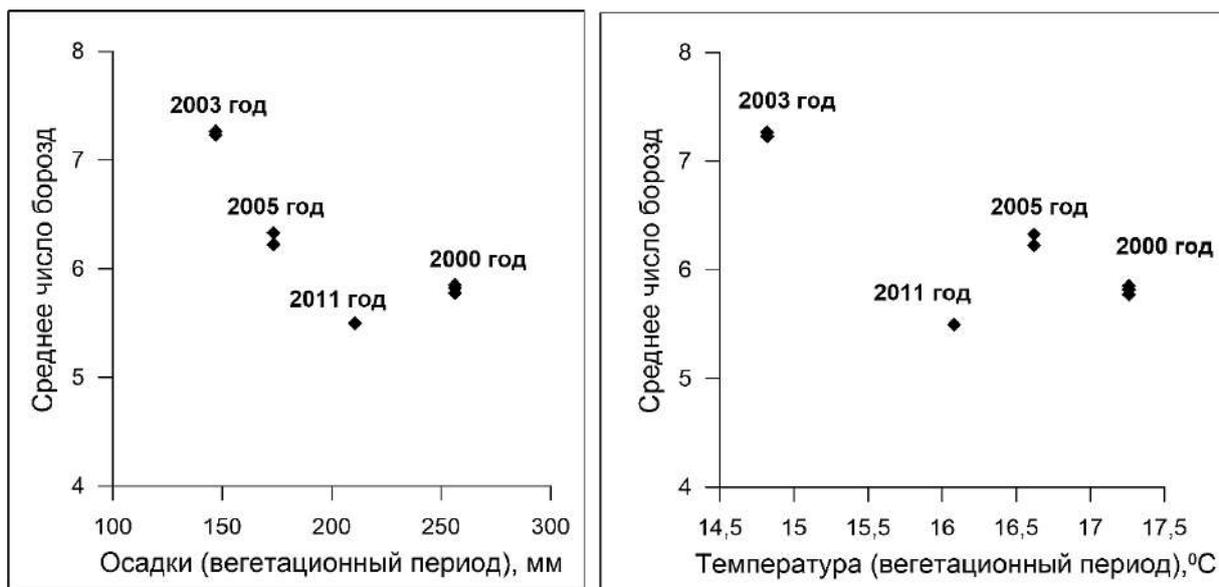


Рис. 2. Графики корреляции количества борозд пыльцы *Ephedra dahurica* Turcz. с атмосферными осадками и температурой.

по сентябрь эфедра даурская продуцировала мало-бороздные (4-8) пыльцевые зерна и наоборот: при их снижении у растения появлялась много-бороздная (9-11) и много-реберная пыльца.

Таким образом, в морфологических параметрах пыльцевых зерен типично степного растения Забайкалья *Ephedra dahurica* Turcz. в пределах Торейской впадины установлена значительная изменчивость в форме пыльцевых зерен и количестве борозд на их поверхности в зависимости от суммы атмосферных осадков и температуры за время вегетационного периода. Полученные результаты показывают, что во влажные сезоны растение продуцирует мало-бороздные пыльцевые зерна. Количество борозд увеличивается в сухие и прохладные сезоны. Эти данные будут весьма полезны при проведении палеогеографических исследований в Забайкалье с возможной качественной оценкой параметров климата.

Благодарности. Исследования выполнены в соответствии с гос.заданием ИПРЭК СО РАН № 121032200116-7 и реализованы при частичной поддержке гранта РФФИ-Лондонское Королевское общество № 21-55-10001.

Литература:

Бобринев В.П., Пак Л.Н. Хвойник // Энциклопедия Забайкалья. Читинская область / Р.Ф. Гениатулин. Новосибирск: Наука, 2006. Т. IV. С. 245–246.

Гричук М.П. Распространение рода *Ephedra* в четвертичном периоде на территории СССР в связи с историей ландшафтов // Материалы по палеогеографии. М.: Изд-во Московского университета, 1954. С. 45–68.

Козо-Полянский Б.М. Новые успехи поллинистики и проблема эволюции высших растений // Успехи современной биологии. 1945. Т. 19, вып. 2. С. 236–247.

Пешкова Г.А. К происхождению рода *Ephedra* (Ephedraceae) // Turczaninowia. 2005. Т. 8, № 2. С. 54–68.

Сосков Ю.Д. Три линии развития в секции *Ephedra* рода *Ephedra* L. во флоре СССР // Бот. журн. 1968. Т. 53, № 1. С. 85–91.

Bolinder K., NorbäckIvarsson L., Humphreys A.M., Ickert-Bond S.M., Han F., Hoorn C. and Rydin C. Pollen morphology of *Ephedra* (Gnetales) and its evolutionary implications // Grana. 2016. Vol. 55, № 1. P. 24–51.

El-Ghazaly G., Rowley J., Hesse M. Polarity, aperture condition and germination in pollen grains of *Ephedra* // Plant Syst. Evol. 1998. № 213. P. 217–231.

Erdtman G. Pollen morphology and plant taxonomy: An Introduction to Palynology. Vol. 2. Gymnospermae, Pteridophyta, Bryophyta (illus.). Stockholm: Almqvist and Wiksell; New York: Ronald Press Co. Vol. 3. Gymnospermae, Bryophyta (text). Stockholm: Almqvist and Wiksell, 1952.

Halbritter H., Ulrich S., Grímsson F., Weber M., Zetter R., Hesse M., Buchner R., Svojtka M., Frosch-Radivo A. Illustrated Pollen Terminology. Second Edition, 2018. Springer Open. 483 p.

Kedves M. LM and EM studies on pollen grains of recent *Welwitschia mirabilis* Hook and *Ephedra* species // *Acta Bot. Hung.* 1987. № 33. P. 81–103.

Steeves M.W., Barghoorn, E.S. The pollen of *Ephedra* // *J. Arnold Arbor.* 1959. № 1. P. 221-255.

Welten M. Uber das glaziale und spatglaziale Vorkommen von *Ephedra* am nordwestlichen Alpenrand // *Ber. Schweiz. Bot. Ges.* 1957. № 67. P. 33–54.



**КОМПЛЕКСЫ МИКРОФОССИЛИЙ В ОСАДКАХ БОРЕАЛЬНОЙ ТРАНСГРЕССИИ
НА СЕВЕРО-ВОСТОКЕ БЕЛОМОРСКОГО РАЙОНА**

О.В. Руденко¹, Е.Е. Талденкова², Х.А. Баух³, Я.С. Овсепян⁴

¹Орловский государственный университет им. И.С. Тургенева, Орёл, olrudenko2011@yandex.ru

²Московский государственный университет им. М.В.Ломоносова, Москва, etaldenkova@mail.ru

³Академия наук Майнца/ GEOMAR, Киль, Германия, hbauch@geomar.de

⁴Геологический институт (ГИН РАН), Москва, yaovsepyan@yandex.ru

**MICROFOSSIL ASSEMBLAGES IN SEDIMENTS OF THE BOREAL TRANSGRESSION IN
THE NORTH-EAST OF THE WHITE SEA REGION**

O.V. Rudenko¹, E.E. Taldenkova², H.A. Bauch³, Ya.S. Ovsepyan⁴

¹Ivan Turgenev Orel State University, Orel

²Lomonosov Moscow State University, Moscow

³Mainz Academy, Mainz/ GEOMAR Helmholtz Centre for Ocean Research, Kiel, Germany

⁴Geological Institute RAS, Moscow

Наблюдаемые в последние десятилетия климатические изменения, наиболее ярко выраженные в Арктике и Субарктике, определяют интерес к реконструкциям климатически обусловленных изменений палеосреды во время предыдущих (дотехногенных) межледниковых и дегляциальных эпох. Наибольший интерес представляют ледниковая терминация II в конце морской кислородно-изотопной стадии МИС 6 и межледниковье МИС 5е, соответствующее началу микулинского межледниковья в европейской России и эемскому межледниковью западной Европы. Отложения этого возраста имеют хорошую сохранность в океанах и, местами, на суше и считаются эталоном для изучения особенностей динамики теплой климатической эпохи [Kukla et al., 2002]. Начало межледниковья датируется пиком инсоляции в Северном полушарии примерно 131-127 тыс.л.н. [CAPE-Last Interglacial Project Members, 2006]. В Северной Европе оно, вероятно, длилось не более 11-12 тыс. лет [Turner, 2002; Müller, 1974], начавшись резким и значительным потеплением после ледниковой терминации II.

Для корреляции континентальных отложений последнего межледниковья важным приемом является выяснение хода сукцессии лесного покрова после холодной степной фазы предпоследнего ледниковья. Однородность хода сукцессии отражена в единой схеме палинологической зональности разрезов Северной и Средней Европы [Müller, 1974; Turner, 2002; Zagwijn, 1996 и др.]. Так, независимо от доли пыльцы деревьев умеренного климата в составе палиноспектров (от единичных находок до десятков процентов), примерно сохраняется единый порядок доминирования форм в МИС 5е. Для эема Русской равнины характерны две хорошо выраженные климатические стадии – термоксеротическая и термогигротическая [Болиховская, Молодьков, 2008; Kukla et al., 2002]. Первая из них характеризуется широким распространением дуба и вяза, вторая – максимумом липы, граба, лещины и ели [Гричук, 1989].

Сопоставимые исследования морских осадков бореальной трансгрессии, наиболее значительной за всю плейстоценовую историю севера Русской равнины [Лаврова, 1961], крайне немногочисленны, особенно на территории к востоку от Белого моря [Gey et al., 2001; Houmark-Nielsen et al. 2001 и некоторые другие]. Впервые осадки бореальной трансгрессии были установлены и скоррелированы с эемским ярусом В. Рамзаем [Ramsay, 1904]. Непосредственно на р. Пёза известны несколько разрезов морских эемских отложений, изученных палинологическим методом с низким разрешением [Девятова, 1982; Grøsfjeld et al., 2006]. Морские отложения сопоставляются со среднерусской наземной микулинской (эемской) формацией с помощью корреляции палинозон. Хронология отложений, вскрытых вдоль р. Пёза в нескольких обнажениях (Бычьё-1, Затон, Орловец и др.), обсуждалась ранее в работах разных лет [Девятова, Лосева, 1964; Девятова, 1982; Grøsfjeld et al., 2006; Molod'kov and Bolikhovskaya, 2002] с позиций корреляции с относительной пыльцевой хронологией, установленной для северной и средней Европы [Müller, 1974; Zagwijn, 1996], предполагая равномерное развитие растительности от побережья Северной Атлантики к Белому морю. Временные рамки межледниковья были установлены в 131.0 тыс. л.н. для границы заале/эем и 119.5 тыс. лет для границы эем/вейхзелий в соответствии с [Lambeck et al., 2006; Miettinen et al., 2014]. Для района р. Пёза эта же хронология была использована в разрезе Бычьё-1 [Grøsfjeld et al., 2006].

Объектом наших исследований является новый разрез Бычьё-2 (65°47'20"с.ш., 45°00'30"в.д.), располагающийся на правом берегу р. Пёзы (правый приток р. Мезень) примерно в 5 км вниз по течению от известного и ранее изученного разреза Бычьё [Девятова, 1982; Grøsfjeld et al., 2006] у одноименного села. Общая мощность разреза морских отложений, начинающегося непосредственно от контакта с мореной у уреза воды на абсолютной высоте 12 м, 4.55 м. Пробоотбор с шагом в 5 см был осуществлен в 2006 г. в рамках совместной российско-германской экспедиции. В морене образцы для исследования не отбирались по техническим причинам. Разрез представлен голубовато-серыми морскими глинами (интервал 4.45-3.0 м), перекрытыми песчанистыми алевритами (интервал 3.0-1.32 м). Верхние 1.32 м разреза сложены алевритовыми песками, в которых в 2021 г. были отобраны 7 образцов на ОСЛ и $^{230}\text{Th}/\text{U}$ датирование. Детальное изучение морских осадков комплексом методов (изучены литологический состав осадков, планктонные и бентосные фораминиферы, остракоды, изотопный состав карбонатов бентосных фораминифер, пыльца, споры, водные палиноморфы – колониальные пресноводные водоросли и морские цисты динофлагеллат) было предпринято с целью уточнения реконструкции региональной динамики окружающей среды и стабильности наземных и морских экосистем в период бореальной трансгрессии в Беломорском регионе, а также выявления свидетельств возможного притока трансформированных атлантических вод в Беломорский бассейн.

Изменения концентрации пыльцы и вариации процентных соотношений между индикаторными пыльцевыми таксонами позволили разделить спорово-пыльцевую диаграмму на 7 локальных пыльцевых зон (Бу-1 – Бу-7), соответствующих последовательным фазам трансформации растительности территории, окружавшей морской бассейн (рис.1). Характерные признаки и границы пыльцевых зон сопоставлены с палиностратиграфией разрезов Бычьё-1 [Девятова, 1982], Пасьва на р. Вага [Девятова и др., 1981] и Пески на Карельском перешейке [Miettinen et al., 2014], обычно используемых в качестве опорных при корреляции разрезов северо-востока Европейской части Русской равнины, или Онего-Мезенского флористического района в трактовке В.П. Гричука [1989]. В целом, пыльцевые зоны, выделенные в разрезе Бычьё-2, хорошо коррелируются с палинологическими зонами, установленными Э.И. Девятовой (табл. 1). Кроме того, в пыльцевой летописи разреза Бычьё-2 нашли отражение несколько реперных событий, свидетельствующих о последовательном характере трансформации растительного покрова региона, а именно:

1) Событие Бу-2(А) (отметка 440 см разреза Бычьё-2) - резкое сокращение содержания пыльцы карликовой березы и полыни, обоснованно приравняваемое к началу межледниковья и датированное 131 тыс. л.н. в разрезе Пески [Miettinen et al., 2014], соответствует началу зоны КА₁ [Девятова, 1982].

2) Событие Бу-2(В) – резкое увеличение содержания пыльцы сосны и древесной березы, появление пыльцы дуба на уровне 435 см на диаграмме разреза Бычьё-2, отражающее быстрое распространение в регионе сосново-березовых лесных формаций и, согласно интерпретации пыльцевой записи в разрезе Пески, характеризующее интервал времени в 300 лет от начала межледниковья [Miettinen et al., 2014].

3) Событие Бу-2(С) – зафиксировано в интервале 420 см разреза как начало непрерывного увеличения содержания *Corylus*. Это событие изначально было установлено в основании зоны Ша в опорном разрезе Bispingen-Luhe [Müller, 1974], что позволило привязать к нему середину зоны Ре-3а в разрезе Пески и основание зоны КА₃ в разрезе Бычьё-1. Датировается временной отметкой 130.25 тыс. л.н. (или 750 лет от начала межледниковья).

4) Событие Бу-2(Д) - 1200 лет от начала межледниковья (129.8 тыс.л.н.) отмечено пиком на кривой содержания *Quercus*, который приходится на середину между появлением лещины и ее первым пиком на глубине 395 см. Распознается над основанием зоны Ре-3б в разрезе Пески и в основании зоны КА₄ в разрезе Бычьё-1.

5) Достижение пика подъема уровня моря соотносится с временной отметкой 500 лет после начала зоны *Carpinus* на пыльцевых диаграммах запада Европы [Funder et al., 2002] и датировается по коралловым рифам 128±1 тыс. л.н. [McCulloch, Esat, 2000]. Мы считаем, что в разрезе Бычьё-1 этому событию соответствует уровень 320 см в зоне Бу-4 (событие Бу-2 (Е)).

6) Событие Бу-2(Г) - около 11.5 тысяч лет после начала межледниковья (около 119,5 тыс. л.н.) отражено на глубине 9 см в разрезе Бычьё-2 и свидетельствует о резком окончании

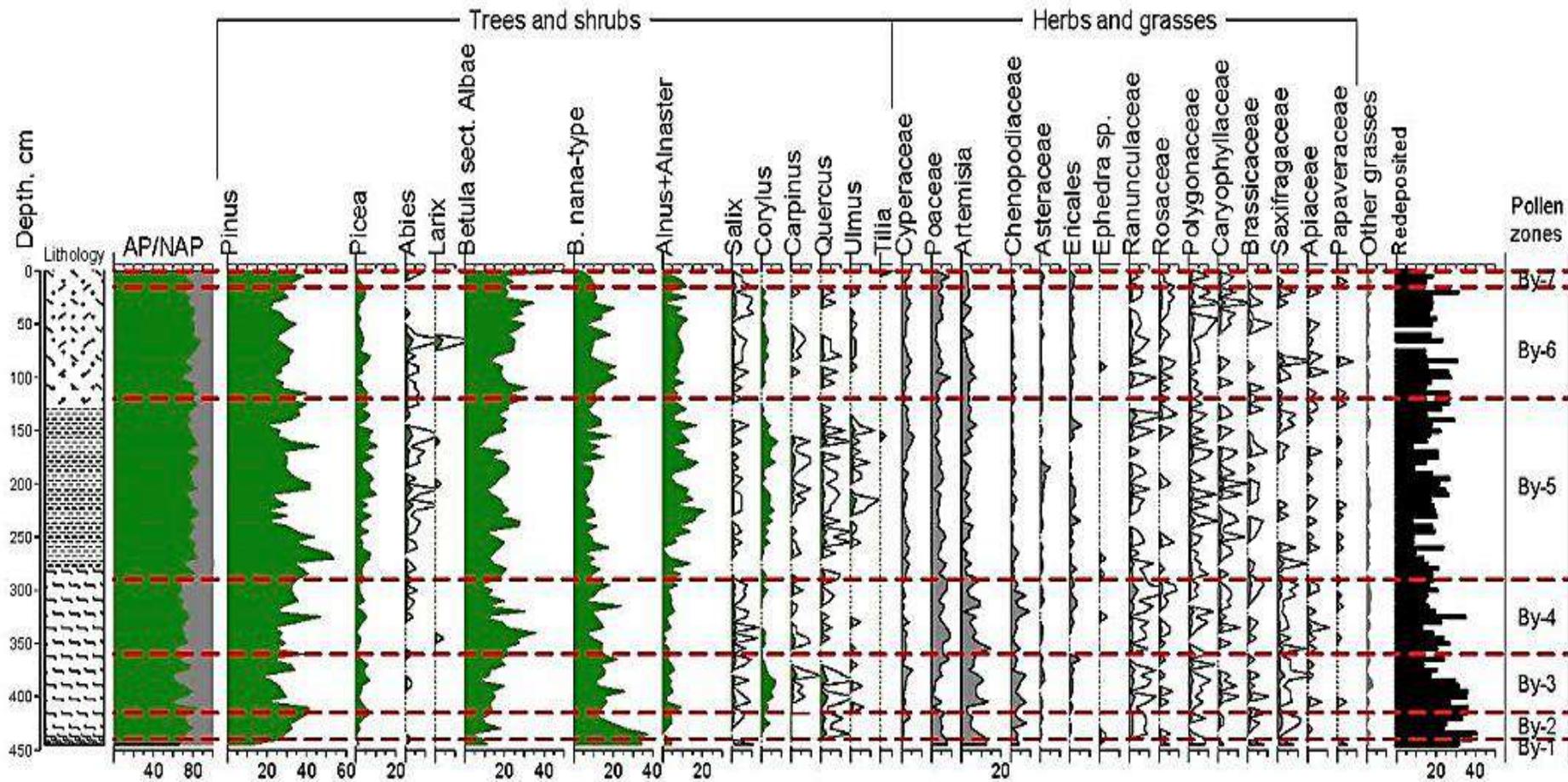


Рис. 1. Пыльцевая диаграмма разреза Быче-2.

Таблица 1. Палиностратиграфия и корреляция палинозон разрезов Бычьё-2 и Бычьё-1 [Девятова, 1982] (затемнением выделены оптимальные для времени формирования разреза условия).

Локальные пыльцевые зоны	Возраст, тыс. л.н. (по Miettinen et al., 2014)	Бычьё-2, р. Пёза (настоящее исследование)	Бычьё-1, р. Пёза (Девятова, 1982)
Бу-7 (0-15 см)	Поздний эем (124 – 119.8?)	Зона березы и сосны, нет широколиственных растений	КА ₇ - Зона березы и сосны с грабом и лещиной
Бу-6 (15-135 см)	Средний эем (128-124)	Зона березы, ольхи и лещины, много сосны и ели, присутствие пихты и широколиственных растений	КА ₆ - Зона березы, дуба и вяза, верхний максимум лещины
Бу-5 (135-290 см)		Зона ели и максимума ольхи, максимум дуба, вяза, граба и лещины	КА ₅ - Зона дуба и вяза с примесью граба, максимум лещины и ольхи
Бу-4 (290-365 см)	Ранний эем (129.8-128)	Зона доминирования березы и сосны, присутствуют дуб и вяз	КА ₄ - Зона дуба и вяза с доминированием березы
Бу-3 (365-415 см)	Самый ранний эем (131-129.8)	Зона нижнего максимума сосны и ели, нижний максимум лещины	КА ₃ - Зона сосны и максимума ели с дубом, вязом и лещиной
Бу-2 (415-440 см)		Зона сосны и березы, появляются дуб, лещина и вяз	КА ₁ –КА ₂ - Зоны сосны и березы
Бу-1 (440-445 см)	Позднезаальский (древнее 131)	Зона карликовой березки и максимума ксерофитных трав	Ms - Зона карликовой березки и ксерофитных трав

межледниковья, характеризуется значительным сокращением хвойных пород и ольхи и пиком березы, а также ростом содержания недревесных компонентов спектров, в том числе полыни и злаков. Лиственные растения умеренной зоны полностью исчезли. В разрезе Пески это событие проявилось в конце пыльцевой зоны Ре-5, а в разрезе Бычьё-1 – в конце пыльцевой зоны КА₈.

Несколько локальных особенностей отличают пыльцевую диаграмму разреза Бычьё-2 от других разрезов Онего-Мезенского флористического района, что может быть объяснено его северо-восточным географическим положением, а именно:

1) пыльца липы встречена лишь единично и появляется на диаграмме только в верхней части разреза, нарушая известную последовательность появления и доминирования пыльцы широколиственных пород на диаграммах эемского/микулинского времени, в том числе в Онего-Мезенском флористическом районе;

2) прерывистая кривая пыльцы *Carpinus* и отсутствие отчетливых пиков ее содержания свидетельствуют о неблагоприятных экологических условиях для распространения граба к востоку и северо-востоку от Балтийского региона;

3) максимальная экспансия лиственных деревьев умеренной зоны была достигнута позже, чем в Западной Европе, в ходе начавшейся регрессии на фоне продолжающейся изостазии и стабилизации глобального уровня моря;

4) усредненность и монотонность спорово-пыльцевой диаграммы, отсутствие отчетливых пиков лиственных деревьев умеренного пояса, характерных для диаграмм микулинского (эемского) времени, объясняется морским генезисом осадков и географическим положением разреза Бычьё-2 на северо-востоке Русской равнины, где в течение всего межледниковья господствовали хвойно-березовые сообщества [Гричук, 1989].

На основе палеоэкологического анализа комплексов бентосных фораминифер, остракод и водных палиноморф выделено пять экозон, для которых реконструированы условия палеосреды, отражающие последовательные этапы развития Беломорского бассейна. Базальный горизонт глин в разрезе Бычьё-2 сформировался в условиях быстрого затопления территории и образования холодноводного арктического неглубокого бассейна с мощным сезонным ледовым покровом и сильным опреснением за счет речных и талых ледниковых вод, о чем свидетельствует довольно высокая концентрация пресноводных водорослей *Botryococcus braunii* (экозона 1, интервал 445-440 см). В дальнейшем (экозона 2, инт. 360-440 см) происходит

углубление бассейна, что отражается в увеличении доли видов, предпочитающих нормальную соленость, однако неблагоприятные условия со стратификацией вод и значительным ледовым покровом сохраняются, о чем свидетельствует доминирование в ассоциации бентосных форминифер оппортунистического вида *Elphidium clavatum*, а в группе водных палиноморф - крифильного вида *Islandinium minutum*. Максимальное углубление бассейна произошло, вероятно, в раннем ээме, что, по-видимому, следует считать кумулятивным результатом процессов быстрого эвстатического роста уровня моря и остаточного прогибания шельфа при замедленной изостатической компенсации. Биоразнообразии бентосных фораминифер и появление индикаторных видов (к примеру, *Nonion labradoricum*, *Melonis barleeanus*) в экозоне 3 (инт. 300-360 см) свидетельствуют об увеличении продуктивности на кромке сезонного ледового покрова. Наибольшей относительной глубины бассейн достигал в период существования экозоны 3, в составе комплексов которой присутствуют такие относительно глубоководные морские виды фораминифер как *M. barleeanus*, *Cibicides lobatulus*, *Astrononion gallowayi*. Окончание периода эвстатического подъема уровня моря на фоне компенсационного поднятия территории положило начало обмелению бассейна (экозона 4, инт. 120-300 см), на что указывает резкое увеличение весового процентного содержания фракции >63 мкм осадков в разрезе выше отметки 280 см. Это совпало с резким уменьшением концентрации *Botryococcus braunii* и с утяжелением $\delta^{18}\text{O}$ карбоната бентоса, что отражает этап прекращения поступления в бассейн талых ледниковых вод, возможность его большего прогрева и установления наиболее благоприятных условий для микрофауны. Экозона 5 (инт. 0-120 см) соответствует этапу существования мелководного морского бассейна с активной гидродинамикой и сильными придонными течениями, о чем свидетельствует рост численности видов внутреннего шельфа.

Видов-индикаторов влияния атлантических вод, таких как, например, *Cassidulina neoteretis* в группе бентосных фораминифер, в исследованном разрезе не обнаружено. Вероятно, северо-восточная часть Беломорского бассейна находилась в стороне от основного пути их распространения.

Исследования выполнены при поддержке проекта РНФ 22-27-00324.

Литература:

Болиховская Н.С., Молодьков А.Н. Периодизация, корреляция и абсолютный возраст теплых и холодных эпох последних 200 тысяч лет // Проблемы палеогеографии и стратиграфии плейстоцена. М.: Изд-во Моск. гос. ун-та. 2008. Вып. 3. С. 45–64.

Гричук В.П. История флоры и растительности Русской равнины в плейстоцене. М.: Наука. 1989. 183 с.

Девятова Э.И. Природная среда позднего плейстоцена и ее влияние на расселение человека в Северодвинском бассейне и в Карелии. Петрозаводск: Карелия. 1982. 156 с.

Девятова Э.И., Лосева Е.И. Стратиграфия и палеогеография четвертичного периода бассейна реки Мезень. Л.: Наука. 1964. 105 с.

Девятова Э.И., Раукас А.В., Раямаэ Р.А., Хютт Г.И. Верхнеплейстоценовый разрез Пасьва (р. Вага, рхангельская область) и его стратиграфическое значение // Бюллетень комиссии по изучению четвертичного периода. 1981. №51. С.38–50.

Лаврова М.А. Соотношение межледниковой бореальной трансгрессии севера СССР с эемской в Западной Европе. Морские берега. Труды Ин-та геологии АН Эстонской ССР. 1961. Т. VIII. С. 65–88.

CAPE-Last Interglacial Project Members. Last Interglacial arctic warmth confirms polar amplification of climate change // Quaternary Science Reviews. 2006. V. 25. P. 1383–1400.

Funder S., Demidov I., Yelovicheva Ya. Hydrography and mollusc faunas of the Baltic and the White Sea-North Sea seaway in the Eemian // Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology. 2002. V. 184. P. 275–304.

Gey V., Saarnisto M., Lunkka J.P., Demidov I. Mikulino and Valdai palaeoenvironments in the Vologda area, NW Russia // Global and Planetary Change. 2001. V. 31. P. 347–366.

Grøsfjeld K., Funder S., Seidenkrantz M.-S., Glaister C. Last Interglacial marine environments in the White Sea region, northwestern Russia // Boreas. 2006. V. 35. P. 493–520.

Houmark-Nielsen M., Demidov I., Funder S., Grøsfjeld K., Kjær K.H., Larsen E., Lavrova N., Lysa A., Nielsen J.K. Early and Middle Valdaian glaciations, ice-dammed lakes and periglacial

interstadials in northwest Russia: new evidence from the Pyoza River area //Global and Planetary Change. 2001. V. 31. P. 215–237.

Kukla G.J. et al. Last interglacial climates //Quaternary Research. 2002. V. 58. P. 2–13.

Lambeck K., Purcell A., Funder S., Kjær K., Larsen E., Möller P. Constraints on the Late Saalian to early Middle Weichselian ice sheet of Eurasia from field data and rebound modelling //Boreas. 2006. V. 35. P. 539–575.

McCulloch M. T. & Esat T. The coral record of the last interglacial sea levels and sea surface temperatures // Chemical Geology. 2000. V. 169. P. 107–129.

Miettinen A., Head M.J., Knudsen K.L. Eemian sea-level highstand in the eastern Baltic Sea linked to long-duration White Sea connection // Quaternary Science Reviews. 2014. V.86. P.158–174.

Molodkov N.A. & Bolikhovskaya N.S. Eustatic sea-level-climate changes over the last 600 ka as derived from mollusc-based ESR-chronostratigraphy and pollen evidence in Northern Eurasia //Sedimentary Geology. 2002. V. 150. P. 185–201.

Müller H. Pollenanalytische Untersuchungen und Jahresschichtenzählung an der eem-zeitlichen Kieselgur von Bispingen/Luhe //Geologisches Jahrbuch. 1974. V.21. P. 149–169.

Ramsay W. Beiträge zur Geologie der recenten und pleistocänen Bildungen der Halbinsel Kanin //Bulletin de Société de Géographie de Finlande. Fennia. V. 21. P. 1–66.

Turner C. Formal status and vegetational development of the Eemian Interglacial in northwestern and southern Europe //Quaternary Research. 2002. V. 58. P. 41–44.

Zagwijn W.H. An analysis of Eemian climate in western and central Europe //Quaternary Science Reviews. 1996. V. 15. P. 451–469.



НОВЫЕ ДАННЫЕ ОБ ИСТОРИИ РАЗВИТИЯ БЕЛЫХ ОЗЕР (ТУРАНО-УЮКСКАЯ КОТЛОВИНА) В СРЕДНЕМ И ПОЗДНЕМ ГОЛОЦЕНЕ

А.И. Рудинская¹, О.К. Борисова¹, А.В. Панин¹, Е.А. Константинов¹
Институт географии РАН, Москва, rudinskaya94@gmail.com

NEW DATA ON THE HISTORY OF THE BELIYE OZERA (TURANO-UYUKSKAYA BASIN) IN THE MIDDLE AND LATE HOLOCENE

A.I. Rudinskaya¹, O.K. Borisova¹, A.V. Panin¹, E.A. Konstantinov¹
Institute of Geography RAS, PAN, Москва, rudinskaya94@gmail.com

Для реконструкции позднечетвертичной истории Белых озер (западная часть Турано-Уюкской котловины) был выполнен комплекс анализов по колонке донных отложений суммарной длиной 340 см. Был выполнен гранулометрический анализ, определение потерь при прокаливании, измерение удельной магнитной восприимчивости и диатомовый анализ.

Определение потерь при прокаливании (ППП) выполнялось с целью оценки содержания органического вещества и карбонатов в осадке. Измерение размера частиц выполнялось лазерно-дифрактометрическим методом на анализаторе Malvern Mastersizer 3000. Анализу подвергалась только силикатная часть осадка, как наиболее устойчивая к диагенезу. Органическое вещество и карбонаты удалялись в процессе предварительной подготовки. Подготовка проб к анализу включала в себя последовательную обработку 10% раствором соляной кислоты (1 час) и 30% раствором перекиси водорода с подогревом на водяной бане до 90°C (более 3 ч, до отбеливания материала). После обработки реактивами материал пипеткой переносился в жидкостную кювету блока диспергирования Hydro EV анализатора. Измерение удельной (массовой) магнитной восприимчивости выполнялось на каппаметре ZH Instruments 150L. Измерение производилось при напряженности магнитного поля 320 А/м и с переменной частотой – 500 (χ_{lf}) и 4000 (χ_{hf}) Гц. При каждой частоте выполнялось по 4 измерения каждого образца. Итоговый результат вычислялся нахождением среднего значения.

Диатомовый анализ был выполнен для образцов объемом 2 см³ с глубин 130, 170, 210, 260, 290, 350, 400, 440 и 460 см от уреза воды. Препараты для диатомового анализа были приготовлены по стандартной методике [Batarbee et al., 2001]. Навеска в 2 куб.см образца естественной влажности была обработана 10% соляной кислотой и 30% пироксидом водорода для очистки от карбонатов и органического вещества, затем с помощью отмучивания (6 раз с интервалом в 2 часа) была удалена глинистая фракция. Далее была проведена плотностная сепарация образцов в тяжелой жидкости плотностью 2.3 г/см³. Для последующего расчета концентрации створок в каждый образец была добавлена таблетка ликоподиума №177745.

В каждом препарате была определена видовая принадлежность от 24 до 630 створок (определялась видовая принадлежность каждой створки в препарате). Для идентификации таксонов использовались «Определитель диатомовых водорослей России» [Куликовский и др., 2016] и «Bacillariophyceae» [Kramer, Lange-Bertalot, 2001, Т.1-4]. Устаревшие названия были актуализированы с помощью ресурса Algaebase.org [Guiry, Guiry 2022].

Среди идентифицированных видов диатомей были выделены экологические группы по двум принципам – по типу водного сообщества, к которому относится установленный таксон, и по системе галобов Кольбе. В первом случае экологические группы были выделены по типу водного сообщества, к которому относится выделенный таксон. Идентифицированные виды диатомей были разделены на планктонные – виды, пассивно плавающие в толще воды, бентосные – виды, обитающие на донном грунте и способные к передвижению, и перифитонные – виды, образующие обрастания из одиночно живущих и колониальных форм на дне, подводных камнях, водорослях и живых организмах [Прошкина-Лавренко, 1949]. Во втором случае идентифицированные виды были разделены на мезогалобные (солонатоводные), предпочитающие соленость от 5 до 20‰, и олигогалобные, т.е. пресноводные виды, предпочитающие соленость 0-5 промилле. Среди олигогалобных видов были выделены галофобные, предпочитающие исключительно пресноводные условия обитания, и виды-индифференты [Kolbe, 1932]. Диатомовая диаграмма была построена при помощи программного комплекса TILIA 2.6.1 [Grimm, 2011].

На основании литологического описания и вариаций аналитических характеристик в керне BEL-20-4 было выделено 7 слоев.

Слой 1 (0,0-0,45 м). Ил органо-минеральный серый с высоким содержанием карбонатов (32-45 %), с редким растительным детритом, не слоистый. Содержание органического вещества изменяется от 6 до 12 %. Темпы поступления терригенного материала умеренные, его доля в осадке составляет 45-55 %. В механическом составе терригенного материала резко преобладает фракция алеврита. Доля глины изменяется от 10 до 25 %. Содержание песка изменяется от 3 до 17 %, максимум песка наблюдается в верхних 10 см керна. Для слоя 1 характерны низкие значения магнитной восприимчивости – около $0,1 \cdot 10^{-6}$ м³/кг. Около 80-90% створок диатомей представлена бентосными мезогалобными видами (доминируют виды *Iconella hibernica* и *Anotoeoneis costata*). Концентрация створок вверх по слою увеличивается от 20 тыс. до 100 тыс. створок/куб.см. Слой 1 отвечает состоянию озера в конце голоцена (0 – 1950 л.н.) – мелководный хорошо прогреваемый слабопроточный водоем с высокой минерализацией и умеренной биопродуктивностью. Гидрологический режим способствует активному выпадению растворенных карбонатов осадок.

Слой 2 (0,45-1,40 м). Чередование прослоев ила органо-минерального серого и темно-серого. Наблюдаются редкие включения ракушечного детрита. Границы между прослоями не резкие. Мощность прослоев 5-40 см. В темно-серых прослоях содержание органического вещества составляет 7-14 %, в светло-серых – 4-6%. Карбонаты изменяются по профилю от 4 до 18 % с максимальными значениями в основании слоя. Доля терригенного вещества высокая – от 67 до 91 %. В гранулометрическом составе резко преобладает алеврит (57-78 %), содержание глины изменяется от 17 до 38 %, песка – от 0,3 до 12 %. Максимум песка приурочен к верхней части слоя. Значения магнитной восприимчивости умеренно высокие ($0,15-0,35 \cdot 10^{-6}$ м³/кг), с пиками на глубинах 0,55 и 1,1 м. Этому слою соответствует формирование «пустой диатомовой зоны» (хотя и встречаются единичные створки). Слой 2 отвечает состоянию озера в первой половине позднего голоцена (1950 – 4230 л.н.) – мелководный проточный водоем со средней минерализацией и умеренной биопродуктивностью. Относительно высокая степень проточности может быть связана с повышенной флювиальной активностью на данном этапе.

Слой 3 (1,40 – 2,10 м). Переслаивание темно-серо-бурого торфа и карбонатного ила серого и бежевого. Мощность прослоев изменяется от 5 до 25 см. В интервале 1,75-1,95 обилие ракушечного детрита. Содержание органического вещества изменяется от 18 до 52 %, карбонатов - от 6 до 68 %, терригенного вещества – от 15 до 42 %. В механическом составе терригенной компоненты осадка преобладает алеврит (65-76 %), содержание глины изменяется от 7 до 28 %, песка – от 4 до 20 %. Нижняя граница слоя резкая. Слою 3 отвечают крайне низкие (около нулевые) значения магнитной восприимчивости. Более 90% створок представлены бентосными олигогалобными видами, из них около 75% относятся к галофобным (доминирующий вид *Symbella subhimalaspera*, предпочитающий водоемы низкой и средней трофности); доля галофильных видов составляет 3-5%, видов-индифферентов – от 20 до 30%. Концентрация створок вниз по слою уменьшается от 28 до 10 тыс. створок/куб.см. Слой 3 отвечает состоянию озера в среднем голоцене (4230 – 8290 л.н.). На данном этапе водоем характеризовался пресноводными условиями и нестабильностью уровня. При фоновом мелководном и слабо проточном состоянии, вероятно, он мог полностью пересыхать в отдельные экстремально засушливые годы. Вместе с этим, относительно теплый климат способствовал высокой биопродуктивности, развитию макрофитов и моллюсков. Средние темпы осадконакопления находились на низком уровне. Не исключены перерывы в осадконакоплении.

Слой 4 (2,10 – 2,30 м). Ил карбонатный светло-серый с растительным и ракушечным детритом. Не слоистый. Содержание органического вещества изменяется от 9 до 22 %, карбонатов – от 57 до 64 %, терригенного вещества – от 20 до 34 %. В гранулометрическом составе терригенного вещества преобладает фракция алеврита (64-74%), содержание глины изменяется от 16 до 29 %, песка – от 7 до 19 %. Для слоя 4 характерны крайне низкие значения магнитной восприимчивости – $0,0-0,02 \cdot 10^{-6}$ м³/кг. В диатомовых ассоциациях преобладают бентосные виды диатомей (около 54%), доля перифитонных видов составляет чуть более 30%, планктонных – около 10%. Чуть более половины створок представлены мезогалобными видами (преобладают *Iconella hibernica* и *Tabularia fasciculata*), доля пресноводных видов составляет 35%, видов-индифферентов – около 10%. Концентрация створок составляет более 100 тыс.

створок/куб.см. Слой 4 отвечает состоянию озера в конце раннего голоцена (8290 – 10030 л.н.). На данном этапе водоем характеризовался постоянными мелководными и слабопроточными условиями, высоким засолением и довольно низкой биопродуктивностью.

Слой 5 (2,30 – 2,50 м). Ил органо-минеральный серый, не слоистый. Из-за потери керна при бурении данному слою отвечает только один образец из интервала 2,35 – 2,40 м. Содержание органического вещества в образце 9 %, карбонатов – 28 %, терригенного вещества – 63 %. В гранулометрическом составе терригенного вещества преобладает фракция алеврита (69 %), содержания глины 28 %, песка – 4 %. Для слоя 5 характерны умеренные значения магнитной восприимчивости – $0,18-0,20 \cdot 10^{-6}$ м³/кг. Диатомовых водорослей в этом слое не обнаружено. Слой 5 отвечает состоянию озера в начале раннего голоцена (10030 – 12040 л.н.). На данном этапе водоем характеризовался мелководными и умеренно проточными условиями с относительно низкой биопродуктивностью, вызванной вероятно, холодным климатом.

Слой 6 (2,50 – 3,15 м). Ил минеральный серый с сизоватыми пятнами, не слоистый. Содержание органического вещества изменяется от 2 до 4 %, карбонатов – от 6 до 11 %, терригенного вещества – от 86 до 90 %. В гранулометрическом составе терригенного вещества преобладает фракция алеврита (52-73%), содержание глины изменяется от 21 до 30 %, песка – от 8 до 26 %. Для слоя 6 характерны очень высокие значения магнитной восприимчивости – $0,2-1,0 \cdot 10^{-6}$ м³/кг. Доля бентосных видов составляет около 90%, а доля перифитонных и планктонных видов - первые проценты. На данном этапе водоем характеризовался умеренно мелководными и высоко проточными условиями с низкой биопродуктивностью, вызванной вероятно, холодным климатом.

Слой 7 (3,15-3,40 м). Песок мелко-среднезернистый кирпично-бурый, глинистый. Содержание органического вещества изменяется от 1,0 до 1,6 %, карбонатов – от 6 до 7 %, терригенного вещества – от 91 до 93 %. В гранулометрическом составе терригенного вещества преобладает песок (33-66%), содержание алеврита изменяется от 23 до 48 %, глины – от 11 до 19 %. Для слоя 6 характерны высокие значения магнитной восприимчивости – $0,45-0,85 \cdot 10^{-6}$ м³/кг. Литологический состав слоя указывает на высокдинамичную обстановку – водный поток, однако, судя по отсутствию видимой слоистости и относительно плохой сортировке материала, осадконакопление происходило в озерных условиях. Озеро было неглубокое, холодное и с очень высокой проточностью. Возможно, расположение скважины соотносится с положением придельтовой части озера, куда интенсивно поступали наносы, приносимые речным потоком.

Литература:

Беляев Ю.Р., Панин А.В., Бронникова М.А., Кирюхина А.Д., Коришников А.В., Крамынин А.М., Павлов М.А., Константинов Е.А., Курбанов Р.Н., Захаров А.Л., Сычев Н.В. История формирования рельефа западной части Турано-Уюкской котловины (Тувинское нагорье) в позднем плейстоцене // Геоморфология. 2021. Т.52 (№4). С.15–27.

Прошкина-Лавренко А.И. Физиология и экология диатомовых водорослей // В кн. Диатомовый анализ. М.: Госгеолгиздат, 1949. Т.1. С.52–79.

Куликовский М.С., Глуценко А.М., Генкал С.И., Кузнецова И.В. Определитель диатомовых водорослей России. Ярославль: Филигрань, 2016. 804 с.

Battarbee R.W., Jones V.J., Flower R.J. Diatoms // Smol J.P., Birks H.J-B. and Last W.M. (Eds.) Tracking Environmental Change Using Lake Sediments. Terrestrial, Algal and Siliceous Indicators, 2001. P.155–202.

Guiry, M.D., Guiry, G.M. *AlgaeBase* // World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. 2020. <https://www.algaebase.org>; searched on 14 April 2022.

Grimm, E.C. CONISS: a FORTRAN 77 program for stratigraphically constrained cluster analysis by the method of incremental sum of squares // *Computers and Geosciences*. 1987. Vol.13. P.13–35.

Kolbe R. Grundlinien einer allgemeinen Ökologie der Diatomeen // *Ergebnisse der Biologie*. 1932. 8.

Kramer K., Lange-Bertalot H.1. Teil: Naviculaceae. // *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. – Heidelberg, Berlin, 2001. 876 p.

Kramer K., Lange-Bertalot H.2. Teil: Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae. // *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. Heidelberg, Berlin, 2001. 596 p.

Kramer K., Lange-Bertalot H.3. Teil: Bacillariaceae, Centrales, Fragilariaceae, Eunoticeae. // Süßwasserflora von Mitteleuropa. Heidelberg, Berlin, 2001. 640 p.

Kramer K., Lange-Bertalot H.4. Teil: Achnantaceae. // Süßwasserflora von Mitteleuropa. – Heidelberg, Berlin, 2001. 468 p.



**РАСТИТЕЛЬНОСТЬ И КЛИМАТ МУРАВИНСКОГО МЕЖЛЕДНИКОВЬЯ НА
ТЕРРИТОРИИ ЗАПАДНОЙ БЕЛАРУСИ ПО ДАННЫМ ПАЛИНОЛОГИЧЕСКИХ
ИССЛЕДОВАНИЙ**

Т.Б. Рылова, А.В. Шидловская

*Институт природопользования НАН Беларуси, Минск, rylova_tatyana18@mail.ru,
anne.shidlovska@gmail.com*

**VEGETATION AND CLIMATE OF THE MURAVIAN INTERGLACIAL ON THE
WESTERN BELARUS AREA ACCORDING TO THE PALYNOLOGICAL DATA**

T.B. Rylova, A.V. Shidlovskaya

Institute for Nature Management of the NAS of Belarus, Minsk

Для выявления региональных особенностей растительности и реконструкции палеоклиматических параметров на территории западной Беларуси в муравинское межледниковье плейстоцена выполнен анализ материалов палинологических исследований известных опорных разрезов, расположенных в данном регионе (Понемунь, Жукевичи, Комотово, Княжеводцы, Пышки, Богатыревичи, Тимошковицы и др.). Большая часть разрезов приурочена к долине р. Неман и ее притоков. В результате сопоставления палинологических данных по разрезам территории исследований и других районов Беларуси выявлены некоторые отличия как в составе палинофлоры, так и в количественном содержании отдельных таксонов в составе спектров соответствующих пыльцевых зон. Эти материалы позволили детализировать палиностратиграфическое расчленение муравинских отложений территории западной Беларуси (табл. 1) и послужили основой для выявления особенностей развития растительности и реконструкции палеотемператур муравинского межледниковья. Для реконструкций использован метод совмещения «климатических ареалов» [Гричук и др., 1987 и др.].

Таблица 1. Схема палиностратиграфического расчленения муравинских отложений территории Беларуси и ее западной части

Пыльцевые зоны	Беларусь	Западная Беларусь
mr 9	<i>Pinus</i>	<i>Pinus</i>
mr 8	<i>Picea–Pinus</i>	<i>Picea–Pinus–Carpinus</i>
mr 7	<i>Carpinus–Picea</i>	<i>Carpinus–Picea (+Abies+Hedera)</i>
mr 6	<i>Carpinus–Tilia</i>	<i>Carpinus–Tilia (+Abies+Hedera)</i>
mr 5	<i>Tilia–Corylus–Carpinus</i>	<i>Tilia–Corylus–Carpinus (+Hedera)</i>
mr 4	<i>Corylus–Quercus–Ulmus</i>	<i>Corylus–Quercus–Ulmus (+Hedera)</i>
mr 3	<i>Quercus–Pinus–Corylus</i> (mr 3a <i>Pinus</i> , mr 3b <i>Corylus</i>)	<i>Quercus–Pinus–Corylus (+Hedera)</i> (mr 3a <i>Pinus</i> , mr 3b <i>Corylus</i>)
mr 2	<i>Pinus–Betula–Quercus</i>	<i>Pinus–Betula–Quercus (+Ulmus)</i>
mr 1	<i>Pinus–Betula–Picea</i>	<i>Pinus–Betula–Picea (+Quercus+Ulmus)</i>

Начальная фаза муравинского межледниковья **mr 1** *Pinus–Betula–Picea (+Quercus+Ulmus)* отражает распространение на территории западной Беларуси смешанных елово-сосново-березовых и елово-березово-сосновых лесов, в составе которых доминировали сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.), березы пушистая (*Betula pubescens* Ehrh.) и бородавчатая (*B. pendula* Roth.). Небольшое участие в лесах принимала ель сибирская (*Picea obovata* Ledeb), ее роль в составе лесных фитоценозов была меньшей, чем в северных районах Беларуси, а минимальное участие в составе лесов ель принимала на территории Белорусского Полесья. Изредка присутствовала лиственница (*Larix* sp.), в виде примеси появились вяз гладкий (*Ulmus laevis* Pall.) и дуб черешчатый (*Quercus robur* L.), в отличие от других регионов, где эти породы

не отмечены. Среди кустарниковых пород представлены можжевельник обыкновенный (*Juniperus communis* L.), крушина ломкая (*Frangula alnus* Mill.), ива (*Salix* sp.).

Реконструкция температур, выполненная для данной фазы межледниковья, позволила получить следующий их диапазон: $t^{\circ}_{VII} = +17...+19^{\circ}\text{C}$ ($+18^{\circ}\text{C}$), $t^{\circ}_I = -11^{\circ}...-17.5^{\circ}\text{C}$ (-14.25°C).

Фаза mр 2 *Pinus–Betula–Quercus* (+*Ulmus*) характеризовалась распространением смешанных широколиственно-сосновых и сосново-широколиственных лесов с примесью березы пушистой, березы бородавчатой и все возрастающим участием дуба черешчатого, вяза гладкого, вяза полевого (*Ulmus minor* Mill.), примесью ясеня высокого (*Fraxinus excelsior* L.), клена: (клена полевого (*Acer campestre* L.), клена платановидного (*A. platanoides* L.) и клена татарского (*Acer tataricum* L.)). Можно отметить, что максимальное участие в лесах того времени дуб принимал на территории Белорусского Полесья, а минимальное – в северной части Беларуси. В лесных ассоциациях присутствовали можжевельник обыкновенный, лещина обыкновенная (*Corylus avellana* L.), бересклет европейский (*Euonymus europaeus* L.), крушина ломкая, калина обыкновенная (*Viburnum opulus* L.), ива и др. На ветвях лиственных деревьев селилась омела белая (*Viscum album* L.).

Для фазы mр 2 получены такие диапазоны летних и зимних температур: $t^{\circ}_{VII} = +16^{\circ}...+21^{\circ}\text{C}$ ($+18.5^{\circ}\text{C}$); $t^{\circ}_I = -11^{\circ}...+3^{\circ}\text{C}$ (-4°C).

Фаза mр 3 *Quercus–Pinus–Corylus* (+*Hedera*) (mр 3a *Pinus*, mр 3b *Corylus*) – в начале данной фазы на территории исследований произрастали хвойно-широколиственные леса, в которых преобладала сосна, участие березы сокращалось, а роль термофильных пород, прежде всего дуба, быстро возрастала, и во второй половине фазы территорию заняли широколиственные дубовые леса с участием лещины, вяза, ясеня, клена. Преобладал дуб черешчатый, реже произрастали дуб скальный (*Quercus petraea* Liebl.) и дуб пушистый (*Q. pubescens* Willd.). В лесных сообществах этого времени на территории всей Беларуси, а также в пределах соседних стран роль дуба была максимальной по сравнению с другими фазами межледниковья. Произрастали также вяз гладкий, вяз полевой, ясень высокий, клен (3 вида). Липа практически отсутствовала. К концу фазы все большую роль играла лещина обыкновенная. Произрастали также бирючина обыкновенная (*Ligustrum vulgare* L.), бузина черная (*Sambucus nigra* L.), бересклет европейский, калина обыкновенная, крушина ломкая, ива. В состав лесных фитоценозов входила омела белая. Одной из особенностей данной фазы является присутствие в лесах плюща обыкновенного (*Hedera helix* L.), который не отмечен в это время в других регионах Беларуси. В наиболее увлажненных местах произрастали ольха черная (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn) и ольха серая (*Alnus incana* (L.) Moench).

Для фазы mр 3 получены такие диапазоны палеотемператур: $t^{\circ}_{VII} = +18^{\circ}...+21^{\circ}\text{C}$ ($+19.5^{\circ}\text{C}$), $t^{\circ}_I = -4^{\circ}...+3^{\circ}\text{C}$ (-0.5°C).

Фаза mр 4 *Corylus–Quercus–Ulmus* (+*Hedera*) – как и на всей территории Беларуси, в лесных сообществах максимума достигла доля термофильных древесных пород, прежде всего – лещины. Произрастали широколиственные дубово-лещиновые леса со значительным участием вяза и липы, реже – ясеня и клена. Вероятно, лещина, наряду с другими термофильными породами, прежде всего с дубом, являлась одним из основных эдификаторов широколиственных лесов, а, возможно, образовывала самостоятельные моноценозы, которые занимали обширные территории [Зеликсон, 1983; Мамакова, 1989; Пидек, 2003; Рылова, Савченко, 2018]. Участие дуба сократилось, но он по-прежнему был представлен несколькими видами: дуб черешчатый, реже дуб скальный и дуб пушистый. Липа (липа сердцевидная – *Tilia cordata* Mill., липа крупнолистная – *T. platyphyllos* Scop., липа серебристая – *T. tomentosa* Moench) уже имела существенное значение в составе лесных сообществ всей территории исследований. Произрастали также ясень высокий, клен (несколько видов). Роль граба обыкновенного (*Carpinus betulus* L.), который появился в лесных ассоциациях, была несущественной на всей территории Беларуси, за исключением некоторых районов Белорусского Полесья. В состав растительных сообществ входили также бирючина обыкновенная, бересклет европейский, калина обыкновенная, крушина ломкая, ива, а также плющ обыкновенный и омела белая. Увлажненные места рельефа занимали ольшаники.

Для фазы mр 4 получены такие палеотемпературы: $t^{\circ}_{VII} = +18^{\circ}...+23^{\circ}\text{C}$ ($+20.5^{\circ}\text{C}$); $t^{\circ}_I = -4^{\circ}...+4^{\circ}\text{C}$ (0°C). Эти значения были самыми высокими в климатическом оптимуме межледниковья. Данной фазой завершается первая половина климатического оптимума,

соответствующая наиболее теплой и сухой термоксеротической стадии муравинского межледниковья.

Фаза mр 5 *Tilia–Corylus–Carpinus* (+*Hedera*) характеризовалась развитием широколиственных лесов, в которых главной лесообразующей породой стала липа, представленная не менее чем тремя видами. В это время ее распространение было максимальным не только по отношению ко всему межледниковью, но и в целом в плейстоцене на территории Беларуси. Участие лещины снизилось, однако она по-прежнему играла значительную роль в составе лесных ассоциаций. Роль граба обыкновенного неуклонно возрастала. Участие дуба (дуб черешчатый, реже дуб скальный), вяза гладкого и вяза полевого в лесных фитоценозах заметно снизилось. Ясень и клен образовывали небольшую примесь в составе широколиственных лесов. В незначительном количестве появилась ель европейская (*Picea abies* (L.) Karst.). Среди кустарников отмечались ива, калина, крушина и др., произрастал плющ. Широкое распространение ольшаников указывает на увеличение грунтовой влажности.

Климат на протяжении данной фазы оставался теплым, но, как свидетельствует характер растительности, стал более влажным. Диапазон палеотемператур получен следующий: $t^{\circ}_{VII} = +17^{\circ}\dots+23^{\circ}\text{C}$ ($+20^{\circ}\text{C}$); $t^{\circ}_I = -5^{\circ}\dots+4^{\circ}\text{C}$ (-0.5°C).

Фаза mр 6 *Carpinus–Tilia* (+*Abies+Hedera*) – широколиственные липово-грабовые леса со значительным участием лещины, примесью дуба, вяза, клена, ясеня и возрастом роли хвойных пород – ели европейской, изредка пихты белой (*Abies alba* Mill.) Последняя присутствовала и в центральной части территории Беларуси, в отличие от восточных районов, где она не встречалась. Среди кустарников представлены можжевельник, крушина, ива и др. Встречался плющ, как и в центральных районах Беларуси. Ольха по-прежнему имела широкое распространение.

Для этой фазы получены следующие диапазоны летних и зимних температур: $t^{\circ}_{VII} = +17^{\circ}\dots+20.5^{\circ}\text{C}$ ($+18.75^{\circ}\text{C}$); $t^{\circ}_I = -4^{\circ}\dots+0.5^{\circ}\text{C}$ (-2°C).

Фаза mр 7 *Carpinus–Picea* (+*Abies+Hedera*) – на территории исследований произрастали грабовые, а также грабово-еловые и елово-грабовые леса с заметно сократившимся участием лещины, липы, дуба, вяза, клена, ясеня. Роль граба в лесах территории исследований была очень значительной. Участие лещины сократилось, однако она еще занимала существенное место в лесных ассоциациях. Ель имела широкое распространение, как и в центральных районах Беларуси. Ее роль была более значимой, по сравнению с восточными районами и территорией Белорусского Полесья, но меньшей, чем в северной части Беларуси, где она была главной лесообразующей породой. Значение сосны на протяжении данной фазы постепенно возрастало. В лесах встречалась пихта, а также плющ, которые изредка входили в состав лесной растительности центральной части Беларуси, но отсутствовали в восточной. Из кустарников встречались можжевельник, ива, крушина и др. По-прежнему широкое распространение имели ольшаники.

Диапазоны палеотемператур получены такие же, как и для предыдущей фазы.

Фаза mр 8 *Picea–Pinus–Carpinus* – хвойные сосново-еловые и широколиственно-хвойные леса, в которых доминирующими породами были ель и сосна. Ель в это время получила здесь максимальное распространение. Ее участие в лесах снижалось в восточном направлении. Лишь в северной части Беларуси господствовали еловые леса. Наименьшее значение ель имела на территории Полесья. Заметную роль в лесах играл граб, ему сопутствовали липа и лещина, их участие было довольно существенным. Береза присутствовала лишь в виде очень незначительной примеси. Роль ольшаников заметно сократилась. Изменения, произошедшие в составе растительности, свидетельствуют о дальнейшем снижении теплообеспеченности территории. Для рассмотренного промежутка времени получены несколько более низкие палеотемпературы: $t^{\circ}_{VII} = +16.5^{\circ}\dots+20.5^{\circ}\text{C}$ ($+18.5^{\circ}\text{C}$), $t^{\circ}_I = \dots-7^{\circ}\dots+0.5^{\circ}\text{C}$ (-3.5°C). Эти показатели близки к современным температурам в исследуемом регионе Беларуси.

Фаза mр 9 *Pinus* – в заключительной фазе муравинского межледниковья на территории западной Беларуси произрастали хвойные сосновые леса с участием ели европейской. Небольшую примесь составляли береза, лиственница, ольха. Характерно расширение участков, занятых травянистой растительностью, свидетельствующее о постепенной деградации лесов и прогрессирующем похолодании климата.

Для данной фазы получены такие диапазоны палеотемператур: $t^{\circ}_{VII} = +11.5^{\circ}\dots+20.5^{\circ}\text{C}$ (средняя $+16^{\circ}\text{C}$), $t^{\circ}_I = 0\dots-16^{\circ}\text{C}$ (средняя -8°C).

Последовательность фаз развития лесной растительности на территории западной Беларуси на протяжении муравинского межледниковья позднего плейстоцена и динамика соответствующих палеотемпературных показателей представлены на рисунке (рис. 1)



Рис. 1. Динамика палеотемпературных показателей на протяжении муравинского межледниковья для территории западной Беларуси

Материалы исследований свидетельствуют о том, что в самое теплое время оптимума муравинского межледниковья территория западной Беларуси, как и всей страны, находилась в зоне широколиственных лесов, занимавшей намного более широкий ареал, чем в настоящее время. Климатические условия муравинского оптимума были благоприятны для произрастания дуба скального, дуба пушистого, липы сердцелистной, липы серебристой, бирючины обыкновенной, плюща обыкновенного и других растений, свойственных в настоящее время районам с более теплым океаническим климатом. Такие древесные породы, как ель, сосна и береза в это время практически отсутствовали.

Выполненная реконструкция палеотемператур методом «климатических ареалов» показала, что самые высокие температуры соответствовали фазе mr 4 климатического оптимума муравинского межледниковья ($t^{\circ}_{VII} = +18^{\circ}\dots+23^{\circ}\text{C}$ (средняя $+20.5^{\circ}\text{C}$, что на 2.5°C выше современной на территории исследований); $t^{\circ}_I = -4^{\circ}\dots+4^{\circ}\text{C}$ (средняя 0°C), на 4°C выше современной. Зимние температуры имели значительно большее отклонение от современных, по сравнению с летними.

Представляет интерес сравнение полученных показателей с результатами подобных исследований на других территориях. Так, реконструкция палеотемператур этим же методом по разрезу Hieronimowo в северо-восточной Польше для фазы E4 – самой теплой в земском интергляциале, позволила получить июльскую температуру $+21^{\circ}\text{C}$, т.е. очень близкую к полученной нами (20.5°C) [Kurujanowicz et al., 2018].

Методом, основанным на теории вероятностей, литовскими исследователями ранее были получены более высокие показатели июльских палеотемператур мяркинского межледниковья: для самого теплого времени оптимума (фаза M 3a) средняя температура июля составила $+23.5^{\circ}\text{C}$, а января $+0.2^{\circ}\text{C}$ [Šeirienė, Kondratienė, 2005].

Позднее были получены иные палеотемпературы для мяркинского межледниковья на примере разреза Медининкай-117 [Šeirienė et al., 2014] с использованием pdf-метода. В основу

реконструкции были положены данные о пыльце и макрофлоре. В результате для самой теплой фазы М 3а получены такие средние значения палеотемператур: +18.5°C для июля, -4.5°C для января. Эти показатели заметно ниже, чем полученные нами. Практически они соответствуют современным в этом регионе. Этим же методом были получены также сравнительно низкие температуры по материалам исследований разрезов, расположенных в смежных областях Германии, Франции и Швейцарии: для климатического оптимума (фаза Е4) средние температуры июля составили +17.6 °С, января +0.4°C [Klotz et al., 2003].

Очевидно, что палеоклиматические реконструкции с применением pdf-метода позволяют получить заметно более низкие температуры, чем при использовании метода климатических ареалов, на что уже указывали некоторые исследователи [Klotz et al., 2003].

Следует отметить, что в настоящее время на территории наших исследований распространены грабово-дубово-темнохвойные леса, температура июля в среднем составляет +18°C, а января в среднем -4°C. Поэтому температуры, реконструированные методом климатических ареалов для самой теплой фазы межледниковья, когда господствовали богатые широколиственные леса, представляются более вероятными. Очевидно, что метод «климатических ареалов», в основе которого лежит таксономический, прежде всего, видовой состав дендрофлоры, имеет преимущества перед другими методами. Однако при его использовании, в отличие от pdf-метода и метода, основанного на теории вероятностей, не учитывается количественное участие таксонов, хотя разница в их соотношении в составе спектров пыльцевых зон четко указывает на различия климатических условий.

Таким образом, в результате анализа палинологических данных по муравинским разрезам, расположенным на территории западной Беларуси, уточнена палиностратиграфия этих отложений и охарактеризованы фазы развития растительности и соответствующие климатические изменения на протяжении межледниковья, которые, несмотря на общее сходство с выявленными ранее для всей территории Беларуси, имеют региональные отличия. Полученные данные уточняют представления об особенностях изменения природной обстановки на территории Беларуси в позднем плейстоцене.

Литература:

Борисова О.К., Зеликсон Э.М. Палеофлористический метод // Климаты и ландшафты Северной Евразии в условиях глобального потепления. Ретроспективный анализ и сценарии. Вып. III. М.: ГЕОС, 2010. С. 34–42.

Гричук В.П., Зеликсон Э.М., Борисова О.К. Реконструкция климатических показателей раннего кайнозоя по палеофлористическим данным // Климаты Земли в геологическом прошлом. М.: Наука, 1987. С. 69–77.

Зеликсон Э.М. О палеогеографической интерпретации спорово-пыльцевых спектров с большим содержанием пыльцы орешника // Изв. АН СССР. Сер. геогр. 1983. № 2. С. 102–112.

Рылова Т.Б., Савченко И.Е. Растительность и климат территории западной части Белорусского Полесья в муравинское межледниковье // Літасфера. 2018. № 2 (49). С. 17–32.

Klotz S., Guiot J., Mosbrugger V. Continental European Eemian and early Würmian climate evolution: comparing signals using different quantitative reconstruction approaches based on pollen // Global and Planetary Change. 2003. № 36. P. 277–294.

Kühl N., Gebhardt C., Litt T., Hense A. Probability density functions as botanical– climatological transfer functions for climate reconstruction // Quaternary Research. 2002. № 58, P. 381–392.

Kupryjanowicz M., Filoc M., Kwiatkowski W. Was there an abrupt cold climatic event in the middle Eemian? Pollen record from a palaeolake at the Hieronimowo site, NE Poland // Quaternary International. 2018. № 467. P. 96–106.

Mamakowa K. Late Middle Polish Glaciation, Eemian and Early Vistulian vegetation at Imbramowice near Wrocław and the pollen stratigraphy of this part of the Pleistocene in Poland // Acta Palaeobot. Vol. 29. № 1. 1989. 229 p.

Šeirienė V., Kondratienė O. Vegetation and climate changes during Merkinė interglacial (Eemian) in Lithuania // Polish Geological Institute Special Paper. 2005. № 16. P. 103–108.

Šeirienė V., Kühl N., Kisieliene D. Quantitative reconstruction of climate variability during the Eemian (Merkinė) and Weichselian (Nemunas) in Lithuania // Quaternary Research. 2014. № 82 (1). P. 229–235.

Pidek I.A. Mesopleistocene vegetation history in the Northern Foreland of the Lublin Upland based on palaeobotanical studies of the profiles from Zdany and Brus sites. Lublin: Maria Curie-Skłodowska University Press, 2003. 96 p.



НОВЫЕ ДАННЫЕ К ХАРАКТЕРИСТИКЕ ИЗМЕНЕНИЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ В РОСТОВСКОЙ НИЗИНЕ В ПОЗДНЕЛЕДНИКОВЬЕ И ГОЛОЦЕНЕ

А.В. Самусь, Е.А. Константинов

Институт географии РАН, Москва, avsamus@igras.ru, eakonstantinov@yandex.ru

NEW DATA ON THE VEGETATION CHANGES IN THE ROSTOV LOWLAND DURING THE LATE GLACIAL AND HOLOCENE

A.V. Samus, E.A. Konstantinov

Institute of Geography RAS, Moscow

Актуальность и объект исследования

Ростовская низина – депрессия рельефа площадью около 550 км² и глубиной 60-80 м, расположенная приблизительно в 180 км к северо-востоку от Москвы. Она вытянута с северо-востока на юго-запад, а ее образование обусловлено тектоническими причинами [Геологическая..., 1967]. В пределах низины, в ее южной, наиболее пониженной части, расположено озеро Неро – крупнейшее озеро Ярославского Поволжья. Котловина озера Неро и его террасовый комплекс уже неоднократно становились объектами палеоботанических исследований [Алешинская, Гунова, 1975; Гунова, 1975; Алешинская, Гунова, 1997; Гунова, Лефлат, 1997; Wohlfarth et al., 2006], т.к. мощность четвертичных озерных отложений превышает 100 м и озеро является богатым архивом палеогеографической информации. Однако большинство исследований, проведенных в 70-90 гг. XX в., слабо обеспечены определениями возраста отложений. Более того, согласно последним опубликованным материалам [Wohlfarth et al., 2006], в скважинах самого озера Неро в отложениях позднего дриаса и раннего голоцена фиксируется перерыв в осадконакоплении.

Основной объект данного исследования – скважина К7С – расположен на террасовидной поверхности аллювиально-аккумулятивной равнины на высоте 11 м на урезом озера Неро (N 57.191579; E 39.310386). Мощность отложений, вскрытых скважиной, составляет 2 м. Для большей точности палеогеографических построений шесть образцов отложений из разных литологических горизонтов были датированы по ¹⁴C в лаборатории ядерной геофизики и радиоэкологии Центра исследования природы (Вильнюс, Литва). Согласно полученным возрастным определениям, большая часть отложений, вскрытых скважиной, сформировалась в позднеледниковье и начале голоцена. Таким образом, детальное изучение отложений позволяет заполнить некоторые пробелы и расширить понимание истории изменения растительности в Ростовской низине на рубеже позднеледниковья и голоцена и в пребореальном периоде.

Методы исследования

В рамках исследования был проведен спорово-пыльцевой анализ отложений скважины К7С. Обработка образцов в лаборатории проводилась по стандартной методике [Гричук, Заклинская, 1948] с использованием процедуры ацетализации [Мазей, Новенко, 2021]. Далее препараты просматривались под микроскопом через каждые 5-10 см. Всего просмотрено 37 образцов. По полученным данным в программе Tilia построены 3 спорово-пыльцевые диаграммы разными способами [Борисова, 2011]. Для первой диаграммы за 100% принята общая сумма пыльцы деревьев и кустарников и трав и кустарничков, а доля спор рассчитана по отношению к этой же сумме. Для второй диаграммы содержания пыльцы и спор рассчитаны внутри трех основных групп – деревьев и кустарников, трав и кустарничков и спор, – каждая из которых составляет 100%. Третья диаграмма показывает изменение концентраций пыльцы и спор (кол-во зерен на 1 см³ осадка). В программе Tilia также проведен кластерный анализ. Возрастная модель осадконакопления построена на основе шести радиоуглеродных датировок в программном пакете gbascon среды R.

Результаты

В колонке К7С снизу вверх выделяются следующие горизонты: суглинок легкий (2.0-1.83 м), суглинок слабо оторфованный (1.83-1.65 м), суглинок сильно оторфованный (1.65-1.45 м), низинный осоково-тростниковый торф (1.45-0.38 м) и суглинок сильно оторфованный (0.38-0 м).

По результатам спорово-пыльцевого анализа отложений скважины К7С нами выделено 5 локальных пыльцевых зон (далее – ЛПЗ).

ЛПЗ 1 соответствует двум нижним горизонтам – легкого суглинка и оторфованного суглинка (2.0-1.67 м). Она отражает изменения растительности, происходившие в позднеледниковье, а именно – в позднем дриасе и, возможно, аллерёде. На глубине 1.75-1.65 м, в верхней части ЛПЗ 1, отложения датированы возрастом 11235-12705 тыс. кал. лет назад.

Концентрация пыльцы в нижних двух образцах на глубинах 1.98 и 1.9 м очень низкая (5-6 тыс. зерен на см³), что может быть связано с высокой скоростью аккумуляции терригенного осадка. Выше по разрезу в пределах ЛПЗ 1 концентрация увеличивается (60-90 тыс. зерен на см³).

В общем составе спорово-пыльцевых спектров ЛПЗ 1 приблизительно в равном количестве присутствует пыльца деревьев и кустарников (44%-60%) и трав и кустарничков (38%-55%), доля спор не превышает 8%.

В группе деревьев и кустарников доминирует *Betula sect. Albae*, в меньшем количестве встречается пыльца *Picea* и *Pinus s/g Diploxylon*. Характерна значительная роль кустарников – *Betula sect. Fruticosae*, *Betula sect. Nanae*, *Salix* (их общее количество в спектрах достигает 29% от суммы пыльцы древесных растений). Концентрация пыльцы кустарников также велика (*Betula sect. Fruticosae* – до 5 тыс. зерен на см³, *Betula sect. Nanae* – до 0.5 тыс., *Salix* – до 7 тыс.).

В группе трав и кустарничков в большом количестве отмечена пыльца ксерофитных трав – *Artemisia*, *Chenopodiaceae*. Пик полыни особенно заметен на диаграмме «по группам». Концентрация пыльцы ксерофитов значительна и составляет около 5-20 тыс. зерен на см³. В целом, группа трав отличается таксономическим разнообразием – встречается пыльца осок, злаков, разнотравья (*Ranunculaceae*, *Thalictrum*, *Apiaceae*, *Asteraceae*, *Cichoriaceae*, *Rosaceae*, *Fabaceae*, *Caryophyllaceae* и др.).

Группу спор составляют в основном споры *Polypodiaceae*, встречаются также *Botrychium*, *Ophyoglossum*, *Sphagnum*, *Equisetum*.

Невысокая доля пыльцы древесных пород, среди которых многочисленны кустарники, значительное содержание пыльцы ксерофитов и разнотравья свидетельствуют о том, что на территории в позднем дриасе и, вероятно, в конце аллерёда были распространены лесотундровые ландшафты: березовые и еловые редколесья в сочетании с полынно-маревыми и разнотравными ассоциациями.

ЛПЗ 2 характеризует горизонты оторфованного суглинка и торфа на глубинах 1.67-1.18 м. Согласно возрастной модели, эти отложения формировались в пребореальном периоде и охватывают возрастной интервал 11.75-11 тыс. кал. л.н. За счёт возросшего процентного содержания спор (от 1% до 59%) доля пыльцы деревьев в общем составе палиноспектров уменьшается (от 5% до 43%), а доля пыльцы трав остается неизменной.

В группе пыльцы трав доминируют злаки. Согласно результатам ботанического анализа торфа, проведенного Стойкиной Н.В. (лаборатория болотных экосистем ИБ КарНЦ РАН), на этих же глубинах встречаются многочисленные макроостатки *Phragmites*. Таким образом, в пребореальном периоде голоцена здесь существовало тростниковое низинное болото. В спектрах часто отмечается пыльца прибрежно-водных растений – *Typha*, *Sparganium*. Снизу вверх в пределах ЛПЗ 2 уменьшается количество пыльцевых зерен *Artemisia*, *Chenopodiaceae*. Эта тенденция наблюдается и на диаграмме концентраций пыльцы. В нижней части ЛПЗ 2 их концентрации в сумме составляют 4-18 тыс. зерен на см³, в верхней части – не превышают 3 тыс. на см³. Группа трав по-прежнему отличается таксономическим разнообразием. Стоит отметить, что в палиноспектрах встречены пыльцевые зерна *Ephedra* и *Thalictrum*, характерных для перигляциальных флор центральных районов Восточно-Европейской равнины.

В группе пыльцы деревьев и кустарников доминирует пыльца *Betula sect. Albae*. Снизу вверх в пределах палинозоны возрастает доля пыльцы *Pinus s/g Diploxylon* и уменьшается доля пыльцы *Picea*. В малом количестве отмечается пыльца карликовой березки, а также широколиственных пород – вяза, дуба, лещины.

В группе спор многочисленны споры *Polypodiaceae* и единичны зерна *Sphagnum*.

По сравнению с палинозоной 1, спорово-пыльцевые спектры ЛПЗ 2 отражают условия более теплого климата. Вероятно, в первой половине пребореального периода голоцена на территории уже распространились сосновые и березовые леса. Кое-где могли сохраняться

еловые перелески. В условиях повышенной увлажненности (на болотах, по берегам озер) произрастали рогаз, ежеголовник, злаки, а также березы и ивы.

ЛПЗ 3 объединяет спорово-пыльцевые спектры осадков возрастом 11-8.2 тыс. лет и характеризует толщу торфа с прослоями органо-карбонатного ила на глубинах 1.18-0.57 м.

В общем составе палиноспектров ЛПЗ 3 увеличивается количество пыльцы деревьев и кустарников (12% - 69%), велика доля спор (7% - 73%). Доля пыльцы трав и кустарничков составляет от 15 до 36%.

Доминантами в группе пыльцы деревьев и кустарников являются *Betula sect. Albae* и *Pinus s/g Diploxylon*. Характерно очень низкое содержание *Picea*. По сравнению с ЛПЗ 2, реже встречаются пыльцевые зерна *Salix*, а пыльца широколиственных пород становится более разнообразной: помимо *Quercus*, *Ulmus* и *Corylus*, в спорово-пыльцевых спектрах отмечаются пыльцевые зерна *Tilia*, *Lonicera*, *Sambucus*, *Viburnum*.

В группе спор преобладают споры Polypodiaceae. Единичны споры сфагновых мхов и хвощей.

Отличительной чертой группы пыльцы трав и кустарничков является преобладание пыльцы Сурегасеae. Согласно результатам ботанического анализа торфа, на этих же глубинах в образцах встречены макроостатки *Carex lasiocarpa*, *C. rostrata*, *C. canescens*, а также по-прежнему отмечаются макроостатки тростника, но уже в меньшем количестве. Следовательно, можно заключить, что во второй половине пребореального периода тростниковое низинное болото трансформировалось в осоковое болото. В открытых сообществах на окружающей территории встречались полыни, травы семейства маревых и луговое разнотравье.

По результатам кластерного анализа внутри ЛПЗ 3 можно выделить 2 подзоны: А и Б; граница между ними проходит на глубине около 0.87 м. Согласно возрастной шкале, она соответствует границе пребореального и бореального периодов голоцена. Отличия между подзонами А и Б заключаются в следующем:

- 1) в нижней подзоне А более высокая доля пыльцы *Artemisia*, а также выше ее концентрация;
- 2) в подзоне Б немного больше процентное содержание пыльцы деревьев и кустарников в общем составе спектров, а также выше таксономическое разнообразие пыльцы широколиственных пород.

Подзона Б относится уже к бореальному периоду голоцена. По составу спектров и характеру палинофлоры она отражает более теплые условия. Растительный покров этого времени был представлен смешанными сосново-березовыми лесами с участием в них широколиственных пород – дуба, вяза, липы. В подлеске произрастали лещина, жимолость, бузина.

ЛПЗ 4 выделена на глубинах 0.57-0.22 м и соответствует горизонтам торфа и оторфованного суглинка.

Пыльца деревьев и кустарников доминирует в общем составе палиноспектров; ее доля возрастает до 43% - 83%. В группе деревьев в большом количестве встречается пыльца *Pinus s/g Diploxylon* и *Picea*, причем доля пыльцы сосны уменьшается снизу вверх в пределах ЛПЗ 4, а доля пыльцы ели увеличивается. Растет процентное содержание ольхи серой и ольхи черной, а также, по сравнению с ЛПЗ 3, повышается доля пыльцы широколиственных пород (суммарно она составляет от 4% до 9%) и увеличивается ее концентрация (*Quercus* – 1-3 тыс. зерен на см³, *Tilia* – 2-9 тыс. на см³, *Corylus* – 2-6 тыс. на см³, *Ulmus* – до 3 тыс. на см³).

В группе спор преобладают папоротники (в т.ч. лесной вид *Dryopteris*), встречаются споры сфагновых мхов и хвощей.

Группа пыльцы трав по видовому разнообразию становится более скудной. Здесь доминируют осоки, реже отмечается пыльца злаков и лугового разнотравья.

Согласно возрастной шкале, этот палинокомплекс формировался в атлантическое время (8.2-5.3 тыс. лет назад). Судя по составу спорово-пыльцевых спектров ЛПЗ 4, климат стал еще теплее и мягче, широко распространились смешанные елово-сосновые леса с примесью широколиственных пород. Преобладание в атлантическом периоде на исследуемой территории хвойно-широколиственных лесов также отмечено другими исследователями [Алешинская, Гунова, 1975, 1997; Wohlfarth et al., 2006].

На время позднего голоцена (ЛПЗ 5) в скважине К7С приходится лишь верхние 22 см отложений (горизонт оторфованного суглинка). Отличительной чертой спорово-пыльцевых спектров ЛПЗ 5 является меньшая доля пыльцы широколиственных пород (их общее количество не превышает 6% от суммы пыльцы деревьев и кустарников). Для этой палинозоны также характерна более низкая общая концентрация пыльцы (150-300 тыс. зерен на см³ в ЛПЗ 5 по сравнению с 200-500 тыс. зерен на см³ в ЛПЗ 4).

Вероятно, время формирования этой толщи можно отнести к суббореальному и/или субатлантическому периоду. В это время на территории господствовали темнохвойные еловые леса с примесью сосны, березы, широколиственных пород. Согласно исследованиям [Алешинская, Гунова, 1997; Гунова, Лефлат, 1997], в суббореальном периоде в окрестностях озера Неро распространились еловые леса, которые в субатлантическое время постепенно были вытеснены елово-сосново-березовыми с участием широколиственных пород. Однако на диаграмме [Wohlfarth et al., 2006] заметна обратная тенденция: господство в суббореале сосново-березовых лесов с примесью ели и возрастание роли ели в древостое в субатлантическом периоде.

В целом, при сравнении нашей ЛПЗ 5 с диаграммами озера Неро [Алешинская, Гунова, 1997; Wohlfarth et al., 2006], заметно ее сходство с палинозонами субатлантического времени.

Выводы

Таким образом, в истории развития растительности в Ростовской низине в позднеледниковье и голоцене можно выделить 5 этапов:

1. В аллереде и позднем дриасе в растительном покрове сочетались лесные, тундровые и степные ассоциации. На территории произрастали березово-еловые редколесья, а на открытых пространствах господствовали полынно-маревые и разнотравные сообщества.
2. В первой половине пребореального периода (11.75-11 тыс. лет назад) на месте исследования существовало тростниковое низинное болото, которое во второй его половине (11-10.75 тыс. лет назад) перешло в осоковое болото. В окрестностях болота произрастали сосновые и березовые леса с примесью ели.
3. В бореальном периоде (10.75-8.2 тыс. лет назад) вследствие потепления климата возросла роль широколиственных элементов в растительном покрове. Растительность представляла собой смешанные сосново-березовые леса с участием широколиственных пород.
4. В атлантическом периоде (8.2-5.3 тыс. лет назад) леса стали гуще, климат – теплее и мягче. На территории господствовали смешанные елово-сосновые леса с примесью широколиственных пород.
5. В позднем голоцене (суббореальный и субатлантический периоды) в растительном покрове преобладали еловые леса с примесью сосны, березы, широколиственных пород.

Литература:

Алешинская З.В., Гунова В.С. Голоценовая история озера Неро по данным сопряженного анализа // История озер в голоцене. Л.: Ротапринт ГО СССР, 1975. С. 150–158.

Алешинская З.В., Гунова В.С. Новейшие отложения и палеогеография озера Неро // Вестник Моск. ун-та. Серия 5. География. 1997. № 1. С. 49–52.

Борисова О.К. Интерпретация палинологических данных с учетом концентрации и скорости аккумуляции пыльцы и спор // Проблемы современной палинологии. М-лы XIII Российской палинологической конференции, Сыктывкар, 5–8 сентября 2011 г. Т. 1. Сыктывкар: ИГ Коми НЦ УрО РАН, 2011. С. 85–89.

Геологическая карта четвертичных отложений м-ба 1:200000. Лист О-37-XXVIII. ВСЕГЕИ, 1967.

Гричук В.П., Заклинская Е.Д. Анализ ископаемых пыльцы и спор и его применение в палеогеографии. М.: Географгиз, 1948. 224 с.

Гунова В.С. История озера Неро по палеоботаническим данным. Автореферат дис. ... канд. геогр. наук. М., 1975. 21 с.

Гунова В.С., Лефлат О.Н. Голоценовое и современное состояние экосистемы озера Неро // Вестник Моск. ун-та. Серия 5. География. 1997. №4. С. 42–45.

Мазей Н.Г., Новенко Е.Ю. Применение пропионового ангидрида при подготовке проб для спорово-пыльцевого анализа // Nature Conservation Research. Заповедная наука. 2021. № 6(3). С. 110–112.

Wohlfarth B., Tarasov P., Bennike O., Lacourse T., Subetto D., Torssander P., Romanenko F. Late glacial and Holocene palaeoenvironmental changes in the Rostov-Yaroslavl' area, West Central Russia // Journal of Paleolimnology. 2006. Vol.35. P.543–569.

ПАЛИНОЛОГИЯ ОЗЕР МОЛОГО-ШЕКСНИНСКОЙ НИЗМЕННОСТИ

Т.В. Сапелко¹, Д.О. Садоков²¹Институт озероведения СПб ФИЦ РАН, Санкт-Петербург, *tsapelko@mail.ru*²ФГБУ «Дарвинский государственный природный биосферный заповедник», г. Череповец, *dmitriisadokov@gmail.com*

PALYNOLOGY OF THE LAKES OF THE MOLOGA-SHEKSNA LOWLAND

T.V. Sapelko¹, D.O. Sadokov²¹Institute of Limnology, Russian Academy of Sciences SPC RAS, Saint-Petersburg²Darwin State Nature Biosphere Reserve, Cherepovets

Молого-Шекснинская низменность является одним из ключевых регионов для изучения последней стадии позднеледникового периода. Отложения приледниковых водоемов [Квасов, 1975], формировавшихся в ходе таяния ледникового покрова, представляют значительный интерес [Ауслендер, 1967; Гей, 2000]. До сих пор многие вопросы для рассматриваемой территории являются дискуссионными, как например, проблема генезиса приледниковых отложений. По мнению некоторых авторов, граница последнее оледенение не покрывало территорию низменности, и граница проходила севернее [Гей, Малаховский, 1998], хотя такую точку зрения поддерживают не все исследователи [Ауслендер, 1967; Симонова и др., 1970]. Большое приледниковое озеро, образовавшееся ранее, постепенно мелело. Многие малые современные озера являются его реликтами. В результате исследований озер Молого-Шекснинская низменности в 2018 году были изучены озера Хотавец, Погоское и Белое (рис.1), расположенные в разных частях низменности. Все изученные озера представляют собой небольшие мелководные заболоченные водоемы (табл.1)

Палинологических исследований на территории Молого-Шекснинской низменности проводилось немало, однако в основном обнажения и террас на предмет изучения отложений краевых образований разных стадий оледенений. Хорошо изучены с помощью спорово-пыльцевого анализа в основном более древние плейстоценовые отложения, тогда как для периода плейстоценово-голоценовой границы изучались в основном единичные образцы. Первые палинологические исследования на рассматриваемой территории для озерно-болотных отложений позднеледникового и голоцена были выполнены В.П. Гричуком [1951].

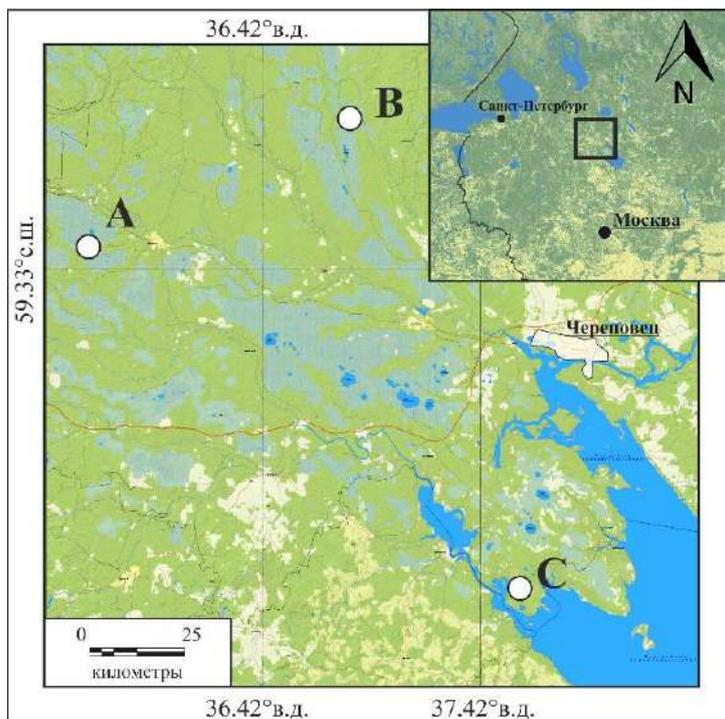


Рис.1. Карта исследований: А – оз. Белое; В – оз. Погоское; С- оз. Хотавец

На данный момент получены предварительные результаты палинологического анализа нижней части колонок донных отложений трех озер. Отложения представлены слоистыми и неслоистыми позднеледниковыми суглинками перекрытыми послеледниковыми гитиями.

Таблица 1. Характеристики изученных озер.

озера	Координаты	Высота над уровнем моря, м	Площадь озера, км ²	Глубина озера, м
Хотавец	58.568° с.ш. 37.603° в.д.	102.4	1.24	2.2
Погоское	59.697° с.ш. 36,853° в.д.	146.3	0.14	2.1
Белое	59.379° с.ш. 35.626° в.д.	1505	1.26	1.5

Наиболее полно с помощью спорово-пыльцевого анализа изучена нижняя часть колонки донных отложений из оз. Хотавец, по результатам которого выделены 4 палинозоны, охватывающие поздне-послеледниковый период (рис.2):

Палинозона 1 (13.5 – 12.9 кал.тыс.лет назад).Общая концентрация пыльцы в образцах достаточно высокая. Значительное содержание пыльцы *Artemisia*, *Chenopodiaceae*, *Roaceae*, *Сурегасеае* свидетельствует о широком распространении перигляциальных ландшафтов. При этом отмечается довольно высокий процент пыльцы древесных пород (25-70%). В основном доминирует пыльца сосны и ели. Определена пыльца водных пород. Постоянно присутствуют разные виды водорослей *Pediastrum*, отмечаются также водоросли *Botryococcus braunii*. Достаточно велико содержание в образцах остатков микрофауны. Определены устьица *Juniperus communis*. Встречаются частички угля, споры грибов. При этом в течение рассматриваемого периода отмечаются непродолжительные резкие повышения содержания углей и фауны.

Палинозона 2 (12.9 – 11.8 кал. тыс. лет назад). Отмечается резкое снижение концентрации пыльцы в образцах, что очевидно связано с изменениями в литологическом составе и увеличением минеральной фракции в донных отложениях. Содержание пыльцы древесных пород снижается и не превышает 50%. Среди древесных отмечается в основном пыльца *Pinus* и *Betula nana*. Резко сокращается содержание пыльцы ели, пыльца березы (кроме карликовой) практически отсутствует. Преобладает пыльца трав. В основном это *Artemisia*, *Chenopodiaceae*, *Roaceae*, *Сурегасеае*. Постоянно отмечается пыльца эфедры. Появляется также *Dryas octopetala*, характерный вид дриасового похолодания. Среди спор встречается *Selaginella*, характерная для ксерофитной растительности. Исчезают пыльца водных растений, появляясь ненадолго в единичных значениях только в середине зоны, и водоросли *Pediastrum*. Интересно, что отмеченная здесь пыльца *Alisma plantago-aquatica*, также фиксировалась и в других дрисовыхприледниковых озерах Вологодской области [Косорукова, Сапелко, 2015]. Водоросли *Botryococcus braunii* продолжают встречаться в небольших количествах.

Палинозона 3 (11.8 – 11.1 кал. тыс. лет назад). Общая концентрация пыльцы начинает постепенно увеличиваться. Растет процент пыльцы древесных пород (37-61%). Преобладает пыльца сосны. Значительно содержание пыльцы *Betula nana* и *Juniperus*. Появляется и постепенно растет процент пыльцы березы. Снижается содержание пыльцы травянистых. Среди трав преобладает пыльца злаков и осоковых. Снижается процент пыльцы *Artemisia* и *Chenopodiaceae*. Пыльца *Dryas octopetala* исчезает. Вновь появляются пыльца водных растений и водоросли *Pediastrum*, содержание которых, однако меньше, чем в палинозоне 1.

Палинозона 4 (<11.1 кал. тыс. лет назад). Концентрация пыльцы достигает своих максимальных значений. Продолжает расти процент пыльцы древесных пород и достигает здесь максимальных значений (до 82%). Снижается содержание пыльцы сосны и резко возрастает процент пыльцы березы. В единичных значениях впервые появляется пыльца *Alnusincana* и *Corylus*. При этом уменьшается количество пыльцы травянистых пород, среди которых продолжает доминировать пыльца злаков и осоковых. Содержание пыльцы ксерофитной растительности постепенно снижается и растет разнообразие разнотравья. Растет процентное содержание и разнообразие пыльцы водных растений. Максимальных значений достигает

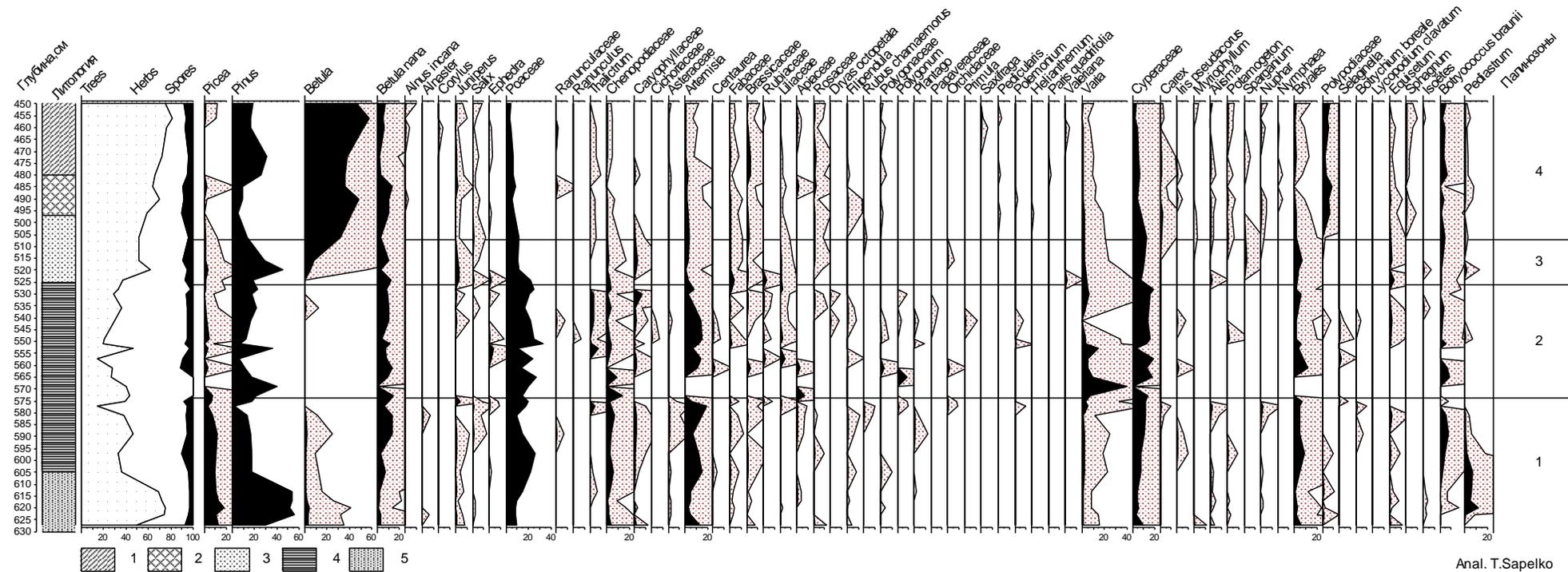
процент спор. С середины зоны впервые появляются в небольших количествах диатомовые водоросли.

В результате проведенного исследования палинозону 1 уверенно можно отнести к аллереду. В это время наряду с распространением перигляциальных сообществ распространяется древесная растительность с преобладанием ели и сосны. О существовании озерных условий в этот период свидетельствует распространение водной растительности, водорослей и фауны. В целом, судя по составу растительности, климат в это время был относительно холодный и влажный. Дальнейшее резкое похолодание и иссушение климата (палинозона 2) связано с наступлением позднего дриаса. Распространяются травянистые группировки с преобладанием полыней, маревых, злаков, осоковых, а также эфедры и дриады. Подобные ландшафты, включая *Dryas octopetala* и *Ephedra*, реконструированы и для района распространения другого приледникового водоема - Воже-Лачинского озера [Косорукова, Сапелко, 2015; Косорукова и др., 2017]. Древесная растительность практически исчезает, пыльца сосны вероятно в основном является заносной. Продуктивность водоема падает. Дальнейшее потепление и увлажнение климата (палинозона 3) связано с новой экспансией древесной растительности. В этот период, судя по характеру растительности произошел сдвиг лесной зоны к водосборному бассейну оз. Хотавец. Пыльца сосны и ели вероятно в этот период была в основном заносной. Постепенный переход к распространению древесной растительности вероятно связан с нестабильными условиями конца позднего дриаса и начала голоцена. Начало распространения лесов на оз. Хотавец относится к следующему периоду (палинозона 4). В начале периода это были в основном березовые леса, а затем сосново-березовые. Исчезновение перигляциальных сообществ и появление макрофитов свидетельствует о наступлении потепления и увлажнения начала голоцена с началом палинозоны 3. В связи с этим палинозоны 3 и 4 можно отнести в пребореальный период.

Предварительный анализ колонки донных отложений оз. Погоского показал более низкую мощность накопления отложений аллереда, чем в оз. Хотавец. При этом пик ели здесь выражен более четко, процент содержания пыльцы ели выше. Помимо пыльцы отмечены устьица ели. В отложениях позднего дриаса оз. Погоского встречается пыльца березы в отличие от соответствующих отложений оз. Хотавец. Диатомовые водоросли в оз. Погоском встречаются в небольших количествах на протяжении всего разреза, начиная с аллереда.

Первые результаты по нижней части колонки донных отложений оз. Белого показывают более влажные условия в период накопления нижней части отложений, чем в оз. Хотавец. О более высокой продуктивности оз. Белого в этот период свидетельствует нетипично высокий процент содержания водорослей *Pediastrum*. Отмечена высокая концентрация и большое разнообразие пыльцы. Судя по составу изученных палиноспектров начало формирования колонки донных отложений оз. Белого относится к беллингу. Климат в этот период был более теплый и влажный, чем в аллереде, климат которого был реконструирован по колонке донных отложений озер Хотавец и Погоского.

В результате по результатам палинологического анализа, подтвержденного радиоуглеродными (AMS) датировками, можно сделать вывод о начале формирования колонки донных отложений оз. Белого в беллинге, а колонок озер Хотавец и Погоского – в аллереде. Все три озера образовались в период потеплений климата, когда на их водосборе появлялась древесная растительность. Озера были при этом небольшими и мелководными. Изучение болотных отложений В.П. Гричуком [1951] показало, что подстилающими отложениями являются дриасовые озерные отложения, а залегающие в основании разреза пески явно относятся к аллереду, судя по пику ели, характерному также и для озер Хотавец и Погоское. Подобный пик ели отмечен и в отложениях аллереда донных отложений оз. Кубенского [Davydova et al., 2001]. Различия в условиях образования и развития озер связаны с разной удаленностью озер от границы ледника и их морфометрических особенностях (табл.). На самой высокой абсолютной отметке расположено оз. Белое (150.5 м над уровнем моря), отложения которого начали формироваться раньше других.



Anal. T.Sapelko

Рис. 2. Спорово-пыльцевая диаграмма оз. Хотавец

Исследования выполнены в рамках в рамках госзадания ИНОЗ РАН по теме № 0154-2019-0001 и на основе программы научно-исследовательских работ в Дарвинском заповеднике «Палеогеография северо-западной части Молого-Шекснинской низменности» (2018 г.).

Литература:

Ауслендер В.Г. История развития Молого-Шекснинского озера // История озер северо-запада. Л., 1967. С. 201–209.

Давыдова Н.Н., Субетто Д.А., Хомутова В.И. Позднеледниковый этап в развитии малых озер Северо-Запада России // История плейстоценовых озер Восточно-Европейской равнины. СПб.: Наука, 1998. С. 166–193.

Гей В.П., Малаховский Д.Б. О возрасте и распространении максимального верхнеплейстоценового ледникового надвига в западной части Вологодской области // Известия РГО. 1998. Т. 130. № 1. С. 43–53.

Гей В.П. История развития крупных озер с конца среднего неоплейстоцена до голоцена на территории Вологодской и смежных областей // Проблемы стратиграфии четвертичных отложений и краевые ледниковые образования Вологодского региона (северо-запада России) М.: ГЕОС, 2000. С. 65–70.

Гричук В. П. О засушливом периоде в послеледниковое время на территории европейской части СССР // Вопросы географии. 1951. 24. С. 165–191.

Квасов, Д. Д. Позднечетвертичная история крупных озер и внутренних морей Восточной Европы. Л., 1975. 278 с.

Косорукова Н. В., Сапелко Т. В. Природное окружение древнего человека эпохи каменного века в бассейне озера Воже по материалам стоянки Каравайха 4 // Ученые записки Череповецкого государственного университета. 2015. №2. С. 44–49.

Косорукова Н.В., Сапелко Т.В., Кулькова М.А. Природное окружение древних обитателей стоянки Погостище 15 в бассейне озера Воже // Вестник Вологодского государственного университета. Серия: Гуманитарные, общественные, педагогические науки. 2017. № 2 (5). С. 20–25.

Davydova N.N., Subetto D.A., Khomutova V.I., Sapelko T.V. Late Pleistocene-Holocene paleolimnology of three North-Western Russian lakes // J. Paleolimnology. 2001. V. 26. № 1. P. 37–51.

**ИДЕНТИФИКАЦИЯ ПЫЛЬЦЫ ЗЛАКОВ В АЭРОБИОЛОГИЧЕСКИХ ОБРАЗЦАХ****Е.Э. Северова¹, А.А. Креницына¹, Д.О. Омельченко², А.С. Касьянов²**¹Московский государственный университет им. М.В.Ломоносова, Москва,
*elena.severova@mail.ru, ankrina@gmail.com*²Институт проблем передачи информации, Москва, *omdeno@gmail.com,*
*artem.kasianov@gmail.com***IDENTIFICATION OF GRASS POLLEN IN AEROBIOLOGICAL SAMPLES****E.E. Severova¹, A.A. Krinitsina¹, D.O. Omelchenko², A.S. Kasianov²**¹*Lomonosov Moscow State University, Moscow*²*Institute for Information Transmission Problems, Moscow*

Пыльца и споры растений – одна из основных причин аллергических заболеваний, от которых, по данным ВОЗ, страдает более 20% населения земного шара, в первую очередь жители мегаполисов экономически развитых стран [D'Amato et al., 2007; Linneberg, 2016; Traidl-Hoffmann, 2017]. Обязательным элементом комплекса противоаллергических мероприятий является аэробиологический мониторинг, позволяющий отслеживать и прогнозировать динамику концентрации основных аллергенов в атмосфере, корректировать терапию и образ жизни больных поллинозами. Стандартным методом идентификации пыльцы в образцах воздуха является метод световой микроскопии. Этот метод обладает рядом ограничений, одно из наиболее существенных – невозможность проводить видовую идентификацию, так как многие виды в пределах крупных таксонов обладают сходной морфологией пыльцы (злаки, маревые), но при этом разной аллергенной активностью. Особенно остро эта проблема стоит при анализе пыления злаков, пыльца которых – один из основных аллергенов по всему земному шару.

На территории европейской части России отмечено около 100 видов злаков [Маевский, 2014], аллергенность пыльцы которых оценивается от умеренной до очень высокой [pollenlibrary.com], а периоды цветения часто пересекаются. Морфологическое сходство пыльцы злаков наряду с различной аллергенностью делает чрезвычайно актуальной проблему детализации кривых пыления, получаемых в ходе рутинного аэробиологического мониторинга. Такая детализация может быть проведена при сопоставлении аэробиологических и фенологических наблюдений или при использовании молекулярно-генетических методов идентификации организмов, в частности метода меташтрихкодирования. Настоящее исследование ставило перед собой цель детализировать аэробиологическую кривую пыления злаков в Москве двумя разными способами и сопоставить между собой полученные результаты.

Аэробиологические наблюдения проводились в 2020-2021 гг. с начала мая по конец сентября на станции мониторинга Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова по стандартной международной методике при помощи волнометрических пылеуловителей Хирст-типа Lanzoni 2000 и 2010 [Galán et al., 2014]. Для фенологических наблюдений в окрестностях точки отбора проб воздуха были заложены 6 пробных площадок, для каждой из которых был определен видовой состав злаков и оценено их обилие. Раз в неделю на площадках проводилась оценка фенологического состояния всех видов злаков. Эти данные позволили рассчитать фенологический индекс, отражающий потенциальный вклад каждого вида в общую кривую пыления злаков [Marcello, 1953; Ghitarrini et al., 2017] и представляющий собой произведение пыльцевой продуктивности вида, его обилия и фенофазы.

Пыление злаков в Москве охватывает период с конца мая-начала июня до середины (второй половины) июля. В течение сезона наблюдается несколько пиков пыления, различающихся по своей интенсивности. Суммарный фенологический индекс хорошо согласуется с динамикой концентрации пыльцы злаков в атмосфере (2020: $r=0,86$; 2021: $r=0,72$), однако полностью детализировать кривую пыления на основании фенологических наблюдений не удастся. Видимо, основной причиной несоответствия можно считать региональный характер пыльцевого спектра, который улавливает пыльцевая ловушка, расположенная на крыше здания даже на сравнительно небольшой высоте (10 м). Пик пыления середины июня в Москве связан в основном с цветением *Dactylis glomerata*. Помимо ежи сборной, существенную вклад в формирование пыльцевого спектра в начале июне вносят *Poa pratensis* и *Festuca pratensis*, во второй половине месяца – *Phleum pratense*. Пик концентрации пыльцы в первой половине июля

обусловлен пылением *Calamagrostis epigeios*. Малолетние виды (*Poa annua*, *Setaria pumila*, *Digitaria sanguinalis*, *Echinochloa crus-galli*), несмотря на растянутый период пыления, практически не оказывают влияния на общую концентрацию пыльцы в атмосфере из-за очень низкой пыльцевой продукции.

Образцы для молекулярно-генетических исследований были получены двумя разными способами – при помощи волюметрической и циклонной (вихревой) пыльцевых ловушек. На текущем этапе работы были проанализированы образцы, полученные на ловушке циклонного типа Coriolis® (BERTIN TECHNOLOGIES), в которой поток воздуха направляется в стерильную воду. Преимуществами такого метода являются высокая скорость всасывания (до 300 л/мин) и получение образца, практически готового для дальнейшего анализа. Существенным недостатком метода является ограниченное время работы циклонной ловушки, которое не превышает 6 часов. Как показали наши исследования, в течение суток концентрация пыльцы злаков в воздухе сильно варьирует, и эта вариабельность плохо прогнозируема. Суточный пик пыления зависит от видового состава цветущих в данный момент растений, метеорологических параметров, интенсивности дальнего переноса пыльцы, поэтому выбор точного 6-часового интервала оказывается затруднительным. Так как для большинства злаков средней полосы России характерно утреннее пыление, мы проводили отбор проб с 10 до 16 часов в течение 8 дней в третьей декаде июня. Объем образца после каждого 6-часового цикла работы ловушки составлял от 15 до 40 мл в зависимости от температуры окружающего воздуха. После фильтрации (удаление насекомых и иных крупных частиц) образцы центрифугировали в течение 10 минут при ускорении 10000g, полученный осадок замораживали. Выделение ДНК проводили с использованием оптимизированного нами протокола выделения с дополнительной очисткой препаратов ДНК при помощи магнитной силики [Omelchenko et al., 2022]. В результате были получены образцы ДНК с концентрацией от 5 до 12 нг/мкл, каждый из которых соответствует 1 запуску ловушки. Эти образцы использовали в качестве матрицы для амплификации маркерных последовательностей. В реакционную смесь, кроме Q5 HF ДНК-полимеразы и соответствующего буфера (NEB), были добавлены праймеры, комплементарные участкам маркерных последовательностей ITS1, ITS2, 5'-ETS. Эти праймеры в своем составе содержат дополнительные адаптеры, которые позволяют проводить пробоподготовку по разработанному ранее протоколу секвенирования маркеров ДНК в растительных смесях на платформе Illumina [Speranskaya et al. 2018; Omelchenko et al., 2019]. Секвенирование проводили на приборе Illumina MiSeq с использованием набора реактивов MiSeq Reagent Kit v3, 600 циклов (Illumina).

Перед исследованием аэриобиологических образцов для наиболее широко распространенных видов злаков (14 видов) были секвенированы и проанализированы полные последовательности ядерных маркеров 5'-ETS, ITS1, ITS2 и хлоропластного маркера – межгенного участка trnL-F. На основе полученных маркерных последовательностей была создана база данных для метагеномного анализа состава образцов пыльцы злаков с помощью высокопроизводительного секвенирования. Для оценки специфичности и чувствительности маркеров и методики была секвенирована ДНК образцов искусственных смесей пыльцы злаков и проведен анализ результатов секвенирования. Анализ показал, что все маркеры показывают хорошее разрешение пыльцы злаков до рода и позволяют проводить качественную оценку состава смеси. Наилучшие результаты чаще всего отмечались для маркеров ITS1 и ITS2, и, в меньшей степени, для 5'-ETS, у которого была выявлена недопредставленность прочтений для некоторых видов (*Bromus inermis*). Эффективность амплификации для разных маркеров варьирует от вида к виду, наименьшая эффективность показана для пластового маркера trnL-F [Omelchenko et al., 2022], поэтому для дальнейшей работы этот маркер не использовался.

По результатам анализа полученных данных секвенирования во всех образцах воздуха были выявлены маркерные последовательности, соответствующие 6 родам злаков: *Phleum*, *Calamagrostis*, *Festuca*, *Lolium*, *Poa*, *Dactylis*.

Сопоставление результатов секвенирования с фенологическими наблюдениями выявило ряд несоответствий. Например, ДНК *Calamagrostis epigeios* и *Alopecurus pratensis* определялась в образцах вне периода цветения этих злаков, и, наоборот, по результатам секвенирования маркерные последовательности *Bromus inermis* не были обнаружены даже в период интенсивного цветения этого вида. Такое несоответствие можно объяснить несколькими причинами:

1. Обнаружение пыльцы отдельных видов вне периодов локального цветения по фенологическим наблюдениям может быть связано с региональным характером пыльцевого спектра или дальним переносом пыльцы. Как было показано ранее [Severova, Volkova, 2018], в условиях среднерусской равнины пыльцевая ловушка, установленная на высоте 10-12 м, может отражать пыление на территории радиусом не менее 50 км. Фенологические наблюдения, проведенные в непосредственной близости от места установки пыльцевой ловушки, не отражают цветение на такой большой территории. Частично прояснить эту проблему может сопоставление данных станций мониторинга разных регионов и анализ путей дальнего переноса пыльцы.

2. Отсутствие пыльцы активно цветущих видов в составе образцов может быть связано с несовершенством методики отбора проб воздуха. Максимально возможное время непрерывного отбора образцов при помощи вихревой ловушки составляет 6 часов. В нашем исследовании отбор проб проводился с 10 до 16 часов дня. Большинство злаков средней полосы имеет четкий суточный ритм цветения, пик пыления обычно приходится на первую половину дня, однако может существенно сдвигаться в зависимости от погодных условий. При дальнейшем использовании вихревой ловушки необходимо в каждый день наблюдений индивидуально подбирать интервал отбора проб в зависимости от текущей погоды и суточного распределения пыльцы по данным аэробиологического мониторинга. Кроме того, необходимо оптимизировать методику получения ДНК из образцов, отобранных стандартной волюметрической ловушкой, работающей непрерывно.

3. Несвершенство методики фенологических наблюдений, в частности определения фазы цветения.

Таким образом, оба протестированных метода детализации кривой пыления злаков имеют ряд методических сложностей. Для использования фенологического подхода необходимо расширить число площадок для наблюдения и более четко определять фазы цветения. Молекулярно-генетические исследования требуют совершенствования методики отбора образцов и выделения ДНК.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ 19-05-50035 Микромир.

Литература:

Маевский П.Ф. Флора средней полосы европейской части России. 11-е изд. М.: КМК, 2014. 635 с.

D'Amato G., Cecchi L., Bonini S., Nunes C., Annesi-Maesano I., Behrendt H., Liccardi G., Popov T., Cauwenberge P.V. Allergenic Pollen and Pollen Allergy in Europe // *Allergy*. 2007. Vol. 62. P. 976–990.

Galán C., Smith M., Thibaudon M., Frenguelli G., Oteros J., Gehrig R., Berger U., Clot B., Brandao R., EAS QC working group. Pollen monitoring: minimum requirements and reproducibility of analysis // *Aerobiologia*. 2014. Vol. 30. P. 385–395.

Ghitarrini S., Galán C., Frenguelli G., Tedeschini E. Phenological analysis of grasses (Poaceae) as a support for the dissection of their pollen season in Perugia (Central Italy) // *Aerobiologia*. 2017. Vol. 33. P. 1–11.

Linneberg A., Dam Petersen K., Hahn-Pedersen J., Hammerby E., Serup-Hansen N., Boxall N. Burden of allergic respiratory disease: a systematic review // *Clinical and Molecular Allergy*. 2016. Vol. 14. P. 1–14.

Marcello A. Nuovi criteri per le osservazioni fenologiche // *Nuovo Giornale Botanico Italiano*. 1953. Vol. 42. P. 543–556.

Omelchenko D. O., Krinitsina A. A., Kasianov A. S., Speranskaya A. S., Chesnokova O. V., Polevova S. V., Severova E. E. Assessment of ITS1, ITS2, 5'-ETS, and trnL-F DNA barcodes for metabarcoding of Poaceae pollen // *Diversity*. 2022. Vol.14. P.191.

Omelchenko D.O., Speranskaya A.S., Ayginin A.A., Khafizov K., Krinitsina A.A., Fedotova A.V., Pozdyshev D.V., Shtratnikova V.Y., Kupriyanova E.V., Shipulin G.A. et al. Improved protocols of ITS1-based metabarcoding and their application in the analysis of plant-containing products // *Genes*. 2019. Vol. 10. 122.

PollenLibrary.com – *Allergen and Botanic Reference Library*. URL: <https://www.pollenlibrary.com/> (дата обращения: 06.05.2021)

Severova E., Volkova O. Sampling height in aerobiological monitoring // 11th International Congress on Aerobiology. Programme & Abstract book. 2018. P. 74.

Speranskaya A.S., Khafizov K., Ayginin A.A., Krinitsina A.A., Omelchenko D.O., Nilova M.V., Severova E.E., Samokhina E.N., Shipulin G.A., Logacheva M.D. Comparative analysis of Illumina and ion torrent high-throughput sequencing platforms for identification of plant components in herbal teas // Food Control. 2018. Vol. 93. P. 315–324.

Traidl-Hoffmann C. Allergy-an environmental disease // Bundesgesundheitsblatt, Gesundheitsforschung, Gesundheitsschutz. 2017. Vol. 60. P. 584–591.

**МОНИТОРИНГ ПЫЛЬЦЫ В РЕЖИМЕ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ****Е.Е. Северова, С.В. Полева***Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва,
elena.severova@mail.ru, svetlanapolevova@mail.ru***REAL-TIME POLLEN MONITORING****E.E. Severova, S.V. Polevova***Lomonosov Moscow State University, Moscow*

Развитие пыльцевого мониторинга тесно связано с развитием приборов для отбора проб воздуха. Первый пыльцеуловитель, сконструированный в 1946 году О.К. Дюрамом [Durham 1946], был гравиметрическим, осаждение циркулирующих в воздухе частиц происходило в нем под действием силы тяжести. Такая ловушка позволяла понять, в какие сроки происходит цветение тех или иных растений, и оценить качественный состав воздушного спектра, однако с ее помощью невозможно было определить концентрацию пыльцы в атмосфере. В 1952 году английский исследователь Джим Хирст [Hirst, 1952] представил ловушку собственной конструкции, в которой за счет работы помпы создавался искусственный поток воздуха. Такая ловушка получила название волюметрической (от англ.: volume – объем): она позволяла определять концентрацию частиц в единице объема воздуха. В настоящее время «золотым стандартом» пыльцевого мониторинга является использование именно волюметрических пыльцеуловителей Хирст-типа [Galán et al., 2014; Buters et al., 2018], однако этот метод отбора проб имеет ряд существенных недостатков. Главным из них следует считать задержку во времени – анализ образцов воздуха, полученных при помощи волюметрических пыльцеуловителей, запаздывает минимум на сутки, предоставляя потребителям (в первую очередь врачам и больным, страдающим поллинозами) данные за уже прошедший день. Нередко из-за организационных или финансовых ограничений период запаздывания удлиняется до недели. Второй существенный недостаток метода – значимые различия в результатах анализа, обусловленные разной квалификацией специалистов-аналитиков [Šaulenė et al., 2019; Smith et al., 2019]. Помимо этого, еще одним недостатком метода можно считать чрезвычайную трудозатратность анализа образцов. Все эти проблемы обещают решить приборы третьего поколения, доступные в настоящее время на рынке: КН-3000 [Kawashima et al., 2017], Wibs-4 [O'Connor et al., 2014], ВАА500 [Oteros et al., 2015], Plair PA-300/Rapid-E/Rapid E+ [Crouzy et al., 2016; Šaulenė et al., 2019], SwisensePoleno [Chappuis et al., 2019; Huffman et al., 2019]. Для идентификации пыльцы в этих приборах используется один из двух принципов работы (или их комбинация) – распознавание визуальных образов или вторичной флуоресценции, вызванной воздействием лазера. Так, технологии распознавания образов используются в детекторах КН-3000 и ВАА500, а анализ вторичной флуоресценции реализован в устройствах PA-300 и Rapid-E. Автоматические детекторы сравнительно недавно появились на рынке, круг исследований с их использованием пока очень ограничен, однако Crouzy et al. [2016] для PA-300 и Oteros et al. [2015] для ВАА500 в своих работах продемонстрировали многообещающие результаты [Šaulenė et al., 2019].

В 2021 году по Программе развития Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова был приобретен автоматический детектор аэрозолей Rapid E+ (www.plairgrid.com). Этот прибор способен непрерывно определять и подсчитывать любые частицы размером от 0,3 до 100 микрон, в этот диапазон входят бактерии, споры грибов, вирусы, пыльца и другие компоненты аэрозолей. Технология распознавания основана на сочетании анализа структуры рассеянного света (определение морфологии частиц, их размеров и скорости движения в потоке воздуха) и флуоресцентной спектроскопии (анализ спектров и их затухания). Прибор имеет встроенную систему искусственного интеллекта за счет ускорения GPU (графического процессора). В зависимости от задач мониторинга, прибор должен быть откалиброван на определенный круг объектов. Данные калибровки в дальнейшем используются для разработки алгоритма распознавания частиц. В настоящий момент прибор откалиброван с использованием эталонных образцов пыльцы *Alnus incana*, *Alnus glutinosa*, *Corylus avellana*, *Betula pendula*, *Picea abies*, *Pinus contorta*, *Phleum pratense*, *Artemisia vulgaris* и установлен на территории МГУ на Ленинских горах, на крыше здания на высоте 12 м. Идет сбор первичных

данных, апробация программного обеспечения, разработка интерфейса для разных групп потребителей информации. Начался мониторинг суммарного содержания пыльцы в атмосфере с интервалом в 1 минуту, результаты которого уже сейчас можно сопоставлять с данными, полученными при помощи классического волюметрического пыльцеуловителя.

Литература:

Buters J. T., Antunes C., Galveias A., Bergmann K. C., Thibaudon M., Galán C., et al. Pollen and spore monitoring in the world // *Clinical and translational allergy*. 2018. Vol. 8. P. 1–5.

Chappuis C., Tummon F., Clot B., Konzelmann T., Calpini B., Crouzy B. Automatic pollen monitoring: first insights from hourly data // *Aerobiologia*. 2020. Vol. 36. P.159–170.

Crouzy B., Stella M., Konzelmann T., Calpini B., Clot B. All-optical automatic pollen identification: towards an operational system // *Atmos. Environ.* 2016. Vol. 140, P. 202–212.

Durham O.C. The volumetric incidence of atmospheric allergens: IV. A proposed standard method of gravity sampling, counting, and volumetric interpolation of results // *J. Allergy*. 1946. Vol. 17. P. 79–86

Galán C., Smith M., Thibaudon M., Frenguelli G., Oteros J., Gehrig R., Berger U., Clot B., Brandao R., EAS QC working group. Pollen monitoring: minimum requirements and reproducibility of analysis // *Aerobiologia*. 2014. Vol. 30. P. 385–395.

Hirst J.M. An automatic volumetric spore trap // *Ann. Appl. Biol.* 1952. Vol. 39. P. 257-265.

Huffman J. A., Perring A. E., Savage N. J., Clot B., Crouzy B., Tummon F. et al. Real-time sensing of bioaerosols: Review and current perspectives // *Aerosol Science and Technology*. 2020. Vol. 54. P. 465-495.

Kawashima S., Thibaudon M., Matsuda S., Fujita T., Lemonis N., Clot B., Oliver G. Automated pollen monitoring system using laser optics for observing seasonal changes in the concentration of total airborne pollen // *Aerobiologia*. 2017. Vol. 33. P. 351–362.

O'Connor D. J., Healy D. A., Hellebust S., Buters J. T., Sodeau J. R. Using the WIBS-4 (Waveband Integrated Bioaerosol Sensor) technique for the on-line detection of pollen grains // *Aerosol Sci. Technol.* 2014. Vol. 48. P. 341–349.

Oteros J., Pusch G., Weichenmeier I., Heimann U., Möller R., Röseler S., Traidl-Hoffmann C., Schmidt-Weber C., Buters J. T. Automatic and online pollen monitoring // *Int. Arch. Allergy Immunol.* 2015. Vol. 167. P. 158–166.

Šaulienė I., Šukienė L., Daunys G., Valiulis G., Vaitkevičius L., Matavulj P. et al. Automatic pollen recognition with the Rapid-E particle counter: the first-level procedure, experience and next steps // *Atmospheric Measurement Techniques*. 2019. Vol. 12. P. 3435–3452.

Smith M., Oteros J., Schmidt-Weber C., Buters J. T. An abbreviated method for the quality control of pollen counters // *Grana*. 2019. Vol. 58. P. 185–190.



ПАЛИНОКОМПЛЕКСЫ ИЗ ОТЛОЖЕНИЙ ВОЛЖСКОГО ЯРУСА СЕВЕРО-ВОСТОКА РУССКОЙ ПЛАТФОРМЫ

Л.А. Селькова

Институт геологии им. ак. Н.П. Юшкина ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар,
laselkova@mail.ru

PALYNOCOMPLEXES FROM THE VOLGIAN STAGE OF THE NORTHEAST OF THE RUSSIAN PLATFORM

L.A. Selkova

N.P. Yushkin institute of Geology Federal research Centre Komi Science Centre, Ural Branch, RAS,
Syktyvcar, laselkova@mail.ru

Отложения волжского яруса на территории северо-востока Русской платформы вскрыты скважинами в бассейнах рр. Пеша, Яренга, Пожег и Сысола и в естественных обнажениях по рекам Айюва, Сысола, Кама (рис.1). Из отложений этого возраста выделены палинокомплексы, возраст которых подтвержден находками фораминифер. В данной работе приведена краткая характеристика комплексов для отдельной территории. Выявлены черты сходства и различия, а также прослежены изменения в комплексах в направлении с севера на юг.

1. Бассейн р. Пеша

Отложения волжского возраста представлены темно-серыми с зеленоватым оттенком алевритистыми глинами с глауконитом, прослоями алеврита и песка [Горючие сланцы, 1989]. В глинах обнаружены фораминиферы *Lenticulina ponderosa* Mjatl., *Saracenaria pravoslavlevi* Furs. et Pol. [Льноров, 1996], а также *Buchia mosquensis* (Buch.), *B. russiensis* (Pavl.), указывающие на средневолжский возраст глин [Горностай и др., 1990]. Из этих же пород выделен палинокомплекс с большим количеством треугольных спор групп *Cyathidites*, *Leiotriletes* и незначительным спор *Gleicheniidites*. В пыльцевой части видим доминирование пыльцы двумешковых с *Piceapollenites*, *Pinuspollenites*, *Podocarpidites*. Отмечены единичные пыльцевые зерна *Classopollis*, *Sciadopityspollenites*. В отдельных спектрах встречены единичные зерна микрофитопланктона *Pareodinia*, *Verichahium*.

2. Бассейн р. Айюва

Глины темно-серые, карбонатные, со слоями горючих сланцев серо-коричневого цвета, в которых много отпечатков аммонитов и двустворок характеризуют средневолжские отложения. Из фауны обнаружены фораминиферы *Lenticulina ponderosa* Mjatl., *Marginulina robusta* Rcuss, *Lenticulina infravolgaensis* (Furs. et Pol.), *Saracenaria pravoslavlevi* Furs. et Pol. [Льноров, Селькова, 2008]. В палинокомплексе из данных отложений единичны споры папоротников *Cyathidites*, *Leiotriletes*, *Gleicheniidites*, пыльца хвойных *Piceapollenites*, *Podocarpidites*, *Sciadopityspollenites mesozoicus* Coup., *Classopollis classoides* Pflug. Основной фон составляют диноцисты, но разнообразие их невелико - *Pareodinia*, *Gonyaulacysta*, *Hystrichosphaeridium*, *Rhynchodiniopsis*, *Chlamidophorella*.

3. Бассейн р. Яренга

Разрез волжских отложений начинается с сероцветных отложений, представленных переслаиванием карбонатных глин, глинистых и горючих сланцев. В породе много раковинного детрита, обломков белемнитов, двустворок, реже аммонитов. На сероцветных отложениях залегают темноцветные породы, представленные на большей части территории мощным пластом горючих сланцев [Горючие сланцы, 1989]. Возраст отложений определен по фораминиферам *Lenticulina ornatissima* (Furs. et Pol.), *Lenticulina infravolgaensis* (Furs. et Pol.), *L. biexcavata* (Mjatl.), *Saracenaria pravoslavlevi* Furs. et Pol., *S. multicostata* Furs. et Pol., *Marginulinopsis embaensis* (Furs. et Pol.), *Citharina raricostata* (Furs. et Pol.) [Льноров, 1986]. Споровая часть выделенных палинокомплексов характеризуется обилием спор глейхениевых папоротников, представленных различными видами. Большую часть пыльцевой части комплексов занимают пыльцевые зерна ксерофитных хвойных *Classopollis*. Вторая по многочисленности среди пыльцы группа двумешковых. Во всех спектрах обнаружено небольшое количество микрофитопланктона *Fromea*, *Pareodinia*, *Gonyalacysta*, *Olygoshaeiridium*, *Micrhystridium*, *Veryhachium*.

4. Бассейн р. Пожег

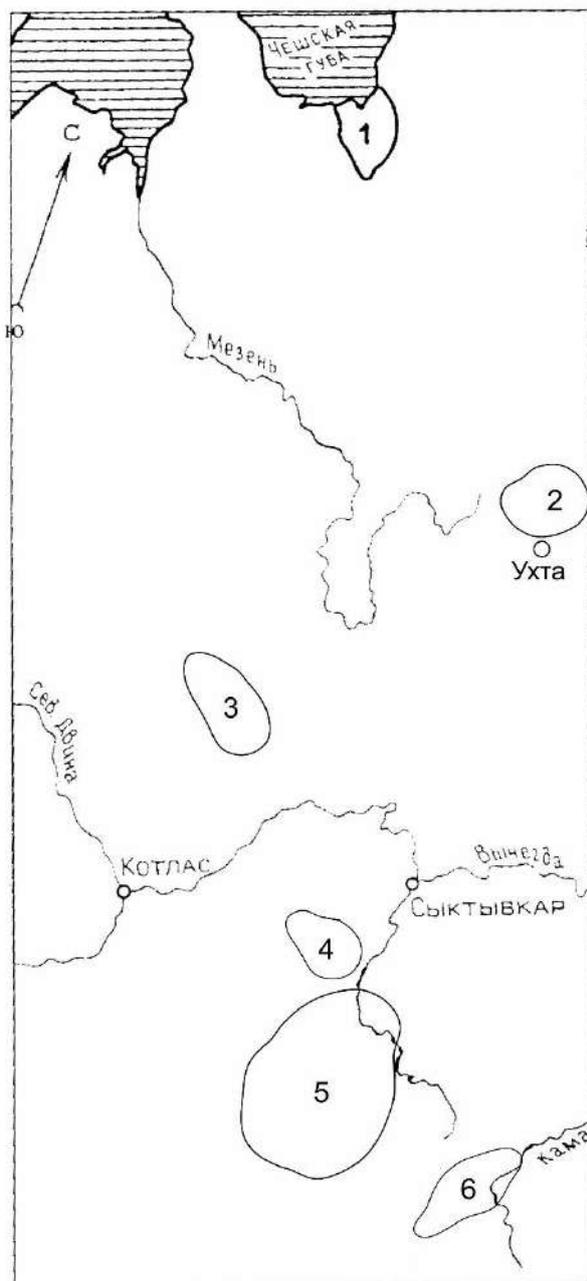


Рис. 1. Обзорная карта фактического материала. 1. бассейн р. Пеша, 2. бассейн р. Айюва, 3. бассейн р. Яренга, 4. бассейн р. Пожег, 5. бассейн р. Сысола, 6. бассейн р. Кама.

Волжский ярус начинается с серых карбонатных глин, с прослоями горючих сланцев и керогеновых глин. В глинах обилие отпечатков фауны двустворок и аммонитов. Выше по разрезу залегает темноцветная толща черных керогеновых глин, глинистых горючих сланцев и горючих сланцев [Горючие сланцы, 1989]. Возраст основывается на средневожских фораминиферах *Lenticulina infravolgaensis* (Furs. et Pol.), *Saracenaria pravoslavlevi* Furs. et Pol. [Львов, Дурягина, 1993]. В выделенном из данных отложений палинокомплексе в пыльцевой части наблюдаем обилие зерен ксерофитных хвойных *Classopollis*. В споровой части доминирует группа спор глейхениевых папоротников *Gleicheniidites*. Кроме миоспор в спектрах отмечается наличие зерен небольшого количества микрофитопланктона *Pareodinia*, *Olygosphaeridium*, *Verichahium*, *Micrhystridium*, *Tasmanites*.

5. Бассейн р. Сысола

Отложения волжского яруса состоят из двух обособленных частей – сероцветной и темноцветной. Сероцветная толща представлена переслаиванием карбонатных глин, мергелей, керогеновых глин и горючих сланцев с единичными маломощными прослоями известняков. В породах много равномерно рассеянного раковинного детрита, обломков белемнитов, двустворок и аммонитов. В толще отмечается до восьми прослоев горючих сланцев. На сероцветной пачке лежит слой мергелистой глины, на которой залегает сложно построенный пласт горючих сланцев (темноцветная толща), сложенный чередующимися слоями горючих сланцев различного качества и керогеновых глин. Комплекс фораминифер с *Lenticulina biexcavata* (Mjatl.), *L. kaschpurica* (Mjatl.), *Saracenaria multicostata* Furs. et Pol., *Citharina raricostata* (Furs. et Pol.), *Marginulina robusta*

Reuss, *Marginulinopsis embaensis* (Furs. et Pol.), *Lagena hispida* Reuss указывает на средневожский возраст. Возраст подтверждается и находкой аммонитов *Dorsoplanites* ex gr. *Flavus Spath*. [Горючие сланцы, 1989]. Выделено два типа палинокомплексов. В первом типе видим доминирование безмешковой пыльцы ксерофитных хвойных *Classopollis*, субдоминирование двумешковой пыльцы *Disaccites*. В споровой части многочисленны *Gleicheniidites*. Наряду с миоспорами обнаружено небольшое количество микрофитопланктона *Fromea*, *Gonyaulacysta*, *Pareodinia*, *Verichahium*, *Micrhystridium*. В палинокомплексах второго типа встречены единичные зерна спор и пыльцы. Основной фон комплекса составляют диноцисты, состав которых довольно разнообразен. Среди них чаще встречаются *Cribroperidinium* sp., *Pareodinea* sp., реже *Rhynchodiniopsis* sp., *Gonyaulacysta jurassica* (Deflandre) Norris et Sarjeant subsp. *adecta* Sarjeant, *G. jurassica* (Deflandre) Norris et Sarjeant subsp. *jurassica*, *Ctenodinium continuum* Gocht (?), *C. ornatum* (Eisenack). Постоянно присутствуют

Cleistosphaeridium sp., *Prolixisphaeridium* sp., *Oligosphaeridium* sp., *Histrichosphaeridium* sp., *Chytroesphaeridia* sp.

6. Бассейн р. Кама

Отложения средневожского яруса представлены пластичными с органическими остатками тонкостенных раковин двустворок, некрупных гастропод, мелких белемнитов и ювенильных форм аммонитов. Из фораминифер обнаружены *Citharina raricostata* (Furs. et Pol.), *Lenticulina ponderosa* Mjatl., *Haplophragmoides* aff. *volgensis* Mjatl. и др. [Льюров, Селькова, 2020]. В палинокомплексе из этих отложений отмечается лишь небольшое количество миоспор. Основной фон составляют разнообразный микрофитопланктон, среди которых чаще встречаются *Sirmiodinium grossii* Alb., *Histryhosphaeridium* sp., *Oligosphaeridium* sp. В незначительных количествах обнаружены *Gonyaulacysta jurassica* (Defl.) Nor. et Sarj., *Cribroperidinium* sp., *C. globatum* (Gitmez et Sarj.) Hel., *C. longicorne* (Down.) Lent. et Will., *Tubotuberella rhombiformis* Vozz., *Pareodinia ceratophora* Defl., *P. halosa* (Fill.) Prauss, *Lithodinia* sp., *Leptodinium subtile* Klem., *Paragonyalacysta* sp., *Dingodinium* sp., *D. tuberosum* (Gitmez) Fisher et Ril., *Kalyptea* sp., *Mendicodinium* sp., *Chytroesphaeridia* sp., *C. cerastes* Dav., *Chytroesphaeridia chytroides* (Sarj.) Down et Sarj., *C. hyalina* (Rainyn.) Lent. et Will., *Chlamydophorella* sp., *Cleistosphaeridium* sp., *Prolixosphaeridium* sp., *Leiofusa* sp., *Micrhystridium* sp., *Veryhachium* sp., *Tasmanites* sp., *Pterospermella* sp.

При сравнении выделенных с разных территорий одновозрастных палинокомплексов, возраст которых подтвержден фауной, выявлены общие черты. Это участие одних и тех же групп миоспор, сходный таксономический состав. Комплексы отличаются по процентному участию отдельных групп миоспор и диноцист. Если в северных комплексах отмечаем единичное участие зерен ксерофитных хвойных классополисовых, то в южных наблюдаем их обилие. Доля участия спор папоротников глейхениевых в северных комплексах меньше, по сравнению с южными. Разница наблюдается в доле присутствия в комплексах и диноцист. В комплексах в северных районах они встречаются в небольших количествах или единично и разнообразие их невелико. В комплексах южных районов мы наблюдаем увеличение количества и разнообразия диноцист, и порой спектры в основном состоят из диноцист, а споры и пыльца наземных растений единичны.

Литература:

Горючие сланцы европейского севера СССР. / Л.Ф. Васильева, В.А. Дедеев, Л.А. Дурягина и др. (ред.). Сыктывкар: Коми научный центр УрО АН СССР, 1989. 152 с.

Льюров С.В. Юрские отложения севера Русской плиты. Екатеринбург: УрО РАН, 1996. 139 с.

Льюров С.В., Селькова Л.А. Геолого-стратиграфическая характеристика Айювинского месторождения горючих сланцев // Вестник Института геологии. Сыктывкар, 2008. №12. С. 3–5.

Льюров С.В., Дурягина Л.А. Юрские отложения бассейна р. Пожег // Проблемы геологии Тимано-Североуральского сегмента литосферы. Сыктывкар: Коми научный центр УрО РАН, 1993. С. 25–26.

Льюров С.В., Селькова Л.А. Разрез юрских отложений «Лойно» (Кировская обл., Вятско-Камская котловина) // Известия Коми научного центра УрО РАН. 2020. №6(46). С. 90–95.

Горноста́й Б.А., Молин В.А., Маськов М.А., Дурягина Л.А., Канев В.А. Мезозойские марганценовые отложения Западного Притиманья. Сыктывкар: Коми научный центр УрО АН СССР, 1990. 57 с. (Сер. Науч. докл.; Вып. 255).



ИЗОМОРФИЗМ ПРОБЛЕМНЫХ ДОННЫХ МОРФОТИПОВ ЯПОНСКОГО МОРЯ И ГЛУБОКОВОДНОЙ СЕРОВОДОРОДНОЙ ЗОНЫ ЧЕРНОГО МОРЯ

Н.Г. Сергеева

Институт биологии южных морей им. А.О. Ковалевского РАН, Севастополь, nserg05@mail.ru

ISOMORPHISM OF PROBLEM BENTHIC MORPHOTYPES OF THE SEA OF JAPAN AND THE BLACK SEA DEEP HYDROGEN SULPHIDE ZONE

N.G. Sergeeva

A.O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of RAS, Sevastopol

Донные отложения шельфов Черного и Японского морей хорошо изучены в различных аспектах (гидробиология, гидрология, гидрохимия, палинология, микропалеонтология, седиментология, палеоклиматология и др.), результаты исследований представлены в многочисленных публикациях. Тем не менее автору данного сообщения не удалось найти в научной литературе упоминаний о бентосных объектах органической природы, не подверженных фоссилизации, постоянно регистрируемых в глубоководных илах сероводородной зоны Черного моря [Сергеева, 2018; Сергеева, Смирнова, 2019; Sergeeva, Burkatsky, 2021; Sergeeva, Smirnova 2020] и в донных осадках Приморья Японского моря.

С момента открытия (1890 г.) сероводородной зоны и до настоящего времени безжизненность 77% площади дна и 87% объема водных масс Черного моря принимается мировой наукой как истина, не требующая доказательств, и анаэробная зона рассматривается только как царство прокариот.

Результаты исследований черноморских глубоководных илов, проведенных в конце 19 и первой половине 20 веков [Андрусов, 1894; Архангельский, Страхов, 1938; Исаченко, 1933], свидетельствуют о наличии в них только остатков различных планктонных организмов. А специальное изучение состава, так называемого, “дождя трупов” на различных горизонтах пелагиали и в поверхностных слоях илов [Крисс, 1959], позволило также выявить в илах центральной котловины Черного моря остатки планктонных организмов, которые были объединены в 8 групп. Однако все эти данные не содержат указаний на присутствие аналогичных организмов, обсуждаемых нами.

В связи с тем, что «безжизненность глубоководных донных осадков и водных масс, насыщенных сероводородом», до сих пор наукой не подвергается сомнению и не оспаривается, за некоторым исключением [Заика, Сергеева, 2009; Сергеева, 2000, 2004; Korovchinsky, Sergeeva, 2008, Sergeeva et al., 2008, 2014], перманентная анаэробная зона Черного моря до сих пор остается за пределами внимания гидробиологов. Ранее принятая концепция вертикального распределения жизни в Черном море является определяющей в планировании гидробиологических исследований только до тех глубин (150–200 м), где вода еще содержит растворенный кислород в минимальных концентрациях («зона сосуществования» или «субоксидная» зона).

Существует мнение, что для Черного моря характерна низкая биологическая продуктивность, обусловленная исключением значительной массы органического вещества из круговорота биогенных элементов. Это вызвано лишь частичной минерализацией огромного количества отмерших в пелагической области организмов. Большая же часть органического вещества в виде “дождя трупов” остается погребенной в донных отложениях анаэробных глубин. Подтверждением этому видят в повышенном количестве органического вещества в глубоководных осадках Черного моря [Жижченко, 1974; Архангельский, Страхов, 1938].

Такое явление, как правило, объясняется тем, что в анаэробной зоне моря опускающиеся на дно остатки животных и растений не включаются в пищевые цепи глубоководной фауны из-за ее отсутствия. Рассмотрев возможные причины высокого содержания органического углерода в глубоководных отложениях Черного моря, Б.А. Скопинцев [1975] предположил, что главная из них заключается именно в нарушении в анаэробной зоне того вертикального цикла пищевых цепей, который имеется в кислородсодержащих морях и океанах.

Очевидно, общие закономерности распределения органического вещества в глубоководных донных осадках океанов в значительной мере относятся также к микрофлоре и микрофауне, населяющей их. Это объясняется тем обстоятельством, что в каждом случае при

определении количества органического вещества механически его составляющей оказывается и все неучтенное население донного осадка, не отделяемое от него при анализе. На данном уровне скудных и противоречивых знаний о бентосных поселениях микрофауны и микрофлоры можно только предполагать о локальных их местообитаниях.

Возможно, от характера размещения и количественного развития донной фауны могут в какой-то степени зависеть интегральные значения органического вещества в глубоководных донных осадках Черного моря. В то же время на фоне относительного однообразия физико-химических условий в глубинных зонах изменчивым для донного населения может оказаться трофический фактор, выражающийся в неравномерном распределении органического материала в осадках.

Ранее нами было акцентировано внимание на разнообразии, значительной численности, характере стратификации и широком пространственном распределении в донных осадках перманентной сероводородной зоны Черного моря (470-2250 м) проблемных морфотипов, неизвестного систематического положения (*incertae sedis*), названных нами “Form 3”, “Form 4”, “Form 5”, “Form 6”, “Form 7”, “Form 11”, “Form 14”, “Form 15”.

Результаты изучения стратификации названных морфотипов в колонках грунта (высотой 7 и 12 см) и их пространственное распределение в поверхностном 0-5 см слое донных осадков батиаля показали, что каждый из морфотипов обладает характерными морфологическими характеристиками, важными для их идентификации; на всей глубоководной донной площади моря они многочисленны, и их количественное распределение в колонке грунта не имеет отрицательной корреляции. Напротив, более высокие показатели численности некоторых из этих форм приурочены к нижним горизонтам колонки грунта, а не к его поверхности [Сергеева, 2000; Sergeeva, 2003]

Несмотря на то, что все упомянутые объекты имеют своеобразную морфологическую структуру, позволяющую четко их дифференцировать на конкретные формы (“Form”), до настоящего времени не удается определить их как те или иные таксоны систематической иерархии и утверждать, что в моменты вылова они были живыми. Примечательно, что эти формы сохраняют ненарушенной органическую структуру и своеобразие морфологических характеристик в любом районе вылова водоема.

Оригинальные микроскопические наблюдения за активностью живых глубоководных представителей протозоа и метазоа – обитателями перманентной сероводородной зоны – объективно доказывают возможность жизни в этой токсичной среде [Сергеева, 2004; Sergeeva, Dovgal, 2014, 2016; Sergeeva et al., 2014].

На основании данных палинологических исследований, проведенных в различных регионах Черного моря, в колонках донных осадков описано распределение диатомовых, кокколит, пыльцы и спор наземной флоры, из представителей фауны - фораминифер, моллюсков, остракод (Клювиткин и др., 2018; Atanassova, Bozilova, 1992; Filipova-Marinova, 2006; Giunta et al., 2007).

Результаты нашего микроскопического анализа поверхностных 5-ти сантиметровых слоев глубоководных донных осадков и колонок грунта (высота 10 см), полученных из различных регионов моря, предоставили дополнительную информацию о распределении многих из выше перечисленных в литературе палиноморф, из которой следует, что их численность часто не сравнима с обилием и пространственным распространением по площади дна проблемных глубоководных морфотипов.

В ряде работ утверждается, что в поверхностном 5 см слое донных отложений сероводородной батиаля Черного моря встречаются покоящиеся стадии оксибионтов (яйца), живые споры высших грибов и диатомовых, автохтонные анаэробы, однако не отмечены живые эукариоты в бентали - бескислородной и токсичной для них зоне (Зайцев и др. 2008). Пути попадания организмов и их покоящихся стадий в самые глубокие области Черного моря, авторы видят в качестве источников: «дождя трупов» из верхних слоев воды, речных, ливневых и талых вод, при выпуске неочищенных стоков населенных пунктов, аграрных и промышленных предприятий, атмосферных выпадений - споры легко переносятся воздушными потоками и выпадают, в том числе, на морскую поверхность.

При этом определено присутствие фотосинтетических пигментов в глубоководных грунтах, что авторы объясняют их наличием в осевших на дно клетках фитопланктона из верхних слоев пелагиали

Исходя из собственных многочисленных данных о широком распространении на площади батииали в огромном количестве проблемных морфотипов, и, если верно ранее высказанное автором предположение, что они могут быть элементами наземной флоры (условно, “трихомы”), в этом случае именно они могут быть источником пигментов.

С.Б. Гулин с соавторами [2013] показали на примере приустьевых зон рек, впадающих в северо-западную часть Черного моря, вплоть до глубин около 20 м, что в биогенном материале донных отложений преобладает аллохтонное вещество, тогда как глубже кромки шельфа (> 120 м) аллохтонная взвесь практически отсутствует, составляя менее 0,1% от общей массы биогенного осадочного материала, донные осадки практически полностью образованы автохтонной взвесью.

Исходя из этого вывода, условно можем предположить, что загадочные глубоководные морфотипы Черного моря являются компонентом автохтонного материала.

Изучение автором донных осадков с 17 станций Приморского шельфа Японского моря в диапазоне глубин 0,3–86 м (табл. 1) принесло неожиданные и удивительные результаты, что определило возникновение новых вопросов относительно черноморских морфотипов. Для изучения япономорского мейобентоса колонки донных осадков (высота 5 см) вырезали водолазы трубками, площадью 10 см², или такие же образцы грунта получали из монолитов грунта, принесенных дночерпателем.

На 13-ти станциях в донных осадках Японского моря обнаружены объекты, подобные некоторым «морфотипам», характерным для перманентных сероводородных условий на материковых склонах и в котловине Черного моря (рис.1). При этом в Японском море не отмечена их приуроченность к определенным глубинам и типу грунта. “Form 5” и “Form 11” (двух- и четырехлучевая) были зарегистрированы в кислородных условиях во всем диапазоне исследованных глубин как в илистых грунтах, так и в песчаных (крупнозернистый песок и гравий), количественное развитие их неравномерно. Плотность поселения только этих морфотипов варьировала от 6000 до 80 000 экз./м². Не обнаружены они только на станциях 11, 16, 33 и 36.

Необходимо отметить, что в донных осадках Приморского шельфа, обнаружена большая численность и разнообразие морфотипов той же природы, как и в Черном море, но некоторые из них более сложной организации, в частности, имеющих до 8 лучей. При этом их внутренняя структура однотипна. Будущие детальные исследования этих загадочных объектов дадут информацию о их происхождении и роли в экосистеме Японского моря.

При сравнении морфологии и внутренней структуры приведенных в рисунках 1 и 2 бентосных морфотипов “Form 5” и “Form 11” Японского и Черного морей можно видеть их отчетливое сходство. Морфотипы, подобные трехлучевым и многолучевым Японского моря (рис. 1), в анаэробной зоне Черного моря отмечаются не часто и в небольших количествах. Однако следует обратить внимание, что внутренний ствол ветвей глубоководных черноморских морфотипов плотно упакован гомогенным или гетерогенным интенсивно окрашенным содержимым.

Природа этих загадочных донных объектов, как и пути их проникновения в глубоководные донные осадки Черного моря, а также в бенталь Приморской зоны Японского моря, более того их роль в данных морских экосистемах, пока неясны. Несомненно, дальнейшие исследования мейобентоса и донных осадков Японского моря, особенно его глубоководной зоны, принесет много интересной и важной информации о разнообразии и обилии морфотипов, а использование различных современных методов анализа, возможно, позволит объективно установить их систематическое положение.

Надеемся, что сведения, приведенные в данном сообщении, будут интересны специалистам, соответствующих направлений в изучении этих морей, и полезны при расшифровке палеоклиматических изменений, прогнозировании и реконструкции прошлых событий.

Изучение проблемных морфотипов выполнено в рамках государственного задания Института биологии южных морей им. А.О. Ковалевского РАН (рег. № 121040500247–0).

Таблица 1. Станции отбора донных осадков в Японском море (НИС «Академик Опарин», 17.06-08.07.2021)

Номер станции	Координаты	Глубина, м	Место работ
1	42° 43.865N - 131° 30.445E	13	Зал. Петра Великого, сев. о. Стенна
7	42° 50.5N - 131° 26.4E	22.1	Зал. Петра Великого у о. Антипенко
8	42° 50.077N - 131° 26.355E	8	Зал. Петра Великого у о. Антипенко
11	42° 52.471N - 131° 39.202E	6	Зал. Петра Великого, о. Рикорда
12	42° 49.981N - 131° 36.779E	22	Зал. Петра Великого, о. Желтухина
16	42° 53.065N - 131° 48.688E	10	Зал. Петра Великого у о-в Верховские
18	42° 45.193N - 33° 17.302E	16	Японское море, б. Краковка
25	42° 49.50N - 133° 34.835E	9	Японское море, б. Кашлунова
33	43° 04.971N - 134° 14.283E	10	Японское море, мыс Красный
36	43° 19.259N - 134° 47.081E	10	Японское море, б. Матросская
39	43° 36.191N - 135° 10.897E	10	Японское море, б. Маневского
40	43° 42.7N - 135° 25.6E	86	Японское море, к югу от зал. Владимира
42	43° 42.7N - 135° 25.6E	24	Зал. Владимира, б. Южная
43	43° 53.904N - 135° 30.401E	10	Японское море, зал. Владимира
43A	43° 53.904N - 135° 30.401E	0.3	Японское море, зал. Владимира
62	44° 46.77N - 136° 24.05E	23	Японское море, выход из зал. Рында
72	43° 45.28N - 135° 24.38E	18	Японское море, к северу от зал. Ольга

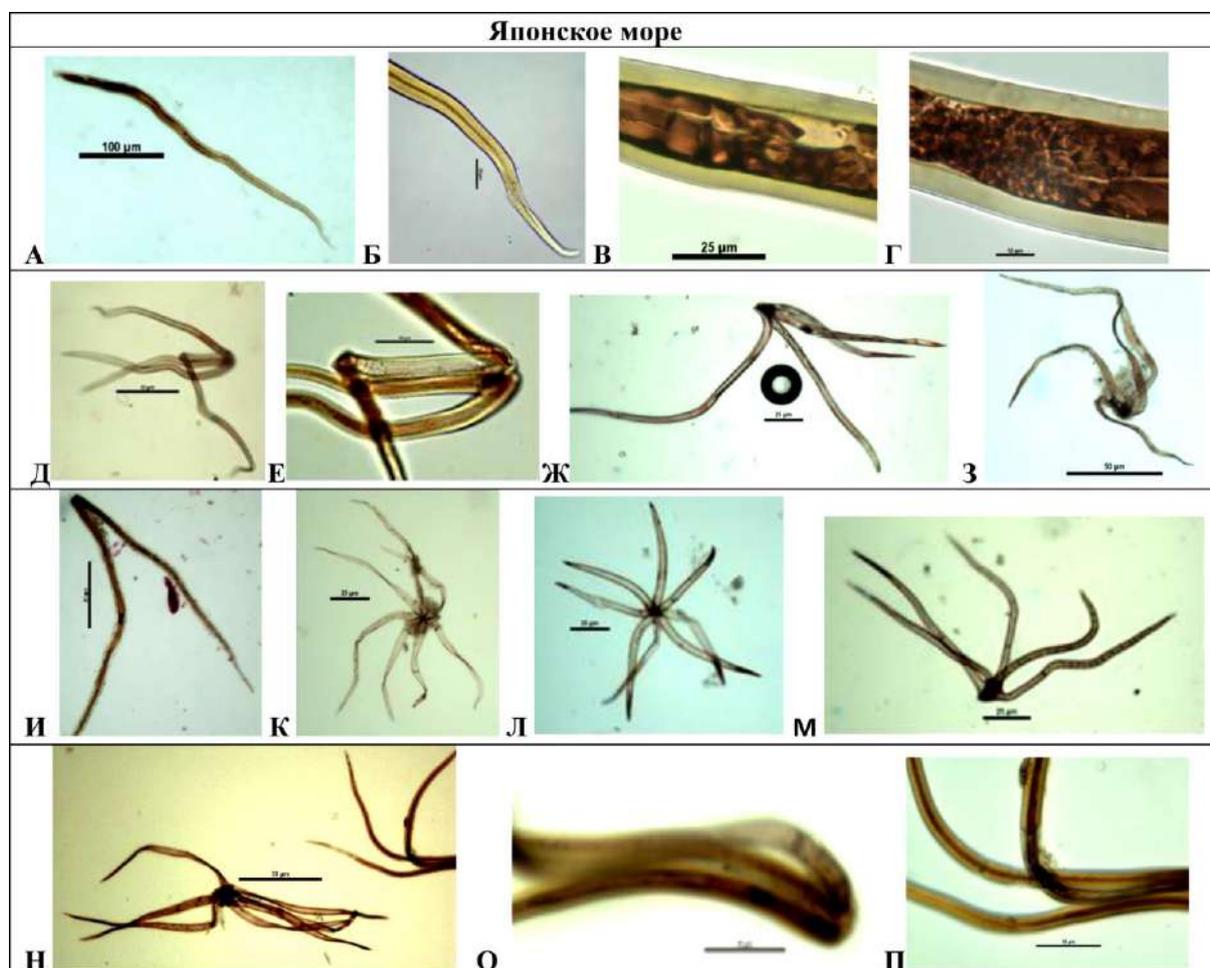


Рис. 1. Образцы бентосных морфотипов Японского моря. А–Г - "Form 5" (ст. 18): А - общий вид, Б - задний конец, В–Г - структура внутреннего содержимого в различных частях особи; Д–Е - Form 11" четырехлучевая (ст. 25): Д - общий вид, Е - структура переднего отдела особи; Ж–З - "Form 11" четырехлучевая (ст. 42 и 72): общий вид; И - "Form 11" двухлучевая (ст. 72): общий вид; К–М - "Form" (ст.1, 42): общий вид трех япономорских бентосных морфотипов; Н–П - трехлучевая и семилучевая морфотипы (ст. 62): Н - общий вид, О–П - внутренняя структура лучей

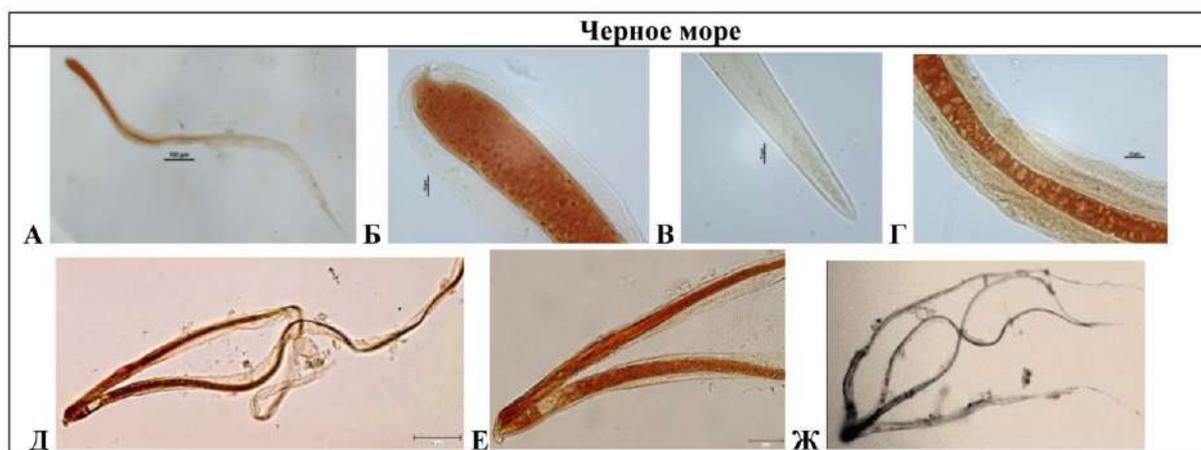


Рис. 2. Образцы некоторых проблемных морфотипов глубоководной зоны Черного моря. А–Г - “Form 5”: А - общий вид, Б - передний конец, В - задний конец, Г - внутренняя структура особи; Д–Е - “Form 11” (двулучевая): Д- общий вид, Е - структура переднего конца; Ж - “Form 11”- общий вид

Благодарности. Автор выражает глубокую признательность руководству ТИБОХ ДВО РАН за предоставленную возможность выполнить сбор материалов в течение 64 рейса на НИС «Академик Опарин» (06-07.2021), коллегам из отдела экологии бентоса ИнБИОМ РАН Сергею Александровичу Трофимову и Юрию Игоревичу Литвину за выполненный отбор донных осадков, а также всем участникам экспедиции за поддержку этой работы.

Литература:

- Андрусов Н.И. Проблемы дальнейшего изучения Черного моря ит стран, его окружающих. П.О сероводородном брожении в Черном море // Зап. Импер. Акад. наук по физ.-мат. Отд. 1894. Том VIII (№1). С.1-10.
- Архангельский А.Д., Страхов Н.М. Геологическое строение и история развития Черного моря. М.-Л., 1938. 226 с.
- Гулин С.Б., Сидоров И.Г., Гулина Л.В. Биогенная седиментация в Черном море: радиотрассерное исследование // Морской экологический журнал. 2013. Том XII (№2). С.19-25.
- Заика В. Е., Сергеева Н. Г. Вертикальное распределение глубоководных инфузорий в Чёрном море // Морской экологический журнал. 2009. Том 8 (№ 1). С. 32–36.
- Зайцев Ю.П., Поликарпов Г.Г., Егоров В.Н. и др. Биологическое разнообразие оксифилов (в виде жизнеспособных спор) и анаэробов в донных осадках сероводородной батиали Черного моря // Доклады НАНУ. 2008. № 5. С. 168–173.
- Жижченко Б.П. Методы палеографических исследований в нефтегазоносных областях. М.: “Недра”, 1974. 375 с.
- Исаченко Б.Л. Микроскопический анализ грунтов Азовского и Черного морей // Зап. Гос. гидр. ин-та. 1933. Том 10. С.377-388.
- Клювиткин А. А., Кравчишина М. Д., Дара О. М., Русанов И.И., Лисицын А.П. Сезонная изменчивость вертикальных потоков рассеянного осадочного вещества в Черном море // Доклады Академии наук. 2018. Том 483(№ 5). С 558–563.
- Красс А.Е. Морская микробиология (глубоководная). М.: АН СССР, 1959. 452 с.
- Сергеева Н.Г. Биологическое разнообразие в донных осадках сероводородной зоны Чёрного моря: распределение по глубинам, стратификация в толще грунта // Геология Чёрного и Азовского морей. 2000. Киев: “Надра”. С. 314–331.
- Сергеева Н. Г. *Pseudopenilia bathyalis* gen. n., sp. n. (Crustacea, Branchiopoda, Stenopoda) – обитатель сероводородной зоны Чёрного моря // Вестник зоологии. 2004. Том 38 (№ 3). С. 37–42.
- Сергеева Н. Г. Неизвестные донные морфотипы как перспективные объекты палеонтологических исследований батиали Чёрного моря // Фундаментальная и прикладная

палеонтология: Материалы LXIV сессии Палеонтол. о-ва, 2–6 апр. 2018 г. С.-П.: ВСЕГЕИ, 2018. С. 155–157.

Сергеева Н. Г., Смирнова Л. Л. Неизвестные морфотипы в донных осадках сероводородной зоны Чёрного моря: разнообразие, гипотезы их происхождения // Эволюция биосферы с древнейших времен до наших дней. 2019. М.: ПИН РАН, С. 234–242.

Скопинцев Б. А. Формирование современного химического состава Черного моря. Л.: Гидрометеиздат, 1975. 336 с.

Atanassova J., Bozilova E. Palynological investigation of marine sediments from the western sector of the Black Sea // Proceedings of the Institute of Oceanology (Varna). 1992. Vol. 1. P. 97–103.

Filipova-Marinova, M. Late Pleistocene/Holocene dinoflagellate cyst assemblages from the Southwestern Black Sea shelf // In: Advances in Phycological Studies / N.Ognjanova-Rumenova, K.Manoylov (Eds.). 2006. Sofia; Pensoft Pub. P. 267–281.

Giunta S., Morigia C., Negri A., Guichard F., Lericolais G. Holocene biostratigraphy and paleoenvironmental changes in the Black Sea based on calcareous nannoplankton // Marine Micropaleontology. 2007. Vol. 63. P. 91–110.

Korovchinsky N.M., Sergeeva N.G. A New Family of the Order Ctenopoda (Crustacea: Cladocera) From the Depths of the Black Sea // Zootaxa. 2008. Vol. 1795 (№1). P. 57–66.

Sergeeva N.G. Meiobenthos of deep-water anoxic hydrogen sulfide Zone of the Black Sea / Ed. Ayşen Yilmaz. Oceanography of the Eastern Mediterranean and Black Sea. Similarities and Differences of Two Interconnected Basins, Tübitak Publ. Ankara, Turkey. 2003. P. 880–887.

Sergeeva N.G., Dovgal I.V. First Finding of Epibiont Peritrich and Suctorian Ciliates (Ciliophora) on Oligochaetes and Harpacticoid Copepods from the Deep-water Hypoxic/Anoxic Conditions of the Black Sea // Ecologica Montenegrina. 2014. Vol. 1 (№1). P. 49–54.

Sergeeva N.G., Dovgal I.V. *Loricophrya bosporica* n. sp. (Ciliophora, Suctorea) epibiont of *Desmoscolex minutus* (Nematoda, Desmoscolecida) From Oxic/Anoxic Boundary of the Black Sea Istanbul Strait's Outlet Area // Zootaxa. 2016. Vol. 4061(№ 5). P. 596–600.

Sergeeva N.G., Burkatsky O.N. Abundance and Distribution of the Problematic morphotypes in the hydrogen sulfide bottom sediments of the North-Eastern Black Sea (Caucasus Region, Russia) // Stratigraphy and Sedimentology of Oil-Gas Basins. 2021. Vol. 1. P. 2-18.

Sergeeva N. G., Mazlumyan S. A., Lichtschlag A., Holtappels M. Benthic Protozoa and Metazoa Living Under Anoxic and Sulfide Conditions in the Black Sea: Direct Observations of Actively Moving Ciliophora and Nematoda // International Journal of Marine Science. 2014. Vol. 4 (№42). P. 1–11.

Sergeeva N. G., Smyrnova L. L. Unusual Benthic Morphotypes, Typical for Permanent Hydrogen Sulfide Zone of the Black Sea: Hypotheses of Their Origin and Perspectives of Study // Paleontological Journal. 2020. Vol. 54 (№.8). P. 81–87.

Sergeeva N. G., Zaika V.E., Lichtschlag A. Preliminary data on the presence of diverse Ciliate species in deep anoxic Black Sea // EMMM'2008 5th International Conference "Environmental Micropaleontology, Microbiology and Meiobenthology" University of Madras, India, February 17-25, 2008: 279-282.



**ПАЛИНОЛОГИЧЕСКИЕ СВИДЕТЕЛЬСТВА СУЩЕСТВОВАНИЯ
ПОЗДНЕПЛИОЦЕНОВОГО МОРСКОГО БАСЕЙНА НА ТЕРРИТОРИИ
ВОСТОЧНОЙ ТУРЦИИ**

А.Н. Симакова

Геологический институт РАН, Москва, simak2001@mail.ru

**PALYNOLOGICAL EVIDENCE OF THE EXISTENCE OF A LATE PLIOCENE MARINE
BASIN IN EASTERN TURKEY**

A.N. Simakova

Geological Institute RAS, Moscow, simak2001@mail.ru

Акчагыльский бассейн Каспийского моря, развивался в позднем плиоцене и раннем плейстоцене. Возраст акчагыльской трансгрессии определяется как 3.4-1.8 [Трубихин, 1977; Naidina, Richards, 2016]. Однако, существует мнение, что возраст акчагыльской трансгрессии 2.7-2.1 млн. лет [Krijgsman et al., 2019]. Обширна область распространения бассейна, который охватывал современную акваторию Каспия, Западный Копетдаг и Предкопетдагский прогиб, Куринскую впадину, Терский прогиб, Прикаспийскую впадину, частично Скифскую и Туранскую плиты, долины рек Средней Волги, Камы и Белой, достигал впадин Малого Кавказа, и северо-восточной части Азово-Черноморского бассейна. На территории северо-восточной Турции зафиксированы самые южные разрезы с морскими диноцистами второй половины раннеакчагыльской трансгрессии [Trifonov et al., 2020; Simakova et al., 2021].

Для поздне-плиоценовой растительности Восточной Турции характерна умеренная флора с преобладанием хвойных лесов с участием *Pinus*, *Sciadopitys*, *Picea*, *Abies*, *Tsuga canadensis*, *Tsuga cf. minima*, *Podocarpus*, *Cathaya*, Taxodiaceae, *Cedrus* в высокогорьях, смешанных лесов с *Pinus*, *Acer*, *Quercus*, Juglandaceae, *Carpinus*, *Ulmus* в среднегорьях и широким развитием в низкогорьях и на равнинах степей с Asteraceae, Amarantaceae, Poaceae, *Ephedra* [Işik et al., 2011; Trifonov et al., 2018, 2019, 2020; Simakova et al., 2021]. В конце позднего плиоцена в связи с аридизацией и похолоданием климата лугово-степные растительные ассоциации расширяют свой ареалы, а лесные и лесостепные ландшафты сменяются соответственно лесостепными и степными. В раннем плейстоцене доминировали в лесных сообществах лиственные породы деревьев – *Corylus*, *Ulmus*, *Quercus*, *Betula*, *Alnus*, *Ostrya*, *Engelhardia* при участии *Picea*, *Pinus*. В травянистой группе преобладали Asteraceae, Amarantaceae, Brassicaceae, Poaceae. Это время широкого распространения лесостепных ландшафтов.

Палинологический анализ разрезов, расположенных в Восточной Турции – Демиркент (N 40°42.897'; E 43°40.367'; H = 1570 м), Ширакская впадина) [Trifonov et al., 2020; Simakova et al., 2021] и Пекечик (N 39°53.443'; E 41°51.672'; H = 1753 м.), Хорасанская впадина) [Simakova et al., 2021] выявил присутствие морских солонатоводных диноцист в отложениях этих разрезов. Разрез Демиркент, мощностью 70 м, нормально намагничен и сложен глинами, алевритами и тонкозернистыми песками. В нижней глинистой части разреза (на глубине 50-65 м) обнаружены солонатоводные диноцисты раннеакчагыльского облика: *Caspidinium rugosum* type I and II Marret, 2004, *Spiniferites ramosum* ((Ehrenberg) Mantell, 1854), cf. *Impagidinium inaequalis* (Wall et Dale in Wall et al., 1973), cf. *Pontiadinium*, *Ataxiodinium cf. confusum*, совместно с пресноводными водорослями *Pediastrum* ((HdV-760, Bakker R, van Smeerdijk DG, 1981), *Botryococcus* sp. ((NN-151), Kützing, 1849), *Spirogyra* (HdV-210), van Geel et al., 1989) и *Planctonites* (рис.1). Постепенно содержание диноцист сокращается и возрастает количество пресноводных водорослей. Выше глубины 50 м диноцисты не обнаружены. Таким образом, проявления морского осадконакопления охватывают только нижнюю часть разреза, а дальнейшее осадконакопление происходило в условиях постепенного опреснения бассейна.

Разреза Пекечик, мощностью 143 м, сложен алевритами, конгломератами, глинами, песками с прослоями лигнитов [Simakova et al., 2021]. В нижней части разреза в нормально намагниченных алевролитах и глинах найдены солонатоводные диноцисты конца плиоцена: *Caspidinium rugosum* type I, *Spiniferites cf. ramosum*, *Pontiadinium* sp., *Ataxiodinium* sp., *Achomosphaera* sp., *Algidasphaeridium cf. capillatum*, *Polysphaeridium cf. zoharyi* (Rossignol, 1962),

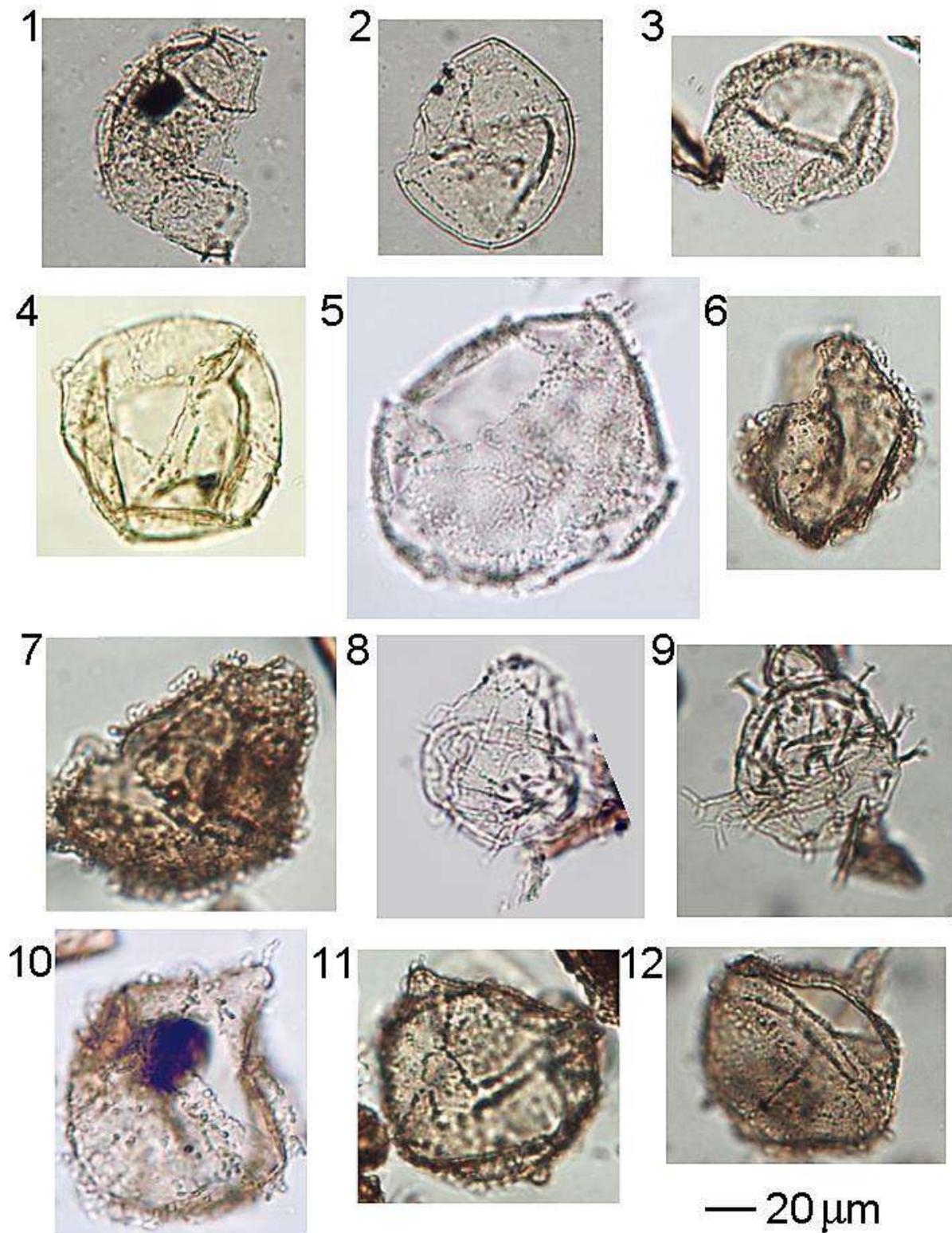


Рис. 1. Цисты позднеплиоценовых солонатоводных динофлагеллят разреза Демиркент: 1–5. *Caspidinium* sp. type 1; 6, 7. *Caspidinium* sp. type 2; 8. cf. *Impagidinium inaequalis* (Wall et Dale in Wall et al., 1973); 9. *Spiniferites ramosus* ((Ehrenberg) Mantell, 1854); 10–12. cf. *Pontiadinium* sp.

Lingulodinium sp., *Cleistosphaeridium* sp., aff. *Apteodinium* sp., *Pyxidinospis* cf. *reticulate*, *Operculodinium centrocarpum* (D. Wall 1967), *Spiniferites cruciformis* morphotype B of Marret et al., (2004) (рис. 2). Вверх по разрезу увеличивается количество спор пресноводных водорослей *Pediastrum*, *Botryococcus*, *Spirogyra*, *Zygnemantaceae*, *Pseudoschizaea* ((NN-61), Christopher, R.A., 1976).

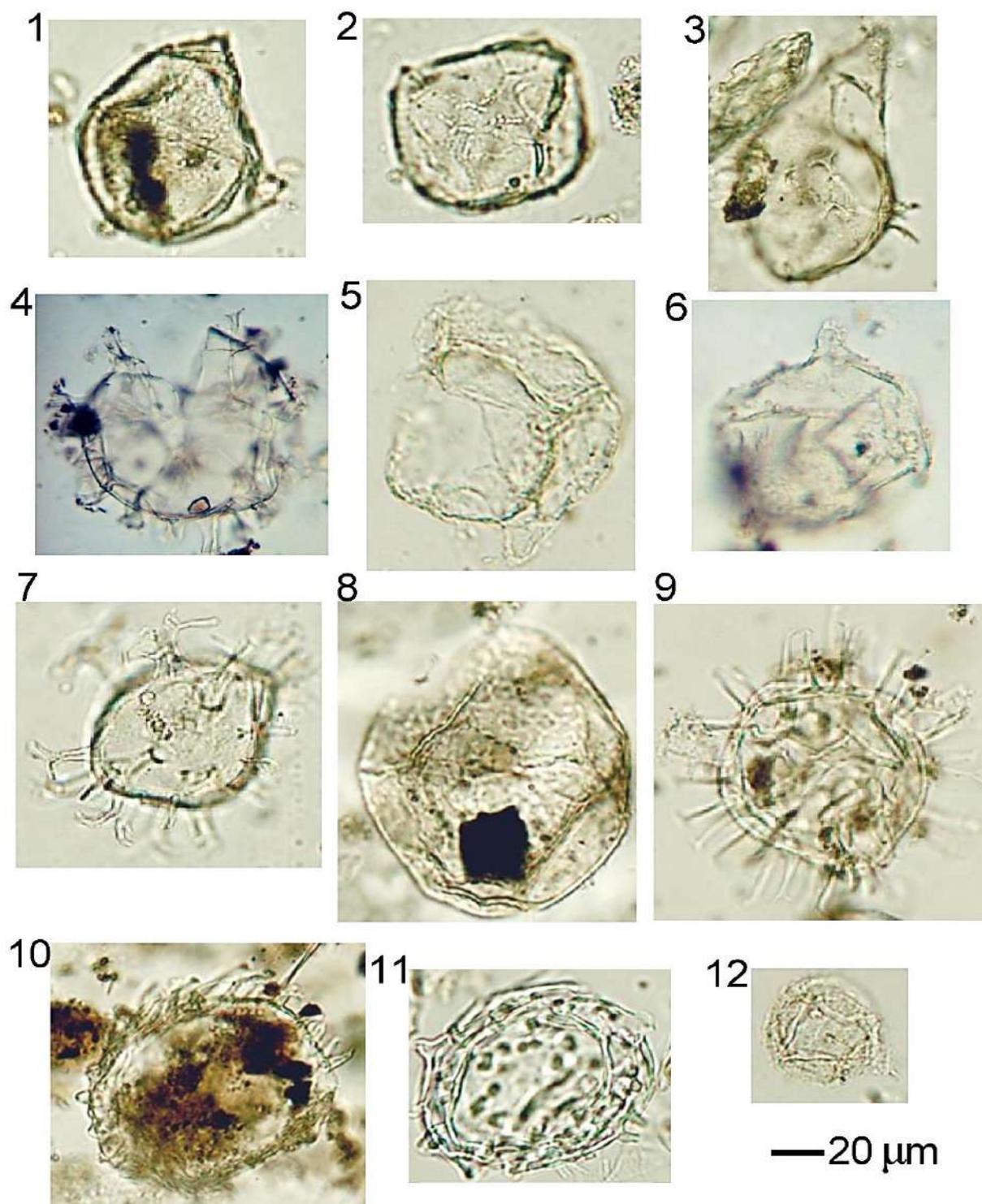


Рис. 2. Цисты позднеплиоценовых солонатоводных динофлагеллят разреза Пекечик: 1. *Pontiadinium* sp.; 2. *Caspidinium rugosum* Marret, 2004; 3. *Spiniferites cruciformis* Wall et Dale in Wall et al., 1973; 4. *Spiniferites furcatus* (Ehrenberg, 1838); 5. *Ataxiodinium* sp.; 6. aff. *Apteodinium* sp.; 7. *Achomosphaera* sp.; 8. *Pyxidinospis psilata* (Wall et Dale in Wall et al., 1973); 9. *Cleistosphaeridium* sp.; 10. *Polysphaeridium* cf. *zoharyi* (Rossignol, 1962); 11. *Polysphaeridium* sp.; 12. *Algidasphaeridium* cf. *capillatum*.

Так, в нижних частях разрезов Демиркент и Пекечик, встречен ограниченный по мощности нормально намагниченный горизонт с морскими солонатоводными диноцистами, сменяющийся вверх по разрезам отложениями с пресноводной биотой. Полученные палинологические данные подтверждают присутствие Акчагыльского морского бассейна на территории Восточной Турции.

Работа выполнена в рамках госзадания ГИН РАН и при поддержке гранта РФ №22-17-00249.

Литература:

Трубихин В.М. Палеомагнетизм и стратиграфия акчагыльских отложений Западной Туркмении. Москва: Наука, 1977. 79 с.

Işik N.Ya., Saraç G., Ünay E., de Bruijn H. Palynological analysis of Neogene mammal sites of Turkey – vegetational and climatic implications // Bull. Earth Sci. Appl. Res. Cent. Hacettepe Univ. 2011. Vol. 32. № 2. P.105–120.

Krijgsman W., Tesakov A., Yanina T., Lazarev S., Danukalova G., Van Baak C. G. C., Agustí J., Alçiçek M.C., Aliyeva E., Bista D., Bruch A., Büyükmeriç Y., Bukhsianidze M., Flecker R., Frolov P., Hoyle T.M., Jorissen E.L., Kirscher U., Koriche S.A., Kroonenberg S.B., Lordkipanidze D., Oms O., Rausch L., Singarayer J., Stoica M., van de Velde S., Titov V.V., Wesselingh F.P. Quaternary time scales for the Pontocaspian domain: Interbasinal connectivity and faunal evolution // Earth-Science Reviews. 2019. Vol.188. P. 1–40.

Marret F., Leroy S., Chalié F., Françoise F. New organic-walled dinoflagellate cysts from recent sediments of Central Asian seas // Review of Palaeobotany and Palynology. 2004. Vol. 129. № 1–2. P.1–20.

Naidina O.D., Richards K. Pollen evidence for Plio-Pleistocene vegetation and climate change in the North Caucasus, North-Western Caspian Region // Quaternary International. 2016. Vol. 409. P. 50–60.

Simakova A.N., Tesakov A.S., Çelik H., Frolov P.D., Shalaeva E.A., Sokolov S.A., Trikhunkov Ya.I., Trifonov V.G., Bachmanov D.M., Latyshev A. V., Ranjan P.B., Gaydalenok O.V., Syromyatnikova E.V., Kovaleva G.V., Vasileva M.A. Caspian-type dinocysts in NE Turkey mark deep inland invasion of the Akchagylian brackish-water basin during the terminal Late Pliocene // Quaternary International. 2021. Vol. 605–606. P. 329–348.

Trifonov V.G., Çelik H., Simakova A.N., Bachmanov D.M., Frolov P.D., Trikhunkov Ya.I., Tesakov A.S., Titov V.V., Lebedev V.A., Ozherelyev D.V., Latyshev A.V., Sychevskaya E.K. Pliocene – early Pleistocene history of the Euphrates valley applied to late Cenozoic environment of the northern Arabian Plate and its surrounding, eastern Turkey // Quaternary International. 2018. Vol. 493. P. 137–165.

Trifonov V.G., Tesakov A.S., Simakova A.N., Bachmanov D.M. Environmental and geodynamic settings of the earliest hominin migration to the Arabian-Caucasus region: A review // Quaternary International. 2019. Vol. 534. P. 116–137.

Trifonov V.G., Simakova A.N., Çelik H., Tesakov A.S., Shalaeva E.A., Frolov P.D., Trikhunkov Ya.I., Zelenin E.A., Aleksandrova G.N., Bachmanov D.M., Latyshev A.V., Ozherelyev D.V., Sokolov S.A., Belyaeva E.V. The Upper Pliocene – Quaternary geological history of the Shirak Basin (NE Turkey and NW Armenia) and estimation of the Quaternary uplift of Lesser Caucasus // Quaternary International. 2020. Vol. 546. P. 229–244.



**МИОСПОРЫ ИЗ АЛЬБСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ СИБИРИ (КАССКАЯ ВПАДИНА,
ЛЕВОБЕРЕЖЬЕ Р. ЕНИСЕЙ) И ЧУКОТСКОГО ПОЛУОСТРОВА (ЧААНТАЛЬСКАЯ
ПЛОЩАДЬ)**

И.В. Смокотина

Красноярск, e-mail:smokotina@list.ru

**MYOSPORES FROM THE ALBIAN DEPOSITS OF SIBERIA (KASSKAYA DEPRESSION,
LEFT BANK OF THE YENISEI RIVER) AND THE CHUKCHI PENINSULA (CHAANTAL
SQUARE)**

I.V. Smokotina

Krasnoyarsk, e-mail:smokotina@list.ru

В ходе работ (2019-2021гг.) по оценке изученности и подготовке геологического обоснования ГДП-200 листов Q-60 (Чаантальская площадь) в рамках объектов ФГБУ «ВСЕГЕИ» и АО «СВПГО» автором получены новые данные по палинологическому обоснованию возраста нижнемеловых терригенных образований ольховской свиты на Телекайском участке (бассейн р. Чаантальвеергын) (рис. 1).

Палиноспектр раннего альба, установленный из песчаников с гл.1051.02 м, характеризуется хорошим наполнением спорово-пыльцевого материала и разнообразием таксономического состава с преобладанием спор папоротников и мхов (87.8%) над пыльцой голосеменных растений. Наблюдается доминирующая роль и видовое разнообразие типичных представителей меловой палинофлоры - спор папоротников схизейных (*Cicatricosisporites* spp. (*C.sp.* (7.8%), *C. minutaestriatus* (Bolch.)Chlon. (7.8%), *C. dorogensis* R.Pot. et Gell. (9.7%), *C. australiensis* (Cook.)Poc. (1.9%), *C. pseudotripartitus* (Bolch.)Dett. (0.7%), *Appendicisporites* sp. (2.6%), *A. erdtmanii* Pocock. (0.7%), *A. cf. macrorhizus* (Bolch)Pot. (0.4%), *A. perforatus* Newkova et Kondratiev (1.1%), *A. exilioides* (Mal.)Bolch (0.7%), *A. tricostatus* (Bolch.)Poc. (0.4%), *Lygodiumsporites asper* Bolch. (1.5%), *L. subsimplex* Bolch. (1.1%), *Trilobosporites mirabilis* Bolch. (1.9%), меньше глейхениевых *Gleicheniidites carinatus* Bolch. (0.4%), *G. umbanatus* Bolch. (0.7%), *G. senonicus* Ross. (2.3%), *G. laetus* Bolch. (0.4%), *Plicifera* sp. (0.7%), повышенное содержание монолетных бобовидных спор *Laevigatosporites ovatus* Wils. et Webst. (6.7%).

Заметна роль спор *Cyathidites* spp. (*C. sp.* (7.0%), *C. australis* Coup. (0.4%), *C. coniopteroides* Rom. (1.5%), *C. triangularis* Rom. (0.4%), *Hemitelia parva* (Der.)Timosch. (0.4%), *Leiotriletes* spp. (*L. sp.* (9.7%), *L. (т. Hausmannia)* (6.7%), *Dictyophyllidites* sp. (1.5%). Немного (до 5.0%) спор *Densoisporites velatus* Weyl. et Krieg. (0.7%), *D. perinatus* Coup. (0.4%), Diksoniaceae (0.4%), *Stereisporites psilatus* (Ross.)Pfl. (1.1%), *Osmundacidites* sp. (0.7%), *Tripartina variabilis* Mal. (1.1%), *Selaginella* sp. (1.5%), *Foveosporites* sp. (0.7%), *Pilasporites marcidus* Balme (2.6%), *Camptotriletes cerebriformis* Naum. ex Jarosch. (0.4%), *Aequitriradites verrucosus* Cook. et Dett. (0.4%), *Rouseisporites triangularis* Pocock. (0.7%).

Пыльца представлена *Ginkgocycadophytus* (1.5%), *Cycadopites dilucidus* (Bolch.)Il. (0.4%), *Piceapollenites variabiliformis* (Bolch.)Petr. (0.4%), *Piceapollenites* sp. (0.4%), *Pseudopicea magnifica* Bolch. (1.5%), *Classopollis* sp. (0.7%), *Vitreisporites pallidus* (Reis.) Nils. (0.4%), Disaccites (4.3%). Единичны экземпляры зигнемовых пресноводных водорослей *Ovoidites* sp. (1.1%), колониальных водорослей *Botriococcus* sp. (0.4%).

Характерно присутствие единичной пыльцы покрытосеменных Angiospermae (1.1%).

Доминирование в таксономическом составе спор папоротников и мхов над пыльцой голосеменных растений, высокое содержание и видовое разнообразие представителей меловой палинофлоры - спор папоротников схизейных, глейхениевых, повышенное содержание монолетных бобовидных спор *Laevigatosporites ovatus* Wils. et Webst., наличие единичных зерен пыльцы покрытосеменных Angiospermae сближают вышеописанный палиноспектр с комплексами апт (III) - раннего альба (IV) раннего мела севера Сибири [Решения..., 1981], с комплексом VI (5), альба раннего мела севера Сибири [Решения..., 2003], с комплексом раннего альба палинозоны *Soptospora paradoxa*-*Tricolpites*, описанным В.С. Маркович из отложений галенковской свиты Приморья [Маркович, 1995].

В Касской впадине на левобережье р. Енисей юго-восточной окраины Западно-Сибирской плиты автором палинологически изучены германиеносные лигниты с целью

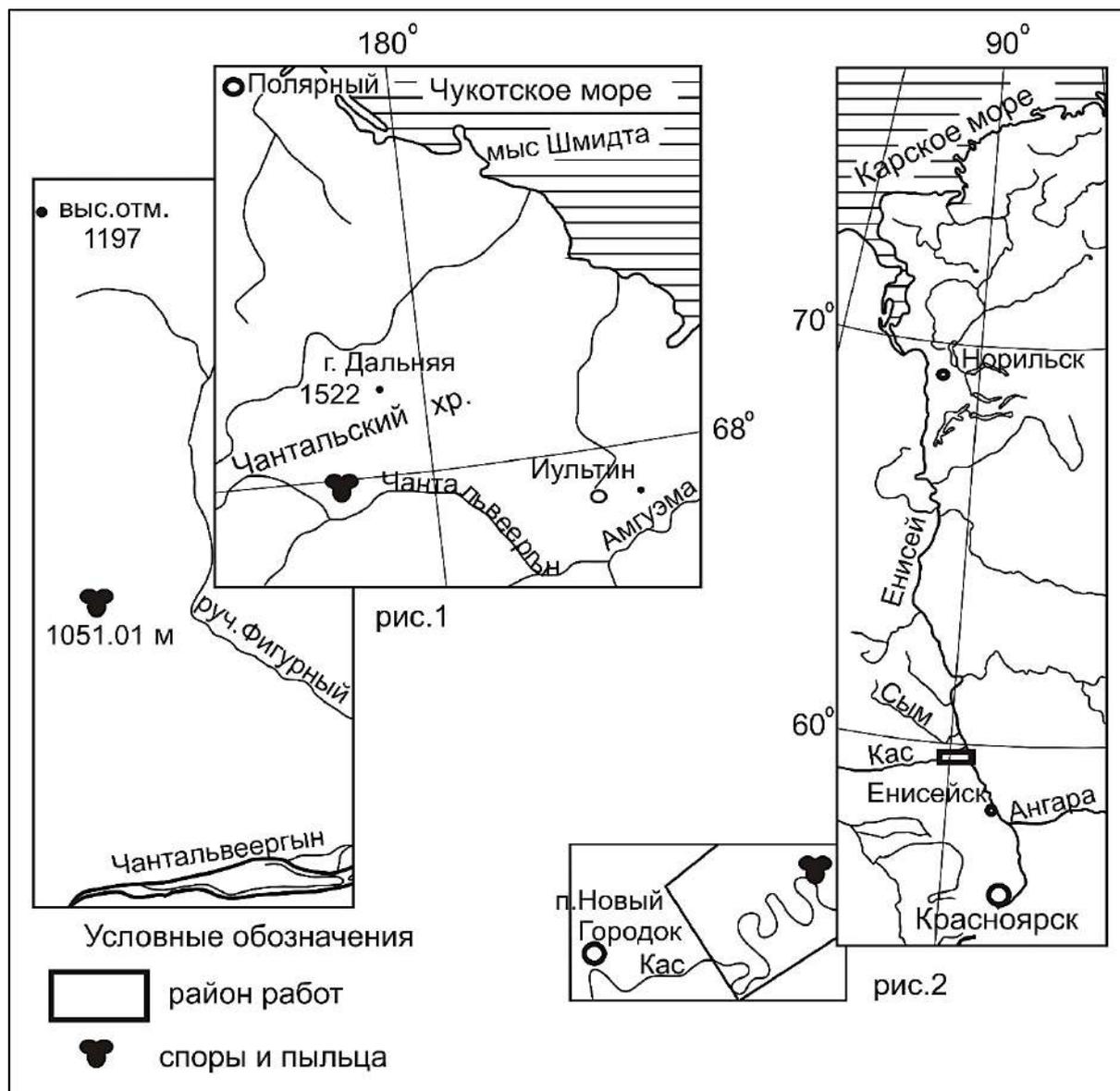


Рис.1. Схема района работ (Чанталаськая площадь)

Рис.2. Схема района работ (Касская впадина)

уточнения возраста в стратиграфическом разрезе мела Касского участка (материалы ООО «КАС»).

Палинокомплекс альба, установлен из проб №№ 005189, 005191 керны скважины у п. Новый Городок (рис. 2), насыщенных спорово-пыльцевым материалом (400-396 зерен). Наблюдаются общие черты с вышеописанным палиноспектром: доминирование в таксономическом составе спор папоротников и мхов (82.3 - 82.2%) над пыльцой голосеменных растений (17.2 - 17.8%) и микрофоссилий (0.5%), высокое содержание и видовое разнообразие типичных представителей меловой палинофлоры: спор папоротников схизейных *Appendicisporites* spp. (11.8 - 8.9%) (*A. exilioides* (Mal.) Bolch., *A. erdtmanii* Pock., *A. globulifera* Bolch., *A. perforatus* (Baranov, Newkova et Kondratiev)Singh., *A. remissa* Bolch., *A. cooksonii* (Balme), *A. trocostata* Bolch, *A. sp.*), *Cicatricosisporites* spp. (6.8 - 13.7%) (*C. sp.*, *C. australiensis* (Cook.)Pot., *C. minutaestriatus* (Bolch.) Chlon., *C. dorogensis* R.Pot. et Gell.), *Ruffordia goepperti* (Dunk.)Seward., *Schizaea*, *Lygodiumsporites* spp. (6.0 - 8.2%) (*L. subsimplex* Bolch., *L. asper*. Bolch., *L. cavernosum* E.Iv., *L. apiverrucatus* Coup.), *Concavissimiporites verrucosus* (Delc. et Sprum.)Poc., повышенное содержание спор *Leiotriletes* spp. (6.5 - 12.0%) (*L.* (тип *Hausmannia*), *L. sp.*), *Cyathidites* spp. (5.3 - 7.2%) (*C. coniopteroides* Rom., *C. minor* Coup., *C. sp.*),

Dictyophyllidites sp. (6.0%), наличие единичной пыльцы покрытосеменных Angiospermae (*Triporoletes singularis* N.Mtch.). С другой стороны, здесь отмечается высокий процент и таксономическое разнообразие спор папоротников глейхениевых *Gleicheniidites* spp. (14.5 - 14.2%) (*G. sp.*, *G. umbanatus* Bolch., *G. carinatus* Bolch., *G. senonicus* Ross., *G. laetus* Bolch., *Clavifera* sp., *Plicifera* sp.).

Сопутствуют (менее 3%) споры *Lycopodiumsporites subrotundus* (K-M) Vinogr., Pteridaceae, Salviniaceae, *Densoisporites velatus* Weyl. et Krieg., *Lophotriletes* sp., *Tripartina variabilis* Mal., Dipteridaceae, *Obtusisporites junctus* (K.-M.) Pocock., *Camptotriletes cerebriformis* Naum. et Jarosch., Dicksoniaceae, *D. densa* Bolch., *Selaginella* sp., *Pilasporites* sp., *Foveosporites cenomanicus* (Chlon.) Schvetzova, *Aequitriradites verrucosus* Cookson et Dettmann, *Osmundacidites* spp., споры мхов *Sphagnumsporites* spp. (до 4.0%) (*S. sp.*, *S. psilatus* (Ross.) Coup., *S. antiquasporites* Wils. et Webst.), а также пыльца голосеменных *Ginkgocycadophytus*, *Cycadopites dilucidus* (Bolch.) Il., *Podocarpidites multesimus* (Bolch.) Pocock., *Pinuspollenites* spp., *Piceapollenites* spp. (*P. variabiliformis* (Bolch.) Petr., *P. exilioides* Bolch.), *Sciadopityspollenites multiverrucosus* Sach. et Il., *Pseudopicea magnifica* Bolch., *Walchia* sp., *Cedrus* sp., *Disaccites*, *Classopollis* sp., *Vitreisporites pallidus* (Reis.) Nils., зигнемовые водоросли *Ovoidites* sp. (0.5%).

Преобладание в таксономическом составе спор папоротников и мхов над пыльцой голосеменных растений и зигнемовых водорослей, высокое содержание и видовое разнообразие типичных представителей меловой палинофлоры - спор папоротников схизейных, глейхениевых, наличие спор *Foveosporites cenomanicus* (Chlon.) Schvetzova, единичной пыльцы покрытосеменных *Triporoletes singularis* N.Mtch. сближают вышеописанный палинокомплекс с комплексом IV альба раннего мела севера Сибири [Решения..., 1981], с комплексами VI (5), VI (6) альба раннего мела севера Сибири [Решения..., 2003], с зональным комплексом альба палиностратиграфической шкалы севера Сибири палинозоны KSP11 [Никитенко и др., 2013].

Палинологические ассоциации Чаантальской площади (Чукотский полуостров) и Касской впадины (левобережье р. Енисей юго-восточной окраины Западно-Сибирской плиты), входящие в Бореально-Арктическую и Бореально-Сибирскую палинофлористические подпровинции Бореальной провинции [Хернгрин, Хлонова, 1983] и, согласно В.А. Вахрамееву [1970], единую Сибирскую палеофлористическую область, имеют сходные черты по соотношению в общем видовом составе основных групп палиноморф (рис. 3), а именно: преобладающая роль спор папоротников и мхов над пыльцой голосеменных растений, доминирование и таксономическое разнообразие меловых спор схизейных Schizaeaceae (38.3% - Чаантальская площадь, до 30.8% - Касская впадина), присутствие единичной пыльцы покрытосеменных. С другой стороны, различия в процентном содержании и разнообразии спор глейхениевых, монолетних бобовидных спор объясняются, по-видимому, местными условиями формирования осадков.

Накопление континентальных озерно-болотных фаций Касской впадины происходило в условиях теплого субтропического климата. В.А. Красилов [1972] указывает на приуроченность, как правило, автохтонных захоронений зарослей хвощей, папоротников к береговым болотам и маршам. Об этом также свидетельствуют присутствие в отложениях пресноводных водорослей сем. Zignemataceae - *Ovoidites* sp.

На небольших возвышенностях произрастали хвойные из сосновых *Piceapollenites* spp. и *Pinuspollenites* spp., кедра *Cedrus* spp., ногоплодниковых *Podocarpidites* spp. и др.

Учитывая слабую палинологическую изученность мезозойских (меловых) образований Чукотского полуострова (Чаантальская площадь), полученные новые палинологические данные, уточняющие возраст образований ольховской свиты, показывают необходимость дальнейших палинологических исследований для решения стратиграфических задач данного региона.

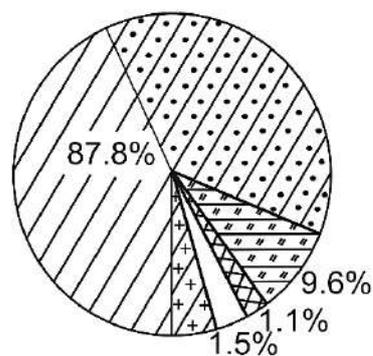
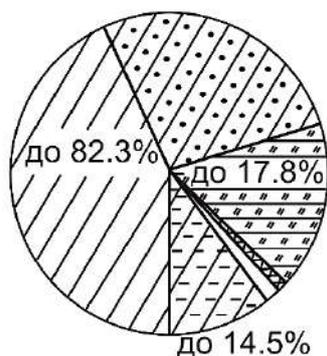
Литература

Вахрамеев В.А., Добрускина И.А., Заклинская Е.Д., Мейен С.В. Палеозойские и мезозойские флоры Евразии и фитогеография этого времени. Москва: Издательство Наука. 1970. 427 с. (Труды ГИН. Вып. 208)

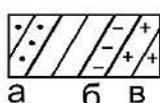
Красилов В.А. Палеоэкология наземных растений. Основные принципы и методы. / Отв. ред. М.Н. Грамм. Владивосток: Издательство АН СССР, 1972. 212 с.

Касская впадина
левобережье р. Енисей

Чаантальская площадь
бассейн р. Чанталъвеергын



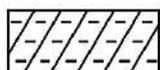
Условные обозначения



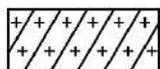
споры папоротников:



а - схизейные



б - глейхениевые



в - монолетние бобовидные споры



пыльца голосеменных



пыльца покрытосеменных



водоросли

Рис.3. Соотношение основных групп мiosпор в составе изученных палинологических ассоциаций Каской впадины и Чаантальской площади

Маркович В.С. Меловая палинофлора севера Восточной Азии. Владивосток: Дальнаука, 1995. 200 с.

Никитенко Б.Л., Шурыгин Б.Н., Князев В.Г., Меледина С.В., Дзюба О.С., Лебедева Н.К., Пещевицкая Е.Б., Глинских Л.А., Горячева А.А., Хафаева С.Н. Стратиграфия юры и мела Анабарского района (Арктическая Сибирь, побережье моря Лаптевых) и бореальный зональный стандарт // Геология и геофизика. 2013. Т. 54. № 8. С. 1047–1082.

Решения III Межведомственного регионального стратиграфического совещания по мезозою и кайнозою Средней Сибири. Новосибирск, 1981. 91 с.

Решение 6-го Межведомственного стратиграфического совещания по рассмотрению и принятию уточненных стратиграфических схем мезозойских отложений Западной Сибири. Новосибирск, 2003. 114 с.

Хернгрин Г.Ф.В., Хлонова А.Ф. Меловые палинофлористические провинции мира. Новосибирск: Наука, 1983. 136 с.



**ОСНОВНЫЕ АСПЕКТЫ ПАЛИНОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В
НЕФТЕГАЗОДОБЫВАЮЩИХ РЕГИОНАХ (НА ПРИМЕРЕ НИЖНЕГО КАРБОНА)**

Т.В. Стукова

Пермь, stukova_tatyana@mail.ru

**MAIN ASPECTS OF PALYNOLOGICAL STUDIES IN OIL AND GAS PRODUCING REGIONS
(ON THE EXAMPLE OF THE LOWER CARBON)**

T.V. Stukova

Perm, stukova_tatyana@mail

Планомерные палинологические исследования нижнекаменноугольных отложений Пермского Прикамья (северо-восток Волго-Уральской нефтегазоносной провинции) для определения возраста пород начались в семидесятых годах двадцатого века в связи с интенсивным геологоразведочным бурением глубоких скважин. Исследования были сосредоточены в Камском отделении ВНИГНИ (позднее реорганизован в Камский НИИ комплексных исследований глубоких и сверхглубоких скважин — КамНИИКИГС).

Терригенно-карбонатные и терригенные отложения нижнего карбона в Пермском крае одни из основных нефтегазопродуктивных комплексов.

По мере накопления результатов спорово-пыльцевого анализа совершенствовалась детальная палиностратиграфическая основа нижнекаменноугольных отложений. Выделены палинозоны, прослежена их выдержанность на территории Пермского Прикамья. В терригенно-карбонатной толще турнейско-нижневизейских отложений шкала палинологической зональности сопоставлена с зональными шкалами по микрофауне [Данилова, Стукова, 1991; Чижова и др., 1997; Сташкова, Стукова, 2009]. Для визейской терригенной толщи, лишенной микрофаунистических остатков, была разработана детальная палинологическая шкала. В стратиграфически полных разрезах в непрерывной последовательности установлено восемь местных палинозон, хорошо сопоставимых с зонами по миоспорам региональных подразделений унифицированной стратиграфической схемы каменноугольных отложений Русской платформы [Стукова, 2010; Стукова, 2012a]. Отличительной особенностью явилось введение второго вида-индекса, который впервые устойчиво появляется с уровня нижней границы зоны и фиксирует ее. Это обеспечило определение более полного объема палинозон и их смыкаемость, повысило критерий надежности расчленения отложений. Разработанная палинологическая зональность позволила определять стратиграфическую полноту вскрываемых отложений, выявлять районы выклинивания или размыва отложений разного стратиграфического объема.

Созданная палиностратиграфическая основа комплексировалась с данными промысловой геофизики и результатами литолого-фациального анализа. Такой комплекс явился надежным инструментом для решения задач по достоверному расчленению и корреляции продуктивных отложений, определению возрастной датировки песчаных пластов [Сташкова и др., 1999; Сташкова и др., 2004; Сташкова и др., 2005]. Это самое важное направление палинологических исследований, востребованное нефтяниками региона до начала двухтысячных годов.

С 2008 г. палинологические исследования автор данной статьи продолжила в ООО «ПермНИПИнефть» в Центре исследования керна и пластовых флюидов при поддержке руководства института и ООО «ЛУКОЙЛ-ПЕРМЬ». К этому времени процент разведочного бурения в крае уменьшился. Снизилась и заинтересованность нефтяников в результатах палинологии, как и биостратиграфии в целом. Этому способствовала и экономическая ситуация на рубеже второго и третьего тысячелетия. Тем не менее, шкала палинологической зональности турнейско — визейских отложений Пермского Прикамья, актуализированная с учетом новых данных и адаптированная для Тимано-Печорского субрегиона [Стукова, 2016a], привязанная к продуктивным пластам, успешно применялась автором для корреляции одновозрастных песчаных пластов — коллекторов разного генезиса (таблица 1, рис. 1). В частности, с помощью палинологических исследований в ряде случаев выявлялись ошибки попластовых разбивок, основанных на методах ГИС, которые приводили к неверной корреляции продуктивных песчаных пластов. Эти факты еще раз доказывали важность палинологического анализа, т. к. расчленение разрезов и корреляция продуктивных пластов только лишь методами ГИС без контрольных прямых методов возрастной датировки порой приводят к ошибочным результатам

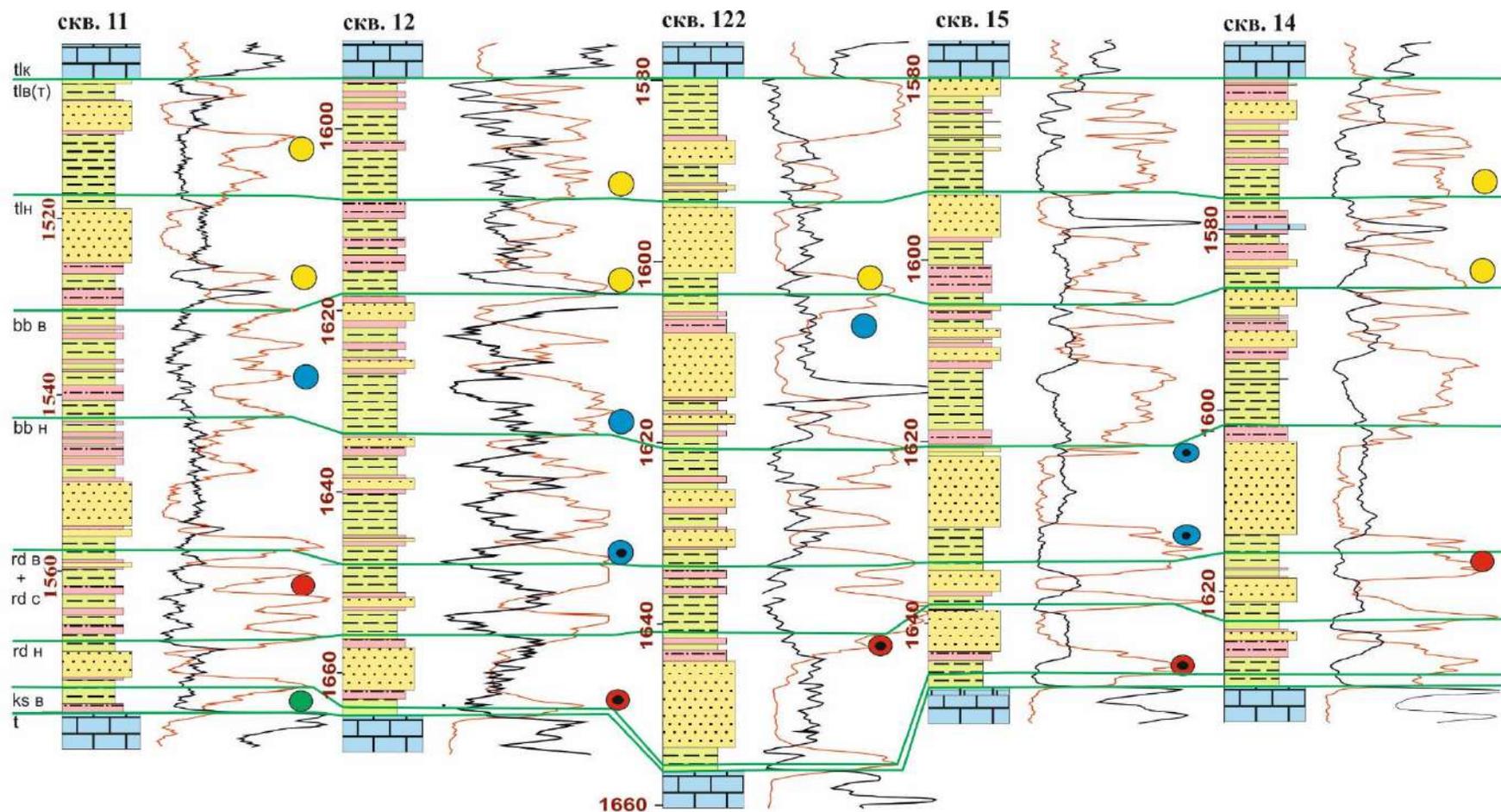
Таблица 1. Сопоставление зональных шкал по спорам разнофациальных косьвинско-тульских отложений Волго-Уральского и Тимано-Печорского субрегионов

ОСП			Региональные стратиграфические схемы среднего и верхнего палеозоя Русской платформ (Решение МРСС..., 1990; Постановление МСК..., 2008)		Зональная шкала по спорам косьвинско-тульских отложений Волго-Уральского субрегиона (Пермское Прикамье) (Стукова, 2010 г., 2016 г.) с уточнением				Зональная шкала по спорам косьвинско-тульских отложений Тимано-Печорского субрегиона (рабочий вариант)							
система	отдел	ярус	надгоризонт	горизонт	зона по спорам	Стратиграфические и биостратиграфические подразделения (зоны, слои по спорам)										
						подгоризонт	обстановка осадконакопления				УГШ	МШ		ПМШ		
							УГШ	МШ	МШк	МШг		К	УГШ		МШ	ПМШ
						МШк	МШг			МШк	МШг					
каменноугольная	визейский	Фораминиферы	окукш	тульский	<i>C. bialatus</i> - <i>S. brevispinosus</i>	верхний		<i>C. bialatus</i> – <i>G. piroformis</i>			<i>C. bialatus</i>					
											<i>V. variabilis</i> - <i>C. granulatus</i>		<i>V. variabilis</i>			
					<i>K. literatus</i> - <i>A. rugosiuscula</i>					<i>K. literatus</i>						
							<i>G. appendices</i> - <i>C. canaliculatus</i>				<i>G. appendices</i>					
							<i>M. culta</i> - ?				<i>M. culta</i>					
							<i>K. multiplicabilis</i> - <i>M. aurita</i>				<i>K. multiplicabilis</i>					
	нижний	Еопарастафелла	кожымский	радаевский			<i>M. variomarginata</i> - <i>V. genuinus</i>	верхний		<i>M. variomarginata</i> - <i>E. macrodiscus</i>			<i>M. variomarginata</i>			
										<i>T. exigua</i> - <i>T. batillatus</i>			<i>T. exigua</i> - <i>T. batillatus</i>			
													<i>P. uncatatus</i> - <i>T. exigua</i>			
турнейский	Endothyra elegia - Eotextularia diversa	шуря-новский	косьвинский	<i>M. variomarginata</i> - <i>V. genuinus</i>	верхний		<i>M. variomarginata</i> - <i>E. macrodiscus</i>			<i>M. variomarginata</i>						
										<i>T. exigua</i> - <i>T. batillatus</i>		<i>T. exigua</i> - <i>T. batillatus</i>				

*Условные обозначения.

Обстановки осадконакопления: УГШ - умеренно глубоководно-шельфовая; МШ - мелководно-шельфовая; МШк - мелководно-шельфовая с карбогатно-терригенными осадками; МШг - мелководно-шельфовая с терригенными осадками; ПМШ - прибрежно-мелководно-шельфовая; К – континентальная.

C. bialatus - *Cingulizonates bialatus* (Waltz) Smith et Butterworth, 1964; *G. piroformis* - *Granulatisporites piroformis* Loose, 1934; *V. variabilis* - *Vallatisporites variabilis* (Waltz) Oshurkova, 2003; *C. granulatus* - *Camarozonotriletes granulatus* Jushko et Byvsheva, 1985; *K. literatus* - *Knoxisporites literatus* (Waltz) Playford, 1963; *A. rugosiuscula* - *Auroraspora rugosiuscula* (Kedo) Byvsheva, 1985; *G. appendices* - *Gorgonispora appendices* (Hacquebard et Barss) Oshurkova, 2003; *C. canaliculatus* - *Cincturasporites canaliculatus* (Playford) Oshurkova, 2003; *M. culta* - *Monilospora culta* (Byvsheva, 1972) Byvsheva, 1980; *L. pusilla* - *Lycospora pusilla* (Ibrahim) Schopf, Wilson et Bentall emend. Somers et al., 1972; *K. multiplicabilis* - *Knoxisporites multiplicabilis* (Kedo) Oshurkova, 2003; *M. aurita* - *Murospora aurita* (Waltz) Playford, 1962; *M. variomarginata* - *Monilospora variomarginata* (Playford) Byvsheva, 1985; *E. macrodiscus* - *Euryzonotriletes macrodiscus* (Waltz) ex Ischenko in Brazhnikova et al., 1956; *T. exigua* - *Tuberculispora exigua* (Naumova) Oshurkova, 2003; *T. batillatus* - *Triquitrites batillatus* Hughes et Playford, 1961; *P. uncatatus* - *Pustulatisporites uncatatus* (Kedo non Naumova) Byvsheva, 1980 emend. Byvsheva, 1985.



Условные обозначения: - песчаники - алевролиты - аргиллиты - известняки - границы стратиграфических подразделений - кривая GK - кривая NGK
 Миоспоровые комплексы для подтверждения возраста пород: - тульский - верхнеобриковский - нежеобриковский - верхнерадаевский - нижнерадаевский - верхнекозьвинский

Рис. 1. Схема расчленения и корреляции разрезов визейской терригенной толщи нижнего карбона юго-востока Пермского Прикамья на основе комплекса ГИС, палино- и циклостратиграфии

[Стукова, 2012б; Стукова, 2017].

Продуктивные нижнекаменноугольные терригенные отложения территории Пермского Прикамья имеют разнофациальный характер. Невыдержанность пластов и пачек пород, как по разрезу, так и по площади в значительной мере затрудняют корреляцию и генетический анализ отложений. Для определения генезиса отложений и выявления обстановок древнего осадконакопления наряду с традиционными методами изучения структурно-текстурных особенностей пород автором применялся палинофациальный анализ. Это еще один из основных аспектов палинологических исследований в нефтегазоносном регионе.

Территория Пермского Прикамья в позднеурнейское и ранневизейское время представляла собой переходную от суши к морю зону, в которой формировался генетически разнообразный ряд отложений. Здесь периодически происходили смещение береговой линии и миграция компонентов дельты. Зоны нефтегазонакопления чаще всего располагаются вблизи берегов палеоморей, особенно на участках впадения в них крупных рек, где имеются условия, способствующие развитию ловушек углеводородов различного генезиса и морфологии и образованию залежей. В восстановлении различных фациальных обстановок в широкой полосе «суша-море» метод палинофаций, с которыми отождествляются условия формирования комплекса органических остатков (палиноморф) в конкретных отложениях, сыграл немаловажную роль [Стукова, 2011; Стукова, 2016 б; Стукова и др., 2019].

Методика комплексирования литолого-фациальных и геофизических данных с выводами палинологии (возраст пород, палинофации) активно использовалась для уточнения геологического строения и создания литолого-фациальных схем продуктивных терригенных толщ. Эти результаты успешно сопоставлялись с результатами сейсмофациального моделирования при детальном изучении геологического строения месторождений и разведочных площадей пространственной сейсморазведкой 3D [Путилов и др. 2012; Стукова, Винокурова, 2013].

Не менее значимым для нефтяной геологии является определение уровня катагенеза органического вещества по цветовому индексу миоспор. Основа метода - коррелятивная связь между палеотемпературами, цветом и сохранностью ископаемых миоспор, которые являются частью органического вещества (ОВ) горных пород. Оболочки миоспор, состоящие из спорополленина, исключительно устойчивы и хорошо сохраняются в геологических условиях. Являясь составной частью рассеянного ОВ, в процессе литогенеза под воздействием палеотемператур они проходят широкий диапазон катагенетической превращенности. Оболочки, прозрачные в момент захоронения и образования осадков, под воздействием температуры и давления изменяют цвет. Они становятся желтыми, затем коричневыми, далее черными и непрозрачными. Цвет микрофитофоссилий определяется по семибальной шкале (от 1 до 7). Индексы изменения цвета и их сохранности сопоставлены со стадиями литификации осадочных пород, палеотемпературами и нефтегазоносностью по И.И. Аммосову, а также со шкалой градаций катагенеза осадочных образований по С.Г. Неручеву, Н.Б. Вассоевичу [Ровнина, 1984].

Автором статьи обобщены собственные многолетние палинологические данные о степени катагенеза визейских нефтегазоносных отложений Пермского Прикамья. Цветовые индексы миоспор 4 и 5 соответствуют стадиям мезокатагенеза РОВ – 1 и 2 (МК 1 и 2) – главной фазе нефтеобразования (ГФН). В разрезах Передовых складок Урала установлен индекс цвета 6, свидетельствующий о третьей стадии мезокатагенеза РОВ (МК 3) – главной фазе газообразования (ГФГ). Проведена корреляция с результатами геохимии, подтверждающая объективность и надежность палинологического метода [Калмыков, Бабинкова, 1971; Сташкова и др., 2004]. По данным палинологии произведено зонирование территории Пермского края для оценки нефтегазогенерационного потенциала отложений (рис. 2) [Стукова, 2014]. В результате выявленной зональности Пермского края по степени зрелости ОВ визейских терригенных пород палинологическим методом территорию региона можно ранжировать по перспективам обнаружения залежей нефти и газа. Выводы палинологии в плане перспективности территории Пермского края на нефть и газ хорошо сопоставляются с результатами других направлений геологии Пермского Прикамья [Шестов и др., 2015].

К сожалению, в настоящее время палинологические исследования в Пермском крае полностью свернуты. Тем не менее, опубликованный опыт их применения несомненно полезен для других перспективных для добычи углеводородов территорий [Стукова и др, 2019].

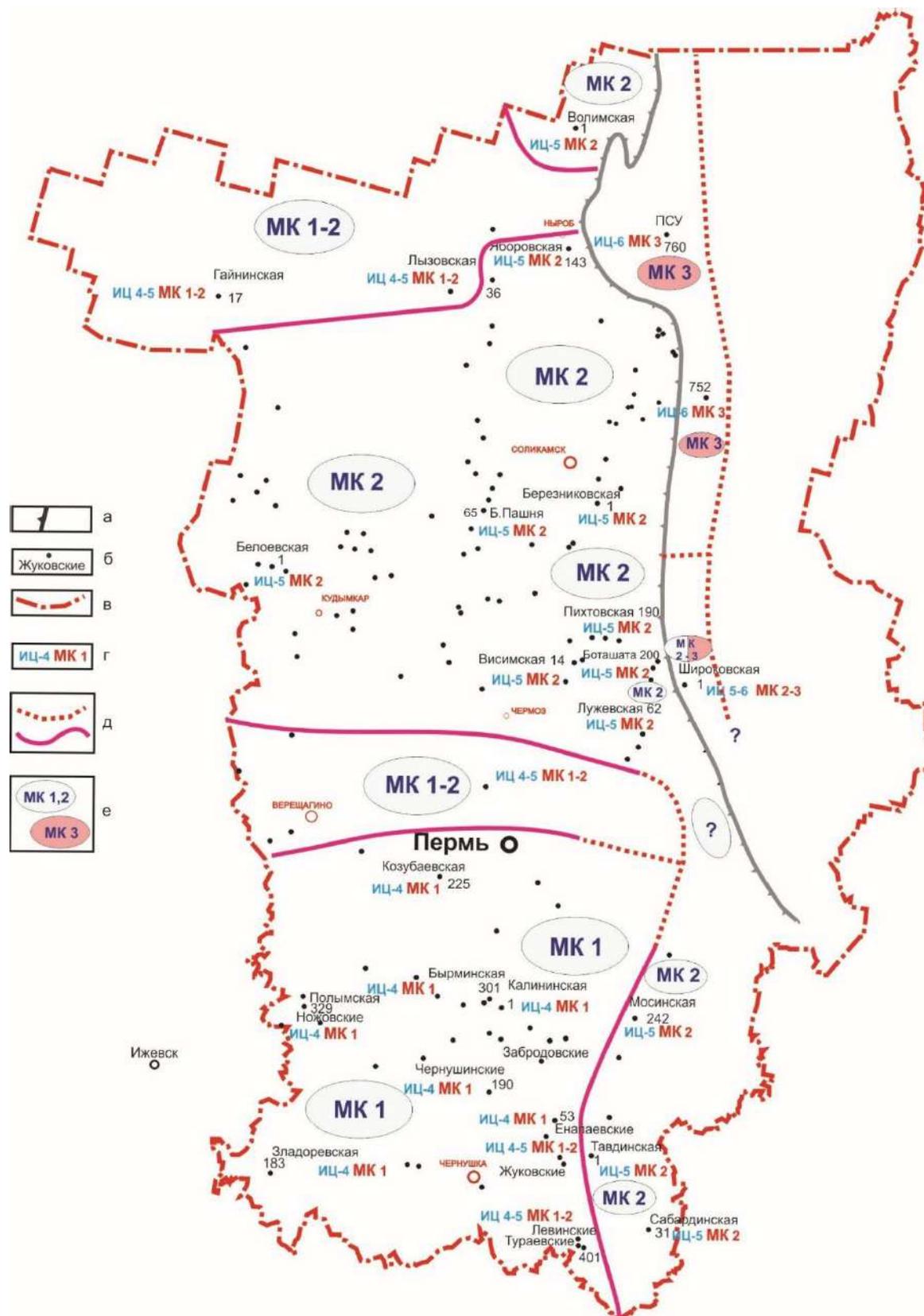


Рис. 2. Зонирование территории Пермского края по степени катагенеза органического вещества (ОВ) визейских терригенных отложений: а — современная граница складчатого Урала; б — изученные разрезы и площади; в — административная граница Пермского края; г — индексы цвета мiosпор и степени катагенеза ОВ в палинологических препаратах; д — границы зон катагенеза ОВ; е — зональный индекс степени катагенеза ОВ

Литература:

Данилова Л.А., Стукова Т.В. Характеристика спорово-пыльцевых зональных комплексов визейских терригенных отложений Пермского Прикамья // Геологическое строение и нефтегазоносность северных и западных районов Волго-Уральской провинции: Сб. науч. тр. КамНИИКИГС. Пермь, 1991. С. 133–139.

Калмыков Г.С., Бабинкова Н.И. Стадии катагенеза по отражательной способности витринита в терригенных отложениях Пермской нефтегазоносной провинции // Геология и полезные ископаемые Урала и Приуралья: Сб. науч. тр. № 87. Пермь: ППИ, 1971. С. 57–63.

Путилов И.С., Винокурова Е.Е., Стукова Т.В. Комплексирование результатов литолого- и сейсмофациальных исследований при поисках бобриковских палеорусел на территории Ножовского месторождения // Материалы Всероссийского литологического совещания. Санкт-Петербург, 2012. С. 239–241.

Ровнина Л.В. Классификация органического вещества осадочных пород на основе палинологического метода // Проблемы современной палинологии: Сб. статей совет. палинологов к VI Междунар. палинол. конф. Новосибирск: Наука, 1984. С. 31–34.

Сташкова Э.К., Матяшов С.В., Паняев А.В., Фрик М.Г., Титова Г.И., Вилесов А.П., Потапов В.П., Акулова Н.Н., Быкова Н.В., Батова И.С., Арасланова Р.М., Стукова Т.В. Геологические результаты бурения Широковской параметрической скважины 1 (Пермская область) // Геология, методы поисков, разведки и оценки месторождений топливно-энергетического сырья. М.: ООО «Геоинформмарк», 2004. 78 с.

Сташкова Э.К., Стукова Т.В. Новое в биостратиграфии турнейско-визейских отложений на северо-востоке Волго-Урала // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. 2009. № 11. С. 80–84.

Сташкова Э.К., Стукова Т.В., Акулова Н.Н., Пахомов В.И., Беляева Н.В. Комплексирование лито- и биофациальных исследований на примере Сибирского нефтяного месторождения // Геология, методы поисков, разведки и оценки месторождений топливно-энергетического сырья: обзорная информация. М.: Геоинформмарк, 1999. Вып. 2–3. 63 с.

Сташкова Э.К., Стукова Т.В., Пахомов В.И. Особенности строения визейской терригенной толщи и связанных с ней песчаных тел-коллекторов // Геология и минеральные ресурсы Европейского северо-востока России: Мат. XIV Геологич. съезда Республ. Коми (13-16 апреля 2004 г.). Сыктывкар, 2004. Т. III. С. 60–63.

Сташкова Э.К., Стукова Т.В., Пахомов В.И. Методика исследования визейской терригенной толщи для моделирования ее строения // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. 2005. № 3-4. С. 60–71.

Стукова Т.В. Палиностратиграфия верхнетурнейско-визейских (косьвинско-тульских) терригенных отложений Пермского Прикамья // Автореф. дис. канд. геол.-мин. наук. Пермь: ООО «ПермНИПИнефть», 2010. 23 с.

Стукова Т.В. Роль палинофациального анализа в определении генезиса визейских терригенных отложений Пермского Прикамья // Проблемы современной палинологии: Сб. науч. тр. XIII Всерос. палинол. конф. Институт геологии Коми НЦ УрО РАН. Сыктывкар, 2011. Т. 1. С. 221–224.

Стукова Т.В. Палинологическая характеристика верхнетурнейско-визейских терригенных отложений Пермского Прикамья // Российский палеоботанический журнал «Lethaea rossica». 2012а. Т. 6. С. 32–45.

Стукова Т.В. Роль литолого-фациального и палинологического анализов в возрастной датировке и корреляции песчаных пластов // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. № 4. 2012б. С. 4–10.

Стукова Т.В. Возможности палинологического метода при определении типа и степени катагенеза органического вещества // Нефтяное хозяйство. 2014. № 3. С. 46–49.

Стукова Т.В. Региональная палиностратиграфическая схема разнофациальных продуктивных отложений нижнего карбона Пермского Прикамья (Пермский край) // Материалы Межведомственного рабочего совещания. Санкт-Петербург: ВСЕГЕИ, 2016а. С. 168–170

Стукова Т.В. Возможности литолого-фациального и палинофациального методов при поиске перспективных зон нефтегазоаккумуляции // Материалы 11 Уральского литологического совещания. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2016б. С. 263–265

Стукова Т.В. Возраст и корреляция продуктивных песчаных пластов (на примере одного из месторождений юго-востока Пермского края) // Геология. Геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. 2017. № 2. С. 9–13.

Стукова Т.В. Опыт палинологических исследований в нефтяной геологии // Вестник Пермского Университета. Геология. 2019. Том 18. № 4. С. 296–306.

Стукова Т.В., Винокурова Е.Е. Комплексный подход при создании литолого-фациальных моделей пластов-коллекторов визейских терригенных отложений в Пермском крае // Мат-лы VII Всерос. литолог. совещ. Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН. Новосибирск, 2013. С. 174–176.

Чиждова В.А., Сташкова Э.К., Зверева Е.В., Стукова Т.В., Акулова Н.Н. Соотношение верхнефранско-нижневизейских биостратиграфических подразделений по конодонтам, фораминиферам, остракодам и спорам в разрезах востока Русской платформы // Биостратиграфия и микроорганизмы фанерозоя Евразии: Тр. XII Всерос. микропалеонтологич. совещ., посвящ. 100-летию со дня рождения Д.М. Раузер-Черноусовой. М.: ГЕОС, 1997. С. 61–70.

Шестов И.Н., Тюрина И.М., Рянова А.Р. Геотермические условия газонефтеводоносных комплексов Пермско-Башкирского свода в пределах Пермского края // Вестник Пермского университета. 2015. Геология. Вып. 2 (27). С. 75–84.



ПРИРОДНЫЕ УСЛОВИЯ ПРЕДГОРИЙ МАЛОГО КАВКАЗА АЗЕРБАЙДЖАНА ПО ПАЛИНОЛОГИЧЕСКИМ ДАННЫМ В ПЕРИОД БЫТОВАНИЯ ЛЕЙЛАТЕПИНСКОЙ КУЛЬТУРЫ (РАННЕБРОНЗОВЫЙ ВЕК - IV тыс. до н.э.)

Е.Н. Тагиева¹, Ш.Ш. Байрамова², Х.И. Алмамедов³

¹*Институт географии им.акад. Г.А. Алиева НАН Азербайджана, Баку, tagelena@rambler.ru*

²*Институт геологии и геофизики НАН Азербайджана, Баку, shafaqbayram@rambler.ru*

³*Институт археологии и этнографии НАН Азербайджана, Баку, almamedov.2020@gmail.com*

NATURAL CONDITIONS OF THE FOOTHILLS OF THE LESSER CAUCASUS OF AZERBAIJAN ACCORDING TO PALYNOLOGICAL DATA IN THE PERIOD OF THE LEYLATEPE CULTURE (EARLY BRONZE AGE - IV millennium BC)

E.N. Taghieva¹, Sh.Sh. Bayramova², Kh.I. Almamedov³

¹*Institute of Geography named after Acad. G.A. Aliyev NAS of Azerbaijan, Baku*

²*Institute of Geology and Geophysics of the NAS of Azerbaijan, Baku*

³*Institute of Archeology and Ethnography of the NAS of Azerbaijan, Baku*

Памятники Лейлатепинской культуры имеют широкое распространение не только в Азербайджане, но и соседних странах Южного Кавказа. Первоначально поселение с новыми, не похожими традициями, было выявлено в Азербайджане [Нариманов, 1987] в восьмидесятых годах XX века. Оно проявляло явные параллели с памятниками майкопской традиции Передней Азии и Северного Кавказа и одновременно имело свои особенности. Обнаруженные позже более 50 [Ахундов и др., 2016; Almammedov, 2019; Алмамедов, Тагиева, 2021] памятников аналогичной культуры на территории Азербайджана, и в соседних странах, например поселение Бери Клдеби в Шида-Картли [Глонти, Джавахишвили, 1987], позволили выделить отдельную Лейлатепинскую культуру Южного Кавказа [Алиев, Нариманов, 2001], эпонимом которой стал первый обнаруженный памятник – Лейлатепе.

Лейлатепинская земледельческо-скотоводческая культура просуществовала в Азербайджане с конца V тыс. до н.э. до конца IV тыс. до н.э. Начало ей положили пришедшие с юга выходцы из Месопотамии [Нариманов и др, 2007]. В настоящее время Малый Кавказ опережает все другие регионы Кавказа по количеству памятников Лейлатепинской культуры.

Палинологические реконструкции нескольких поселений - Лейлатепе, Фармантепе, Алхантепе, и кургана Союг Булаг позволили проследить изменение природных условий во время бытования Лейлатепинской культуры Южного Кавказа в предгорьях Малого Кавказа Азербайджана. Археологический возраст изученных поселений относится к эпохе раннего бронзового века - IV тыс. до н.э. (вторая половина атлантического периода, 6-5 тыс. л.н.).

Поселение Лейлатепе располагается на Карабахской равнине вблизи селения Эйвазлы Агдамского района [Нариманов, 1987] и датируется второй четвертью – серединой IV тыс. до н.э. В спектрах преобладает пыльца травянистых (до 100%), древесные представлены единичными зёрнами, споры - мхами. Выделяются две палинозоны, в нижней, первой, доминирует пыльца мальвовых (60-70%) и злаков (20%) с участием *Chenopodiaceae*, *Fabaceae*, *Asteraceae*, *Ranunculaceae*. Среди пыльцы древесных единичные зёрна сосны эльдарской (*Pinus eldarica*) и граба обыкновенного (*Carpinus caucasica*). Содержание спор печеночных мхов возрастает от начала палинозоны (17%), до максимального содержания во всем спектре (78%) в конце. Высокий процент мезофильной разнотравной растительности свидетельствует о достаточно высокой влажности, что также подтверждается максимальным содержанием спор печеночных мхов. Участие в спектре до 20% крупных форм пыльцы культурных злаков говорит о развитии земледелия у насельников Лейлатепе. Но, относительно небольшой их процент наряду с доминированием пыльцы мальвовых - рудеральных сорняков (до 60–70%), говорит об угнетенном земледелии и зарастании полей сорной растительностью.

Во второй палинозоне среди травянистых преобладает пыльца ксерофитов: маревых, в большинстве марь душистая (*Chenopodium botris* L.), а также вьюнок (*Convolvulus*) и гречишные (*Polygonaceae*). Споры мхов и пыльца древесных встречены единично. Состав пыльцы и ее соотношение в спектре свидетельствуют об иссушении условий и смене мезофильной растительности ксерофильной, что, возможно, и стало причиной прекращения земледелия и забрасывания полей. Во второй палинозоне пыльца злаков и мальвовых не встречается –

земледелие окончательно забрасывается. Сорная растительность некоторое время еще сохраняется, только пыльца мальвовых сменяется пылью сухолюбивого вида *Chenopodium botris* L. [Моносзон, 1950].

Поселение Фармантепе расположено в Агдамском районе, севернее поселения Лейлатепе, в северо-западной части Султанбудского леса [Алмамедов, 2016]. Впервые, для определения возраста карабахских памятников Лейлатепинского круга, проведен радиоуглеродный анализ образца из верхнего горизонта культурных отложений в лаборатории Токийского университета (Laboratory ID – IAAA-153413; 5130 ± 30 BP; $\delta^{13}C -24.74 \pm 0,48$ ‰; IntCal 13 (2SD): 3984 cal BC (53%) 3941 cal BC и 3878 cal BC (42,4%) 3804 cal BC), который датирует поселение первой четвертью IV тыс. до н.э. [Алмамедов, Тагиева, 2021].

Поверхностная проба взята из верхнего почвенного слоя, ее спорово-пыльцевой спектр соответствует полупустынному типу растительности. Преобладает пыльца трав (89%) в основном маревых и верблюжьей колючки (*Alhagi*) из семейства бобовых, пыльца злаков, полыни и осоки единична. Пыльца древесных пород (8% от общего состава) представлена сосной, можжевельником, тамариксом и единичными зёрнами граба, ольхи. Несмотря на то, что поселение находится непосредственно на территории заповедника, охраняющего фисташковое редколесье, пыльца дикой фисташки (*Pistacia mutica*) в субрецентном спектре не встречена. Однако, пыльца фисташки отмечается на диаграмме в период наибольшего увлажнения (образцы № 5 и 6).

Во всех спорово-пыльцевых спектрах поселения преобладает пыльца травянистых растений (от 67 до 96%) с доминированием (80–90%) пыльцы маревых (Chenopodiaceae). Пыльца древесных пород немногочисленна (4–29%) и представлена сосной эльдарской (*Pinus eldarica*), ивой (*Salix*), тамариксом (*Tamarix*), можжевельником (*Juniperus*), фисташкой (*Pistacia*), тутом (*Morus*) и др. Выделяется 3 пыльцевые зоны.

Первая палинозона. Образец взят из отложений береговой линии древнего высохшего русла реки, протекавшей у подножия поселения. По доминированию маревых среди трав и единичному участию деревьев спектр сходен с субрецентным спектром и соответствует полупустынному типу растительности. Несмотря на незначительное количество пыльца древесных пород разнообразна по составу. Преобладают элементы ксерофильного редколесья – сосна эльдарская (*Pinus eldarica*) до 30%, можжевельник (*Juniperus*) 17% – и элементы интразональных низовых и приречных лесов – шелковица (*Morus*) 25%, тамарикс (*Tamarix*) 25%, лещина (*Corylus*) 5%, ольха (*Alnus*) 5%, калина (*Viburnum*) 5%.

Состав спектра первой палинозоны свидетельствует о формировании его в сухих и жарких условиях, близких к современным. На фоне полупустынной растительности произрастали группировки ксерофильных редколесий из сосны и можжевельника. В условиях повышенного грунтового увлажнения формировались низинные и приречные леса.

Вторая палинозона характеризует условия, предшествующие образованию поселения. Пыльца травянистых доминирует (67%), однако, участие пыльцы древесных пород (29%) достаточно высоко, отмечены и споры папоротников (4%). Минимальное (18%) на всем протяжении спектра присутствие пыльцы маревых (Chenopodiaceae), ведущая роль пыльцы астрагалов (*Astragalus*) (30%), а также полыни (*Artemisia*) (20%) с участием разнотравья (10%), подорожника (*Plantago*) (9%), злаковых (Gramineae) (5%), могилика (*Peganum harmala*) (4%) и др. свидетельствует о распространении сухих степей в этот период. Большинство астрагалов являются ценофобными растениями и входят в состав первичных сукцессий, произрастающих на аллювии речных пойм, песках и обнажениях. Увеличение влажности приводило к повышению уровня воды в реках и образованию рукавов и меандров. Поймы и временно затопляемые территории осваивались пионерными видами растений, в том числе и астрагалами.

Содержание пыльцы сосны эльдарской в группе древесных пород максимальное (до 47%) на всем протяжении палинокомплекса с присутствием вяза (*Ulmus*) и фисташки (*Pistacia*). Увеличивается разнообразие кустарниковых пород, образующих подлесок в лиственных лесах: бересклета (*Euonymus*), калины (*Viburnum*), волчегонника (*Daphne*). Можжевельник (*Juniperus*) и интразональные представители приречных лесов – тамарикс (*Tamarix*), тут (*Morus*), лещина (*Coryllus*), единично – ольха (*Alnus*) продолжают участвовать в растительных сообществах, как и в предыдущей зоне.

Третья палинозона. В палинокомплексе увеличивается содержание пыльцы травянистых за счет маревых (*Chenopodiaceae*) и сокращается пыльца древесных. Среди последних, выделяется пыльца можжевельника (*Juniperus*), тута (*Morus*) и фисташки (*Pistacia*), содержание пыльцы сосны (*Pinus eldarica*) и тамарикса (*Tamarix*) сокращается.

В средней части палинокомплекса отмечается “всплеск” пыльцы ивы (*Salix*), тополя (*Populus*) и сокращение можжевельника (*Juniperus*), при практически неизменном составе травянистой растительности. Возможно, был кратковременный период разлива реки, когда поселение находилось непосредственно у берега. Затем условия восстанавливаются, и верхняя часть этой палинозоны вновь характеризуется полупустынным типом растительности с участием ксерофильного редколесья – можжевельника (*Juniperus*), тута (*Morus*), граната (*Punica granatum*).

В группе травянистых доминирует пыльца маревых (*Chenopodiaceae*) с незначительным участием крапивных (*Urticaceae*), розовых (*Rosaceae*), лютиковых (*Ranunculaceae*), верблюжьей колючки (*Alhagi*) и сложноцветных (*Cihoriaceae*).

Поселение Алхантепе располагается в южной части Муганской равнины, Джалилабадского района. Памятник представляет поздний этап Лейлатепинской культуры, датируется второй четвертью - серединой второй половины IV тыс. до н.э. [Ахундов, 2021]. Современный растительный покров этого района представлен культурной и вторичной сорно-сегетальной растительностью залежей и полей на месте некогда широко распространенных бородачевых и полынно-бородачевых степей [Прилипко, 1970]. Наличие в Джалилабадском районе от Джалилабала до Масаллы, коричневых послелесных почв, свидетельствует о наличии здесь лесной растительности в недалеком прошлом и, что полынно-бородачевые степи являются вторичными. В спектрах доминирует пыльца травянистых (50-95%), пыльцы древесных меньше (1-38%), споры единичны. Выделяется 4 палинозоны [Тагиева и др., 2011].

Палинозона 1. Характеризует природные условия предшествующие заселению поселения. Содержание пыльцы древесных пород (38%), максимальное для всей спорово-пыльцевой диаграммы наряду с травянистыми (50%) и споровыми (12%). В группе древесных преобладает пыльца сосны (*Pinus*) - 49% и тополя (*Populus alba*) – 32%, единична пыльца бука (*Fagus orientalis*), ореха (*Juglans regia*), граба (*Carpinus caucasica*), лещины (*Corylus avellana*), бересклета (*Evonymus*). В группе травянистых доминирует пыльца разнотравья - крестоцветных (*Brassicaceae*) при значительном участии лютиковых (*Ranunculaceae*), подорожника (*Plantago*) и единично розоцветных (*Rosaceae*), виоловых (*Violaceae*), злаковых (*Gramineae*), сложноцветных (*Asteraceae*). Существенна доля пыльцы водных растений - стрелолист (*Sagittaria*), мириофиллум (*Myriophyllum spicatum*) из семейства *Alismataceae*. Среди споровых отмечены споры плаунов (*Licopodium*), хвощей (*Equisetum*) и папоротников (*Osmunda*).

Эта палинозона характеризует мезофильный тип естественной растительности на границе распространения предгорных широколиственных лесов и сосновых редколесий. Состав древесных пород свидетельствует о наличии как низинных лесов из граба, бука, ореха с подлеском из лещины и бересклета, так и прибрежных, рипарийных, из тополя, граба на фоне разнотравных ценозов. Участие бука в составе низинных лесов, до заселения этого региона человеком, говорит, об условиях увлажнения гораздо выше современных, что обусловило выход отдельных деревьев бука на равнину. Относительная влажность воздуха для бука не должна быть меньше 70% [Гулисашвили и др., 1975].

Преобладание среди древесных пород пыльцы сосны также является фактом, подтверждающим предположения многих ботаников и палеогеографов о более широком распространении сосновых редколесий на равнинах. Самой восточной границей распространения сосны на Малом Кавказе, до сих пор считалась Гянджа, где она произрастала в XII веке [Яценко-Хмелевский, Канделакый, 1941]. Наши данные свидетельствуют, что сосновые редколесья из сосны эльдарской в 4-5 тыс. до н. э. были распространены в предгорьях Малого Кавказа гораздо восточнее, в частности, на Муганской равнине, вплоть до предгорных равнин Талышских гор.

Палинозона II характеризуется небольшим содержанием пыльцы древесных пород (1-3%) в группе общего состава, отсутствием спор и преобладанием пыльцы трав (93-99%).

Среди пыльцы древесных единично встречена пыльца представителей низинных приречных лесов - клена (*Acer*), ольхи (*Alnus*), граба (*Carpinus*) и пыльца сосны (*Pinus eldarica*)

– породы предгорных редколесий. Среди травянистых доминирует (36-46 %) пыльца сложноцветных (Asteraceae, Cichoriaceae) и злаковых (Gramineae) от 46% до 17% с участием до 18% маревых (Chenopodiaceae) и разнотравья до 12%. Пыльца водно-болотных растений единична. Уменьшение пыльцы злаков и увеличение пыльцы сложноцветных, возможно связано с пожаром (большая примесь углеродных частиц в образцах). Сложноцветные являются пионерными видами, чем и объясняется их большое присутствие. Эта палинозона соответствует теплоумеренным, относительно сухим климатическим условиям, когда в растительном покрове преобладали травянистые ксерофильные ценозы, типа злаковых и полынно-злаковых степей.

Палинозона III. Пыльца травянистых растений преобладает (от 70 до 85%), содержание пыльцы древесных, в сравнении с предыдущей зоной увеличивается до 11-17%, как и содержание спор (12-15%). Пыльца древесных состоит из представителей низинных тугайных лесов - тополя (*Populus*), ольхи (*Alnus*), ивы (*Salix*), граба (*Carpinus*), тута (*Morus*) и др. Пыльца сосны (*Pinus*) единична. Среди травянистых доминирует (40-60%) пыльца сложноцветных (Asteraceae, Cichoriaceae) и разнотравья (17-96%). Максимальное содержание пыльцы разнотравья (43-96%) отмечается в нижней части этой палинозоны при минимуме пыльцы сложноцветных. Затем, в верхней части палинозоны пыльца разнотравья уменьшается, начинает преобладать пыльца злаков и незначительно сложноцветных. Пыльца злаков (Gramineae) в данной палинозоне присутствует во всех образцах, ее содержание возрастает от нижней части к верхней от 9 до 45%. Содержание пыльцы злаков (1-9%) на фоне преобладания разнотравья характеризует естественный тип травянистой растительности, не связанный с земледелием. Возрастание пыльцы злаков (23-45%) в верхней части палинозоны III наряду с увеличением пыльцы сложноцветных, последние являются основным типом сорняков злаковых полей, свидетельствует о развитии земледельческой культуры у населения Алхантепе. Содержание пыльцы водных растений так же увеличивается снизу вверх. Именно для этой палинозоны характерно большое содержание спор папоротников (*Ophioglossum*, *Osmunda*), хвощей (*Equisetum*) и плаунов (*Lycopodium*), что является показателем влажных и теплых климатических условий, в условиях которых формировался лесо-луговой тип растительности с развитием приречных лесов. Лишь в средней части данной палинозоны, отмечается небольшое иссушение, что выражено повышенным содержанием пыльцы ксерофитов - маревых (Chenopodiaceae), эфедры (*Ephedra*) и уменьшением пыльцы прибрежноводных – тополя (*Populus*).

Палинозона IV сходна с палинозоной II, максимальное участие пыльцы трав (84-95%) и минимальное (2-5%) содержание пыльцы древесных пород. В отличие от второй палинозоны в группе травянистых доминирует (70%) пыльца маревых (Chenopodiaceae), содержание пыльцы злаков (Gramineae), как и сложноцветных (Cichoriaceae) сокращается до 10%. Споры папоротников- ужовника (*Ophioglossum*) и хвоща (*Equisetum*) встречены единично. В группе древесных единично встречена пыльца как прибрежно-водных пород – лапина (*Pterocarya*), тополь (*Populus*), ольха (*Alnus*), вяз (*Ulmus*), так и ксерофильных – сосна (*Pinus*), эфедра (*Ephedra*).

Преобладание видов семейства маревых (*Chenopodiaceae*), имеющих распространение, главным образом на засоленных почвах, в сухих степях и пустынях, свидетельствует об иссушении. В связи с чем, обрабатываемые поля забрасываются, о чем и свидетельствует уменьшение пыльцы злаков.

Курган Союг Булаг располагается на Гараязской равнине, Акстафинского района [Ахундов, 2005-2009; Lyonnet et al., 2008]. Датируется последней четвертью IV тыс. до н.э. [4, с.541-543]. В спектрах преобладает пыльца травянистых (от 68 до 95%), пыльцы древесных меньше (от 5 до 29%), споры единичны. В группе древесных доминирует пыльца сосны эльдарской (от 22 до 100%), отмечена пыльца сосны крючковатой, ели и пихты, а также лиственных пород- дуба, граба, липы, вяза, клена, тополя, ивы, ольхи и лапины. Выделяется 3 палинозоны [Тагиева, Велиев, 2014].

Палинозона I. В группе травянистых преобладает пыльца сложноцветных с участием маревых, полыни, небольшим содержанием злаков, разнотравья и единично эфедры. В группе древесных доминирует пыльца сосны эльдарской (до 60-80%), пыльца тополя, вяза, тамарикса, боярышника и сумаха единична.

Палинозона II. Участие пыльцы сложноцветных и разнотравья в группе травянистых практически одинаково. Содержание древесных и кустарничковых пород несколько

увеличивается за счет дуба, граба, тополя, ольхи, липы, клена, лапины, кизила, бересклета, калины, тамариска. Снижается содержание пыльцы сосны эльдарской (до 29%), ели (до 10%), пыльца пихты и эфедры. Единична.

Палинозона III. Участи пыльцы древесных в спектре уменьшается до минимума (19-5%), как и спор, содержание пыльцы травянистых увеличивается (до 95%). Среди последних преобладает пыльца сложноцветных, полыни, маревых, единична пыльца злаков и разнотравья. В группе древесных доминирует пыльца сосны эльдарской, встречается единично пыльца сосны крючковатой, дуба, тополя, сумаха и плюща.

Спорово-пыльцевые спектры изученных поселений фиксируют несколько этапов смены растительных ценозов и, соответственно, климатических условий. *Первый этап* (по Фармантепе) характеризует естественные природные условия до образования поселения, соответствует полупустынному типу растительности с преобладанием маревых и отражает сухие и жаркие условия близкие современным. *Второй этап* характеризуется увеличением пыльцы древесных пород во всех разрезах и распространением влаголюбивых пород - бука восточного, ели восточной и пихты, ниже их современной границы. Это говорит о том, что в середине IV тыс. до н.э. влажность была довольно высокой. Присутствие пыльцы культурных злаков (крупные формы пыльцевых зерен) свидетельствует о наличии культуры земледелия у насельников поселений Лейлатепе и Алхантепе. На *третьем этапе*, последовавшее иссушение, выразившееся в увеличении ксерофильных трав, привело к зарастанию полей сорняками (*Convolvulus*, *Polygonaceae*) и прекращению земледелия. В поймах же рек, как на поселении Алхантепе, земледелие развивалось в кратковременные периоды аридизации (вторая и третья палинозоны в разрезе). В условиях повышенной влажности пойма затоплялась, земледелие забрасывалось и вновь восстанавливалось только во время следующего периода аридизации. Проведенные палинологические анализы поселения Фармантепе не выявили культуры земледелия у их насельников. Возможно, на поздних этапах существования поселения Фармантепе имело сезонный характер, иссушение климата не давало возможности заниматься здесь оседлым земледелием. *Третий этап* завершается сильной аридизацией, это фиксируется во всех палиноспектрах поселений Лейлатепинской культуры. Полупустынный климат стал господствующим в предгорьях Малого Кавказа, уменьшение осадков привело к осушению мелких рек, вследствие чего поселения прекратили свое существование, а внутри Лейлатепинской культуры произошли качественные изменения.

Литература:

- Алиев Н.Г., Нариманов И.Г. Культура Северного Азербайджана в эпоху позднего неолита. 2001. 144 с.
- Алмамедов Х.И. Свод археологических памятников Карабаха. Кн. I. Баку: CapArt, 2016. 448 с.
- Алмамедов Х.И., Тагиева Е.Н. Взаимосвязь динамики природных условий и заселения Карабахской равнины Азербайджана в IV тысячелетии до н.э. // Российская археология. 2021. № 4. С. 7–20.
- Ахундов Т.И. Некрополь Союг Булаг (Материалы к изучению Кавказско-Переднеазиатских связей) // *Stratum plus*. № 2. 2005-2009. С. 523–544.
- Ахундов Т.И. Поселение Алхантяпя. Баку, 2021. 724 с.
- Ахундов Т.И., Алмамедов Х.И. Южный Кавказ в эпоху неолита – ранней бронзы (Центральный и Восточный регион) // Археология и Этнография Азербайджана. 2016. № 2. С. 19–33.
- Глонти Л.И., Джавахишвили А.И. Новые данные о многослойном поселении эпохи энеолит-поздняя бронза - Бери Кледеби // Краткие сообщения Института археологии. Тбилиси, 1987. Вып. 192. С. 80–87.
- Гулисашвили, В.З., Махатадзе, Л.Б., Прилипко, Л.И. Растительность Кавказа. Изд. «Наука», 1975. Москва. 233 с.
- Нариманов И.Г. Культура древнейшего земледельческо-скотоводческого населения Азербайджана (эпоха энеолита VI–IV тыс. до н.э.). Баку: Элм, 1987. 260 с.
- Нариманов И.Г., Ахундов Т.И., Алиев Н.Г. Лейлатепе. Поселение, традиция, этап в этнокультурной истории Южного Кавказа. Баку, 2007. 127 с.

Прилипка Л.И. Растительный покров Азербайджана. Изд. «ЭЛМ», 1970. Баку. 170 с.

Тагиева Е.Н., Велиев С.С. Природные условия и первые земледельческо-скотоводческие культуры Азербайджана. Основные этапы взаимодействия // Известия РАН. Серия Географическая, 2014, № 2. С. 95–107.

Тагиева Е.Н., Велиев С.С., Алиев А.И. Природные условия Муганской равнины в эпоху перехода от неолита к бронзовому веку // Изв. НАНА. Науки о Земле. 2011. № 3. С. 43–47.

Яценко-Хмелевский А.А., Канделаки Г.И. Эльдарская сосна в окрестностях Гянджи в XII веке // Сообщения АН Груз.ССР. 1941. Т.2. №6. С. 543–560.

Almammadov Kh.I. New archaeological research of neolithic and Late Chalcolithic settlements in Lowland Garabagh, Горы Кавказа и Месопотамская степь на заре бронзового века // Сборник к 90-летию Р.М. Мунчаева, ИА РАН, 2019. С. 228–241.

Lyonnet B., Akhundov T., Almamedov K., Bouquet L., Courcier A., Jellilov B., Huseynov F., Loute S., Makharadze Z. and Reynard S. Late Chalcolithic Kurgans in Transcaucasia // The cemetery of Soyuq Bulaq (Azerbaijan). AMIT Band 40. 2008. P. 27–44.

ПЫЛЬЦА *REEVESIA* LINDL. В ПАЛЕОГЕНЕ КАЗАХСТАНА

В.Ф. Тарасевич

Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург,
tarasevichvf@mail.ruPOLLEN OF *REEVESIA* LINDL. IN THE PALEOGENE OF KAZAKHSTAN

V.F. Tarasevich

Komarov Botanical Institute RAN, St. Petersburg

При изучении буранской свиты среднего олигоцена, расположенной в Восточном Казахстане в Зайсанской впадине на горе Ашутас (coordinates 48.02°N 85.38°E), был выявлен палинологический спектр довольно богатого состава. В нем абсолютное господство (89,3%) принадлежит пыльце цветковых древесных пород, таксономический состав которых весьма разнообразен (Табл. I). В их составе особое внимание обращает на себя находка в спектре пыльцы - *Reevesia*. Этот род, принадлежащий сем. Sterculiaceae, является одним из интереснейших родов третичной пыльцевой флоры, который важен для палеоэкологической и палеоклиматологической интерпретации. Исследователи, регистрирующие пыльцу его, указывают на то, что благодаря своей весьма характерной морфологии она довольно легко определяется в анализах. Пыльца 4-, 5-бороздно-оровая, сплюсненно-сфероидальная, небольших размеров с отчетливой сетчатой скульптурой. В настоящее время род *Reevesia* является эндемиком, виды которого произрастают в Юго-Восточной Азии, ареал их протягивается из Гималаев в Китай, Индо-Китай и Яву. Он насчитывает около 20 древесных и кустарниковых видов, произрастающих в смешанных лесах. Палинологические данные, дополненные находками макроостатков, свидетельствуют о том, что род, эндемичный ныне для Восточной Азии, имел значительно более широкое географическое распространение, хотя эти растения не играли значительной роли в ископаемых сообществах, а росли, скорее всего, в подлеске. Ареал его не ограничивался только Восточной Азией, но представители рода когда-то в геологическом прошлом были широко распространены в Северном полушарии.

В ранних работах пыльца *Reevesia* описывалась под другими названиями, как например, *Nothofagus* sp. [Малясова, 1956; Седова, 1956] или относилась к неопределенной [Смигулина, Калашникова, 1956]. В.В. Зауер приводит рисунок пыльцы из эоценовых голубых глин Прибалтики в «Атласе верхнемеловые, палеоценовые и эоценовые спорово-пыльцевые комплексы некоторых районов СССР» [1960], которая определена ею как *Ostrya*. Однако, прекрасно выполненный рисунок не оставляет сомнения в том, что пыльца принадлежит роду *Reevesia*. Одновременно ископаемая пыльца этого рода была задокументирована в кайнозойских отложениях Австралии как формальный род *Polycolpites* [Couper, 1960]. Позже W. Krutzsch [1970] пыльцу, сходную с *Polycolpites*, сближает с *Reevesia*, распространенной в геологическом диапазоне от среднего палеоцена до плиоцена центральной Европы, описывая ее как *Reevesiapollis reticulatus* (Couper) Krutzsch.

Спустя два года подобные сходные по морфологии пыльцевые зерна болгарскими учеными [Petrov, Drazheva-Stamatova, 1972] были отнесены к естественному роду *Reevesia*. С тех пор не было каких-либо сомнений относительно их принадлежности. Суммируя находки *Reevesia* в третичных отложениях Болгарии, эти исследователи обратили внимание на ту особенность, что в пыльцевых спектрах, она содержится в незначительном количестве, по их данным обычно менее 1%. Причиной столь небольшого участия ее в спектрах они считают присущий роду способ опыления насекомыми. Это предполагает низкую продуктивность и низкие возможности для распространения пыльцы. И второй момент тот, что в местах произрастания представители *Reevesia* играли подчиненную роль в составе растительности. Вполне вероятно, что в течение неогена их участие в комплексах флор было незначительным и это объясняет, почему в каждом случае были зафиксированы только единичные пыльцевые зерна. Фоссильные пыльцевые находки были суммированы в деталях в исследованиях Krutzsch [1970], Petrov, Drazheva-Stamatova [1972], Stuchlik et al. [2014], Worobiec, Worobiec [2019]. Эти данные позволяют предположить, что *Reevesia* имела широкое распространение в разрезах Западной Европы, находки ее протягивались во времени от среднего палеоцена до плиоцена

Таблица I

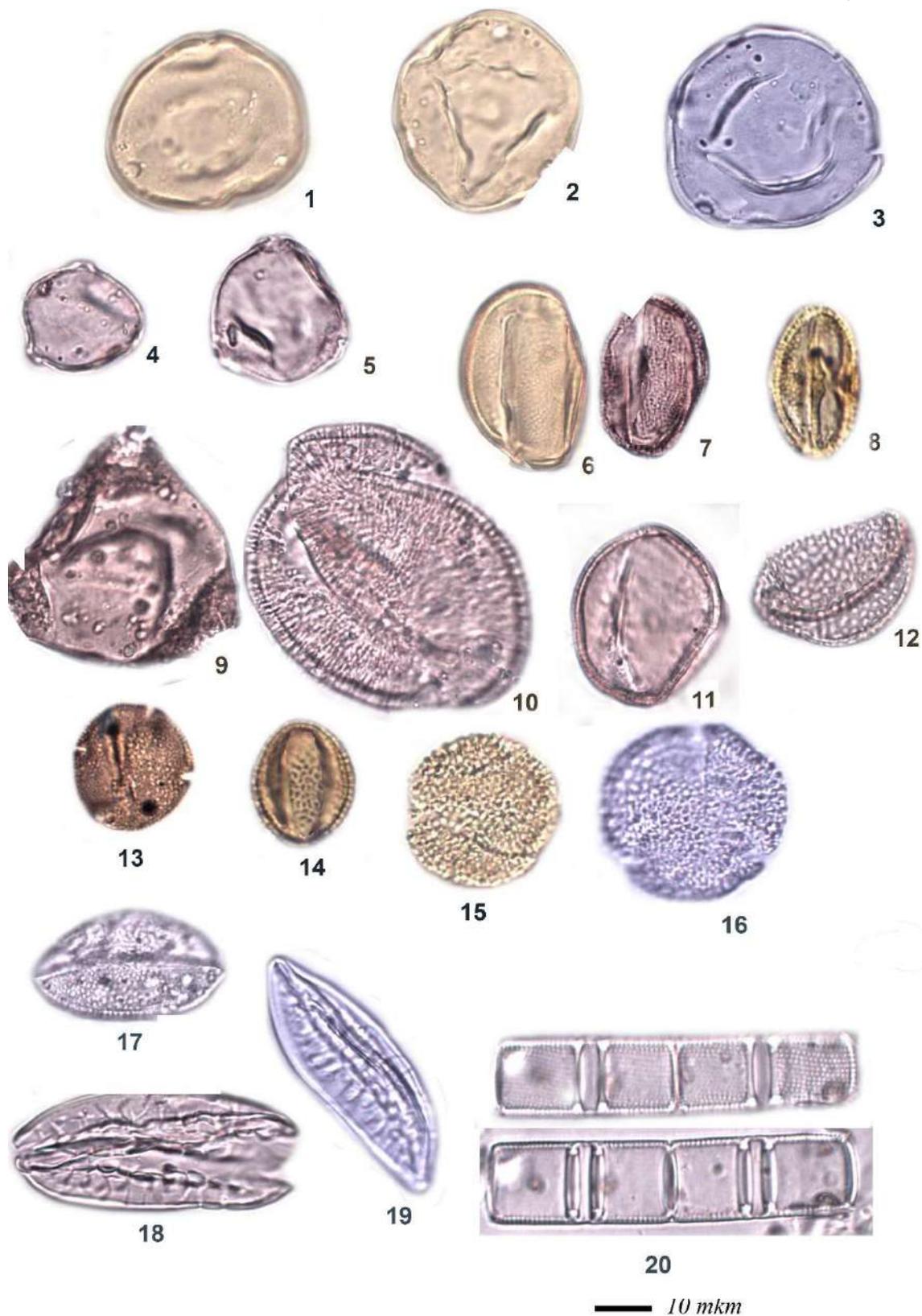


Таблица I. Пыльца и споры из отложений буранской свиты Восточного Казахстана:
 1 – 3 – *Carya* sp., 4 – *Carpinus* sp., 5 – *Corylus* sp., 6, 7 – *Acer* sp., 8 – *Aralia* sp., 9 – *Onagraceae*, 10 –
Indet.gen. sp., 11 – *Fagus* sp., 12 – *Sparganium* sp., 13 – *Reevesia* sp., 14 – *Indet.gen. sp.*, 15, 16 –
Fraxinus sp., 17 – *Indet.gen. sp.*, 18, 19 – *Ephedra* sp., 20 – *Algae* fam. *indet.*

Пыльца ископаемого рода *Reevesiapollis* считается важным элементом в палеоэкологической и палеоклиматологической интерпретации.

Уникальная находка была обнаружена в третичных отложениях Польши. Пыльца *Reevesiapollis triangulus* сохранилась в виде скоплений на поверхности кутикулы [G.Worobiec, E. Worobiec, 2019].

Пыльца *Reevesia* также известна в третичных разрезах России в возрастном диапазоне от палеоцена до плиоцена. В раннем олигоцене Приморского края отмечается находка пыльцы *Reevesiapollis eocenicus* [Баскакова, Громова, 1984]. В работе Павлюткина и Петренко [2010] в приводимых разрезах палеоген-неогенового возраста Приморья регулярно встречаются пыльцевые зерна, которые сопровождаются иллюстрациями. Пыльца *Reevesia* sp. обнаружена в позднем палеоцене Зайсанской депрессии [Панова, 1984] и в эоцене севера Западной Сибири [Любомирова, 1976]. На западе бывш. СССР, в Белоруссии, С.С. Манькиным [1966] в позднем олигоцене-раннем миоцене была описана пыльца, сближаемая им с современным видом – *Reevesia cf. pubescens*.

В Восточном Казахстане в Зайсанской впадине на горе Ашутас нами был изучен палинологический спектр довольно богатого состава, где были встречены единичные 4-, 5-бороздно-оровые пыльцевые зерна, принадлежащие *Reevesia*. Они имеют типичную для этого рода морфологию. Их особенности, изученные с помощью светового микроскопа, выявили большое сходство с пыльцой современного вида *R. pubescens*. Они, как правило, встречаются только в полярной проекции, так как имеют сплюснутую форму. В очертании округленно 4- или реже 5-угольные. Размер их варьирует в пределах 18-21 мкм. Апертуры бороздно-оровые, расположенные на равных расстояниях по экватору. Борозды короткие, оры округлые, около 2.6-3.0 мкм в диаметре Экзина 1.2 мкм толщиной, в районе апертуры утолщается до 2.9 мкм. Поверхность экзины имеет сетчатую заметную скульптуру, состоящую из мелких ячеек.

Несмотря на то, что пыльца ископаемого рода *Reevesia* играет подчиненную роль в составе пыльцевых спектров, судя по ее незначительному участию в спектрах, однако присутствие ее считается важным при палеоэкологической и палеоклиматологической интерпретации. Поэтому, вполне понятно, почему все ископаемые виды *Reevesiapollis* были включены в ранее выделенный палеотропический элемент [Stuchlik et al., 2014], присутствие которого может оказать большую помощь при палеоклиматической реконструкции.

Литература:

Баскакова Л.А., Громова Н.С. Стратиграфия смоляниновского угольного разреза в Южном Приморье // Материалы по стратиграфии и палеогеографии Восточной Азии (новые данные). Сборник научных трудов. Новосибирск, 1984. С. 59–69.

Зауер В.В. Краткое описание спор и пыльцы из эоценовых и нижнеолигоценых отложений Прибалтики // Атлас верхнемеловых, палеоценовых и эоценовых спорово-пыльцевых комплексов некоторых районов СССР. Труды ВСЕГЕИ, Нов. сер. 1960. Т. 30. С. 398–455.

Любомирова К.А. Палинологическая характеристика чеганского горизонта на севере Западной Сибири // Палинологические исследования. ВНИГРИ, 1976. Вып. 374. С. 33–45.

Романовская Г.М. Краткое описание спор и пыльцы из олигоценых отложений Прибалтийских районов СССР // Атлас олигоценых спорово-пыльцевых комплексов различных районов СССР. Труды ВСЕГЕИ. Нов. сер. 1956. Вып. 16. С. 79–95.

Манькин С.С. Пыльца верхнеолигоценых и неогеновых отложений Белоруссии и ее стратиграфическое значение // Палеонтология и стратиграфия БССР. 1966. Сб. 5. С. 144–297.

Павлюткин Б.И., Петренко Т.И. Стратиграфия палеоген-неогеновых отложений Приморья. Владивосток: Дальнаука, 2010. 124 с.

Панова Л.А. Позднепалеоценовые палинофлоры Зайсанской впадины. Проблемы современной палинологии. Новосибирск: Наука. Сиб. отд., 1984. С. 129–131.

Седова М.А. Краткое описание спор и пыльцы из олигоценых отложений Южного Приморья // Атлас олигоценых спорово-пыльцевых комплексов различных районов СССР. Труды ВСЕГЕИ. Нов. сер. 1956. Вып. 16. С. 265–301.

Самигулина Е.П., Калошникова В.А. Краткое описание спор и пыльцы из олигоценовых отложений северной части Тургайской впадины// Атлас олигоценовых спорово-пыльцевых комплексов различных районов СССР. Нов. сер. 1956. Вып.16. С. 217–247.

Couper R.A. New Zealand Mesozoic and Cainozoic plant microfossils. New Zealand Geol. Survey. 1960. Paleont. Bull. 32. 88 p.

Krutzsch W. *Reevesiapollis*, ein neues Pollengenus der Sterculiaceen aus dem mittlereuropaischen Tertiar// Feddes repertorium. 1970. Bd 81. Heft 6-8. S. 371–384.

Petrov S., Drazheva-Stamatova T. *Reevesia* Lindl. fossil pollen in the tertiary sediments of Europe and Asia// Pollen et spores. 1972. Vol. 14. P. 79-95.

Stuchlik, L., Ziemińska-Tworzydło, M., Kohlman-Adamska, A., Grabowska, I., Słodkowska, B., Worobiec, E., Durska, E. Atlas of pollen and spores of the Polish Neogene. Volume 4 – Angiosperms (2). W. Szafer Institute of Botany, Polish Academy of Sciences. Kraków. 2014. 466 p.

Worobiec G., Worobiec E. The whole plant concept of *Reevesia* from the Neogene of the Bełchatów Lignite Mine (central Poland)// Review of Palaeobotany and Palynology. 2020. Vol. 273. P. 1-7.

**ИНСИТНЫЕ ПЫЛЬЦЕВЫЕ ЗЕРНА AEGIANTHUS: МОРФОЛОГИЯ,
УЛЬТРАСТРУКТУРА И ВОЗМОЖНОЕ БОТАНИЧЕСКОЕ РОДСТВО****М.В.Теклева¹, Н.В.Носова²**¹ Палеонтологический институт им. А.А. Борисяка, РАН, Москва, tekleva@mail.ru² Ботанический институт им. В.Л. Комарова, РАН, Санкт-Петербург, nosova@binran.ru**IN SITU AEGIANTHUS POLLEN: MORPHOLOGY, ULTRASTRUCTURE, AND POSSIBLE
BOTANICAL AFFINITY****M.V. Tekleva¹, N.V. Nosova²**¹ A.A. Borissiak Paleontological Institute of the Russian Academy of Sciences, Moscow² Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences, Saint Petersburg

Инситные пыльцевые зерна, извлеченные из *Aegianthus sibiricus* (Heer) Krassilov и нового вида, *A. irkutensis* Nosova [Nosova, Tekleva, submitted], из среднеюрских отложений Иркутского бассейна (Восточная Сибирь) были изучены с помощью светового (СМ), сканирующего (СЭМ) и трансмиссионного (ТЭМ) электронных микроскопов. Ранее пыльцевые зерна *A. sibiricus* из среднеюрских отложений Иркутского бассейна (Усть-Балей) уже были изучены, но основывались на изучении всего нескольких пыльцевых зерен [Tekleva et al., 2006]. Новый материал, представленный многочисленными инситными пыльцевыми зёрнами из нескольких местонахождений, позволил более полно и детально изучить пыльцевые зёрна данного рода и высказать предположения о его возможных ботанических связях.

Пыльцевые зёрна обоих видов весьма сходны. Они лодочковидные, дистальнооднобороздные, с длинной и часто широко открытой бороздой. В СМ поверхность экзины гладкая или шероховатая, в СЭМ – шероховатая или гранулярная, с редкими перфорациями. Полярная ось составляет от 15.2 до 32.9 μm в СМ и 15.8–32.1 μm – в СЭМ. Длина борозды 21.4–38.8 μm в СМ и 22.1–37.4 μm в СЭМ. Апертурная мембрана гладкая с перфорациями, иногда на её поверхности наблюдаются морщинки/складки. В безапертурном районе эктэкины составляет от 0.34 до 0.97 μm , но в основном она около 0.5–0.7 μm ; толщина эктэкины неравномерна по периметру пыльцевого зёрна. Покров составляет от 0.17 до 0.46 μm , часто граница между покровом и инфратектумом трудноразличима. Инфратектум представлен крупными гранулами, расположенными в один или два ряда, либо столбиковидными элементами. Размеры элементов инфратектума около 0.1–0.56 \times 0.16–0.52 μm . Подстилающий слой прерывистый, 0.01–0.14 μm . Эндэкины менее электронно-плотная, чем эктэкины, от 0.01 до 0.13 (редко до 0.21) μm . Структура эндэкины гомогенная, но скорее всего, это обусловлено условиями фоссилизации и изначально структура эндэкины могла быть иной. По направлению к апертурному району эктэкины резко утончается и апертурный район представлен тонким слоем эктэкины и эндэкиной. Эндэкины не утолщаются по направлению к апертурному району.

Согласно Deng et al. [2014], который перенес в род *Aegianthus* несколько ранее описанных таксонов, и, учитывая новый вид из Иркутского бассейна, в настоящее время *Aegianthus* включает шесть видов: *A. sibiricus*, *A. resinifer* (Krassilov et Bugdaeva) Hilton, Glasspool, Deng et Dejax (= *Loricanthus resinifer* Krassilov et Bugdaeva), *A. phialophora* (Harris) Hilton, Glasspool, Deng et Dejax (= *Bernetia phialophora* Harris), *A. hailarensis* (Deng, Ren et Chen) Deng, Glasspool, Hilton et Dejax (= *Ixostrobus hailarensis* Deng et al.), *A. daohugouensis* (Zheng et Wang) Hilton, Glasspool, Deng et Dejax (= *Solaranthus daohugouensis* Zheng et Wang) и *A. irkutensis*. Среди них с помощью электронного микроскопа пыльцевые зёрна изучены из *A. sibiricus*, *A. irkutensis*, *A. resinifer*, *A. daohugouensis* и *A. hailarensis*. Морфология пыльцевых зерен в СМ и СЭМ, известная для видов эгиантуса, сходна. Zheng и Wang [2010] приводят две маленькие фотографии срезов пыльцы *A. daohugouensis* в ТЭМ, которые сложно интерпретировать. Если судить по их описанию, инфратектум ячеистый и сильно отличается от строения инфратектума *A. irkutensis* и *A. sibiricus*. Подобный ячеистый инфратектум характерен для пыльцевых зерен цикадовых. Пыльцевые зёрна *A. resinifer* в целом имеют сходное с иркутскими эгиантусами строение инфратектума, хотя его элементы немного крупнее; подстилающий слой тонкий, но непрерывный, в отличие от такового у *A. irkutensis* и *A. sibiricus*, эндэкины *A. resinifer* довольно толстая и ламеллярная [Tekleva, Krassilov, 2004]. Ультраструктура пыльцевых зерен других видов *Aegianthus* пока не изучена.

Безмешковые пыльцевые зерна с инфратектумом, составленным крупными гранулами или столбиковидными элементами, известны для пыльцевых зерен гинкговых и некоторых гнетофитов [Friis, Pedersen, 1996; Tekleva et al., 2006; Tekleva, Krassilov, 2009; Zavialova, Nosova, 2019]. Среди гнетофитов это дисперсные пыльцевые зерна двух видов *Eucommiidites* из нижнемеловых отложений Италии и юрских отложений Англии [Trevisan, 1980; Zavada, 1984] и инситные пыльцевые зерна *Eucommiitheca hirsuta* Friis et Pedersen из нижнего мела Португалии [Friis, Pedersen, 1996]. Все они отличаются от нашего материала наличием трех борозд, более мелкими размерами и некоторыми деталями структуры экт- и эндэкзины.

Ультраструктурных данных для пыльцевых зерен, предположительно продуцировавшихся гинкговыми, очень мало [Zavialova et al., 2011, 2014, 2016; Nosova et al., 2018; Zavialova, Nosova, 2019, 2021]. В целом, они весьма сходны с изученными нами *A. irkutensis* и *A. sibiricus*, хотя доля покрова в эктэкзине у наших видов меньше, чем у пыльцевых зерен изученных (предполагаемых) гинкговых.

Сходное строение инфратектума демонстрирует инситная пыльца *Sahnia laxiphora* Drinnan et Chambers [Osborn et al., 1991] из нижнего мела Австралии, однако, она имеет более толстый покров и более мелкие гранулы инфратектума; также, морфология макроостатков весьма отлична.

Удивительное сходство с нашим материалом демонстрируют три вида дисперсной пыльцы *Chasmatosporites apertus* Nilsson, *C. hians* Nilsson и *C. major* Nilsson из нижней юры Дании, изученные Batten и Dutta [1997] и сближаемые ими с гинкговыми.

Форма, размер и морфология изученных пыльцевых зерен *Aegianthus* характерна для цикадовых, гинкговых и некоторых гнетофитов. Структура инфратектума исключает их принадлежность к цикадовым. На данный момент наиболее вероятным представляется предположение, что подобные пыльцевые зерна продуцировались гинкговыми растениями. Косвенным подтверждением этого могут также служить находки *Aegianthus* в ассоциации с листьями *Sphenobaiera*.

Настоящее исследование поддержано фондом РФФИ, проект № 20-04-00355а.

Литература:

Носова Н.В., Завьялова Н.Е., Киричкова, А.И., Костина, Е. И. *Sorosaccus sibiricus* Prynada (Ginkgoales) из среднеюрских отложений Иркутского угленосного бассейна, Восточная Сибирь // Палеоботаника. 2018. Том 9. С. 5–17.

Batten D.J., Dutta, R.J. Ultrastructure of exine of gymnospermous pollen grains from Jurassic and basal Cretaceous deposits in Northwest Europe and implications for botanical relationships // Rev. Palaeobot. Palynol. 1997. Vol. 99. P. 25–54.

Deng S., Hilton J., Glasspool I.J., Dejax J. Pollen cones and associated leaves from the Lower Cretaceous of China and a re-evaluation of Mesozoic male cycad cones // J. Syst. Palaeontol. 2014. Vol. 12. P. 1001–1023.

Friis E.M., Pedersen K.R. *Eucommiitheca*, a new pollen organ with *Eucommiidites* pollen from the Early Cretaceous of Portugal // Grana. 1996. Vol. 35. P. 104–112.

Nosova N.V., Tekleva M.V. Pollen cones and in situ pollen of *Aegianthus* Krassilov from the Middle Jurassic of East Siberia, Russia // Rev. Palaeobot. Palynol. (submitted)

Osborn J.M., Taylor T.N., Crane P.R. The ultrastructure of *Sahnia* pollen (Pentoxylales) // Amer. J. Bot. 1991. Vol. 78. №11. P. 1560–1569.

Tekleva M.V., Krassilov V.A. Sporoderm ultrastructure in Early Cretaceous proangiosperms // Paleontol. J. 2004. Vol. 38. №1. P. 97–102.

Tekleva M.V., Krassilov V.A. Comparative pollen morphology and ultrastructure of modern and fossil gnetophytes // Rev. Palaeobot. Palynol. 2009. Vol. 156. P. 130–138.

Tekleva M.V., Krassilov V.A., Kvacek J., van Konijnenburg-van Cittert H.J.A. Pollen genus *Eucommiidites*: ultrastructure and affinities // Acta Palaeobotanica. 2006. Vol. 46. P. 137–155.

Trevisan L. Ultrastructural notes and considerations on *Ephedripites*, *Eucommiidites* and *Monosulcites* pollen grains from Lower Cretaceous sediments of southern Tuscany (Italy) // Pollen et Spores. 1980. Vol. 22. P. 85–132.

Zavada M.S. Angiosperm origins and evolution based on dispersed fossil pollen ultrastructure // Ann. Mo. Bot. Gard. 1984. Vol. 71. P. 444–463.

Zavialova N., Nosova N. The morphology and ultrastructure of Jurassic in situ ginkgoalean pollen // *Geobios*. 2019. Vol. 53. P. 77–85.

Zavialova N., Nosova N. Deciphering the pollen morphology of *Schidolepium* (Pinopsida) from the Middle Jurassic of East Siberia // *Int. J. Pl. Sci.* 2021. Vol. 182(№6). P. 468–489.

Zavialova N., Nosova N., Gavrilova O. Pollen grains associated with gymnospermous mesofossils from the Jurassic of Uzbekistan // *Rev. Palaeobot. Palynol.* 2016. Vol. 233. P. 125–145.

Zavialova N., Markevich V., Bugdaeva E., Polevova S. The ultrastructure of fossil dispersed monosulcate pollen from the Early Cretaceous of Transbaikalia, Russia // *Grana*. 2011. Vol. 50. P. 182–201.

Zavialova N., Gordenko N., Nosova N., Polevova S. The fine morphology of pollen grains from the pollen chamber of a supposed ginkgoalean seed from the Middle Jurassic of Uzbekistan (Angren locality) // *Pl. Syst. Evol.* 2014. Vol. 300. P. 1995–2008.

Zheng S.L., Wang X. An undercover angiosperm from the Jurassic of China // *Acta Geologica Sinica*. 2010. Vol. 84. P. 895–902.



ПРИРОДНАЯ СРЕДА НЕОПЛЕЙСТОЦЕНА И ГОЛОЦЕНА НА СЕВЕРНОМ КАВКАЗЕ

Т. Ф. Трегуб, М. А. Волков

*Воронежский государственный университет, Воронеж
tregub108@yandex.ru, 1994vomaan@mail.ru*

THE NATURAL ENVIROMENT OF THE NEO-PLEISTOCENE AND HOLOCENE IN THE NORTH CAUCASUS

T. F. Tregub, M. A. Volkov

¹Voronezh State University, Voronezh

Палинологические исследования из отложений пещер, гротов, навесов и открытых стоянок древних племен на Северном Кавказе ведутся в рамках изучения археологических стоянок сотрудниками геологического факультета Воронежского Государственного университета в тесном сотрудничестве со специалистами Автономной некоммерческой организации “ЛАБОРАТОРИЯ ДОИСТОРИИ” в г. Санкт-Петербурге. Авторы публикации выражают глубокую благодарность руководителям проекта за предоставление возможности проведения палинологических исследований на разрезах археологических стоянок: Дороничеву В. Б., Головановой Л. В., Дороничевой Е. В.

В период полевых сезонов 2017 - 2021 гг были описаны и опробованы на палинологический анализ разрезы в долине реки Баксан (центральная часть Северного Кавказа - Приэльбрусье) – Сарадж-Чуко, Сосруко, Псытуаже, а также в западной части Северного Кавказа – Бесленевская (долина р. Ходзь) и Ходжох 2 (среднее течение р. Белая).

Природная среда – многокомпонентная система, одним из основных компонентов которой является растительный покров и флористический состав. Анализ палинологических материалов пяти разрезов, с учетом абсолютных дат позволил обосновать хронологические этапы развития растительного покрова и его флористический состав в объеме неоплейстоцена и голоцена, для указанных территорий. В качестве примера в данной публикации приводятся диаграммы разрезов Сосруко и Бесленевская.

В таблице приводятся оптимальные стадии (см. ниже). В силу того, что холодные этапы, как правило, характеризуются весьма скудным наполнением спектров микрофоссилиями. Это может быть связано с близким расположением ледниковых покровов к местам расположения изученных разрезов, во время ледниковых эпох. Данное явление нашло четкое отражение в разрезе грота Сарадж-Чуко для, которого дано полное описание в монографии [Дороничева и др., 2020]. На данном этапе изучения разрезов археологических стоянок только в разрезе Сосруко нашло отражение растительность возможно двух стадий днепровского оледенения – палинозоны I и II (рис. 1). Они характеризуются доминированием в среднегорном поясе хвойных лесов полидоминантного состава, куда входили: пихта, ель, кедровидная сосна, сосна Паласса, можжевельник, хвойник. Березовое криволесье с грабинником и ивовые заросли расселялись в нижней части склонов долины и в приречных заводях. В долине отмечались разрозненные куртины липово-вязового состава, с обширными участками лугового разнотравья и по галечникам, песчаным намывам – рудеральные группировки.

На спорово-пыльцевой диаграмме разреза Сосруко выделены восемь этапов развития растительного покрова. Богатый палинологический материал, при учете данных абсолютного возраста 7 слоя, позволяет рассматривать палиноспектры палинозоны IV в рамках микулинского межледниковья. Не имея возможности в данном объеме публикации описать подробно все вариации флористического состава, кратко даем описание IV палинозоны, сопоставляя ее с III палинозоной разреза Бесленевская. Во время формирования осадков выделенных палинозон среднегорный ярус покрыт борами с единичными елями и обширными зарослями можжевельника. В долине развиты дубово-грабово-вязовые леса с большим участием грецкого ореха и бука в поздних фазах.

Не противоречат данному выводу даты абсолютного возраста по C^{14} для слоя 7 разреза Сосруко 13720 ± 130 л. н. и верхней части слоя 2 в разрезе Бесленевская 15000 л. н. Палиноспектры II палинозоны отразили прохладные и сухие условия. Состав спектров нижней части разреза Бесленевской стоянки (палинозона I с подзонами **a** и **b**) по составу ближе всего

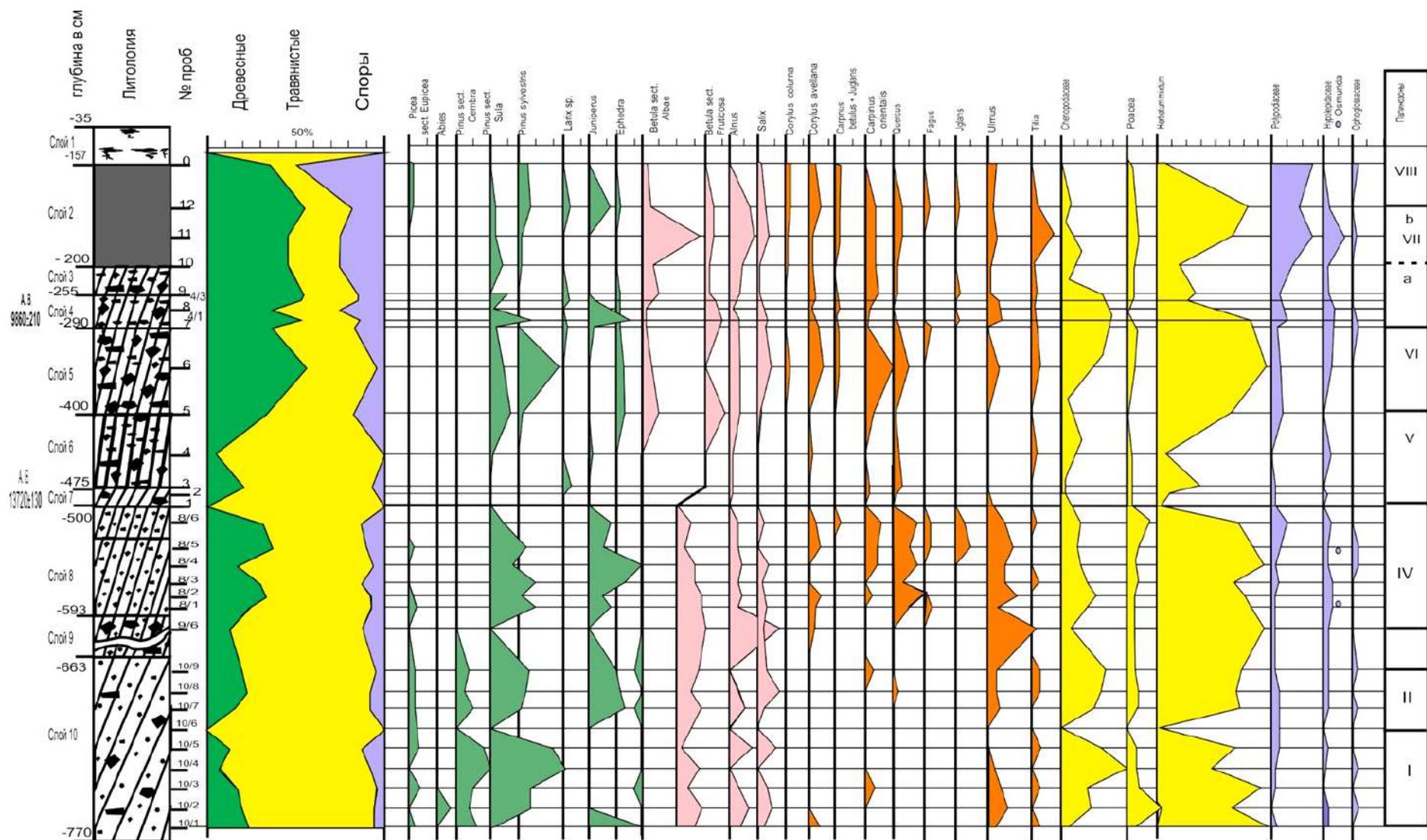


Рис. 1. Спорово-пыльцевая диаграмма разреза археологической стоянки Сосруко

палинофлорам чекалинского (черепетьского) межледниковья для Предкавказья из разреза Отказное (рис. 2) [Болиховская, 1995].

На примере анализа и сопоставления состава, вышеприведенных палинозон на спорово-пыльцевых диаграммах двух разрезов Сосруко и Бесленевской, а также целого ряда вышеперечисленных разрезов был воссоздан сукцессионный ряд для плейстоцена и голоцена центральной и западной частей Северного Кавказа. В нижеприведенной таблице описаны этапы развития растительности оптимальных фаз межледниковых эпох, и реконструированы в основном качественные характеристики климата.

Разрезы Сарадж-Чуко, Псытуаже, Сосруко расположены в поле развития верхнеплиоценовых отложений. В этой связи описание следует начать с этапа развития растительности, которая существовала в долине р. Баксан в позднем плиоцене. Характеристика этапов изменения флористического состава лесной растительности приводится снизу вверх по разрезу.

Верхний плиоцен N₂.

Полидоминантные хвойно-широколиственные леса (табл.1). Среднегорный пояс - хвойные боры, с участием кедровидной сосны, болотного кипариса, ели европейской, тсуги. В долине получили развитие широколиственные грабово-дубовые леса, с примесью липы, бука, вяза, ореха грецкого, ореха медвежьего, лещины, с участием экзотов: гикори, лапины, энгельгартии, платикарии. Климат данного этапа близок к субтропическому, так как ареалы растений, относящихся к родам гикори и тсуга, в настоящее время расположены в юго-восточных, северо-восточных районах территории США и в южных районах Канады. Параметры климата должны были быть близкими следующим: t зимы от $+5^{\circ}$ до $+18^{\circ}$, t лета от $+32^{\circ}$ до $+35^{\circ}$, годовое количество осадков от 785 мм до 3232 мм [Шатилова, 1974].

Эоплейстоцен.

На настоящем этапе изучения палинофлоры данного хронологического уровня не нашли своего отражения в разрезах археологических стоянок Северного Кавказа. По палинологическим материалам для Восточного Предкавказья флористический состав растительности эоплейстоцена был богат в видовом отношении и содержал элементы следующих географических групп родов: панголарктической, американо-евразийской, американо-средиземноазиатской, американо-восточноазиатской, северо-американской, субтропической и тропической. Тип растительности изменялся от злаковых степей до хвойно-широколиственных лесов, где отмечены реликты: ногоплодник, псевдотсуга, тсуга, плаунок. Климат испытывал колебания от теплого гумидного, к - теплomu аридному [Болиховская и др., 2011].

Нижний неоплейстоцен.

Ильинский горизонт Q₁. Широколиственные леса дубово-грабово-вязового состава, с куртинами ореха медвежьего и лещины, с участием грецкого ореха, каштана, бука, единично реликта гикори.

Кустарниковые заросли березняка и ивы по увлажненным субстратам. Хвойные среднегорные леса из сосны Паласа, с примесью сосен кедровидных, единично реликтов – тсуги, с можжевельовыми кустами. Климат – теплый и влажный, с мягкими зимами.

Мучкапский горизонт Q₁. В долине орехово-дубовые леса, с участием вяза, медвежьего ореха, граба кавказского, липы, бука. В составе лесной растительности принимали участие экзоты: магнолия, скумпия, падуб, лапина, гикори, самшит, дзельква, акация, каштан. Березняки, ольшаники, ивняки формируют прибрежные заросли. Хвойные группировки состоят из сосны Паласа и кедровидной, с можжевельовыми кустами, с участием ели европейской и тсуги. Настоящие флоры хорошо сопоставляются с палинофлорами из отложений слоев 7b и 7a археологической стоянки Треугольная пещера. Климат – близкий к субтропическому, с продолжительным безморозным периодом [Дороничев и др., 2007].

Средний неоплейстоцен.

Лихвинский горизонт Q₂. Полидоминантные дубово-орехово-буково-грабовые леса с участием липы, вяза, медвежьего ореха, лещины, с обширными зарослями грабинника по склонам. Реликты – самшит, каштан, дзельква. Расширяются площади березняков и ольшаников. Боры из сосны Паласа, с небольшим участием сосны кедровидной и ели европейской. Климат теплый и влажный, но сокращается безморозный период.

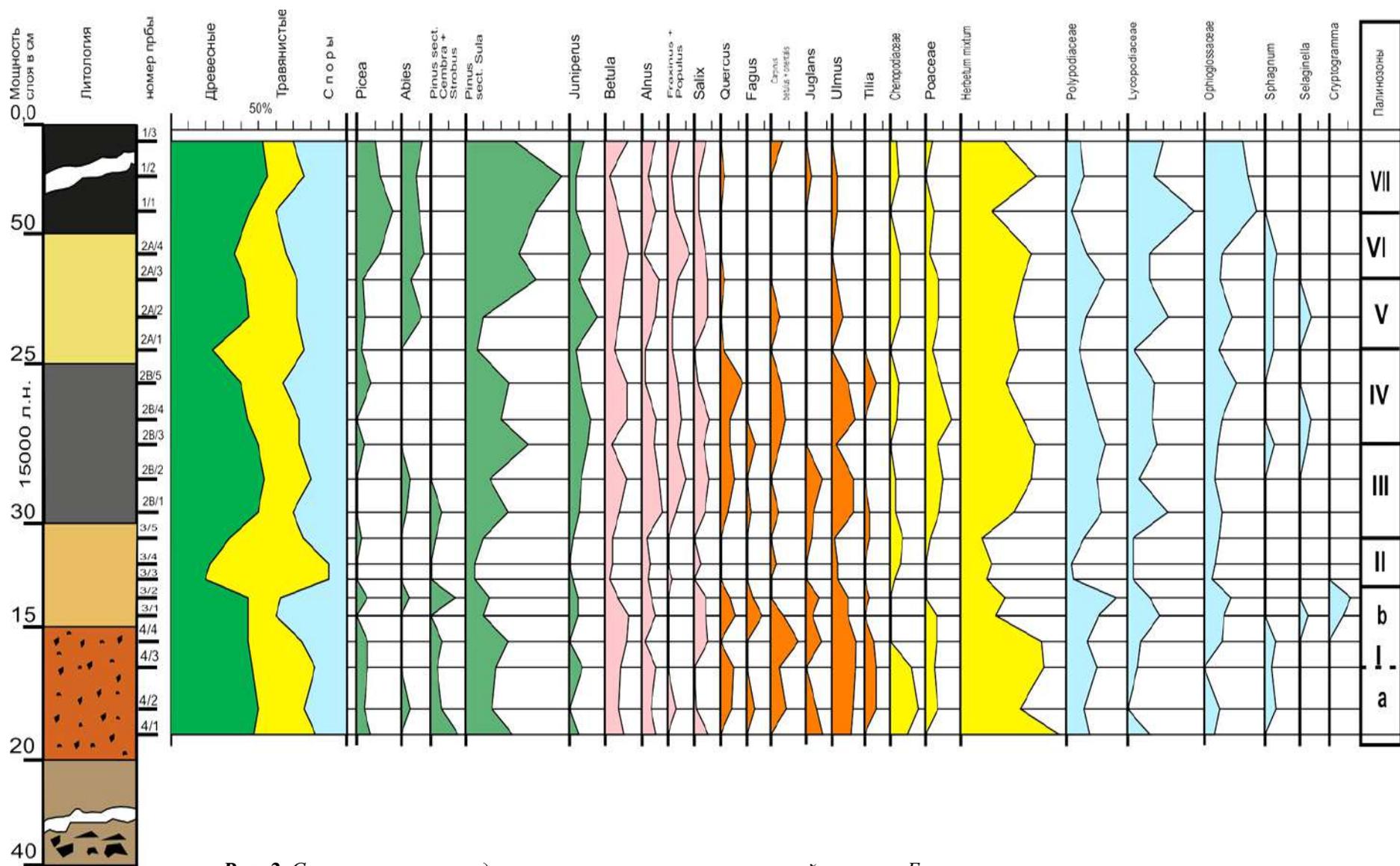


Рис. 2. Спорово-пыльцевая диаграмма разреза археологической стоянки Бесленевская

Таблица 1 Сукцессионный ряд флоры неоплейстоцена и голоцена Северного Кавказа

Надраздел	Звено	Горизонт	Л. В. Т. Л. Н.	Археологическая стоянка	Состав растительности и качественная характеристика климата
Голоцен		SA 2,5 - 0 т. л. п.		Сосруко, п/з VIII, Псыгуаже 2, п/з IV, подзона g	Дубово-вязовые редкостойные леса с участием граба, ореха медвежьего, лещины, липы, по склонам - грабишники, березники, у заводей заросли ивы с кустарниковой березой. Локальные боры с лившицей и зарослями можжевельника. Климат умеренно-теплый с умеренной влажностью, близкий к современному.
		SB 5 -2,5 т. л. п.		Псыгуаже 1, п/з III,	В долине леса из ореха медвежьего и лещины с куртинами липово-дубово-вязового состава, с единичными грабом и грецким орехом. Боры - в средне-горном поясе, с участием ели, пихты, лившицы, хвойника. Климат -прохладнее и достаточно сухой.
		AT 4,5 - 8 т. л. н.		Холжох 2, п/з IV	В долине -буково-дубовые- леса, с примесью грецкого ореха, липы, граба, вяза, лещины, единично - самшит, каркае, дзельква, каштан, хмелеграб. По сырм местам - ольшаники и березовое криволесье. Боры с кустами можжевельника. Климат - теплый и влажный (возможно второй оптимум атлантики).
		BO 8 -10 т. л. п.	9,8±120	Сосруко, п/з VIII,	По склонам - грабишники, в долине парковые леса вязово-дубово-липовые, с лещиной и единично - грецким орехом, грабом. Боровые криволесья, с участием лившицы и густыми можжевельными зарослями. Климат - умеренно-теплый, умеренно-влажный.
Неоплейстоцен	Верхнее	Валдайский аллеред 11-17 т. л. н. дунгаецкое 25-25 т. л. п.	13 - 15 т. л. п.	:Беленеевская п/з IV, Холжох 2 п/з IV, Сосруко п/з VI,	На фоне липово-вязовых редколесий, с участием дуба, ореха медвежьего и лещины в межстадиальные потепления были развиты: дубово-вязовые и вязово-дубовые леса с заметным участием ореха медвежьего, лещины и единично грецкого ореха, бука. Расширяют ареал березники, ольшаники и ракитники. Боры формируются соснами обыкновенной и Паласса, с примесью лившицы, можжевельника и хвойника. Климат в межстадиальные этапы был умеренно теплым и достаточно сухим.
		рапный валдай 52-43 т. л. н. миклулинский 125-115 т. л. п.		:Беленеевская п/з I, Холжох 2 п/з III, Сосруко п/з IV, Сарадж-Чуко п/з V,	Дубово-грабово-вязовые леса с большим участием грецкого ореха и в поздних фазах бука. Березники и ивняки занимали прибрежные участки долины. Среднегорный пояс - хвойные леса из сосны Паласса, с участием сосны кедровидной (на западе), ели европейской и пихты. Климат: умеренно-теплый и влажный.
	Среднее	Среднерусский чекалинский	393 т. л. н.	Сарадж-Чуко, п/з III, верхняя часть слоя 6B. Треугольная пещера, слои 5c и 5b	Дубово-орехово-грабовые леса, с участием вяза, бука, ореха медвежьего и лещины. Широко развиты грабишники. Площади ольшаников и березняков варьировали. Редколесья из сосны Паласса, включают кедровидную сосну, кусты можжевельника. Климат теплый и влажный, параметры: с/г +11,2°; июль +24,3°; января от +2° до - 7°
		Среднерусский лихвинский		Псыгуаже, 2021, п/з II подзона b, Сарадж-Чуко, п/з III	Дубово-орехово-буково-грабовые леса с участием липы, медвежьего ореха, лещины, с зарослями грабишника по склонам. Реликты - самшит, каштан, дзельква. Возрастают площади березняков и ольшаников. Боры из сосны Паласса с небольшим участием сосны кедровидной и ели европейской. Климат теплый и влажный, но продолжительность безморозного периода сокращается, практически из состава флоры исчезают все реликты. Климат теплый и влажный, близкий к субтропическому
	Нижнее	мучкапский	583 т. л. н.	Псыгуаже, 2021, II п/з, подзона a нижняя и средняя части слоя 2. Треугольная стоянка, слои 7b и 7a.	Орехово-дубовые леса, с участием - вяза, медвежьего ореха, граба кавказского, липы, бука. Присутствуют экзоты: магнолия, скумпия, падуб, лапина, гикори, самшит, дзельква, акация, каштан. Березники, ольшаники, ивняки образуют прибрежные заросли. Хвойные леса - из сосны близкой сосне Паласса, сосне кедровидной, с участием ели европейской, туеги и можжевельника. Климат близок к сухим субтропикам с продолжительным безморозным периодом.
		ильинский		Сарадж-Чуко, слой 7 и нижняя часть слоя 6B, палинозона I.	Дубово-грабово-вязовые широколиственные леса с куртинами ореха медвежьего и лещины, с участием грецкого ореха, каштана, бука единично - реликта гикори. Кустарниковые заросли берез и ракиты селились у речных затонов. Хвойные группировки из сосны Паласса с примесью сосны кедровидной, единично реликта - туеги, по опушкам - с можжевельными кустами. Климат - теплый и влажный, с мягкими зимами.
Эоплейстоцен		гурий куяльник ?			В настоящее время палинофлоры данного хронологического уровня не нашли своего отражения в разрезах археологических стоянок Северного Кавказа
Плиоцен	верхний	киммерий		Сарадж-Чуко южная стенка	Полидоминантные хвойно-широколиственные леса. Хвойные-боры, с участием болотного кипариса, ели, туеги. Грабово-дубовые леса с примесью, липы, бука, вяза, грецкого ореха, ореха медвежьего, лещины, с включением экзотов: гикори, лапины, единично - энгельгардин, платикарии. Климат-близкий к тропическому, t зимы от 5° до 18°, лета- от 32° до 35°, годовое количество осадков от 785 мм до 3232 мм.

Чекалинский горизонт Q₂ (Черепетьское межледниковье). Широколиственные дубово-орехово-грабовые леса, с примесью вяза и участием бука, ореха медвежьего и лещины. Широко развиты грабинники. Сокращаются площади ольшаников и березняков. Редкостойные боры из сосны Паласа, можжевеловые куртины. Климат умеренно теплый. Параметры близки следующим показателям: среднегодовая температура + 11,2⁰; июля - + 24,3⁰; января от + 2⁰ до -7⁰.

Поздний неоплейстоцен.

Микулинский горизонт Q₃. Широколиственные дубово-грабово-вязовые леса с большим участием грецкого ореха и в поздних фазах - бука. Березняки, ольхово-ивовые заросли в прибрежной части речной долины и по берегам затонов. Среднегорный пояс – хвойные леса из сосны Паласа, с участием ели европейской, пихты. Климат умеренно теплый и влажный.

Валдайский горизонт W₂₋₃. Межстадиальные потепления - дунаевское (Arcy, Kesselt) и аллеред (Allerod). На фоне липово-вязовых редколесий, с участием дуба, и лещины в периоды потепления были развиты: дубово-вязовые и вязово-дубовые леса с заметным участием лещины и единично - грецкого ореха, бука. Расширяют площади обитания березняки, ольшаники и ивовые кусты. В боровых группировках появляется сосна обыкновенная, лиственница, хвойник. Климат в межстадиальные этапы был умеренно теплым, с ограниченной влажностью.

Голоцен Q₄.

Бореал BO. По склонам развиты грабинники, в долине парковые леса вязово-дубово-липового состава, с лещиной и единично – грецким орехом, грабом. Разрозненные боровые группировки, с участием лиственницы и густыми можжевеловыми зарослями. Климат умеренно-теплый и достаточно влажный.

Атлантика AT. В долине развиты буково-дубовые леса сомкнутого ряда, с примесью грецкого ореха, липы, граба, вяза, лещины, единично – самшита, каркаса, дзельквы, каштана, хмелеграба. По сырм местам - ольшаники и березовое криволесье. В среднегорном поясе – боры, можжевеловые кусты. Климат был теплым и достаточно влажным.

Суббореал SB. В долине густые заросли из лещины с участием ореха медвежьего, с куртинами липово-дубово-вязового состава, единично с грабом, грецким орехом. Боры с участием ели, пихты, лиственницы, хвойника. Климат прохладный и достаточно сухой.

Субатлантика SA. В долине дубово-вязовые разреженные леса, с участием граба, ореха медвежьего, лещины, липы, по склонам - грабинники, березовое криволесье, у заводей заросли ивы и березняки. Локальные боры в среднегорье, с лиственницей и зарослями можжевельника. Климат умеренно-теплый и умеренно-влажный, по параметрам близкий к современному климату [Болиховская, 2011].

Сопоставление вышеописанных этапов изменения флористического состава растительности с палинологическими материалами Предкавказья, Закавказья и Нижнего Поволжья позволяет проследить четкую тенденцию постепенного обеднения флористического состава растительности в ущельях Северного Кавказа. Самые богатые флоры, в хронологическом отношении, отвечают межледниковьям мучкапскому и лихвинскому, которые содержат экзоты как регионального, так и межрегионального значения. Четко фиксируются различия палинофлор чекалинского (черепетьского) межледниковья по отношению к палинофлорам микулинской эпохи, и постепенное сближение флористического состава растительности голоцена с современными растительными сообществами Северного Кавказа.

Вышеописанный сукцессионный ряд даже в виде - каймы обеспечит более четкую корреляцию палинофлор в хронологическом ряду неоплейстоцена и голоцена. При дальнейшем изучении разрезов археологических стоянок на территории Северного Кавказа описанный флористический ряд будет дополнен и уточнен как в фитоценоотическом, так и в хронологическом отношении.

Литература:

Болиховская Н. С. Эволюция лёссово-почвенной формации Северной Евразии. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1995. 270 с.

Болиховская Н. С. Эволюция климата и ландшафтов нижнего Поволжья в голоцене. // Вестн. Моск. ун-та Сер. 5. География. 2011. № 2. С. 13–27.

Болховская Н. С., Дервянко А. П., Шуньков М. В., Маркин С. В., Соболев В. М. Палеогеографические особенности развития плейстоценовой растительности и климата Алтая и Восточного Предкавказья в эпохи древнего человека //Проблемы палеогеографии и стратиграфии плейстоцена. Вып.3. М.: Географический факультет МГУ, 2011. С.273–418.

Дороничев В. Б., Голованова Л. В., Барышников Г. Ф., Блеквелл Б. А. Б., Гарутт Н. В., Левковская Г. М., Молодьков А. Н., Несмеянов С. А., Поспелова Г. А., Хоффекур Д. Ф. ТРЕУГОЛЬНАЯ ПЕЩЕРА. Ранний палеолит Кавказа и Восточной Европы. СПб: Изд-во «Островитянин», 2007. 270 с.

Дороничева Е. В., Голованова Л. В., Дороничев В. Б., Недомолкин А. Г., Несмеянов С. А., Воейкова О. А., Муры́й А. А., Поплевко Г. Н., Иванов В. В., Корзинова А. С., Цельмович В. А., Блеквелл Б. А. Б., Кази М. Ф., Хуанг К. Л. К., Сингх И. К. С., Волков М. А., Трезуб Т. Ф., Шекли М. С., Спасовский Ю. Н. Грот Сарадж-Чуко в Приэльбрусье (результаты междисциплинарных исследований 2017-2019 гг.).- Санкт-Петербург. Изд-во РИПОЛ классик, 2020. 408 с.

Шатилова И. И. Палинологическое обоснование геохронологии верхнего плиоцена и плейстоцена Западной Грузии. Тбилиси: Изд-во «МИЦНИЕРЕБА», 1974. 183 с.



**ЗНАЧЕНИЕ ПРИЗНАКОВ ПЫЛЬЦЕВЫХ ЗЕРЕН ДЛЯ СИСТЕМАТИКИ РОДА
GERANIUM L. (GERANIACEAE) НА ПРИМЕРЕ НЕКОТОРЫХ СЕКЦИЙ**

В.И. Трошкина

Центральный сибирский ботанический сад СО РАН, Новосибирск, vitroshkina@csbg.nsc.ru

**THE SIGNIFICANCE OF POLLEN GRAIN TRAITS FOR THE TAXONOMY OF THE
GENUS *GERANIUM* L. (GERANIACEAE) ON THE EXAMPLE OF SOME SECTIONS**

V.I. Troshkina

Central Siberian botanical garden SB RAS, Novosibirsk, vitroshkina@csbg.nsc.ru

В настоящее время спорово-пыльцевой анализ широко применяется для разграничения и установления родства таксонов. Благодаря использованию сканирующей электронной, трансмиссионной, фазово-контрастной и других видов микроскопии, расширились возможности выявления новых признаков пыльцевых зерен (п. з.).

Изучение п. з. представителей рода *Geranium* L. проводилось многими исследователями [Erdtman, 1943; Bortenschlager, 1967; Куприянова, Алешина, 1972; Serbănescu-Jitariu et al., 1974; Stafford, Blackmore, 1991; Weber, 1996; Perveen, Gaiser, 1999; Chester, Raine, 2001; Aedo et al., 2002; Tofts, 2004; Asikainen, Mutikainen, 2005; İlcim et al., 2008; Hesse et al., 2009; Ивлева, 2010; Овчинникова, Ивлева, 2011; Трошкина, 2017а, б]. Пыльца изучена примерно у 95 видов рода *Geranium*.

Данные G. Erdtman [1943], Л.А. Куприяновой, Л.А. Алешинной [1972], А. Perveen, M. Gaiser [1999], А. İlcim et al. [2008] показали, что для представителей рода *Geranium* характерны пыльцевые зерна: 3-бороздно-поровые, 3-бороздно-оровые, многопоровые или безапертурные; шаровидные, слегка сплюснутые или эллипсоидальные. Большая ось 25,0–170,0 мкм. Борозды короткие, широкие, с неровными краями. Поры и оры крупные, округлые, широкоэллиптические. Экзина толстая, иногда с крупными надпокровными выростами. Скульптура 1-го ряда звездчатая, изредка шиповатая, образована надпокровными выростами, скульптура 2-го ряда мелкосетчатая, крупносетчатая, образованная стерженьками или их головками, текстура стенок ячей округлая или угловато-пятнистая.

Некоторые авторы при описании пыльцевых зерен рода не выделяют четких различий между видами, ограничиваясь лишь выделением групп внутри родов. Так S. Bortenschlager [1967], описывая пыльцу, выделяет *Geranium phaeum*-type, *Geranium multiflorum*-type.

Подобное разделение на типы присутствует и в описании п. з. рода у P.J. Stafford и S. Blackmore [1991]. Авторы описывают определенные группы по типам пыльцы. Для каждого типа существуют общие черты в описании. Внутри типов часто выделяются более мелкие группы, например, внутри *Geranium molle*-type авторы выделяют четыре группы: группа *G. molle* L., группа *G. phaeum* L., группа *G. pratense* L.

Подразделение на типы присутствует также и у А. Perveen, M. Gaiser [1999]. Авторы выделяют *Geranium himalayense*-type, *Erodium cicutarium*-type.

Нами в течение 2010–2022 гг. изучены п.з. 37 таксонов рода *Geranium* из 11 секций. Материалом послужили образцы пыльников с пыльцевыми зернами, взятые с гербарных экземпляров из разных районов Республики Алтай, Алтайского, Забайкальского и Приморского краев, Новосибирской, Томской, Кемеровской, Камчатской, Крымской областей, Республик Бурятия и Хакасия, Урала, Казахстана, Узбекистана, Монголии, Китая, Латвии, Северной Америки (США, Южная Дакота), хранящихся в гербариях NSK, LE, MW, TK, ALTB, HAL. П. з. отбирали только с обоеполых экземпляров. Исследование морфологии пыльцы проводилось с помощью СЭМ модели S-3400N (фирма Hitachi High-Technologies Corporation) и фирмы Carl Zeiss в лабораториях Института водных и экологических проблем (ИВЭП СО РАН, г. Барнаул) и Института гидродинамики им. М. А. Лаврентьева СО РАН (г. Новосибирск), а также фирмы Carl Zeiss модели EVO MA10 (ЦСБС СО РАН). Методика подготовки проб для Geraniaceae описана в работе [Ивлева, 2010]. При описании морфологии п. з. использована терминология, предложенная в работах [Куприянова, Алешина, 1972; Hesse et al., 2009]. В данной работе мы рассмотрим применение признаков п.з. в качестве дополнительных диагностических признаков на примере видов некоторых секций.

В результате исследований установлено, что п. з. у всех изученных таксонов рода *Geranium* радиально-симметричные, равнополярные (изополярные), одиночные (монады), 3-(редко 4-) бороздно-оровые, сплюсненно-сфероидальной или округло-эллипсоидальной формы, в очертании с полюса трех-(редко четырех-) лопастные, с экватора – почти округлые. Скульптура поверхности экзины сетчато-булавовидная, крупно-(мелко-)ячеистая, иногда местами сплошная, представлена элементами двух порядков. Внутренняя сетка, обусловленная сетчатым расположением выростов, является элементом 1-го порядка. Рельеф головок – элементом 2-го порядка. Ячейки округлые, овальные, угловато-овальные. Головки овальные, округлые, у некоторых видов (*G. schrenkianum* Trautv. ex Pavl.) слившиеся по несколько и тогда имеющие вытянутую форму; крупные и мелкие. Орнаментация звездчатая, неясно-звездчатая, звездчатая с резко выделяющимися крупными головками, равномерно-бугорчатая, неравномерно-бугорчатая, неравномерно-бугорчатая с резко выделяющимися крупными головками [Трошкина, 2017б].

Ранее [Трошкина, 2017б] в результате проведенных исследований нами были выделены группы родства по признакам п.з. Было показано, что признаки п. з. таксонов рода *Geranium* имеют различное диагностическое значение. Так, секционным признаком является размерам п. з. Самые крупные размеры п. з. наблюдаются в секции *Recurvata* (размеры п. з. 64–88 × 58–77 мкм.), наиболее мелкие – у п. з. зерен видов секции *Batrachoides* (размеры п. з. 49–63 × 47–62 мкм.). К признакам подсекционного ранга относятся особенности строения внутренней сетки экзины, орнаментация поверхности п. з., количество верхушек на головках стерженьков. В секции *Geranium* по этим признакам выделилось 3 группы родства, которым позднее [Трошкина, 2019] был придан ранг подсекций. Первая подсекция – *Geranium*, для которой характерны п. з. с сетчатой крупноячеистой скульптурой второго ряда экзины. Отличительным признаком п. з. видов этой группы является их диморфизм (по размерам). П. з. с 2–5 притупленными верхушками на головках, между которыми имеются поперечные полосы (Табл. I, Фиг. 1, 2, 3). Вторая подсекция – *Albiflora* Troshkina. Для п.з. видов этой подсекции характерна сетчатая, местами сплошная, разноячеистая внутренняя сетка экзины; с 2–4 притупленными верхушками на головках, между которыми поперечные полосы выражены слабо или не выражены. Третья подсекция – *Pseudosibirica* Troshkina с п.з. с сетчатой неясно-ячеистой внутренней сеткой экзины; с 2–4 притупленными верхушками на головках, между которыми поперечные полосы выражены слабо или не выражены (Табл. I, Фиг. 4, 5, 6). Изучение п.з. вида *G. laetum* Ledeb. подтвердило наши предположения о его принадлежности к родству *G. sylvaticum* L., что позволило отнести этот вид к подсекции *Geranium*, в то время как раньше его относили к родству *G. pseudosibiricum* J. Mayer [Сергиевская, 1934; Пешкова, 1996]. Таким же образом сравнительно недавно описанный вид *G. igoschinae* Troshkina [Трошкина, 2016] был отнесен в подсекцию *Geranium*. Хотя ранее все образцы этого уральского вида определялись исследователями как *G. pseudosibiricum*.

В секции *Recurvata* (Knuth) Novoselova выделилось две группы родства, которые соответствуют подсекциям. Для п. з. подсекции *Recurvata* Knuth характерны наиболее крупные размеры, сетчатая крупноячеистая внутренняя сетка экзины, неравномерно бугорчатая орнаментация с ясно выделяющимися крупными головками. П. з. с 2–5 притупленными продольными верхушками на головках, между которыми имеются поперечные полосы и/или бугорки. Для таксонов подсекции *Collina* Knuth характерны более мелкие п. з., сетчатая разноячеистая внутренняя сетка экзины и звездчатая орнаментация. Пыльцевые зерна с 2–5 притупленными продольными верхушками с бугорчатой поверхностью без поперечных полос, реже – с поперечными полосами.

П. з. малолетних видов секции *Trygonium* имеют мелкие размеры и звездчатую орнаментацию. П. з. вида *G. transversale* из секции *Tuberosa* имеют более крупные размеры и неравномерно-бугорчатую орнаментацию. П. з. полиморфного вида *G. sibiricum* отличаются мелкими размерами и полиморфизмом. Разные популяции этого вида различаются скульптурой экзины и орнаментацией поверхности п. з. [Трошкина, 2017а, б]. П. з. видов трех секций подрода *Robertium* различаются размерами п. з., наиболее мелкие п. з. характерны, как уже отмечалось, для видов секции *Batrachoides*.

Таблица I

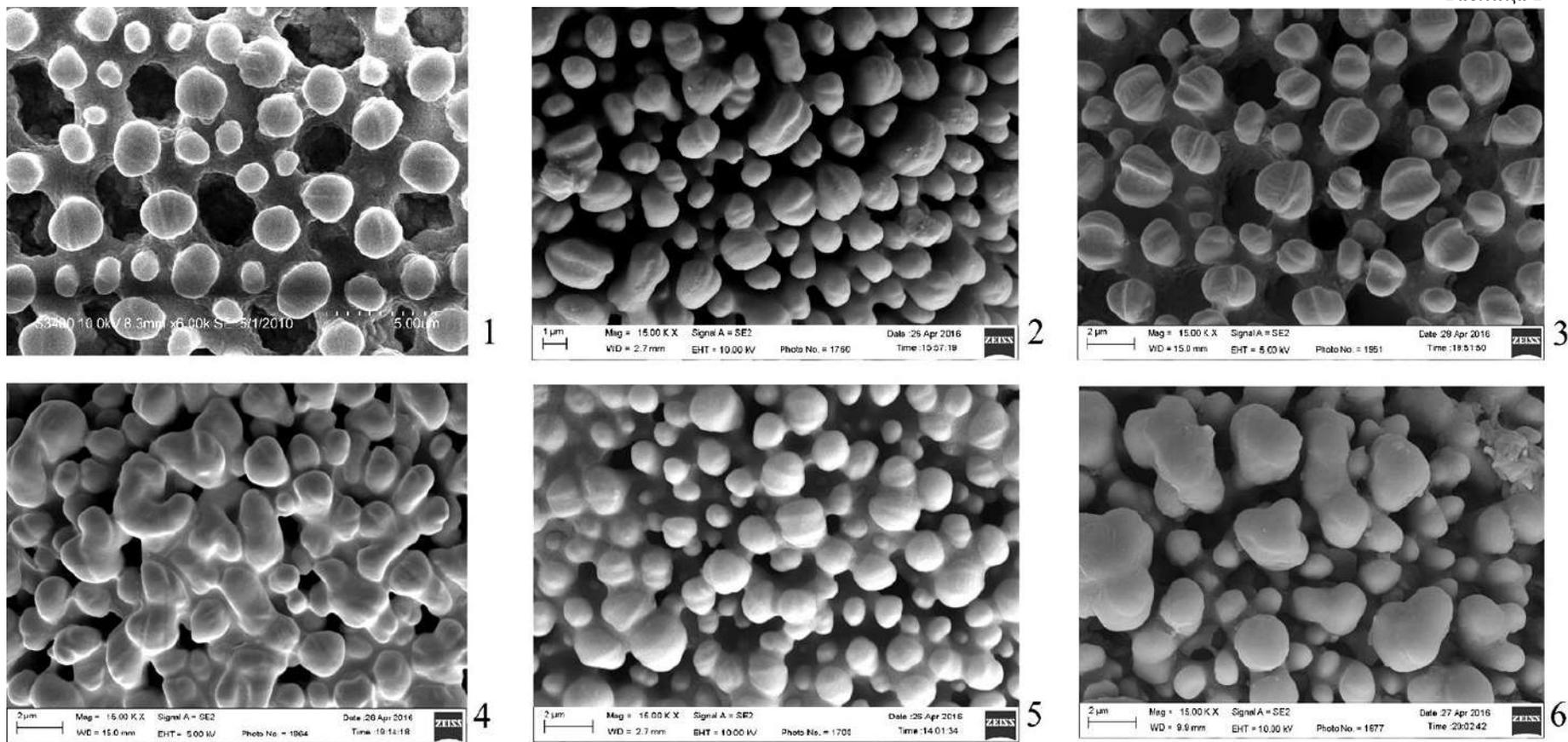


Табл. I. Скульптура поверхности эскины видов рода *Geranium* L.: Фиг. 1. *G. sylvaticum*; Фиг. 2. *G. igoschinae*; Фиг. 3. *G. laetum*; Фиг. 4. *G. pseudosibiricum*; Фиг. 5. *G. asiaticum*; Фиг. 6. *G. pseudosibiricum* var. *subuschanense*.

Признаками видового уровня мы считаем особенности строения поверхности булавовидных головок, а именно: наличие и количество продольных верхушек, либо поверхность головок гладкая или слабо бугорчатая; наличие или отсутствие поперечных полос между верхушками. В ряде случаев значение имеет и размер головок булавовидных выростов, иногда они могут сливаться между собой и тогда становятся «с»-образной, вытянутой или гантелеобразной формы. К признакам п. з. видового уровня можно отнести и их размеры.

В результате палиноморфологического исследования нами показано, что признаки п. з. имеют диагностическое значение для систематики рода *Geranium*. Для всех изученных таксонов рода *Geranium* характерным признаком является булавовидная скульптура экины; 3-4-бороздно-оровый тип п. з. Секционное значение имеет размер п.з., он коррелирует с размерами венчика. К признакам подсекционного уровня относятся особенности строения внутренней сетки экины, орнаментация поверхности п. з., количество верхушек на головках стерженьков. Скульптурные элементы поверхности булавовидных головок могут служить дополнительным признаком при разделении видов.

Все признаки п.з. имеют дополнительное диагностическое значение и должны учитываться в комплексе с другими морфологическими признаками. Однако в ряде случаев в спорных вопросах использование признаков п.з. помогает понять видовую, подсекционную или секционную принадлежность таксонов.

Литература:

- Ивлева В.И. Палиноморфологическое изучение представителей рода *Geranium* L. (Geraniaceae) флоры Алтая // *Turczaninowia*, 2010. Т. 13 (вып. 3). С. 140–146.
- Куприянова Л.А., Алешина Л.А. Пыльца и споры растений Европейской части СССР. Л.: Наука, 1972. Т. 1. 171 с.
- Овчинникова С.В., Ивлева В.И. Изучение пыльцевых зерен видов рода *Geranium* для целей таксономии // Проблемы современной палинологии: Материалы XIII Росс. палинологической конф. Сыктывкар, 2011. Т. 1. С. 47–50.
- Пешкова Г.А. Род *Geranium* – Герань // Флора Сибири. Т. 10: Geraniaceae – Cornaceae. Новосибирск, 1996. С. 8–22.
- Сергиевская Л.П. О некоторых сибирских видах рода *Geranium* L. // Сист. заметки Гербария Том. ун-та. 1934. № 1. С. 1–5.
- Трошкина В.И. Заметки по систематике и хоровологии *Geranium pseudosibiricum* и близких видов (Geraniaceae) // Растительный мир Азиатской России. 2016. № 3. С. 22–32.
- Трошкина В.И., Овчинникова С.В. Морфология пыльцы представителей сем. Geraniaceae // Актуальные проблемы современной палинологии: материалы XIV Всероссийской палинологической конференции; отв. ред. Н.С. Болиховская, Т.С. Клювиткина. М.: Географический факультет МГУ. 2017а. С. 348–351.
- Трошкина В.И. Палиноморфологические особенности таксонов рода *Geranium* (Geraniaceae) Алтайской горной страны // *Turczaninowia*. 2017б. Т. 20 (вып. 3). С. 35–54.
- Трошкина В.И. Конспект видов рода *Geranium* (Geraniaceae) Алтайской горной страны // Растительный мир Азиатской России. 2019. №3 (вып. 35). С. 13–28. DOI: 10.21782/RMAR1995-2449-2019-3(13–28)
- Aedo C., Aldasoro J.J., Navarro C. Revision of *Geranium* sections *Azorelloida*, *Neoandina* and *Paramensia* (Geraniaceae) // *Blumea*. 2002. Vol. 47. 205–297.
- Asikainen E., Mutikainen P. Preferences of Pollinators and Herbivores in Gynodioecious *Geranium sylvaticum*. *Annals of Botany*. 2005. Vol. 95. P. 879–886. DOI: 10.1093/aob/mci094.
- Bortenschlager S. Vorläufige Mitteilungen zur Polenmorphologie in der Familie der Geraniaceen und ihre systematische Bedeutung. *Grana Palynol.* 1967. Vol. 7 (2–3). P. 400–468. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/00173136709430046>.
- Erdtman G. An Introduction to Pollen Analysis. *Chronica Botanica Company*, Waltham, 1943. 270 pp.
- Chester P.I., Raine J.I. Pollen and spore keys for Quaternary deposits in the northern Pindos Mountains, Greece. *Grana* 40. 2001. P. 299–387. DOI: 10.1080/00173130152987535.

Hesse M., Zetter R., Halbritter H., Weber M., Buchner R., Frosh-Radivo A., Ulrich S. Pollen Terminology. An illustrated Handbook. Springer-Verlag, Wien, 2009. 261 pp.

İlçim A., Dadandi M. Y., Çenet M. Morphological and Palynological Studies on *Geranium tuberosum* L. (Geraniaceae). Journal of Applied Biological Sciences. 2008. Vol. 2 (3). P. 69–73.

Perveen A., Qaiser M. Geraniaceae. Pollen Flora of Pakistan. 1999. Vol. 23. P. 263–269.

Serbanescu-Jitariu G., Radulescu-Mitroiu N., Radulescu D. Morphologie du pollen chez certains representants des familles Oxalidaceae, Geraniaceae et Zygophyllaceae. Rev. roumaine. 1974. Vol. 19 (1). P. 7–27.

Stafford P.J., Blackmore S. Geraniaceae. Review of Palaeobotany and Palynology. 1991. Vol. 69. P. 49–78. DOI: [https://doi.org/10.1016/0034-6667\(91\)90066-C](https://doi.org/10.1016/0034-6667(91)90066-C).

Tofts R.J. *Geranium robertianum* L. Journ. of Ecology. 2004. Vol. 92. P. 537–555.

Weber M. The existence of a special exine coating in *Geranium robertianum* pollen. Int. J. Pl. Sci. 1996. Vol. 157 (2). P. 195–202. DOI: <http://www.journals.uchicago.edu/doi/10.1086/297338>.



ПАЛИНОЛОГИЯ – СОЛНЕЧНАЯ АКТИВНОСТЬ – ПРОГНОЗЫ КЛИМАТА

В.В. Украинцева

Ботанический институт РАН, Санкт-Петербург, Россия

PALYNOLOGY – SOLAR ACTIVITY – PROGNOSIS OF CLIMATE

V.V. Ukraintseva

Botanical Institute of Russian Academy of Sciences, St. Petersburg, Russia

Палинология – Наука мирового уровня. Палинология зарекомендовала себя широко в самых разных областях естественных наук, как в нашей стране, так и за ее пределами [Kahlke, 1986; Kahlke, Ukraintseva, 1986; Ukraintseva, Agenbroad, Mead, 1996]. В основе интерпретации данных этой науки лежит принцип оценки соответствия состава спорово-пыльцевых спектров проб современного растительного покрова (флора и растительность) и состава фоссильных спорово-пыльцевых спектров (СПС), отражающих растительный покров и климат районов исследований в настоящем и в прошлом. Коллекторами такого рода спектров являются наземные, болотные, озерные отложения, отложения морей и океанов и, конечно, отложения, вмещающие останки растениеядных животных с содержимым их желудочно-кишечных трактов [Ukraintseva, 1993; Украинцева, 2002; Ukraintseva, 2013]. Установлено, что аккумуляция пыльцы и спор растений в поверхностных слоях Земли достигает порядка многих тон [ERDMAN'S HANDBOOK OF PALYNOLOGY, 1992]. Связь между спектрами современных поверхностных проб и спектрами фоссильных проб, естественно, существует. Если есть связь между сравниваемыми компонентами, то должен быть и критерий, который эту связь выражает. Решение этой архиважной проблемы, от которой зависит объективная оценка ископаемых СПС, заложенная в формулировке спорово-пыльцевого спектра [Гричук, Заклинская, 1948], лежит на поверхности этого определения. Однако в течение многих лет решение этой проблемы не было найдено. Элемент субъективизма как был, так и оставался слабым местом спорово-пыльцевого анализа [Левковская, 1977].

Объективные ключи для оценки связи современных и фоссильных спорово-пыльцевых спектров были найдены автором – это метод оценки общего состава СПС по четырём группам растений – 1) пыльца деревьев, 2) пыльца кустарников и кустарничков, 3) пыльца трав и мелких кустарничков, 4) споры споровых растений (Рис 1, 2). Этим методом впервые было проведено изучение отложений голоцена Таймыра [Кульпина, Ловелиус, Костюкевич, 1974] и Якутии [Белорусова, Ловелиус, Кульпина (Украинцева), 1977]. Автор неуклонно следует этому методу (Рис. 1, 2) в течение всех последующих лет работы.

Данные рисунка 1 подтверждают научную истину – преимущество оценки общего состава СПС по четырем группам пыльцы и спор растений, которые отражают реально тундры южного типа в районе наших исследований. Оценка общего состава СПС по трем группам пыльцы и спор растений общего состава в тех же самых пробах (рис. 1, правая сторона) указывает на лесной характер растительности в этом районе, что искажает реальный характер современного растительного покрова в этом районе. Этот факт подтверждают и данные, приведенные на рис. 2.

Важнейший источник информации в области спорово-пыльцевого анализа – **Индексы сходства (SI)** [Украинцева, Украинцев, 2021; Ukraintseva, Ukraintsev, 2021]. Получать Индексы сходства следует по формуле: $X/Y = SI$; **X** – пыльца, споры любого ранга растений в составе фоссильных спектров; **Y** – пыльца, споры тех же самых растений в составе поверхностных проб; **SI > 0** или равно **0** (Табл. 1).

Данные рисунков 1, 2 и таблицы свидетельствуют объективно, что общий состав спорово-пыльцевых спектров, рассчитываемый по четырем группам пыльцы и спор растений – это надежный архив и монитор растительного покрова и климата в настоящем и в прошлом [Ukraintseva, 2005; Ukraintseva., Pospelov (2005); Ukraintseva, Kultin (2015); Украинцева, Украинцев, 2021; Ukraintseva, Ukraintsev, 2021].

Солнечная активность – прогнозы климата на Земле

«Мир построен на силе чисел» Пифагор Самосский (6-й век до нашей эры).

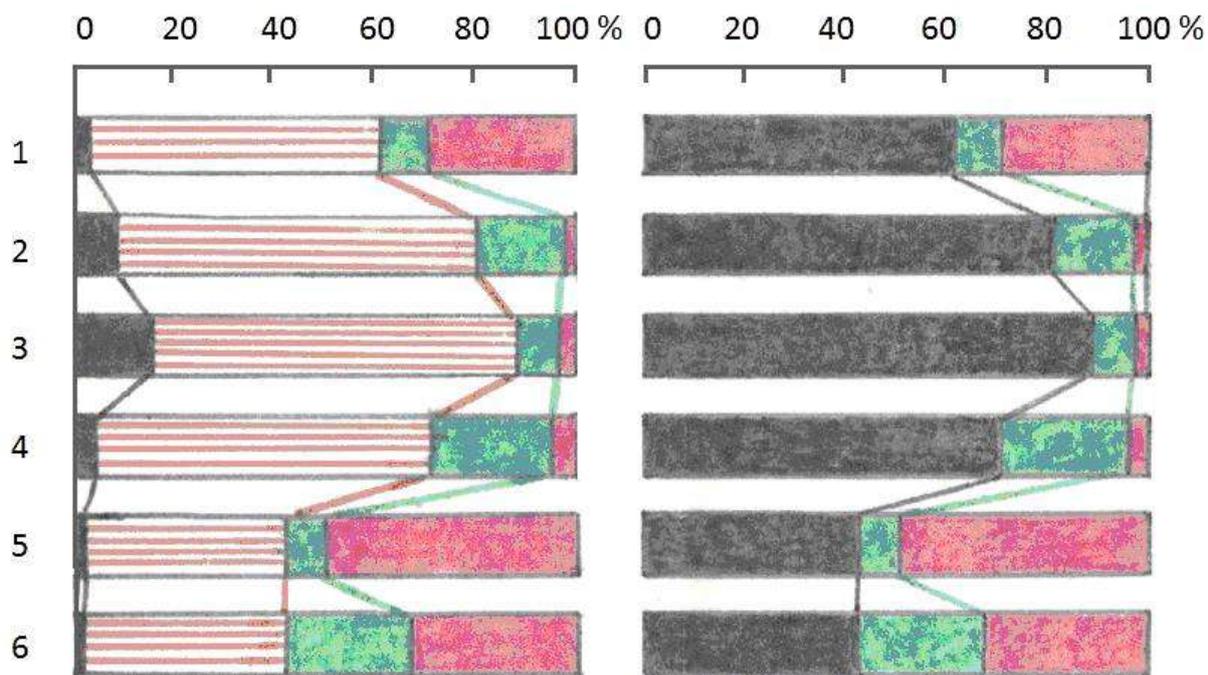


Рис. 1. Состав спорово-пыльцевых спектров поверхностных проб № 1–6, взятых по профилю на ключевом участке «Устье реки Оленья», п-ов Таймыр, при проведении геоботанических исследований [Ukrainitseva, Pospelov, 2005]. Легенда. Черный цвет – пыльца деревьев; штрих – пыльца кустарников и кустарничков; зеленый цвет – пыльца трав и мелких кустарничков; красный цвет – споры споровых растений.

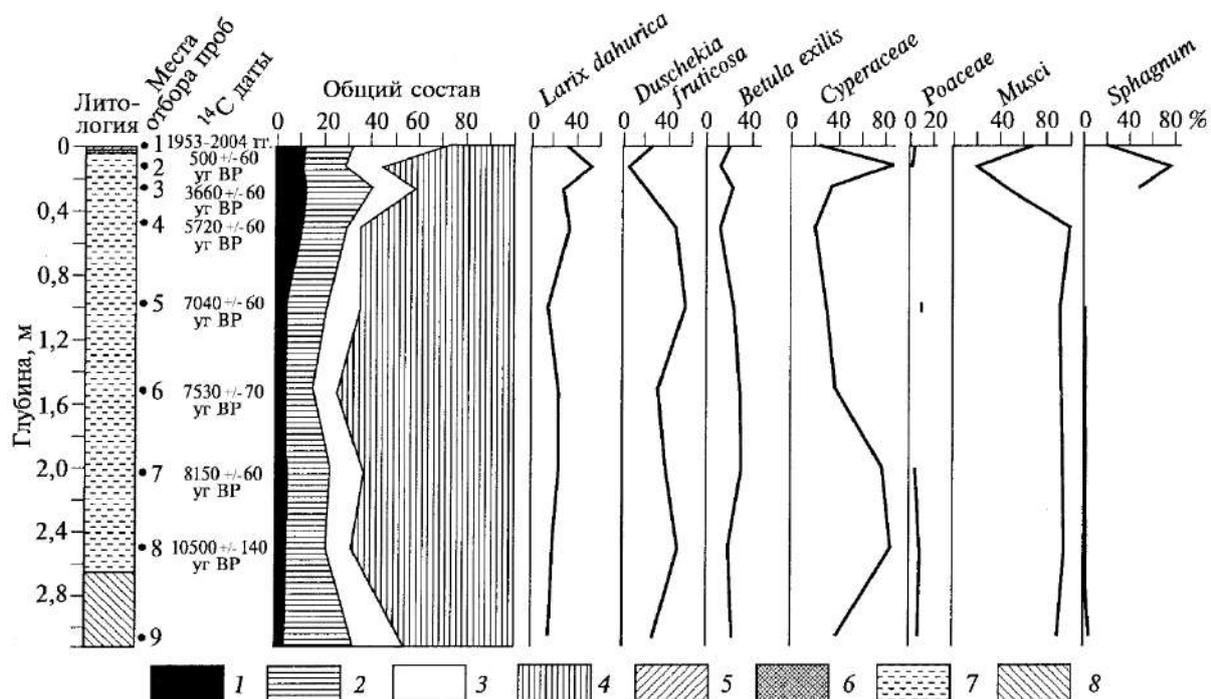


Рис. 2. Спорово-пыльцевая диаграмма отложений 2-ой надпойменной террасы реки Фомич, Юго-восток полуострова Таймыр [Ukrainitseva, Pospelov, 2005]. Легенда: 1- пыльца деревьев; 2 – пыльца кустарников и кустарничков; 3-пыльца трав и мелких кустарничков; 4 – споры Bryophyta, Pterydorphyta; литологический состав: 5 - поверхностный слой дернины, 6 - песок, 7 - торф, 8 – супесь

Так как метод Индексов сходства работает надежно на уровне биологических систем (пыльца, споры растений, диатомовые водоросли, др. организмы), то возникла идея применить

Таблица 1. Индексы сходства (SI), рассчитанные для пыльцы и спор растений в составе СПС проб взятых из торфяника 2-ой надпойменной террасы реки Фомич, п-ов Таймыр [Украинцева, Поспелов, 2005]

	Растения	<i>Larix gmlini</i> (зона)		<i>Larix gmlini</i> (фитоценоз)		<i>Duschekia fruticosa</i>		<i>Betula nana</i>		<i>Cyperacea</i>		<i>Poaceae</i>		<i>Musc</i>		<i>Sphagnum spp.</i>	
		Yeas AD/BP		SI		SI		SI		SI		SI		SI	%	SI	%
1	1953-2003гг.	12,6	1	32	1	24,1	1	21,7	1	25	1	2,2	1	68	1	20,8	1
2	500 ± 60	12	0,95	52	1,6	8,4	0,35	17,5	0,8	84,8	3,4	1,8	0,8	21,5	0,31	76,4	3,67
3	3660 ± 60	13,4	1,1	28	0,9	20	0,82	24,7	1,14	35	0			44,6	0,65	48,4	3,32
4	5720 ± 60	11,2	0,9	35,2	1,1	43,1	1,79	12,6	0,58	22	0			99,4	1,46		
5	7040 ± 60	3,6	0,28	16,3	0,5	54,5	2,26	23,2	1,06	30	1,4	10	4,5	93	1,36	0,4	0,02
6	7530 ± 70	3,7	0,29	24	0,75	30	1,24	32	1,47	36	0			94	1,38	0,8	0,04
7	8150 ± 60	5,7	0,45	24,1	0,75	35,7	1,48	33	1,52	74,7	3	4,2	1,9	95	1,39	1	0,05
8	10500 ± 140	4	0,31	19	0,59	48	1,99	20	0,92	84	3,36	8	3,6	95,6	1,4	0,3	0,01
9		3,3	0,26	8,5	0,26	34	1,41	41,5	1,9	37,4	1,5	6,7	3,0	89,5	1,32	2,4	0,11

этот метод для оценки активности Солнца, выражаемой в относительных числах Вольфа ($W m^2$). SI рассчитывали по той же формуле, что и SI в биологических системах, а именно: $X/Y = SI$, где X – количество пятен и их групп на Солнце в любом цикле и году наблюдений в прошлом; Y – количество солнечных пятен и их групп на Солнце в цикл и год современных наблюдений; SI – Индекс сходства – параметрический индекс активности Солнца, определяемый по количеству пятен и их групп на его поверхности. Итак, научный факт был установлен – метод Индексов сходства целесообразно применять и на уровне физических систем.

Солнце – главный триггер изменений климата на планете Земля. Изречение Пифагора Самосского – греческого мыслителя и математика – объективно подтверждают данные таблицы 3.2.1 [Украинцева, Украинцев, 2021] и Таблицы 4.1 [Ukrainitseva, Ukraintsev, 2021]. Низкое количество пятен на Солнце в холодные фазы (годы) его циклов (0 -50 Wm^2 чисел Вольфа) – зимы в высоких и средних широтах Земли холодные. А это пандемия черной оспы людей и животных в Канаде, Европе, России. Высокое количество пятен на Солнце (50 -150 Wm^2 и выше) в теплые фазы (годы) его активности – зимы в высоких и средних широтах Земли теплые, снежные. А это пандемия вируса COVID – 19 (Украинцева, Украинцев, 2020). Мы – земляне живем в 25-м цикле активности Солнца – 2019 – 2030 гг. Данных для этого цикла пока нет. Эти данные будут поступать из Обсерваторий мира в течение 25-го цикла солнечной активности и далее. Однако людям Земли нужен прогноз на будущее с тем, чтобы планировать их жизнь во всех отношениях. Перед нами встала архиважная задача – создать прогноз для 25-го цикла активности Солнца. Прогноз этот создан автором по закону А.И. Оля (1969), который гласит: «Два цикла солнечной активности – четный и нечетный, но не наоборот, образуют физическое единство». Закон А.И. Оля работает [Украинцева, Украинцев, 2021, таблица 3.2.1; Ukrainitseva, Ukraintsev, 2021, Table 4.1].

Проблема изменений климата в будущем – ближайшем и более отдаленном – одна из важнейших проблем современности. Над этой проблемой работают многие международные научные коллективы и международные комиссии, в том числе в России. Новый метод реконструкции и прогнозов климата, разработанный нами, базируется на зональном принципе.

При этом установлено, что прогнозирование регионального и локального уровней целесообразно выполнять с учетом фаз (лет) активности Солнца. Изменения климата глобального уровня следует выполнять на уровне циклов Солнца в целом путем наложения эпох [Украинцева, Украинцев, 2021; Ukrainitseva, Ukraintsev, 2021].

Представленные выше научные факты помогут работающим в области палинологии и в области наук о Земле раскрывать объективно как «Тайны ледниковых эпох» [Имбри Д., Имбри

К.,1988; Kukla G.1972] так и многие другие тайны планеты Земля. Вклад Волковой В.С. в раскрытие тайн формирования отложений четвертичного периода в Сибири методом спорово-пыльцевого анализа важен для Науки [Палинологи России: биографо-библиографический справочник, 2013]. Список работ В.С. Волковой будет продолжен до 2022 г.

Исследователи нашей маленькой планеты Земля всегда работали вместе на благо Науки, не различая государственных границ и национальностей [Ukrainitseva, Agenbroad, Mead, 1996].

Литература:

Белорусова Ж.М., Ловелиус Н.В., Украинцева (Культина) В.В. Палеогеография Позднего плейстоцена и Голоцена в районе находки Селериканской ископаемой лошади. - Фауна и флора Северо-востока Сибири. Ленинград: Наука, Ленинградское отделение, 1977. С. 265–278.

Erdtman's handbook of palynology, 2nd edition. Edited by Siwert Nilsson and Joseph Praglowski, 1992, Munksgaard.

Имбри Джон, Имбри Кетрин Палмер. Тайны ледниковых эпох. Полтора века в поисках разгадки. Прогресс, Москва, 1988.

Kahlke H.D. DAS EISZEITALTER. Urania-Verlag Leipzig-Jena-Berlin. 1986

Кальке Х.Д., Украинцева В.В. Позднеплиоценовая флора, растительность и фауна юга Тюрингии (округ Зюл). Ботанический журнал. Том 71. № 1. С.16 - 22. (Kahlke H.D., Ukrainitseva V.V. Late Pliocene flora, vegetation and fauna from the South of Thüringia (Zuhl District) // Botanical Journal. 1986. Vol.71. N 1. С.16–22.

Kukla, G. Boreas. 1972.1: 63. (Цит. по Имбри Д., Имбри К.П., 1988).

Культина В.В., Ловелиус Н.В., Костюкевич. Палинологическое и геохронологическое исследование голоценовых отложений в бассейне реки Новой на Таймыре. Ботанический журнал. 1974. Том 59. № 9. С. 1310–1317.

Левковская, Г.М. Современные представления о способах подсчета результатов спорово-пыльцевого анализа четвертичных отложений и построения диаграмм (Краткий обзор).

Проблемы палеогеографии. – Изд-во Ленинградского университета. 1977. С. 237-258.

Оль А.И. Проявление 22-летнего цикла в климате Земли // *Труды АНИИ.* 1968. Том 289. С.116–131.

Палинологи России: биографо-библиографический справочник. Составитель М.В. Ошуркова. Санкт-Петербург. Издательство ВСЕГЕИ. 2013./ *Palynologist of Russia : Biography – Bibliography Reference Book.* Compiled by M.V. Oshurkova. St.Petersburg. VSEGEI Press, 2013.

Ukrainitseva V.V. Vegetation Cover and Environment of the «Mammoth Epoch» in Siberia / Ed. by L. Agenbroad, J. Mead, R. Nevly. The Mammoth Site, SD, USA. 1993

Ukrainitseva V.V., Agenbroad L. D., Mead J. I. A paleoenvironmental reconstruction of the «Mammoth Epoch» of Siberia, p. 129-136. «Amerikan Beginnings». The Prehistory and Paleoecology of Beringia (1996). Edited by F. H. West. The University of Chicago Press, Chicago and London. 1996

Украинцева В.В. Растительность и климат Сибири эпохи мамонта. Красноярск. 2002. ТРУДЫ Государственного Биосферного Заповедника «Таймырский». Выпуск 4. Редакторы Н.В. Ловелиус, Ю.М. Карбаинов.

Украинцева В.В. Ukrainitseva V.V. Use of the Index Similarity for the assessment of fossil spore-pollen spectra. *Современные проблемы палеофлористики, палеофитографии и фитостратиграфии.* Труды Международной палеоботанической конференции. Москва, 17-18 мая 2005 г. 2005. Вып. 1. М.: ГЕОС. С. 314–318.

Ukrainitseva V.V., Pospelov I.N. The first data on the history and evolution of vegetation and climate in the northern part of Anabar Plateau in the Holocene. *Современные проблемы палеофлористики, палеофитогеографии и фитостратиграфии.* Труды Международной палеоботанической конференции. Москва, 17-18 мая 2005 г. 2005. Вып. 1. М.: ГЕОС. С. 319–324.

Ukrainitseva Valentina V. Mammoths and the Environment. Cambridge. 2013. Information on this title: www.cambridge.org/9781107027169

Ukrainitseva Valentina V. and Kul'tin Nikita B. Pollen Analysis and Environment // *Global Journal of Botanical Scientists.* 2015. Vol.3. P.1–8.

Украинцева В.В., Украинцев В. Б. Теплые зимы на планете Земля, их роль для понимания причин распространения пандемии вируса COVID -19// *ЭКОВЕСТНИК РФ.* 2020. № 02/2020:84–89.

Украинцева В.В., Украинцев В.Б. КЛИМАТ ЗЕМЛИ В ПРОШЛОМ, НАСТОЯЩЕМ И БУДУЩЕМ. Издание 3-е, дополненное. Санкт-Петербург. Издательство «Астерион».2021.
Valentina V. Ukraintseva, Vadim B. Ukraintsev. ENVIRONMENT AND CLIMATE OF THE EARTH: PAST, PRESENT AND FUTURE. 2021 <https://www.amazon.com/dp/B09MYSV8ZL>



ИНСОЛЯЦИЯ ЗЕМЛИ И ГЛОБАЛЬНЫЕ КЛИМАТИЧЕСКИЕ СОБЫТИЯ В ПОЗДНЕМ ГОЛОЦЕНЕ

В.М. Федоров

Московский государственный университет им. М.В.Ломоносова, Москва, fedorov.msu.@mail.ru

EARTH INSOLATION AND GLOBAL CLIMATIC EVENTS IN THE LATE HOLOCENE

V.M. Fedorov

Lomonosov Moscow State University, Moscow

Солнечная радиация является основным источником энергии, определяющим радиационный и тепловой баланс Земли. С широтными особенностями ее распределения связано зональное расположение климатических поясов. С изменением количества радиационного тепла с высотой связана высотная поясность. В регулировании поступления солнечной радиации к Земле (без учета атмосферы) и распределении ее по земной поверхности (солярный климат Земли) выделяются два механизма, имеющие различную физическую природу. Один из них связан с изменением активности Солнца. Другой определяется небесно-механическими процессами, изменяющими элементы земной орбиты: расстояние Земля – Солнце, продолжительность тропического года и др., а также наклон оси вращения и связанные с ними изменения в поступлении солнечной радиации и, ее распределении по широтам и сезонам.

В перераспределении радиационного тепла в атмосфере и океане участвуют следующие механизмы: межширотного теплообмена – меридионального переноса тепла от экваториальной области к полярным районам – «тепловая машина первого рода»; теплообмена в системе «океан – материк», связанного с реверсивной сезонной сменой областей холода и тепла – «тепловая машина второго рода»; теплообмена в системе «океан – атмосфера» [Шулейкин, 1958]; межполушарного теплообмена [Fedorov et al., 2021] и др. Важным фактором в регулировании термического режима Земли является состав атмосферы (прежде всего, водяного пара), определяющий величину альбедо – отражения приходящей от Солнца коротковолновой радиации, роль парникового эффекта планеты и его изменение.

В астрономической теории изменения климата М. Миланковичем [1939] впервые показана возможность создания климатических моделей климата на основе расчетов инсоляции. Созданную Миланковичем упрощенную модель климата, можно считать однопараметрической. При расчетах инсоляции Земли им учитывались три астрономические характеристики, влияющие на облучение, однако в качестве параметра этого облучения им учитывалась только приходящая, на 65° с.ш. в летнее калорическое полугодие, солнечная радиация. Расчеты инсоляции впоследствии выполнялись неоднократно в связи с появлением новых астрономических данных и развитием теории возмущений, однако принцип перехода от расчетов инсоляции (солярного климата) к глобальному климату Земли, по-прежнему, оставался однопараметрическим [Федоров, 2021]. Все расчеты инсоляции выполнялись на длительные периоды времени и поэтому имели низкое пространственное и временное разрешение.

Нами выполнены расчеты инсоляции Земли на период от 3000 г. до н.э. до 2999 г. н.э. с высоким пространственным и временным разрешением на основе высокоточных астрономических эфемерид, что позволило решить математическую (связанную с низким разрешением) проблему корректного перехода от солярного климата Земли к ее глобальному климату [Федоров, Костин, 2019]. Изменение активности Солнца при этом не учитывалось. На основе выполненных расчетов удалось показать, что радиационный фактор является многопараметрическим. Так с увеличением летней инсоляции увеличивается температура, то есть становится теплее. Следствием этого является увеличение испарения и повышение содержания водяного пара в атмосфере, что является причиной усиления парникового эффекта и появления дополнительного тепла. Этот процесс, многократно повторяясь, создает механизм усиления потепления климата. Кроме того, он и сам усиливается положительными обратными связями из-за сокращения площади покровных и горных ледников и морских льдов. При сокращении летней инсоляции, вероятны противоположные процессы. Однако, кроме этого радиационного фактора, найдены и другие, которыми определяются механизмы переноса радиационного тепла и которые не учитывались в астрономической теории изменения климата. Так, еще Миланковичем определено, что с уменьшением наклона оси увеличивается годовой

приход солнечной радиации в экваториальную область и сокращается в полярные районы [Миланкович, 1939]. В связи с этим нами рассчитан меридиональный градиент инсоляции и инсоляционная контрастность (сезонная и годовая), которая обобщенно, по областям источника и стока тепла отражает меридиональный градиент инсоляции. Доказано, что меридиональным градиентом инсоляции регулируется годовой перенос радиационного тепла в системе океан – атмосфера (интенсивность работы «тепловой машины первого рода») [Федоров, 2019; Cionco et al., 2020]. На основе выполненных расчетов инсоляции найдены и другие климатические параметры (факторы) облучения: инсоляционная контрастность Земли и полушарий. Инсоляционной контрастностью Земли, связанной с соотношением линии апсид и линии узлов, регулируется межполушарный теплообмен в атмосфере. Инсоляционной контрастностью полушарий регулируется теплообмен в системе океан – материк («тепловая машина второго рода»). Таким образом, однопараметрическая модель Миланковича (основанная на учете одного радиационного параметра климата – солнечной радиации в летнее калорическое полугодие на 65° с.ш.) была дополнена тремя климатическими параметрами инсоляции, регулируемыми механизмы теплообмена, переноса радиационного тепла. Эти составляющие радиационного фактора действуют одновременно, однако роль каждого из них изменяется в зависимости от характеристик орбитального движения Земли и наклона оси вращения.

Определение отмеченных климатических параметров инсоляции позволило в основном решить физические проблемы перехода от солярного климата Земли к глобальному климату и объяснить глобальные климатические события позднего голоцена (феноменологическая модель) [Федоров и др., 2020; Федоров, 2021; Fedorov et al., 2021].

Малый ледниковый период (МЛП) – событие, достоверно установленное в климатической истории Земли. Наиболее заметно оно проявилось в Европе, Северной Атлантике и Северной Америке (т. е. в северном полушарии Земли). Временной интервал события достаточно протяженный и определяется приблизительно с 1300 по 1880 гг., с максимумом в период с 1550 по 1880 гг. Таким образом, это событие можно считать имеющим глобальный пространственный и временной масштаб. Оно широко известно, как по полотнам Питера (Старшего) Брейгеля (1525–1569) и Хендрика Аверкампа (1585–1634), так и по многочисленным историческим свидетельствам и научным публикациям [Fedorov et al., 2021]. В качестве основных причин МЛП называют уменьшение солнечной активности, увеличение вулканической активности, особенности циркуляционных процессов в атмосфере и океане. Однако, при этом не указываются причины, связанные с изменением инсоляционной сезонности и летней инсоляции северного полушария.

На основе полученных значений инсоляции вычислялась летняя инсоляция Северного полушария. При этом значения инсоляции в Дж/м² делением на рассчитанную продолжительность соответствующих тропических лет были переведены в значения интенсивности инсоляции Вт/м². Размах изменения летней инсоляции на всем интервале составляет 7.7 Вт/м², или 1.84 % от среднего значения. Минимум летней инсоляции, локализуется в интервале приблизительно от 1400 до 1750 года (рис. 1).

Таким образом, с глубоким и продолжительным минимумом летней инсоляции в Северном полушарии может быть связано глобальное климатическое событие позднего голоцена – Малый ледниковый период (приблизительно XV век – середине XIX века). Максимальное сокращение летней инсоляции в минимуме относительно современного значения, относительно невелико – 0.5 Вт/м². Однако, это был самый глубокий минимум летней инсоляции в Северном полушарии за последние 5000 лет.

Широким масштабам экспансии викингов (Фарерские острова, Исландия, Гренландия, Северная Америка) способствовало значительное потепление в Западной Европе и в Северной Атлантике в период VIII–XIV вв. [Борисенков, Пасецкий, 1988; Изменение климата, 1980; Fedorov et al., 2021]. Согласно исландским сагам, около 1000 г. Лейв Эрикссон открыл на западе от Гренландии новую страну, очевидно Северную Америку. Он поселился в области, которую назвал Винланд (север о. Ньюфаунленд). Отправной точкой для плавания в Винланд стала колония норманнов в Гренландии, основанная Эйриком Рыжим в 986 г. и просуществовавшая до конца XIV века (до начала малого ледникового периода).

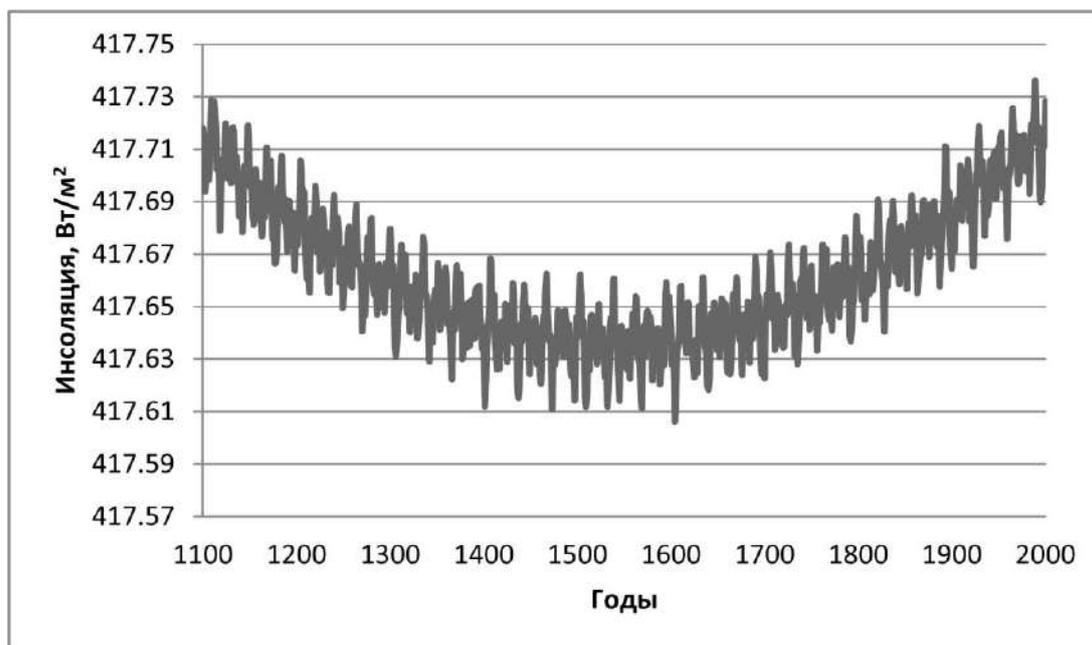


Рис. 1. Локализация минимума летней инсоляции Северного полушария

Археологические и другие исторические свидетельства, результаты аналитических исследований свидетельствуют о том, что эпоха малого климатического оптимума продолжалась приблизительно от 700 до 1300 г. н.э. Средняя летняя температуры в Европе и Северной Америке в этот период более чем на 1° превышала значения предшествующего времени [Изменение климата, 1980]. В докладе МГЭИК (2013 года) признается реальность теплой средневековой климатической аномалии (Medieval Climate Anomaly) в период с 950 по 1250 годы.

Нами рассчитывалась сезонная инсоляционная контрастность (ИК) для полушарий (ИК связана с изменениями наклона оси вращения и прецессией). Расчеты ИК выполнялись с учетом сезонного смещения областей источника (0° – 40°) и стока (40° – 90°) тепла для зимнего (астрономического) в полушарии полугодия. И областей источника (0° – 60°) и стока (60° – 90°) тепла для летнего (астрономического) в полушарии полугодия. Изменение инсоляционной контрастности обобщенно (по областям источника и стока тепла) отражает изменение меридионального градиента инсоляции, регулирующего меридиональный перенос энергии в системе океан – атмосфера [Федоров, 2019]. Из полученных результатов следует, что максимум зимней ИК в Северном полушарии синхронизируется со средневековым оптимумом голоцена (рис. 2).

Зимняя ИК в Северном полушарии в 3000 г. до н.э. составляет 1863.72 Вт/м^2 , в 1023 г. (максимум зимней ИК в полушарии) 1891.62 Вт/м^2 , в настоящее время (2020 г.) 1889.60 Вт/м^2 . Максимальное значение зимней ИК в Северном полушарии превышает значение ИК в 3000 г. до н.э. на 27.90 Вт/м^2 и современное значение на 2.02 Вт/м^2 . Таким образом, вероятно, что одним из факторов средневекового климатического оптимума является максимум зимней ИК в Северном полушарии.

То есть, средневековый климатический оптимум связан, прежде всего, с зимним потеплением в Северном полушарии из-за максимума в интенсивности меридионального переноса радиационного тепла.

Возможна и вторая причина средневекового климатического оптимума, связанная с радиационным фактором (инсоляционной сезонностью Земли). При движении в первое астрономическое полугодие от точки весеннего равноденствия к точке осеннего равноденствия (в Северном полушарии в это время лето, в Южном полушарии – зима) Земля (в позднем голоцене) получает меньше солнечной радиации, чем во второе астрономическое полугодие при движении от точки осеннего равноденствия к точке весеннего равноденствия. Вблизи

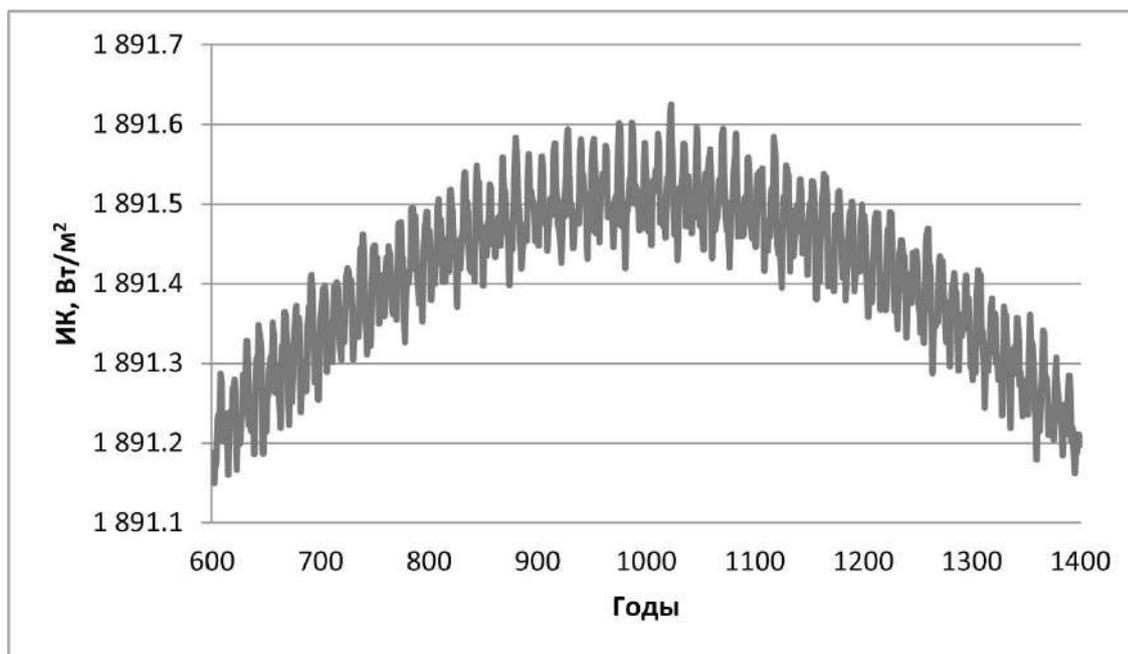


Рис. 2. Максимум зимней ИК в Северном полушарии

начала первого тысячелетия нашей эры отмечается максимальное различие в инсоляции Земли по астрономическим полугодиям.

Во второе астрономическое полугодие Земля получает больше солнечной радиации, чем в первое полугодие. Максимальная разница инсоляции Земли в первое и второе астрономическое полугодие составляет около 14 Вт/м^2 .

Разностью между летней инсоляцией одного полушария и зимней инсоляцией другого полушария, регулируется интенсивность межполушарного теплообмена [Fedorov et al., 2021]. Нами рассчитывалась разница летней инсоляции в Южном полушарии и зимней инсоляции в Северном полушарии. Затем также рассчитывалась разница между летней инсоляцией в Северном полушарии и зимней инсоляцией в Южном полушарии. Определено, что перенос радиационного тепла из летнего Южного полушария в зимнее Северное полушарие превосходит перенос тепла из летнего Северного полушария в Южное зимнее полушарие. При этом максимум в различиях межполушарного теплообмена приходится приблизительно на 850–1000 гг. Значения различий межполушарного переноса радиационного тепла в полушариях в 3000 г. до н.э. составляют 2.59 Вт/м^2 , а в м максимуме – 7.57 Вт/м^2 . То есть увеличение от начала позднего голоцена до максимума, который приходится на период от 850 до 1000 гг. составляет около 5 Вт/м^2 .

Таким образом, найдена синхронность между экстремальными значениями характеристик инсоляции и глобальными климатическими событиями позднего голоцена. Определена роль отдельных параметров радиационного фактора в изменениях глобального климата в позднеголоценовой истории Земли. Результаты анализа распределения характеристик инсоляции указывают на то, что основной причиной малого ледникового периода является продолжительный и глубокий минимум летней инсоляции в Северном полушарии. Минимальные значения летней инсоляции фиксируются в диапазоне приблизительно 1400–1750 гг. Глубина минимума летней инсоляции в Северном полушарии за последние 5000 лет составляет около 7.7 Вт/м^2 .

Средневековый климатический оптимум связан с зимним максимумом инсоляционной контрастности в Северном полушарии, отражающим усиление меридионального переноса тепла в зимнее полугодие из экваториальной области в полярные районы, а также с максимумом межполушарного теплообмена. Увеличение зимней ИК в максимуме (1023 г.) относительно 3000 г. до н.э. составляет 27.9 Вт/м^2 . То есть, глобальные события позднего голоцена связаны с экстремумами характеристик инсоляции.

Следовательно, при реконструкции и прогнозировании глобальных климатических событий важно учитывать не только вариации приходящей радиации, но и связанные с ними, изменения характеристик инсоляции (инсоляционная контрастность и инсоляционная сезонность Земли и полушарий), отражающих механизмы теплообмена. Отмеченные характеристики инсоляции, отражающие механизмы теплообмена не учитываются в астрономической теории климата. Учет инсоляционных характеристик, отражающих не только вариации в приходе солнечной радиации, но и вариации в механизмах теплообмена, может способствовать дальнейшему развитию астрономической теории климата и разработке физико-математических моделей климата нового поколения.

Литература:

Борисенков Е.П., Пасецкий В.М. Тысячелетняя летопись необычайных явлений природы. М.: Мысль, 1988. 524 с.

Изменение климата. Л.: Гидрометеиздат, 1980. Ред. Дж. Гриббин. 360 с.

Миланкович М. Математическая климатология и астрономическая теория колебаний климата. М.–Л.: ГОНТИ, 1939. 208 с.

Федоров В. М. Проблема меридионального переноса тепла в астрономической теории климата // Геофизические процессы и биосфера. 2019. Т. 18. № 3. С. 117–128. DOI:10.21455/GPB1019.3-8)

Федоров В.М., Костин А.А. Вычисление инсоляции Земли для периода от 3000 г. до н.э. до 2999 г. н.э // Процессы в геосредах. 2019. № 2. С. 254–262

Федоров В.М., Костин А.А., Фролов Д.М. Влияние формы Земли на характеристики ее облучения // Геофизические процессы и биосфера. 2020. Т. 19. № 3. С. 119–130. DOI: 10.21455/GPB2020.3-7.

Федоров В.М. Астрономическая теория климата: вопросы модернизации и развития // Гидрометеорология и экология, 2021. № 64. С. 435–465. DOI: 10.33933/2713-3001-2021-64-435-465

Шулейкин В.В. Физика моря. М.: АН СССР, 1953. 990 с.

Cionco R.G., Soon W. W.-H., Quaranta N.E. On the calculation of latitudinal insolation gradients throughout the Holocene // Advances in Space Research. 2020. V. 66. P. 720–742.

Fedorov V.M., Frolov D.M., Cionco R.G., Soon W.W-H, Velasco Herrera V.M. Role of the radiation factor in global climate events of the late holocene // Izvestiya – Atmospheric and Oceanic Physics. 2021. V. 57. № 10. С. 1239–1253 DOI: 10.1134/S0001433821100030.



**ПРИРОДНАЯ СРЕДА И РАСТИТЕЛЬНОСТЬ КАРЕЛИИ ПОСЛЕ ДЕГРАДАЦИИ
ВЕРХНЕВАЛДАЙСКОГО ОЛЕДЕНЕНИЯ
(ПО ДАННЫМ ПАЛЕОБОТАНИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ)**

Л.В. Филимонова¹, Н.Б. Лаврова²

¹Институт биологии КарНЦ РАН, Петрозаводск, filimonovaluda@mail.ru

²Институт геологии КарНЦ РАН, Петрозаводск, lavrova@krc.karelia.ru

**THE NATURAL ENVIRONMENT AND VEGETATION OF KARELIA AFTER
THE DEGRADATION OF THE LATE WEICHSELIAN GLACIATION
(ACCORDING TO PALEOBOTANICAL STUDIES)**

L.V. Filimonova¹, N.B. Lavrova²

¹Institute of Biology Karelian Research Centre RAS, Petrozavodsk

²Institute of Geology Karelian Research Centre RAS, Petrozavodsk

Выполнены реконструкции растительности и природной среды позднеледниковья верхневалдайского оледенения Карелии на основе результатов палинологических и макрофоссильных исследований. При этом использованы авторские и литературные данные, полученные для среднего дриаса, аллерёда и позднего дриаса (12350–10300 л.н. / 14450–12000 кал. л.н.), привлечены геоботанические описания растительных сообществ из тундры и лесотундры. Рассмотрены особенности состава и формирования спорово-пыльцевых спектров (СПС). Установлено, что в СПС позднеледниковых отложений Карелии представлены микрофоссилии растений из окружающих местообитаний, переотложенные и дальнезаносные пыльцевые зерна (п.з.). Большая их часть, скорее всего, была принесена ветром с территорий, находящихся вне пределов Карелии, часть переотложена при размыве или эрозии более древних осадков; вклад местной пылицы незначительный. Это подтверждено данными расчета концентрации пылицы в осадках с использованием метода «маркирующих» спор [по: Stockmarr, 1971]. Так, согласно данным по разрезу Тамбичозеро, в СПС аллерёда доля пылицы березы составляла 40 % от суммы пылицы и спор, а концентрация в отложениях – всего 10–15 тыс. п.з. в 1 см³. В СПС бореала эти значения были 50–60 % и 200–250 тыс. п.з., соответственно [Wohlfarth et al., 2002]. Низкая концентрация пылицы березы и других древесных растений в отложениях аллерёда и позднего дриаса свидетельствует об отсутствии или незначительном участии их в растительном покрове. Косвенным подтверждением переотложения является встречаемость в отложениях позднеледниковья дочетвертичных микрофоссилий.

В результате выполненного географического анализа ископаемой флоры [Лаврова, Филимонова, 2018] установлено, что большинство видов растений имеет циркумполярное распространение, несколько меньше видов с евразийскими ареалами; третье место делят голарктические, циркумбореальные и европейские виды. Во флоре представлены арктоальпийские, гипоарктические, арктические, степные и бореальные виды. По микро- и макрофоссилиям идентифицированы растения лесных, тундровых, лесотундровых, степных и луговых сообществ, пионерных группировок на несформированных и нарушенных почвогрунтах, каменистых и щебнистых субстратах.

Выявлены растения индикаторы экологических условий позднеледникового времени. Они характеризуются разными требованиями к тепло- и влагообеспеченности, гранулометрическому и геохимическому составу подстилающих отложений. Преобладали криофильные виды, произрастающие в настоящее время чаще всего в тундре и лесотундре. Некоторые из них, так называемые микротермы, распространены на территориях с более холодным и континентальным климатом (*Alnaster fruticosus*, *Melandrium angustiflorum*, *Saxifraga oppositifolia*, *Thalictrum alpinum*). Менее многочисленна группа растений индифферентных к температурам (*Ephedra* spp., *Eurotia ceratoides*, *Kochia prostrata*).

Признаком контрастного увлажнения, присущего природным условиям позднеледниковья, может служить одновременное присутствие в отложениях этого времени пылицы растений ксерофитов (*Ephedra* spp., *Eurotia ceratoides*, *Kochia prostrata*, *K. scoparia*), мезофитов (*Arctostaphylos alpina*, *Atriplex nudicaulis*, *Chamaepericlymenum suecicum*, *Chenopodium album*, *Ch. polyspermum*, *Dryas octopetala*) и гигрофитов (*Caltha palustris*, *Rorippa islandica*, *Scirpus sylvaticus*, *Valeriana officinalis*). Контрастность увлажнения местообитаний была обусловлена тем, что в

приледниковой зоне на фоне сухого континентального климата создавалась повышенная влажность грунтов, связанная с таянием ледника, многолетней мерзлоты и массивов мертвого льда, а также наличием приледниковых озер, постоянно меняющих свои размеры и конфигурацию.

В качестве индикатора широкого распространения песчаной, супесчаной и гравийной морены, флювиогляциальных песков, а также литоральных песчано-гравийных отложений, лишенных почвенного покрова, может служить пыльца петрофитов (*Alnaster fruticosus*, *Criptogramma crispa*, *Saxifraga nivalis*, *S. oppositifolia*) и псаммофитов (*Chenopodium polyspermum*, *Hippophaë rhamnoides*). Присутствие в палиноспектрах позднеледниковья пыльцы *Chenopodium album*, *Ch. rubrum*, *Kochia scoparia* подтверждает существование в это время несформированных и нарушенных почвогрунтов, которые образовывались в результате эрозии и солифлюкции. Пыльца галофитов (*Atriplex nudicaulis*, *Salicornia europaea*, *Salsola kali*) является индикатором засоленных грунтов, *Alnaster fruticosus* – наличия многолетней мерзлоты. Хионофобы (*Dryas octopetala*, *Saxifraga oppositifolia*) свидетельствуют о существовании участков, лишенных снежного покрова, которые создавались под действием сильных стоковых ветров, дующих с ледника. Хионофилы (*Alnaster fruticosus*, *Oxyria digyna*, *Saxifraga nivalis*) указывают на образование нивальных местообитаний у склонов возвышенностей, для которых характерно скопление снега. Встреченная в отложениях пыльца гелиофитов (*Ephedra* spp., *Eurotia ceratoides*, *Helianthemum nummularium*, *Hippophaë rhamnoides*, *Pleurospermum*) подтверждает несомкнутость растительного покрова.

Выполненный географический и экологический анализ ископаемой флоры, определение концентрации пыльцы и проведенное обобщение литературных и авторских палеогеографических данных позволили получить более достоверные реконструкции растительности и окружающей среды в позднеледниковье.

Глобальное потепление климата в беллинге (~13000 ¹⁴С. л. н.) [Lundqvist, Saarnisto, 1995] вызвало деградацию ледникового покрова, образование приледниковых водоемов и появление открытых участков суши на территории Карелии. Увеличение площади в дальнейшем происходило по мере ее освобождения от ледника и падения уровня водоемов в результате изостатического подъема Фенноскандинавского кристаллического щита, опущенного ранее под ледниковой нагрузкой. Существенное значение для формирования растительного покрова имел характер рельефа: расчлененность, ярусность и другие его особенности, которые определяли различные варианты воздействия солнечной радиации, снежного покрова, осадков и ветра. Определенную роль играли мощность, гранулометрический и геохимический состав четвертичных отложений, а также их генезис. Щебнисто-каменистые, нарушенные, несформированные и выщелоченные под воздействием талых вод грунты, участки прибрежные и с многолетней мерзлотой создавали специфические условия, в соответствии с которыми шло формирование разнообразных растительных сообществ.

Появление открытого субстрата, присутствие в нем, а также в поступающих талых водах даже незначительных количеств элементов минерального питания обеспечили условия для расселения растений, которое осуществлялось путем переноса диаспор водными и воздушными потоками. Для каменистых местообитаний и скальных обнажений, освободившихся ото льда, были характерны лишайники и печеночные мхи, которые играли важную роль в подготовке субстрата для высших растений. Первыми поселялись виды, нетребовательные к условиям обитания, обеспеченности водой и обладающие устойчивостью к смене температур (*Dryas octopetala*, *Eurotia ceratoides*, *Oxyria digyna*, *Saxifraga oppositifolia*, *Thalictrum alpinum*, представители родов *Artemisia*, *Draba* и семейства *Chenopodiaceae*). В пионерные травяно-кустарничковые группировки затем внедрялись новые виды растений. При этом в условиях несомкнутого растительного покрова или его отсутствия, то есть когда не было конкуренции, некоторые растения, по-видимому, имели более широкую эколого-ценотическую амплитуду, чем в настоящее время, и поселялись там, куда попадали их диаспоры. В дальнейшем они могли быть вытеснены более приспособленными к этим условиям видами в характерные для них местообитания.

На каменистых россыпях, сложенных крупными обломками, могли встречаться дриадовые тундроподобные сообщества (*Dryas octopetala*, *Saxifraga oppositifolia*, виды рода *Draba*, семейств *Caryophyllaceae* и *Juncaceae*). К сухим повышенным местообитаниям с каменисто-щебнистыми,

песчаными и супесчаными грунтами были приурочены кустарничково-лишайниковые и ксерофильные травяно-кустарничково-зеленомошные сообщества, в которые входили растения, приспособленные к недостатку воды, низким температурам и сильным ветрам (*Botrychium boreale*, *Diphasiastrum alpinum*, *Dryas octopetala*, *Huperzia appressum*, *Lycopodium pungens*, *Saxifraga oppositifolia*, *Thalictrum alpinum* и представители таксонов *Polemonium*, *Empetrum*, Ericales, Bryopsida). Более влажные местообитания на склонах гряд и холмов, небольшие депрессии рельефа занимали ерниковые и ерниково-зеленомошные ценозы (*Betula nana*, *Chamaepericlymenum suecicum*, *Dryas octopetala*, *Juniperus communis*, *Lycopodium pungens*, *Polygonum bistorta*, *Rubus chamaemorus*, *Selaginella selaginoides*, *Empetrum*, *Salix* spp., Ericales, Bryopsida и др.). В защищенных от ветра ложбинах с обильным увлажнением, часто у подножия склонов и близ водоемов, а также в местах, где долго задерживался снег, формировались ивовые тундровые сообщества (*Salix herbacea*, *S. reticulata*, *Betula nana*, *Allium*, *Chamaepericlymenum siecicum*, *Lycopodium pungens*, *Rubus chamaemorus*, виды семейств Apiaceae, Caryophyllaceae, Ranunculaceae). К этим же местообитаниям, возможно, были приурочены и тундровые лугоподобные сообщества, в состав которых входили *Filipendula ulmaria*, *Polygonum bistorta*, *P. viviparum*, *Sanguisorba officinalis*, *Selaginella selaginoides*, *Thalictrum alpinum*, *Valeriana officinalis*, виды из семейств Apiaceae, Brassicaceae, Caryophyllaceae, Lamiaceae, Primulaceae, Ranunculaceae, Rosaceae и некоторые другие.

Вдоль ручьев и на берегах озер встречались ерники сфагновые, сообщества осок и злаков. Представители семейств Cyperaceae (*Scirpus sylvaticus*, *Carex* spp.) и Poaceae (*Phragmites australis* и др.), а также *Myriophyllum alterniflorum*, *M. spicatum*, *M. verticillatum*, *Nymphaea alba*, *Typha angustifolia*, *T. latifolia*, *Batrachium*, *Potamogeton* spp., *Sparganium*, водоросли *Chara*, *Nitella*, мох *Warnstorfia exannulata* участвовали в зарастании мелководий. Этот процесс сдерживался высоким уровнем палеозер, поступлением холодных талых вод и суровыми климатическими условиями. Состав диатомовых [Шелехова и др., 2005] и зеленых водорослей *Pediastrum* (*P. integrum* var. *integrum*, *P. kawraiskyi*, *P. privum*) был характерен для холодных, глубоководных, олиготрофных водоемов.

На засоленных участках с многолетней мерзлотой селились *Armeria*, *Artemisia*, *Ephedra* spp., *Hippophaë rhamnoides*, *Plantago maritima*, *Salicornia herbacea*, *Salsola kali* и некоторые другие растения, способные выносить засоление верхних слоев почв. Установлено, что в растительном покрове преобладали полыни (*Artemisia*) и маревые (Chenopodiaceae). Полыни были типичны для более или менее сухих местообитаний, а также вместе с другими галофитами произрастали на засоленных участках территории. Перигляциальные полынно-маревые палеосообщества со злаками и набором ксерофильных растений (*Artemisia*, *Botrychium boreale*, *Diphasiastrum alpinum*, *Ephedra* spp., *Eurotia ceratoides*, *Helianthemum nummularium*, *Kochia laniflora*, *K. scoparia*, *K. prostrata*, *Oxyria digyna*) встречались на песчаной и супесчаной морене. Некоторые представители маревых (*Chenopodium album*, *Ch. foliosum*, *Ch. polyspermum*, *Ch. rubrum*) выступали пионерами зарастания обводненного, более или менее засоленного, глинистого, а также песчаного и супесчаного субстрата, освобождавшегося при падении уровня водоема.

Согласно полученным данным по концентрации пыльцы, участие древесных пород в растительном покрове было незначительным. Идентифицирована пыльца *B. pubescens*, *B. czerepanovii*, *Alnus incana*, *Alnaster fruticosus*, *Pinus sylvestris*, *Picea abies* и *Larix sibirica*. Указанные виды древесные растения произрастали единично, а также формировали небольшие лесотундровые сообщества в благоприятных для них местообитаниях. Редколесья из *Betula czerepanovii* были приурочены к сухим щебнисто-каменистыми песчаным субстратам, встречались на склонах гряд, а также холмов с достаточно высокими гипсометрическими отметками. *Betula pubescens* предпочитала более влажные и благоприятные грунтовые условия, защищенные от ветра местообитания. Сообщества с ее доминированием и участием кустарников (*Betula nana*, *Juniperus*), кустарничков (*Empetrum*, Ericales) и плаунов (*Diphasiastrum alpinum*, *Huperzia selago*, *Lycopodium pungens*) встречались на равнинах и склонах холмов. У их подножий, в различных обильно увлажняющихся депрессиях рельефа и у водоемов преимущественное распространение имели крупнотравные березовые сообщества. В их состав часто входила *Alnus incana*. Создавала она и чистые заросли на побережьях озер, близ рек и ручьев. Как и береза,

ольха – пионерное растение, она в числе первых древесных пород заселяла освобождающуюся ото льда и воды территорию.

Низкая концентрация пыльцы, присутствие в отложениях пыльцы гелиофитов и находки *Cenococcum geophilum* [Wohlfarth et al., 2002], который является индикатором оголенных субстратов, свидетельствуют о том, что растительный покров Карелии в позднеледниковое время был несомкнутым: участки, занятые палеосообществами, чередовались с оголенными субстратами. Разнообразные экологические условия создавали пеструю гамму местообитаний, определивших его специфичность и мозаичность. Установлено, что на протяжении всего позднеледниковья была высока роль растительных сообществ щебнистых и каменистых субстратов, а также временных группировок нарушенных и несформированных почвогрунтов. Территория южной и юго-восточной Карелии характеризовалась длительным существованием перигляциальных травянистых и тундровых группировок из-за продолжительного сохранения полей мертвого льда, которые сдерживали развитие растительности. В центральной и западной Карелии, освобождавшейся от ледникового покрова на протяжении аллереда и позднего дриаса, распространение растений происходило синхронно времени его отступления. Это объясняется тем, что на заключительных этапах дегляциации Карелии ледник, продвигаясь по прочным кристаллическим породам Фенноскандинавского щита, практически не содержал обломки горных пород и потому таял быстро, без формирования обширных полей мертвого льда [Демидов, 2005].

Согласно полученным данным, на протяжении аллереда в юго-восточной Карелии и в бассейне Онежского озера на суглинистых субстратах наибольшее распространение имели тундровые ерниковые и ерnikово-зеленомошные ценозы. Преобладание на Олонецкой возвышенности песчаной и супесчаной морены, со свойственной ей значительной дренирующей способностью, определило преимущественное развитие ксерофильных полынно-маревых палеосообществ. Глобальное понижение тепло- и влагообеспеченности в позднем дриасе вызвало сокращение площадей, занятых тундровыми ценозами, в пользу полынно-маревых. Таким образом, изменения климатических условий во время позднеледниковых стадийных похолоданий и межстадиального потепления приводили к перераспределению площадей, занимаемых различными палеосообществами. При этом состав флоры оставался практически неизменным, поскольку экологические требования идентифицированных видов растений позволяли им адаптироваться к меняющимся условиям среды.

Обобщение материалов проведено в рамках выполнения государственного задания КарНЦ РАН (Институт биологии КарНЦ РАН – FNEN-2022-008, тема № 122031700449-3, Институт геологии КарНЦ РАН – тема АААА-А18-118020690231-1).

Литература:

Демидов И.Н. Деграция последнего оледенения в бассейне Онежского озера // Геология и полезные ископаемые Карелии. Вып. 8. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2005. С. 134–142.

Лаврова Н.Б., Филимонова Л.В. Использование анализа состава ископаемой флоры для реконструкции растительности и палеоэкологических условий позднеледниковья Карелии // Труды КарНЦ РАН. 2018. № 10. С. 27–43. DOI: 10.17076/eco882

Шелехова Т.С., Васько О.В., Демидов И.Н. Палеоэкологические условия развития северо-западного Прионежья в позднеледниковье и голоцене // Геология и полезные ископаемые Карелии. Вып.8. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2005. С. 149–157.

Lundqvist J., Saarnisto M. Summary of project IGCP-253 // Quaternary international. 1995. Vol. 28. P. 9–17.

Stockmarr J. Tablets with spores used in absolute pollen analysis // Pollen et spores. Vol. 13. P. 614–621.

Wohlfarth B., Filimonova L., Bennike O., Björkman L., Lavrova N., Demidov I., Possnert G. Late-Glacial and Early Holocene Environmental and Climatic Change at Lake Tambichozero, Southeastern Russian Karelia // Quaternary Research. 2002. N 58. P. 261–272.



**ПАЛИНОЛОГИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ НАЧАЛЬНОЙ ФАЗЫ МИКУЛИНСКОГО
МЕЖЛЕДНИКОВЬЯ В ВЕРХОВЬЯХ ВОЛГИ (ПО ДАННЫМ ИЗУЧЕНИЯ РАЗРЕЗА НА
Р. МАЛАЯ КОША)**

**А.П. Фоменко^{1,2}, Л.А. Савельева¹, Ф.Е. Максимов¹, А.Ю. Петров¹, В.А. Григорьев¹, С.С.
Попова², В.Ю. Кузнецов^{1,3}, Н.А. Костромин^{1,4}, Д.В. Баранов⁵**

¹Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург,
fomenko.antonina@gmail.com

²Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Санкт-Петербург

³Российский государственный университет им. А.И. Герцена, Санкт-Петербург,

⁴ФГБУ «ВНИИОкеангеология», Санкт-Петербург

⁵Институт географии РАН, Москва

**POLLEN COMPLEXES OF THE MIKULINO (EEMIAN) INTERGLACIAL'S INITIAL
PHASE IN THE UPPER VOLGA BASIN (ACCORDING TO THE STUDY OF THE MALAYA
KOSHA RIVER SECTION)**

**A.P. Fomenko^{1,2}, L.A. Savelieva¹, F.E. Maksimov¹, A.Yu. Petrov¹, V.A. Grigoriev¹, S.S. Popova²,
V.Yu. Kuznetsov^{1,3}, N.A. Kostromina^{1,4}, D.V. Baranov⁵**

¹Saint-Petersburg State University, Saint-Petersburg

²Komarov Botanical Institute, Saint-Petersburg

³The Herzen State Pedagogical University of Russia, Saint-Petersburg

⁴VNIIOkeangeologiya, Saint-Petersburg

⁵Institute of Geography RAS, Moscow

Микулинское межледниковье – последнее межледниковье на Северо-Западе Русской Равнины, коррелирующее с земским интергляциалом. До сих пор геохронологические границы этого временного интервала остаются предметом дискуссий, в том числе из-за ограниченного числа методов абсолютного датирования, которые могут быть применены к отложениям такого возраста.

К настоящему времени уран-ториевым (²³⁰Th/U) методом получено несколько дат для начальной фазы микулинского межледниковья из разрезов Восточно-Европейской Равнины. Сопряжённые геохронологические и палеоботанические исследования показали, что временному интервалу подстадии МИС-5е отвечают только пыльцевые зоны М1-М4, выделенные в органогенных отложениях из разрезов на р. Большая Дубёнка и на р. Каспля [Максимов и др., 2020; Максимов и др., 2021; Фоменко и др., 2021; Максимов и др., 2022, в печати].

Осенью 2021 г. коллективом лаборатории «Геоморфологических и палеогеографических исследований полярных регионов и Мирового океана им В.П. Кёппена» Института наук о Земле СПбГУ были продолжены полевые работы на территории Северо-Запада Русской Равнины с целью поиска разрезов с известной стратиграфической позицией [Савельева и др., 2021]. В результате был обнаружен разрез, расположенный за предполагаемой границей максимального распространения валдайского оледенения [Lasberg et al., 2014].

Микулинские отложения мощностью 2.6 м вскрыты на правом берегу р. Малая Коша (56°43.460' с.ш., 33°44.484' в.д.). Первые упоминания об этом разрезе встречаются в трудах конца XIX в. и начала XX в. [Семёненко, Козлов, 1974]. Впоследствии обнажение было подробно изучено в ходе геологического картирования территории бассейна Верхней Волги [Чеботарёва и др., 1961]. С целью уточнения относительного возраста отложений позже было проведено повторное изучение разреза методом спорово-пыльцевого анализа [Ананова и др., 1973].

Описание вскрытых в 2021 г. отложений (снизу вверх): 2.6-2.3 м – серо-голубые глины; 2.3-2.2 м – переходный слой между глинами и гиттией; 2.2-0.38 м – тёмно-синяя гиттия; 0.38-0 м – серый суглинок. Выше залегают глины шоколадного цвета. Образцы на спорово-пыльцевой и палеокарпологический анализы, а также ²³⁰Th/U метод датирования были отобраны с высоким разрешением.

Всего методом спорово-пыльцевого анализа изучено 44 образца с интервалом 8 см, на контакте слоёв интервал учащён до 2 см. Обработка проб проводилась по стандартной методике с использованием тяжёлой жидкости [Гричук, Заклинская, 1948]. В каждую пробу были

добавлены таблетки со спорами-индикаторами *Lycopodium* для подсчёта концентрации пыльцы [Stockmarr, 1971].

Проведённые микропалеоботанические исследования позволили сделать вывод о том, что отложения начали формироваться в начале микулинского межледниковья. Всего выделено семь палинологических комплексов, соответствующих климатостратиграфическим зонам М1-М6 [Гричук, 1989]. В данной работе мы рассмотрим лишь зоны М1-М4, соответствующие переходу от московского оледенения к микулинскому межледниковью и начальной фазе межледниковья.

Согласно результатам спорово-пыльцевого анализа переход от московского оледенения к эпохе микулинского межледниковья (зона М1) выделен в серо-голубых глинах и характеризуется «нижним» максимумом пыльцы *Picea* (21%). В спектрах доминирует пыльца *Pinus* (более 60%), отмечено присутствие карликовой берёзки *Betula nana*. Наблюдается довольно скудное разнообразие пыльцы трав, которые в основном представлены семействами Poaceae и Cyperaceae.

В первую половину начальной фазы межледниковья (зона М2) на территории распространялись берёзово-сосновые леса с участием ивы и эфедры в относительно прохладных климатических условиях. Среди трав преобладали *Artemisia*, Poaceae, Cyperaceae. Споровые растения были представлены папоротниками Polypodiaceae (до 40%). В отложениях встречены дочетвертичные споры и пыльца (около 3%).

Далее (зона М3) на фоне господства пыльцы *Pinus* (до 53%) и *Betula sect. Albae* (до 26%) распространение получила пыльца широколиственных пород деревьев, таких как *Ulmus* (до 8%), *Quercus* (до 6%) и *Carpinus*. Встречены единичные пыльцевые зёрна *Picea*, появилась пыльца *Corylus*. Травы представлены пылью злаковых и маревых. Зафиксировано появление пыльцы прибрежно-водных растений, таких как *Sparganium* и *Potamogeton*.

Во вторую половину начальной фазы межледниковья (зона М4) начали формироваться осадки, представленные гиттией. В спектрах доминирует пыльца *Quercus* (до 34%), встречаются единичные пыльцевые зёрна *Picea*. Первая половина максимума пыльцы *Corylus* (до 37%) и *Alnus* (до 45%). Возрастает процентная доля участия *Ulmus* (до 15%). Кроме того, отмечено появление пыльцы *Fraxinus*. В составе трав преобладает пыльца *Artemisia*, Poaceae, Brassicaceae, *Filipendula*. Увеличилось также и разнообразие пыльцы прибрежно-водных растений, появились *Myriophyllum* и *Nuphar*.

Спорово-пыльцевые спектры отражают типичную смену доминант в лесных сообществах, характерную для микулинского межледниковья [Гричук, 1989]. Анализ и сравнение спорово-пыльцевых диаграмм отложений из разрезов на р. Малая Коша, р. Большая Дубёнка [Фоменко и др., 2021], р. Сижина [Карпухина и др., 2020] и на р. Каспля [Максимов и др., 2022, в печати] показали следующее:

- для микулинских разрезов Северо-Запада и Центра Европейской части России характерен чёткий и растянутый «максимум ели», представленный в отложениях разрезов на р. Сижина и на р. Каспля. В отложениях разрезов на р. Малая Коша и на р. Большая Дубёнка «максимум ели» - выраженный, но кратковременный;

- для разрезов характерно запаздывание фаз смены растительности в северном и восточном направлениях [Чепурная, 2009]. Появление пыльцы широколиственных пород в отложениях из разреза на р. Малая Коша, на р. Сижина и «Нижняя Боярщина» [Максимов и др., 2022, в печати] зафиксировано в зоне М2, тогда как в отложениях разреза на р. Большая Дубёнка пыльца широколиственных появляется только в зоне М3. Появление пыльцы *Tilia* и *Carpinus* в зоне М4 характерно только для отложений из разреза на р. Малая Коша, в отложениях других разрезов пыльца этих родов появляется в период климатического оптимума межледниковья;

- появление пыльцы *Corylus* и *Alnus* во второй половине начальной фазы межледниковья (зона М4) отчётливо фиксируется в отложениях из разрезов на р. Малая Коша и на р. Сижина. Участие пыльцы *Corylus* в этот период в отложениях из разрезов на р. Большая Дубёнка и «Нижняя Боярщина» незначительно.

В настоящее время проводятся радиохронологические исследования изученных палинологическим методом органогенных отложений из разреза на р. Малая Коша для получения $^{230}\text{Th}/\text{U}$ возраста.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ №20-05-00813 «Уранториевый возраст и история развития растительности начальных, оптимальных и конечных фаз микулинского межледниковья на Северо-Западе Русской равнины».

Литература:

Ананова Е.Н., Заррина Е.П., Казарцева Т.И., Краснов И.И. Новые данные по стратиграфии межледниковых отложений на реках Малая Коша и Большая Дубёнка (верховья Волги) // Бюллетень комиссии по изучению четвертичного периода. 1973. № 40. С. 22–34.

Гричук В.П., Заклинская Е.Д. Анализ ископаемых пыльцы и спор и его применение в палеогеографии. М: ОГИЗ, 1948. 223 с.

Гричук В.П. История флоры и растительности Русской равнины в плейстоцене. М.: Наука, 1989. 183 с.

Карпухина Н.В., Писарева В.В., Зюганова И.С., Константинов Е.А., Захаров А.Л., Баранов Д.В., Уткина А.О., Панин А.В. Новые данные по стратиграфии разреза у д. Килешино (Тверская область) – ключ к пониманию границ оледенений на Валдайской возвышенности в верхнем плейстоцене // Известия РАН. Серия Географическая. 2020. Т. 84. №6. С. 874–887.

Максимов Ф.Е., Савельева Л.А., Левченко С.Б., Григорьев В.А., Петров А.Ю., Фоменко А.П., Хребтневский В.В., Кузнецов В.Ю. К вопросу о хронологии микулинского межледниковья на Северо-Западе Русской Равнины // Рельеф и четвертичные образования Арктики, Субарктики и Северо-Запада России. 2020. Вып. 7. С. 322–326.

Максимов Ф.Е., Кузнецов В.Ю., Савельева Л.А., Григорьев В.А., Петров В.Ю., Фоменко А.П., Баранова Н.Г. К вопросу о временных границах микулинского межледниковья и его отдельных фаз // Пути эволюционной географии – 2021: Материалы II Всероссийской научной конференции, посвящённой памяти профессора А.А. Величко (Москва, 22-25 ноября 2021 г.). М.: Институт географии РАН, 2021. С. 812–816.

Максимов Ф.Е., Савельева Л.А., Попова С.С., Зюганова И.С., Григорьев В.А., Левченко С.Б., Петров А.Ю., Фоменко А.П., Баранова Н.Г., Кузнецов В.Ю. Хроностратиграфическое положение микулинских отложений в опорном разрезе у д. Нижняя Боярщина (Смоленская область) по данным их $^{230}\text{Th}/\text{U}$ датирования и палеоботанического изучения // Известия РАН. Серия Географическая. 2022. №3. (В печати)

Савельева Л.А., Фоменко А.П., Максимов Ф.Е., Петров А.Ю., Григорьев В.А., Попова С.С., Костромкина Н.А., Кузнецов В.Ю. Новые данные о геохронологии микулинского межледниковья на основе изучения разрезов Северо-Запада Русской Равнины // Рельеф и четвертичные образования Арктики, Субарктики и Северо-Запада России. 2021. Вып. 8. С. 355–358.

Семёненко Л.Т., Козлов В.Б. Об условиях залегания микулинских отложений у д. Лошаково на р. Малая Коша // Бюллетень комиссии по изучению четвертичного периода. М.: Наука, 1974. С. 154–158.

Фоменко А.П., Савельева Л.А., Максимов Ф.Е., Петров А.Ю., Григорьев В.А., Попова С.С., Кузнецов В.Ю. Термический максимум микулинского межледниковья по результатам палинологического изучения отложений разреза на р. Большая Дубёнка (Тверская область) // Пути эволюционной географии – 2021: Материалы II Всероссийской научной конференции, посвящённой памяти профессора А.А. Величко (Москва, 22-25 ноября 2021 г.). М.: Институт географии РАН, 2021. С. 852–855.

Чеботарёва Н.С., Недошивина М.А., Столярова Т.И. Московско-валдайские (микулинские) межледниковые отложения в бассейне Верхней Волги и их значение для палеогеографии // Бюллетень Комиссии по изучению четвертичного периода. 1961. № 26. С. 35–49.

Чепурная А.А. Пространственно-временной анализ динамики растительности в пределах лесной зоны Восточно-Европейской Равнины в микулинское межледниковье (по палинологическим данным) // Автореферат диссертации на соискание учёной степени кандидата наук. М., 2009. 25 с.

Lasberg K., Kalm V., Kihno K. Ice-free interval corresponding to Marine Isotope Stages 4 and 3 at the Last Glacial Maximum position at Kileshino, Valdai Upland, Russia // Estonian Journal of Earth Sciences. 2014. 63 (2). P. 88–96.

Stockmarr J. Tablets with spores used in absolute pollen analysis // Pollen et Spores. 1971. Vol. 13. P. 615–621.



ОЗЕРО КАРАКЕЛЬ – ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ РАСТИТЕЛЬНОСТИ В ПОЗДНЕМ ГОЛОЦЕНЕ (ПО ПАЛИНОЛОГИЧЕСКИМ ДАННЫМ)

А.А. Чепурная¹, Е.Ю. Новенко², М.Ю. Александрин³

¹*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, a_che@bk.ru*

²*Институт географии РАН, Москва, Московский государственный университет им.М.В. Ломоносова, Москва, lenanov@mail.ru*

³*Институт географии РАН, Москва, anothergeometry@gmail.com*

KARAKEL LAKE – LATE HOLOCENE VEGETATION HISTORY (ACCORDING PALINOLOGICAL DATA)

A.A. Chepurina¹, E.Y. Novenko^{1,2}, M.Y. Aleksandrin²

¹*Lomonosov Moscow State University, Moscow,*

²*Institute of Geography RAS, Moscow*

Озера – это уникальный палеогеографический архив, дающий возможность для реконструкции изменений природной среды с высокой разрешающей способностью. Результаты, представленные в данной работе основаны на палинологических данных озера Каракель, расположенного в пределах западной высокогорной провинции Большого Кавказа [Мальков, Гроздецкий, 1976], в долине р. Теберда, берущей свое начало на склонах Главного Кавказского хребта. Озеро находится на абсолютной высоте 1335м, имеет продолговатую форму, вытянутую в направлении простирания долины. Размеры озера составляют около 140*280м, глубина колеблется в пределах 6-8м.

В результате полевых работ в 2010 и 2016 гг было получено три керны дополняющих друг друга по глубине отбора – керн №1 – 21-129см и керн №2 – 58-202см (2010 г.), керн №3 - 0-61см (2016 г.). Керны озерных отложений позволяют получить непрерывную пыльцевую запись для интервала глубин 0-202 см.

Отложения разреза четко разделяются на три слоя. Первый (0-0.71 м) представлен сапропелем желеобразным, тонкослоистым плотность и оттенок которого (от серого до темно-серого) меняются вниз по разрезу, второй (0,71–0.75 м) – глиной темно-серой с зеленоватым оттенком, тонкослоистой, сильно обогащенной органическим веществом. Третий слой (от 0,75 и ниже) представлен глиной голубовато-серой, иногда с коричневыми прослоями мощностью 1-2 мм, плотность слоя увеличивается вниз по разрезу.

Согласно результатам радиоуглеродного датирования, изученные отложения накапливались в течение 2200 кал. л. н. (календарных лет назад), соответствуя возрасту субатлантического периода голоцена. Для изученного разреза получено 10 радиоуглеродных AMS-датировок (показаны на спорово-пыльцевой диаграмме, рис.1). Радиоуглеродный анализ проведен в ЦКП «Лаборатория радиоуглеродного датирования и электронной микроскопии» Института географии РАН и Центре прикладных изотопных исследований Университета Джорджии (США).

Образцы для спорово-пыльцевого анализа, отбирались и анализировались через 1 см. Подготовка проб для спорово-пыльцевого анализа была проведена по усовершенствованной методике, разработанной В.П.Гричуком [Гричук, Заклинская,1948], применяющейся в Институте географии РАН. В каждом образце было просмотрено до 700 зерен.

Полученная спорово-пыльцевая диаграмма была подразделена на 7 пыльцевых зон. Процентные доли, рассчитывались от общей суммы пыльцы древесных и травянистых растений (рис.1).

Анализ спорово-пыльцевых спектров отложений оз. Каракель позволяет проследить динамику растительного покрова на окружающей его территории за последние 2200-2300 лет.

1-й этап (палинозона 1), ~2000-2300 л.н. На протяжении первого этапа на формирование спорово-пыльцевого комплекса оказывала влияние растительность нескольких типов ландшафтов.

Луговые комплексы с участием полыней и злаков вероятнее всего были приурочены к склонам южной, юго-восточной и юго-западной экспозиций долины р.Теберды. Склоны северной и смежных с ней экспозиций были заселены широколиственными лесами преимущественно из бука и дуба с участием ели и пихты.

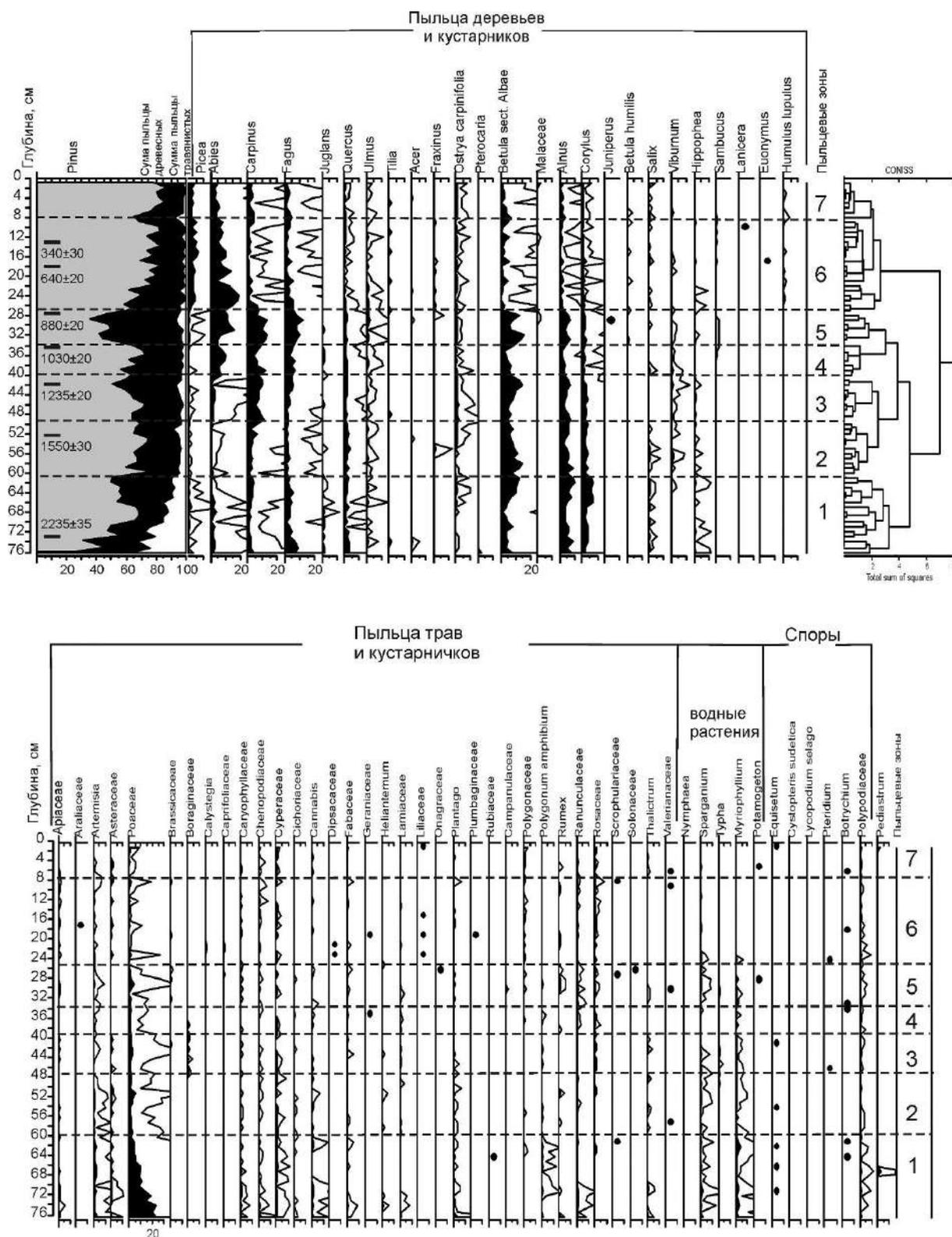


Рис. 1. Спорово-пыльцевая диаграмма отложений озера Каракель (AP+NAP=100%)

Доля хвойных пород в древостое варьировала в зависимости от экспозиции склонов.

Также, на формирование спорово-пыльцевых спектров оказывала влияние интразональная растительность, в составе которой принимали участие такие породы как сосна и береза, а также облепиха и ива, расселявшиеся преимущественно по берегам рек и конусам выноса. Принимая во внимание особенности циркуляции воздушных масс в горах, можно предположить, что такая

растительность была приурочена к днищам долин, испытывающим на себе влияние холодных потоков воздуха, спускающихся с ледниковых покровов и горных хребтов [Багрова, Дроздов, 2010].

2-й этап (палинозона 2) ~1500-2000 л.н. Происходит заселение открытых пространств древесной растительностью. Видовой состав древостоя меняется – доля бука снижается, а граба возрастает.

Довольно высокое содержание пыльцы березы в спектрах и присутствие пыльцы облепихи, являющихся раннесукцессионными видами и часто обитающих на открытых местообитаниях (облепиха), может свидетельствовать об активизации катастрофических геоморфологических процессов, таких как лавины, сели, обвалы и т.п., что может быть индикатором увеличения влажности климата, в частности годового количества осадков.

3-й этап ~800-1500 л.н. Происходит смена состава широколиственных лесов – они становятся полидоминантными с ведущей ролью бука и граба в древостоях. Доля лещины в подлеске сокращается, что говорит о большей сомкнутости крон и, соответственно, увеличении возраста и плотности древостоя. Этот этап, по составу преобладающих растительных сообществ был подразделен нами на два подэтапа.

На протяжении первого, отвечающего на спорово-пыльцевой диаграмме палинозоне 3, преобладали полидоминантные широколиственные формации с явным преимуществом граба в древостое.

Второй – палинозоны 4 и 5 - характеризовался сменой доминантов широколиственных формаций: ведущее значение начинает играть бук, несколько сокращается доля дуба, который компенсируется возросшей долей вяза. Существенно возрастает содержание пихты. Сильно снижается количество лещины, что указывает на увеличение сомкнутости крон.

По составу и соотношению видов растительности 3-й этап может считаться временем с наиболее оптимальными климатическими условиями – на фоне уже высокой теплообеспеченности, растет влажность. Согласно радиоуглеродным датировкам, этот период соответствует средневековому климатическому оптимуму.

4-й этап (палинозона 6, 300-800 л.н.) формирования растительности был подразделен на два подэтапа.

1-й – характеризуется преобладанием хвойно-широколиственных формациями с явно выраженным доминированием пихты и бука.

Во время 2-го подэтапа, содержание хвойных пород в хвойно-широколиственных сообществах растет, при этом пихта постепенно заменяется на ель, которая менее требовательна к зимним и летним температурам. Существенно возрастает доля сосновых формаций.

Особенности смены растительных сообществ данного подэтапа явно указывают на похолодания климата, которое согласно данным радиоуглеродного датирования может быть отнесено ко времени малого ледникового периода.

Во время 5-го этапа (палинозона 7, моложе 300 л.н.) развития растительности количество широколиственных пород, в частности граба и бука, в лесном поясе снова начинает возрастать. Среди хвойных пород деревьев ведущее значение сохраняет ель. Как и на протяжении второй половины 4-го этапа, на формирование спорово-пыльцевых спектров существенное влияние оказывают сосняки, расселяющиеся на моренных грядах в долинах рек. Возрастание содержания мелколиственных пород – главным образом березы, может свидетельствовать об активизации в данном регионе хозяйственной деятельности человека, вырубках.

Для составления наиболее полной реконструкции изменений растительности в регионе мы сравнили полученные данные с двумя наиболее географически близкими разрезами - урочище Криют, описанный Л.Р. Серебряным [Серебрянный и др., 1983] (абс.высота 2150 м.) и отложения оз.Рыбное (район Архыза) (абс.высота 2156 м), изученные Э.Квавадзе [Kvavadze, Efremov, 1996].

Озеро Рыбное расположено в 50 км к северо-западу от оз. Каракель, абс. высота 2156 м, в верховьях р. Кяфар, в районе Архыза. Сравнение данных по оз. Рыбное и по оз. Каракель показывает, что, несмотря на разницу в абсолютных высотах, между ними наблюдается достаточно много общих черт. Так, на обеих спорово-пыльцевых диаграммах происходит синхронное колебание доли широколиственных пород. В период 800-1300 лет назад содержание их достигает максимума, а к 500-600 лет назад снижается до минимальных значений, что очевидно, отражает колебания природной среды, связанные со Средневековым климатическим

оптимумом и Малый ледниковым периодом. Также необходимо отметить, что Э. Квадззе выделяет на своей диаграмме две стадии малого ледникового периода, произошедшие по данным из озера Рыбное около 600 и 350 л.н. [10]. Временные рамки МЛП, выделенного по нашим данным из озера Каракель близки, с тем только уточнением, что на нашей диаграмме этот период не делится на стадии.

Сравнение наших данных с результатами исследований Л.Р. Серебрянного [Серебрянный и др., 1983], по урочищу Криют, расположенному на водоразделе между долинами рек Черек Безенгийский и Чегем, на высоте 2150 м, в 120 км к восток-юго-востоку от оз. Каракель также обнаружило наличие общих черт в тенденциях развития растительных сообществ в период с 2200 (нижняя часть отложений оз.Каракель) лет до нашего времени. Это, главным образом выражено в соотношениях пыльцы древесных и травянистых растений. Как и на нашей диаграмме, на диаграмме отложений урочища Криют наблюдается высокое содержание пыльцы травянистых растений, по сравнению с древесными около 2000 лет назад, и постепенное снижение его вверх по разрезу. Поскольку урочище Криют находится на существенно большей абсолютной высоте, чем озеро Каракель, доля пыльцы травянистых растений здесь выше и в некоторых случаях имеет ведущее значение.

Проведенные исследования показывают, что разрез оз.Каракель является одним из наиболее полных и репрезентативных разрезов в Кавказском регионе. Палинологический анализ и радиоуглеродное датирование озерных отложений оз.Каракель, позволяют утверждать, что они накапливались на протяжении субатлантического этапа голоцена. Смена растительных сообществ в период с 2000 до 800 кал. л.н. происходила под влиянием постепенного увеличения влажности и теплообеспеченности климата. Интервал 1000-1300 л.н. характеризовался наибольшей теплообеспеченностью в данном регионе и преобладанием полидоминантных широколиственных лесов. Затем последовало похолодание малого ледникового периода. В растительности господствовали сосновые, еловые и пихтовые формации.

Литература

Багрова Т.Н., Дроздов В.В. Влияние крупномасштабной атмосферной циркуляции на климатические параметры Западного Кавказа (Тебердинский биосферный заповедник). Ученые записки // Росс. Гос. Гидрометеорологического университета. 2010. №13. С. 52–63.

Гричук В.П. История флоры и растительности Русской равнины в плейстоцене // М.: Наука, 1989. 183 с.

Гричук В.П., Заклинская Е.Д. Анализ ископаемых пыльцы и спор и его применение в палеогеографии // Москва: ОГИЗ государственное издательство географической литературы, 1948. 223 с.

Клопотовская Н.Б. Основные закономерности формирования спорово-пыльцевых спектров в горных районах Кавказа // Тбилиси: изд. «Мецниереба», 1973. 186 с.

Мильков Ф.Н., Гвоздецкий Н.А. Физическая география СССР, // М.: Мысль, 1976. 448 с.

Серебрянный Л.Р., Гей Н.А., Джиноридзе Р.Н., Ильвес Э.О., Малясова Е.С., Скобеева Е.И. Растительность центральной части высокогорного Кавказа в голоцене. // Бюлл. комиссии по изуч. четвертичн. Периода. 1980. №50. С. 123–137.

Серебрянный Л.Р., Голодковская Н.А., Орлов А.В., Малясова Е.С., Ильвес Э.О. Колебания ледников и процессы моренонакопления на Центральном Кавказе. // Москва: изд. «Наука», 1984. 216 с.

Barry R.G. Mountain weather and climate. Methuen. London // New York. 1981.

Kvavadze E.V. On the interpretation of subfossil spore-pollen spectra in the mountains // Acta Paleobot. 1993. V. 33. № 1. P. 347–360.

Kvavadze E.V., Efremov Y.V. Palynological studies of lake and lake-swamp sediments of the Holocene in the high mountains of Arkhyz // (Western Caucasus). Acta Paleobot. 1996. V. 36. № 1. P. 107–119.

Kvavadze E.V., Stuchlic L. Recent pollen spectra of the mountain forests of the Lagodekhi reservation (East Georgia) // Acta Paleobot. 1996. V. 36. № 1. P. 121–148.



**О ТЕРАТОМОРФИЗМЕ ПЫЛЬЦЕВЫХ ЗЕРЕН *PINUS SYLVESTRIS* L. ГОЛОЦЕНА
ЗАПАДНОЙ СИБИРИ**

С. С. Шадрина, С. С. Тупицын

Тюменский государственный университет, Тюмень, shadrina_s_s0@mail.ru, s.s.tupitsyn@utmn.ru

**ON THE TERATOMORPHISM OF *PINUS SYLVESTRIS* L. POLLEN GRAINS FROM THE
HOLOCENE OF WESTERN SIBERIA**

S.S Shadrina, S.S. Tupitsyn

Tyumen State University, Tyumen

Одним из важнейших инструментов для мониторинга состояния окружающей среды является изучение пороков развития пыльцевых зерен – тератоморфизм [Мельникова, 2004; Хлебцова, Ереценко, 2013]. В исследовании Н. В. Василевской и Н.В. Петровой [2014], а также С.С. Тупицына с соавторами [2014] описаны общие закономерности проявления тератоморфизма пыльцевых зерен *Pinus Sylvestris*: одно-, трех-, четырехмешковая пыльца, двухразномешковая пыльца, отсутствие пыльцевых мешков, различные нарушения экзины, образование полиад, а также «гигантизм» и «карликовость» пыльцы. Однако описание особенностей характера тератоморфных изменений на территории юга Западной Сибири. В статье, выполненной под руководством С. С. Тупицына [2014], указывается, что в регионах с развитой химической, нефтегазовой, транспортной промышленностью риски развития пыльцевых пороков возрастают и при сверхпороговой нагрузке, что приводит к снижению плодовитости и, как следствие, сокращению ареала вида. Для мониторинга состояния окружающей среды, именно *P. sylvestris* обладает высокой чувствительностью к изменениям окружающей среды [Дзюба, Кочубей, 2014]. Широкая распространенность пыльцевых зерен *P. sylvestris* и их способность к оклику на динамические процессы в природных системах обуславливает актуальность их изучения [Мохначев и др., 2015; Васильев, 2020]. Соответственно, цель данной работы: установить формы проявления тератоморфизма пыльцевых зерен *P. sylvestris* как доминирующего вида на юге Западной Сибири в подзоне подтайги, которые находятся в состоянии возможного антропогенного стресса.

Материалом для исследований послужили поверхностные спорово-пыльцевые пробы почв, отобранные в количестве 21 штуки в окрестностях деревни Чикча (57°08'49" с.ш.; 65°58'30" в.д.), в подзоне подтайги, находящееся рядом с автомагистралью. Обработка материала была выполнена по методике Поста-Гричука [Чернова, 2004]. Наблюдения выполнены с использованием микроскопа ОМАХ при увеличении 400х. Результатом проведенной работы стало создание коллекции микрофотоснимков пыльцевых зерен *P. sylvestris* и выявление различных вариаций нарушений развития.

В процессе исследования установлены следующие пороки развития: (А, Б) увеличение числа пыльцевых мешков, (Д) увеличение размеров отдельных пыльцевых мешков, (В, Г) ассиметричное развитие пыльцевых мешков и (Е) слияние пыльцевых мешков.

На юге Западной Сибири доминируют в споро-пыльцевых спектрах пыльцевые зерна вида *Pinus sylvestris* L. [Носкова, Третьякова, 2006; Шибалова, Коковкина, 2002]. Это связано с высокой пыльцевой продуктивностью растений-продуцентов: один пыльник способен продуцировать 160 тыс. зерен с дальностью заноса более 500-1700 км [Тихомиров, 1950; Сладков, 1967; Erdtman, 1969; Гордеева и др. 1971; Моносзон, 1973; Федоров, 1978; Чернова, 2004]. Одно из зафиксированных пыльцевых зерен *P. sylvestris* демонстрирует очень серьезную патологию развития, которая выражена в виде сращения 6 недоразвитых пыльцевых мешков, что результатом высокого уровня антропогенной нагрузки на исследуемый вид (рис. 1).

Такое разнообразие тератоморфизма среди зерен *P. sylvestris* может свидетельствовать о превышении воздействия промышленных предприятий, находящихся вблизи исследуемой территории на окружающую среду. Поскольку на территории Тюменской области располагается большое количество нефтехимических предприятий, (например, Тобольский нефтехимический комбинат, Антипинский нефтеперерабатывающий завод), которые могут оказывать прямое влияние на проявления тератоморфизма у пыльцы [Тупицын и др., 2014]. Подобные эффекты реакций отмечены в работах О.Ф. Дзюбы [2006], С.Г. Махневой и Г.В. Зуевой [1998], а также Н.В. Василевской и Н.В. Петровой [2014]. Однако, существует мнение о том, что проявление

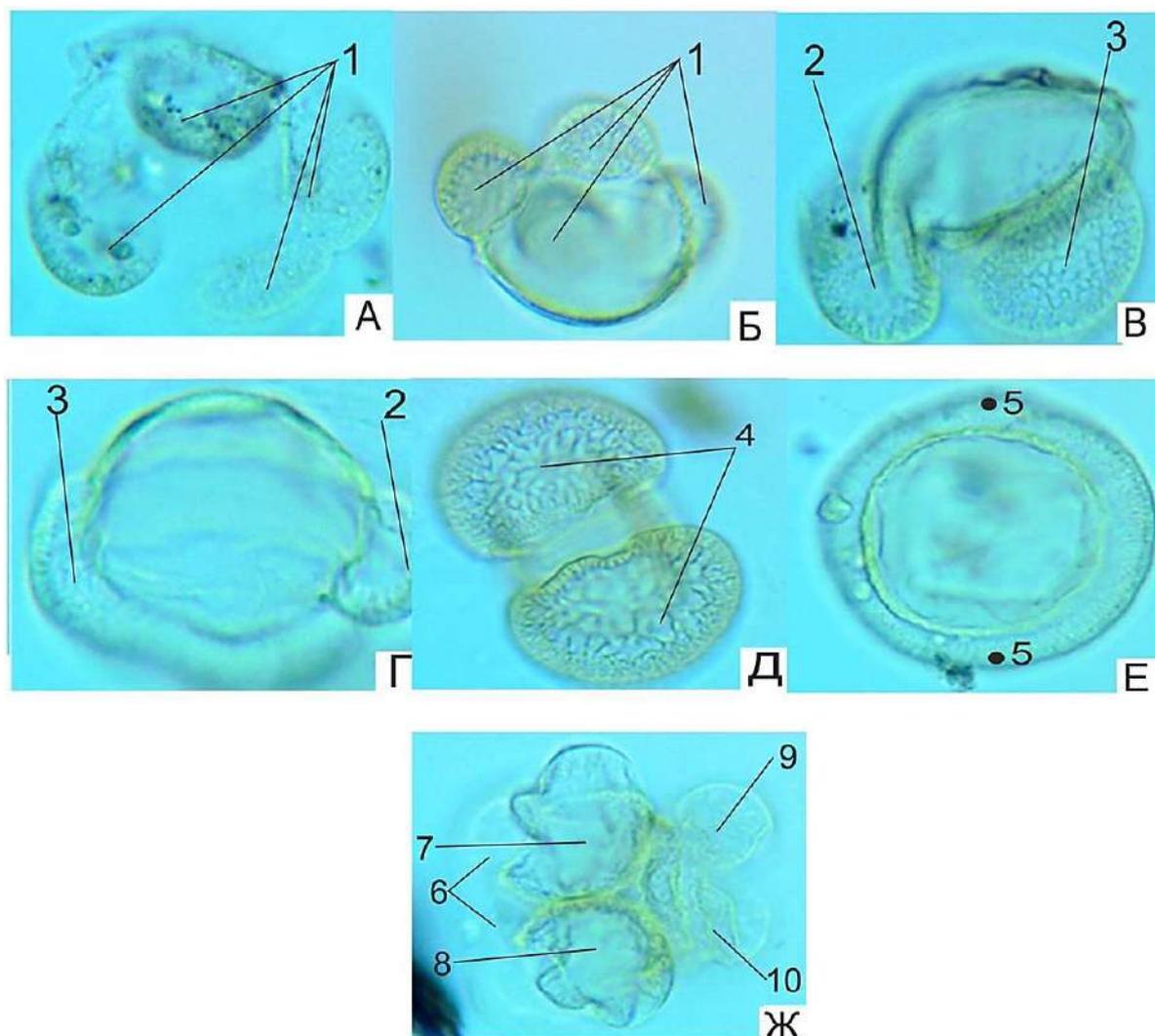


Рис. 1. Пыльцевые аномалии *Pinus sylvestris*.

А, Б – четырехмешковая пыльца: 1 – четыре пыльцевых мешка; **В, Г-разномешковая пыльца:** 2 – малый пыльцевой мешок, 3 – большой пыльцевой мешок; **Д – Пыльца с крупными пыльцевыми мешками:** 4- крупные пыльцевые мешки; **Е – слияние пыльцевых мешков:** 5 – отсутствующие переходы между телом и пыльцевым мешком; **Ж – пыльца с множественными патологиями развития:** 6 – два крупных пыльцевых мешка; 7,8 – два пыльцевых мешка; 9,10 – два недоразвитых пыльцевых мешка

пороков развития у пыльцы растений, в том числе у *P. sylvestris*, может быть связано не только с загрязнением окружающей среды, но выступает результатом естественных генетических нарушений и особенностей метаболических процессов, связанных с ответной реакцией на естественные изменения среды, такие как изменение температурных условий, влажности и др. [Василевская, Осечинская, 2006; Дзюба, 2006; Ефремов 2010; Темботова и др. 2017]. Лучше понять причины возникновения пороков развития, возникающих у растений во время продуцирования пыльцевых зерен, возможно путем проведения дальнейших исследований с использованием палинологического-генетических (ПЦГ-анализ) и статистических (анализ структуры комплекса и оценка видового разнообразия) методов, а также исследования клеточных органелл, клеточных аппаратов, тканей и тканевых систем, органов и их систем.

Коллектив авторов выражает искреннюю признательность П.В. Смирнову и Я.С. Трубину, Н.Е. Рябогиной за профессиональные советы, Н.В. Разваляевой за помощь в подготовке коллекции микрофотоснимков. Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования в рамках государственного задания FEWZ-2020-0007.

Литература:

Василевская Н. В., Осечинская П.В. Палеоиндикация среды в зоне промышленного воздействия АО «Апатит» (Мурманская область) // Научные инновации в развитии лесной отрасли, Ижевск. 2020. №3. С. 32–40.

Василевская Н. В., Петрова Н. В. Морфологическая изменчивость пыльцы *Pinus sylvestris* L. в условиях промышленного города (на примере г. Мечегорска) // Ученые записки Петрозаводского государственного университета. 2014. Том 141. №4. С. 7–12.

Васильев Д. В. Пыльца сосны обыкновенной, произрастающей возле автомобильной трассы // Электронный периодический научный журнал «SCI-ARTICLE.RU». 2020. №82. С. 29–32.

Гордеева Т. Н. Практический курс систематики растений: учеб. пособие / Т. Н. Гордеева - М.: Просвещение, 1971. 320 с.

Дзюба О. Ф. Изучение пыльцы из поверхностных проб для оценки качества окружающей среды // Нефтегазовая геология. Теория и практика. 2006. Том 1. С. 1–18.

Дзюба О. Ф. Качество пыльцы растений как индикатор интенсивного воздействия нефтегазового комплекса на природную среду охраняемых территорий // Нефтегазовая геология. Теория и практика. 2014. Т. 9. №4. С. 1–24.

Ефремов С. П., Пименов А. В., Седельникова Т. С., Петрова И. В., Санников С. Н. Морфология и жизнеспособность пыльцы желто- и краснопольниковой форм сосны обыкновенной на болотах и суходолах Западной Сибири // Хвойные бореальные зоны. 2011. № 1-2. С. 126–129.

Махнева С. Г., Зуева Г. В. Качество пыльцы сосны обыкновенной в условиях антропогенного загрязнения среды // Леса Урала и хозяйство в них. 1998. №20. С. 320–328.

Мельникова Т. А. Аномальная пыльца рода *Pinus* L. Как индикатор палеоклиматических флюктуаций в позднем голоцене // Вестник ДВО РАН. 2004. №3. С. 178–182.

Монозон М. Х. Определитель пыльцы видов семейства маревых. М.: Наука, 1973. 93 с.

Мохначев П.Е., Потапенко А. М., Корчагин И. Е. Сосна обыкновенная как биоиндикатор аэротехногенного загрязнения среды // Физиологические, психофизиологические, педагогические и экологические проблемы здоровья и здорового образа жизни: сборник статей VIII Всероссийской научно-практической конференции студентов, молодых ученых и специалистов. 2015. С. 126–131.

Носкова Н. Е., Третьякова И. Н. Влияние стресса на репродуктивные способности сосны обыкновенной // Хвойные бореальной зоны. 2006. Т. 23. №3. С. 54–63.

Сладков А. Н. Введение в спорово-пыльцевой анализ. М.: Наука, 1967. 270 с.

Тихомиров Б. А. Данные о заносе пыльцы древесных пород к северу от лесной границы // Доклады АН СССР. 1950. №74. С. 753–755.

Тулицын С. С., Рябогина Н.Е., Тулицына Л. С. Уровень тератогенеза как показатель состояния биообъекта в разных экологических условиях // Известия Самарского научного центра РАН. 2014. Т.14. №1(3). С. 822–828.

Хлебова Л. П., Ерещенко О. В. Изменчивость признаков пыльцы сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в условиях Барнаула // Известия АлтГУ. 2013. Т. 79. №3. С.103–107.

Чернова Г. М. Спорово-пыльцевой анализ отложений плейстоцена-голоцена: Учеб. Пособие. СПб.: Изд-во С.-Петербур. Ун-та. 2004. 128 с.

Шебалова Н. М., Коковкина Т.Ф. Влияние Фтор- и серосодержащих аэрополлютантов на качество пыльцы сосны обыкновенной // Леса Урала и хозяйство в них: сб. науч. тр. 2002. №22. С. 174–180.

Erdtman G. Handbook of palynology // An introduction to the study of pollen grains and spores. - Copenhagen: Munrsgaard, 1969. 486 p.

ЭТАПЫ РАЗВИТИЯ РАСТИТЕЛЬНОСТИ НА ТЕРРИТОРИИ ГРУЗИИ В ПОЗДНЕМ КАЙНОЗОЕ

И.И.Шатилова¹, И.М. Коколашвили²

¹Национальный Музей Грузии, Тбилиси, irashatilova@yahoo.com

²Грузинский технический университет, горно- геологический факультет, Тбилиси, irmakokolashvili@gmail.com

STAGE OF VEGETATION DEVELOPMENT ON THE TERRITORY OF GEORGIA IN THE LATE CENOZOIC

I.I. Shatilova¹, I.M. Kokolashvili²

¹Georgian National Museum, Tbilisi

²Georgian Technical University, Faculty of Mining and Geology, Tbilisi

Настоящая работа основана на данных палинологического изучения позднемиоценовых, плиоценовых и плейстоценовых отложений Грузии, что позволило проследить почти непрерывную историю растительности и климата на протяжении позднего кайнозоя.

На территории Грузии сарматские отложения имеют широкое распространение. Слои вольнского и бессарабского подъярусов известны на востоке и на западе региона, тогда как херсон представлен лишь в Восточной Грузии [Булеишвили, 1960].

Несмотря на то, что в раннем и среднем сармате существовала единая Закавказская депрессия, покрытая морем, начиная с вольны уж начинают проследиваться различия в динамике растительного покрова Восточной и Западной Грузии. Во второй половине бессарабия они принимают более острый характер. На востоке начинается господство открытых сообществ, а на западе сохраняется лесная растительность (Рис. 1. 2).

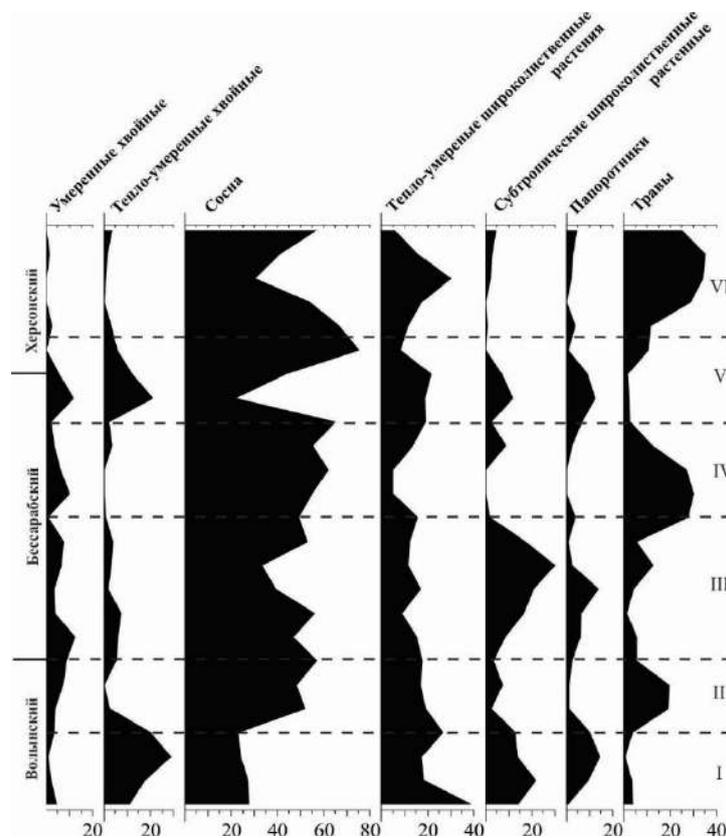


Рис. 1. Палинологическая диаграмма, отражающая изменение ареалов отдельных эколого-климатических групп растений в период накопления сарматских отложений Восточной Грузии

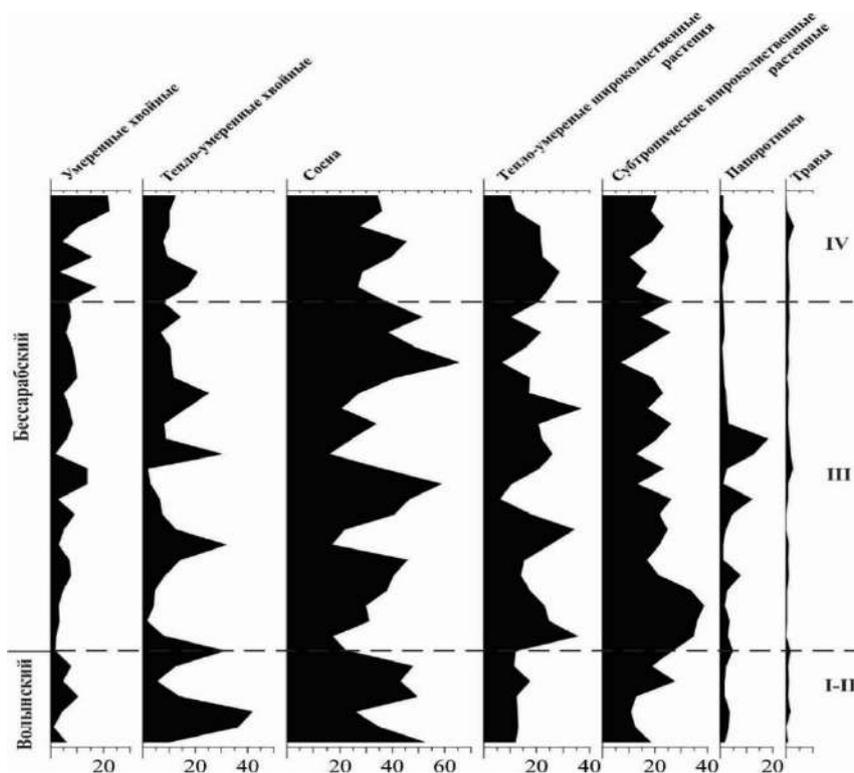


Рис. 2. Палинологическая диаграмма, отражающая изменение ареалов отдельных эколого-климатических групп растений в период накопления сарматских отложений Западной Грузии

Граница между средним и верхним сарматом была переломным моментом в геологической истории Кавказа. В результате тектонических движений Закавказская депрессия превратилась в сушу с двумя областями, разделенными Дзирульским массивом. На западе образовался Рионский залив Черного моря, где до конца плейстоцена продолжался процесс накопления морских осадков, а на востоке Куринский залив Каспийского моря. В позднем сармате прилегающая к нему часть территории Грузии превратилась в сушу с типичным для сухого климата ландшафтом.

Наши знания о флоре и растительности пост-сарматского времени основаны на данных изучения разрезов Западной Грузии, так называемого Колхидского рефугиума и стратотипического региона Восточного Паратетиса. Возникновение высоких гор в конце бессарабия [Гамкрелидзе, 2000] способствовало появлению в мэотисе более отчетливой зональности растительного покрова. И хотя структура растительности была близка к таковой сарматского времени, иными были ее состав и динамика.

После сармата первый переломный момент в развитии флоры Западной Грузии произошел в раннем понте (евпаторийское время), когда богатая растительность мэотиса сменилась ценозами с преобладанием сосны. Аналогичные изменения климата и растительности имели место в конце киммерия и в раннем куяльнике [Shatilova et al., 2020, 2021]. Это было одной из главных причин исчезновения на территории Западной Грузии субтропической формации как самостоятельной единицы. Изменился и характер климата: снизилась температура и повысилась влажность. Начиная с позднего куяльника, климатические колебания на территории Западной Грузии были связаны, в основном, с колебанием температур, при высокой влажности воздуха.

В развитии растительности куяльника и гурия прослеживаются определенные различия. В течение куяльника имели место более резкие смены климатических условий, что приводило к неоднократным смещениям границ отдельных формаций.

На протяжении гурийского века климатические колебания имели более спокойный характер, однако именно в это время произошла коренная перестройка леса. В средних и верхних зонах гор началось формирование олиго-монодоминантных сообществ; более отчетливой стала вертикальная поясность ландшафта.

В истории растительности Западной Грузии гурий можно рассматривать как переходный период между неогеном и четвертичной эпохой. Растительность раннего гурия еще обладала признаками сходства с плиоценовой. В позднем уже формируются сообщества нового типа, полный расцвет которых на территории Западной Грузии начинается в последующие отрезки четвертичного времени.

Начиная с конца гурия, меняется общий характер климатических колебаний. Происходят резкие смены теплых и холодных периодов. Теплыми были ранняя чауда, древний эвксин, узунлар и ранний карангат, которые хронологически соответствуют гюнц-миндельскому, миндель - рисскому и рисс-вюрмскому интерглатциалам. Холодными были поздний гурий, поздняя чауда, поздний карангат и новый эвксин, соответствующие по времени гюнцскому, миндельскому и вюрмскому оледенениям.

Анализ палинологического материала показал, что радикальные смены фитоценозов на территории Грузии были связаны с сокращением влажности - явлением, характерным, главным образом, для ранних отрезки позднего кайнозоя. Иной характер имели климатические колебания в плейстоцене, когда Большой и Малый Кавказ достигли почти современных высот. В изолированной экосистеме Колхиды они, в основном, были связаны с колебанием температур, что приводило к смещению границ растительных формаций и постепенному вымиранию третичных реликтов.

В целом, в истории развития растительности Грузии в позднем кайнозое можно выделить три крупных этапа (Табл.1).

Первый этап (I) – это время существования субтропической формации, ареал которой был равен, а в некоторых случаях даже превышал ареал теплоумеренных растений. На территории Восточной Грузии эта формация существовала на протяжении вольны и первой половины бессарабия. В Западной Грузии, постепенно сокращаясь, она сохранилась до позднего киммерия.

Второй этап (II) на территории Восточной Грузии охватывал весь херсон. Это было время перехода от лесной растительности к растительности открытых пространств. В целом такой тип растительности, с некоторыми изменениями в ачкагыле и в апшероне, сохранился на большей части территории Восточной Грузии по сей день.

В Западной Грузии II этап продолжался от конца киммерия до конца гурия. В течение всего этого времени растительность Колхиды, сохраняя старые признаки, постепенно приобретала новые.

Третий этап (III) начался в ранней чауды и закончился в конце плейстоцена. Это был время формирования современной растительности Западной Грузии, из состава которой исчезли последние третичные реликты.

Все переломные моменты/биоивления, имевшие место на территории Грузии в позднем кайнозое, были тесно связаны с тектоническими процессами, а также с оледенениями от гюнца до вюрма. Это были главные абиотические факторы, влиявшие на развитие флоры и растительности. Но в целом состав и структура отдельных формаций зависели от биотических факторов, действующих в пределах отдельных сообществ.

Литература:

Булеишвили Д.А. Геология и нефтегазоносность межгорной впадины Восточной Грузии. Ленинград: Гостоптехиздат, 1960. 238 с.

Гамкрелидзе И.П. Тектоническая зональность территории Грузии // Труды Ин-та Геологии Академии Наук Грузии, новая серия. 2000. Т. 115. С. 204–208.

Shatilova I.I., Maissuradze L.S., Koiava K.P., Kokolashvili I.M., Bukhsianidze M.G., Bruch A.A. The environmental history of Georgia during the Late Miocene based of foraminifera and pollen. Tbilisi: Publ. House "Universal", 2020. 83 pp.

Shatilova I.I., Kokolashvili I.M., Bukhsianidze M.G., Koiava K.P., Maissuradze L.S., Bruch A.A. Late Cenozoic bioevents on the territory of Georgia (foraminifera and Pollen). Tbilisi: Publ. House "Universal", 2021. 157 pp.

Таблица 1. Климатические явления на территории Грузии в позднем кайнозое

Ма	Серия	Региоюрус	Региоподъярус	Западная Грузия		Восточная Грузия	
				Климатические явления	Этапы	Климатические явления	Этапы
0.17	Плейстоцен	Новый эвксин		Вюрм	II-стадиал	III	
					Интерстадиал		
					I-стадиал		
0.22	Карангат	Верхний	Рисс-Вюрм. Интергляциал				
		Нижний					
0.35	Узунлар	Миндель-Рисс	Оптимум	III			
0.70	Древний эвксин	Омпаретский	Повышение температуры и влажности				
		Урекский	Повышение температуры				
0.78	Чауда	Цвермагальский	Миндель	III			
			Снижение температуры. Влажность высокая				
		Натанебский	Гюнц-Миндель. Снижение температуры				
1.81	Гурий	Надарбазетский	Гюнцское оледенение	II		Апшеронская флора	
			Повышение влажности. Понижение температуры				
		Оптимум					
2.60	Куяльник	Цихиспердский	Падение температуры. Повышение влажности	II		Акчагыльская флора	
			Оптимум				
		Эцерский	Снижение влажности				
5.33	Киммерий	Камышбунский	Повышение температуры	I			
			Снижение влажности				
		Азовский	Оптимум. Флора Дуаби				
6.12	Понт	Верхний	Босфорский	I			
			Снижение температуры				
		Портаферский	Оптимум. Флора Пицунды				
		Снижение температуры					
7.50	Меотис	Нижний	Оптимум. Флора Кодори				
			Повышение влажности				
12.63	Сармат	Херсонский	Повышение влажности	I		Понижение влажности	
			Влажность низкая				
		Бессарабский	Субтропический климат				I
Вольинский							



**ДИАТОМОВЫЕ КОМПЛЕКСЫ В ПОВЕРХНОСТНЫХ ДОННЫХ ОСАДКАХ ОЗЕРА
ТОРОСЪЯРВИ (ЦЕНТРАЛЬНАЯ КАРЕЛИЯ, РОССИЯ)**

Т.С. Шелехова¹, Ю.С. Тихонова²

^{1,2} *ФИЦ КарНЦ РАН Институт геологии Карельского научного центра РАН, Петрозаводск,
Россия, shelekh@krc.karelia.ru, yula_tihonova@mail.ru*

**DIATOM COMPLEXES IN BOTTOM SURFACE SEDIMENTS FROM LAKE
TOROSJARVI, CENTRAL KARELIA, RUSSIA**

T.S. Shelekhova¹, Yu.S. Tikhonova²

Введение

Донные отложения озер являются важным источником информации о процессах, происходящих на водосборах. Содержащиеся в отложениях створки диатомовых водорослей позволяют оценить современное состояние водоемов, реконструировать этапы их развития. По составу экологических групп диатомей восстанавливаются процессы, указывающие на выщелачивание подстилающих пород или поступление гуминовых кислот, по которым можно судить о колебаниях pH среды. В комплексе с этими показателями структура видов по географическому распространению дает возможность получить дополнительные сведения о климатических условиях, в которых развивались диатомовые водоросли. Наконец по структуре экологических сообществ диатомей прослеживаются колебания уровней водоемов, свидетельствующие об увлажненности климата. Таким образом, весь комплекс характеристик диатомовой флоры позволяет восстановить эволюцию природных условий на определенной территории. Целью данного исследования была реконструкция «современных» экологических обстановок вокруг водоема, расположенного на «фоновой» территории Карелии.

Озеро Торосъярви расположено в Медвежьегорском районе (63°29.220 с.ш.; 33°14.344 в. д., абс. отм. уреза воды 120.4 м). (Рис. 1).

Материалы и методы

Материалом для исследований послужил керн поверхностных озерных отложений, мощностью 30 см, отобранный с помощью пробоотборника «LIMNOS» послойно без перерывов, каждые 1-2 см с глубины 6.7 м. Диатомовый анализ выполнен по 20 образцам. В поверхностных отложениях выявлено 122 таксона диатомовых водорослей, принадлежащих к 32 родам.

Техническая обработка проб и приготовление постоянных препаратов на диатомовый анализ выполнялись по общепринятой методике [Диатомовый анализ, 1949], [Давыдова, 1985], при идентификации флоры использовалась различная справочная литература [Диатомовые водоросли, 1951], [Генкал, Трифонова, 2009], [Генкал и др, 2013], [Krammer, Lange-Bertalot, 1986], [Molder, Tynni, 1967-73], [Tynni, 1975-1980]. Используя полученные данные, проводился подсчет видов (в %) по отношению к географическому распространению - арктоальпийских, бореальных и космополитов; по галобности – мезогалобов, галофилов, индифферентов, галофобов; по отношению к pH – алкалифилов, алкалибионтов, индифферентов, ацидофилов. Экологические характеристики видов получены по: [Баринова и др., 2006]. По составу ископаемой диатомовой флоры выполнены реконструкции теоретических значений pH среды [по: Renberg, Hellberg, 1982].

Результаты

В изученных сапропелях доминировали планктонные виды, составляя более 80% от общего состава флоры, что свидетельствует о достаточно большой глубине для малого водоема. По результатам анализа построена диатомовая диаграмма (рис. 2).

По составу диатомового комплекса выделено четыре диатомовых зоны (DZ), соответствующие различным изменениям, происходившим в водоеме в последние десятилетия.

DZ I (гл. 30-24 см) выделена на основании доминирования планктонного сообщества, составляющего 80% и представленного видами родов *Aulacoseira* sp., *Cyclotella* sp. и *Tabellaria fenestrata*, с незначительным участием форм обрастаний *Staurosira* sp., *Achnanthes* sp. и единичным присутствием донных форм родов *Navicula* sp. и *Pinnularia* sp. На данном этапе



Рис. 1. Местоположение изученного водоема. А: а – краевые образования вепсовско-крестецкой стадии; б – лужской стадии; в – невской (сямозерской); г – ругозерской; д – калевальской. Б: исследованный водоем; звездочкой обозначена точка отбора проб

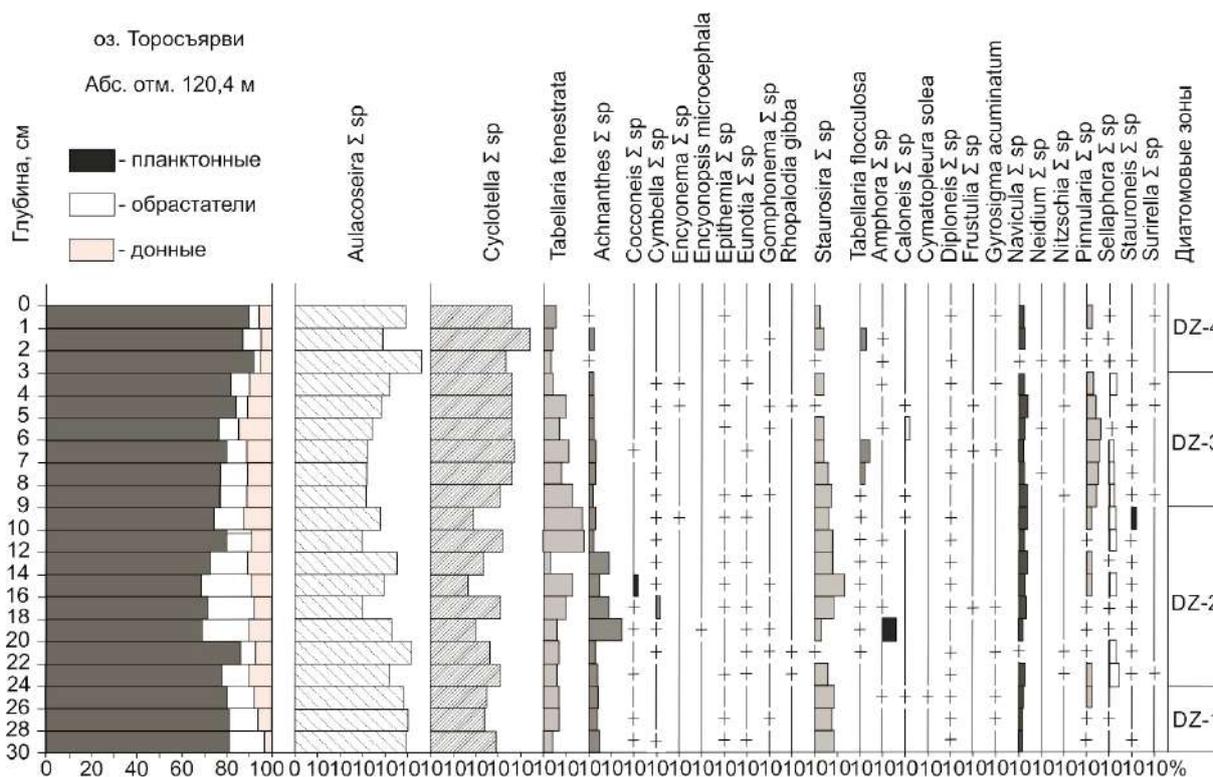


Рис. 2. Диатомовая диаграмма состава диатомовых комплексов в поверхностных донных отложениях озера Торосьярви

преобладали космополитные формы, доля арктоальпийских и бореальных в сумме не превышала 35%. По отношению к галобности основная роль принадлежала индифферентам (до 90%), галофилы достигали 5%, а доля галофобов составляла не более 15%. При этом среда была слабокислой (рН 6.7). Таким образом, достаточно глубоководный водоем в это время плохо прогревался, о чем свидетельствует увеличение содержания к концу DZ арктоальпийских и

бореальных форм. Несмотря на слабокислые условия среды, в водоеме господствовали индифферентные формы диатомей.

DZ II (гл. 24-9 см) – отличается по незначительным изменениям в составе комплекса: снижению доли планктонного сообщества и вытеснению его видами из обрастаний и планктонно-литоральными формами *Tabellaria fenestrata*. Содержание планктонных форм колебалось в пределах 70 – 80 %, при этом доля планктонных *Aulacoseira* sp. и *Cyclotella* sp. снижалась за счет вытеснения их планктонно-литоральными формами *Tabellaria fenestrata*. Среди обрастателей повысилась роль *Achnanthes* sp., появились хоть и в незначительном количестве виды родов *Cocconeis* sp., *Cymbella* sp., *Encyonema* sp., *Epithemia* sp., *Rhopalodia gibba*, из-за которых роль галофилов возросла до 10%, указывая на потепление климата, возможно увлажнение и усиление сноса. При этом условия pH среды стали еще более кислыми, доля галофобов к концу этапа выросла до 20 %. Заметно снизилось содержание видов широкого географического распространения и, наоборот, доля арктоальпийских форм в сумме с бореальными составила около 50 % от общего состава флоры. Все это указывает на нестабильность климатических условий, увлажнение климата.

DZ III (гл. 9-3 см) характеризуется постепенным повышением содержания видов *Aulacoseira* sp. и *Cyclotella* sp., а также снижением доли *Tabellaria fenestrata*. При этом наблюдается заметное уменьшение содержания форм обрастаний родов *Achnanthes* sp., *Stauroneis* sp., появление видов *Tabellaria flocculosa*, *Pinnularia* sp., *Sellaphora* sp., *Navicula* sp., единичных *Stauroneis* sp., *Diploneis* sp., *Nitzschia* sp., *Surirella* sp. Все это указывает на рост поступления в водоем химических элементов, стимулирующих развитие данных видов.

DZ IV (гл. 3-0 см) выделена на основании возрастания роли прежних планктонных видов, снижению доли *Tabellaria fenestrata*, сокращению разнообразия форм обрастаний и донных, составляющих в сумме до 10%. Все это говорит об обводнении водоема, связанном с увлажнением климата. Причем, роль арктоальпийских и бореальных форм, которые в сумме не превышают 35%, заметно ниже, чем на предыдущем этапе, очень незначительно содержание галофильных и галофобных форм, полностью вытесненных индифферентами. Однако значения pH повышаются и близки к нейтральным, что выше, чем на всех предыдущих этапах. По сравнению этого показателя с более ранним периодом субатлантики, минерализация воды и pH в поверхностных осадках заметно выше и отвечают слабощелочным и щелочным условиям. Все характеристики свидетельствуют об увлажненности климата. В изученных ранее водоемах [Шелехова, 2015; Шелехова и др., 2015; Шелехова, Слуковский, 2019] более ярко признаки потепления климата выражены в мелководных водоемах, в глубоководных такие изменения менее заметны.

Заключение

Торосьярви – холодный олиготрофный, достаточно глубокий водоем. По составу диатомовой флоры в современных сапропелях выделено четыре зоны, отвечающие условиям повышения и снижения его уровня.

1. Доминирующими диатомовыми водорослями являются планктонные виды.
2. По сравнению современного диатомового комплекса с таковым более раннего периода субатлантики можно отметить заметное изменение его состава, указывающего на повышение уровня водоема, обновление планктонного сообщества видами рода *Cyclotella* sp.
3. Диатомовый комплекс водоема отражает направленный тренд к потеплению климата, что проявляется в увеличении доли космополитов (на 20%) и снижении роли арктоальпийских и бореальных видов. Эти же тенденции выявлены в поверхностных осадках озер Хашозеро и Турастамозеро, Сяргозеро и Палозеро [Шелехова и др., 2015], озере Плотичье [Шелехова, Слуковский, 2019].
4. В относительно глубоководном озере Торосьярви изменения минерализации воды, pH, биогеографии видов заметны, но незначительны, что свидетельствует о природных процессах, не связанных с антропогенным воздействием.
5. В настоящее время в Карелии четко фиксируются синхронные нарастанию увлажненности климата незначительные повышения уровней водоемов.

Работа выполнена в рамках государственной темы ИГ Кар НЦ РАН № АААА-А18-118020690231-1. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Литература:

Барина С. С., Медведева Л. А., Анисимова О. В. Биоразнообразие водорослей – индикаторов окружающей среды Тель-Авив: PilliesStudio, 2006. 498 с.

Генкал С. И., Трифонова И. С. Диатомовые водоросли планктона Ладожского озера и водоемов его бассейна. Рыбинск: Изд-во «Рыбинский дом печати», 2009. 72 с.

Генкал С. И., Чекрыжева Т. А. Центрические диатомовые водоросли (Bacillariophyta, Centrophyceae) водоемов Карелии // Биол. внутр. вод. 2011. № 1. С. 5–16.

Генкал С. И., Чекрыжева Т. А., Комулайнен С. Ф. Диатомовые водоросли водоемов и водотоков Карелии / Отв. ред. В. Г. Девяткин. ИБВВ РАН. М.: Научный мир, 2015. 202с.

Давыдова Н.Н. Диатомовые водоросли – индикаторы природных условий водоемов в голоцене. Л.: Наука, 1985. 244 с.

Диатомовый анализ. Определитель ископаемых и современных диатомовых водорослей. – Л.: Государственное издательство геологической литературы, 1949-1950. Кн. 1. 240 с. Кн. 2. – 288 с. Кн.3.399 с.

Определитель пресноводных водорослей СССР. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1951. Вып. 4. 619 с.

Шелехова Т.С. Современное состояние озер Заонежья по данным диатомового анализа поверхностных донных отложений (Карелия, Россия) // Материалы IV международной научно-практической конференции «Экологическая геология: теория, практика и региональные проблемы». Петрозаводск, 30 сентября-2 октября 2015. С. 78–81.

Шелехова Т.С., Субетто Д.А., Тихонова Ю.С., Потахин М.С. Диатомовые водоросли современных отложений озер Заонежья: палеоэкологические и палеоклиматические реконструкции// Общество. Среда. Развитие» № 2. 2015.С.151–160.

Шелехова Т.С., Слуковский З.И. Диатомовые комплексы позднеголоценовых донных отложений городского озера Плотичье, г. Медвежьегорск, Республика Карелия, РФ //Морфологическая эволюция и стратиграфические проблемы. Материалы LXV сессии Палеонтологического общества при РАН (1-5 апреля 2019г. Санкт-Петербург). СПб: Картфабрика ВСЕГЕИ, 2019. С.188–190.

Krammer K., Lange-Bertalot H. Bacillariophyceae 3. Teil: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae // Süßwasserflora von Mitteleuropa. Stuttgart; Jena: Gustav Fischer Verlag, 1991. 576 p.

Mölder K., Tynni R. Über Finnlands rezente und subfossile Diatomeen. I–VII // Bull. Geol. Soc. Finland. 1967. Vol. 39.P.199–217; 1968. Vol. 40. P. 151–170; 1969. Vol. 41. P. 235–251; 1970. Vol. 42. P. 129–144; 1971. Vol. 43. P. 203–220; 1972. Vol.44. P. 141–149; 1973. Vol.45. P.159–179.

Tynni R. Über Finnlands rezente und subfossile Diatomeen VIII–XI // Geol. Surv. Finland Bull. 1975. Vol. 274. P. 1–55; 1976. Vol. 284. P. 1–37; 1978. Vol. 296. P. 1–55; 1980. Vol. 312. P. 1–93.



РЕКОНСТРУКЦИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА ТАЗОВСКОГО РАЙОНА ЯМАЛО-НЕНЕЦКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА В ГОЛОЦЕНЕ ПО ДАННЫМ СПОРОВО-ПЫЛЬЦЕВОГО АНАЛИЗА ТОРФЯНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ

Н.В. Шефер^{1,2}, Т.А. Бляхарчук^{2,1}

¹Томский государственный университет, Томск, vchifz@mail.ru

²Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, Томск, blyakharchuk@mail.ru

RECONSTRUCTION OF HOLOCENE VEGETATION BY PALYNOLOGICAL ANALYSIS OF PEAT COLUMN FROM TAZOVSKIY DISTRICT OF YAMALO-NENETSKIY AUTONOMOUS DISTRICT

N.V. Shefer^{1,2}, T.A. Blyakharchuk^{2,1}

¹Tomsk state university, Tomsk

²Institute of Monitoring of Climatic and Ecological Systems SB RAS, Tomsk

Изучение закономерностей изменения климата прошлого для прогнозирования его изменений в будущем является актуальной проблемой современных естественных наук. Арктические зоны наиболее уязвимы к изменению климатических условий [ACIA, 2005; Rudenko et al., 2020], кроме того, природные ландшафты арктических, субарктических и бореальных регионов имеют в своём составе значительную долю болотных экосистем, которые имеют большое значение в глобальном балансе углерода, и являются важным звеном климатических изменений [Billings et al., 1982; Billings, 1987].

Объектом исследований являются торфяные и подстилающие их озёрные отложения, отобранные в виде керн на полигональном болоте в Тазовском районе, ЯНАО (67°21'25.3" с.ш.; 78°42'11.9" в.д.). Цель работы состоит в реконструкции растительности и климата арктической зоны Западной Сибири в голоцене, на основе спорово-пыльцевого анализа, анализа непыльцевых палиноморф и микрогольков керн СКТ-15-3D.

Район исследований расположен в зоне южной тундры – южной подзоны тундры, граничащей на юге с лесотундрой. Растительный покров представлен сообществами трехъярусной тундровой растительности с преобладанием кустарников, главным образом карликовых берез, ив, а на возвышенностях – кустарниковой ольхи (*Betula nana* L., *Salix* sp., *Alnus fruticosa* Rupr.), значительную часть подзоны занимают болота [Дедю, 1989]. В Пур-Тазовском междуречье среднее годовое количество осадков составляет – 418 мм, средняя температура воздуха января – 26.2°C, июля + 14.3 °C [<http://climatebase.ru/station/23256>].

Место бурения керн СКТ-15-3D расположено на плоскобугристом болоте, в мочажине, в ~150 м от озера. Растительный покров, в пределах 500 метров вокруг места бурения представлен низкой кустарниковой и кустарничково-травяной растительностью с карликовой березкой, вересковыми кустарничками, морошкой, осокой (*Betula nana*, виды сем. Ericaceae и Cyperaceae), в пределах видимости (~ 1 км) расположены заросли ив и ольхи (*Salix* sp., *Alnus fruticosa*).

Керн длиной 400 см, был отобран в 2015 году при помощи передвижной буровой установки УКБ-2 (Лойко С.В, ТГУ). Образцы, полученные из керн, нарезались толщиной по 2.5 см. В лабораторных условиях проводилась химическая обработка образцов по методу Эрдтмана [Erdtman, 1943], с применением ацетализа. Для образцов с 320 см и ниже проводилась обработка плавиковой кислотой (HF). В ходе исследования применены: метод абсолютной геохронологии (радиоуглеродный анализ), методы палинологических исследований (световая микроскопия, методы построения палинологической диаграммы, методы интерпретации голоценовых спектров на основе данных субрецентных спектров и современных растительных сообществ).

Радиоуглеродные датировки показали, что отложения относятся к среднему и раннему голоцену: 4510±50 (Ki-20119), 5410±90 (Ki-20120), 5580±90 (Ki-20121), 7310±80 (Ki-20122), 6980±140 (Ki-20124), 9100±50 (Poz-83157). Для выполнения работы также были отобраны поверхностные (субрецентные) пробы в Тазовском районе (южная тундра), в Надымском районе (на границе лесотундры и северной тайги) и в Пуровском районе (северная тайга).

Глубинно-возрастная модель, для кернa СКТ-15-3D построена с применением пакета «clam» для R [Blaauw, 2010] и охватывает 12,5 календарных тысяч лет назад (кал.т.л.н.) (рис. 1). Радиоуглеродное датирование показало, что в керне отсутствуют датировки в интервале 5–0,1 кал.т.л.н.

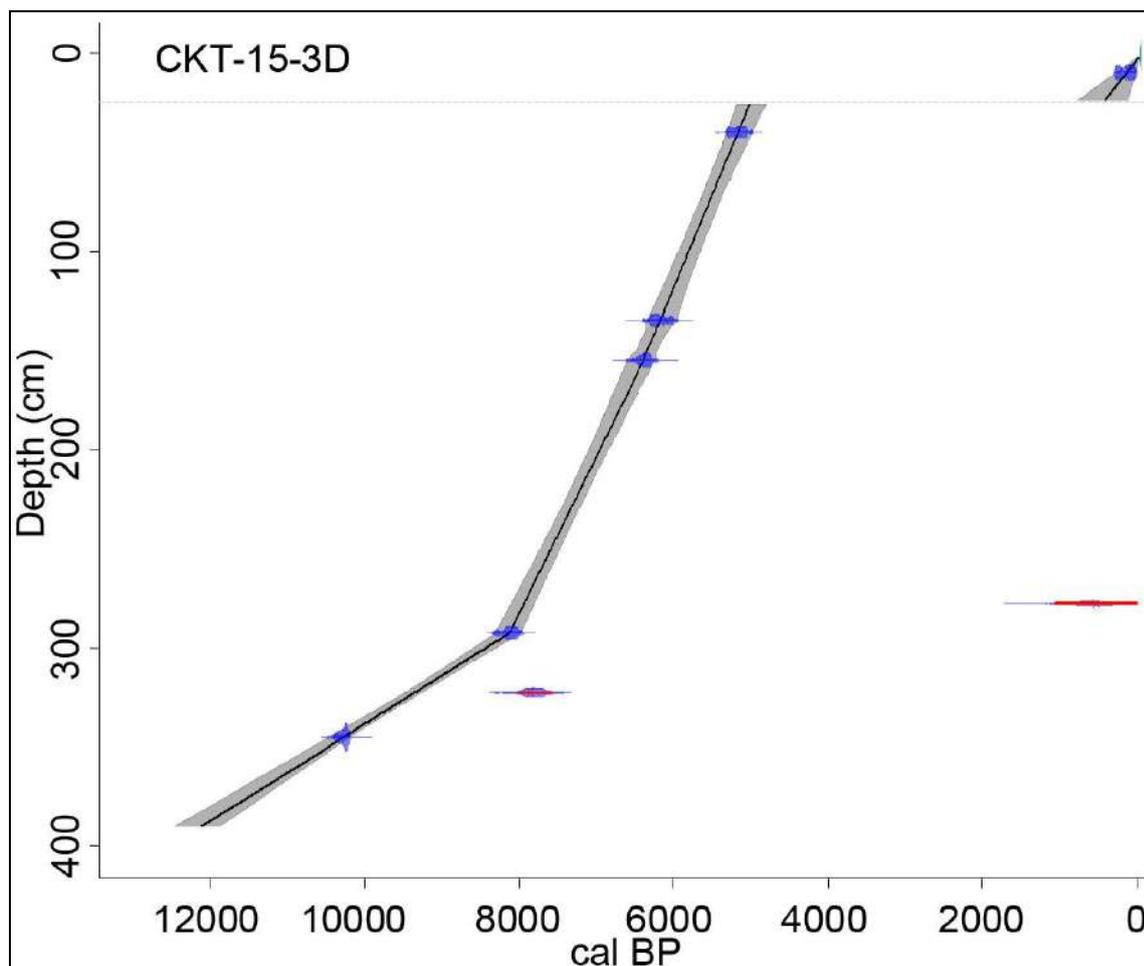


Рис. 1. Глубинно-временная модель для кернa СКТ-15-3D

При построении модели был выделен стратиграфический перерыв, на уровне 25 сантиметров от современной дневной поверхности, это объясняется отсутствием в этот период торфонакопления, что характерно для Ямало-Гыданской провинции [Тихонравова, 2020].

Для материала с глубин 275–277.5 и 320–322.5 не удалось выделить достаточное количество углерода, полученные результаты радиоуглеродного датирования для них 600 ± 300 лет и 6980 ± 140 лет, соответственно. Эти образцы отмечены на построенной модели как выбросы, поскольку создают инверсию и нарушают последовательность временной кривой. Полученные при построении калиброванные даты для кернa СКТ-15-3D использовались при построении палинологической диаграммы и возрастной характеристики палинозон.

Используя метод главных компонент (PCA), были оценены современные субрецентные спектры из северной тайги, с границы лесотундры и северной тайги, южной тундры. Руководствуясь результатами PCA: 1) было выявлено 5 основных вариантов современной растительности; 2) выделены 3 палинозоны в составленной спорово-пыльцевой диаграмме: СКТ1 (400–333 см), СКТ2 (333–80 см), СКТ3 (80–0 см). Палинозона СКТ2 была разделена на 3 подзоны: СКТ2a (333–285 см), СКТ2b (285–139 см), СКТ2c (139–80 см). Метод главных компонент и построение палинологической диаграммы, были выполнены в программе C2 [<https://www.staff.ncl.ac.uk/stephen.juggins/software/C2Home.htm>].

Для варианта растительности 1 характерно доминирование крупных кустарников (*Alnus fruticosa*), в травяно-кустарничковом ярусе доминируют виды порядка Ericales и *Rubus*

chamaemorus L. и значительное участие в травяно-кустарничковом ярусе видов семейства Rosaceae, а также семейства Сурегасеae, но в значительно меньшей степени. Этот вариант растительности соответствует южной кустарниковой тундре.

Для варианта растительности 2 характерно значительное участие в растительном покрове кустарников *Alnus fruticosa* и *Betula nana*. Травяно-кустарничковому ярусу этого сообщества свойственно большее, чем в южной кустарниковой тундре, участие видов семейства Сурегасеae, участие видов порядка Ericales выражено в меньшей степени по сравнению с предыдущим вариантом. Этот вариант растительности соответствует болоту южной кустарниковой тундры.

В древесном ярусе 3-го варианта растительности доминирует *Betula pubescens* Ehrh., также здесь присутствуют голосеменные (*Picea obovata* Ledeb.), для этого типа сообществ также характерно значительное участие кустарника *Betula nana*. Среди трав наиболее значительно участие видов Сурегасеae. В дальнейшем этот вариант растительности будет упоминаться как осоковое болото лесотундры с доминированием *Betula pubescens* и *B. nana*.

Для 4-го варианта растительности характерно доминирование в древостое *Picea obovata*. Участие прочих голосеменных (*Pinus sylvestris* L., *P. sibirica* Du Tour) в составе древесного яруса сообществ менее значительно, вероятно древесный ярус довольно разрежен. В составе сообществ присутствуют кустарники (ольха). В травяно-кустарничковом ярусе этого типа сообществ участвуют кустарнички (Ericales). Этот вариант наиболее близок к еловому редкостойному лесу с участием крупных кустарников и кустарничков порядка Ericales.

Для 5 варианта растительности характерно доминирование в древостое *Pinus sylvestris* и *P. sibirica*, участие *Picea obovata* в составе древостоя минимально. Данный тип сообществ соответствует тайге [Шефер, 2021].

Основываясь на результатах PCA и палинологической диаграмме проведена палеорекострукция (рис. 2).

Для периода 12.5–10.2 кал.т.л.н. – в древесном ярусе характерно значительное участие древовидной берёзы (*Betula pubescens*-type) и *Larix* sp, древесный ярус разреженный. Значительно участие кустарников – *Betula nana*, *Salix* sp. и *Alnus fruticosa*, для травяно-кустарничкового яруса значительно участие видов семейств Rosaceae, Сурегасеae, Scrophulariaceae, Chenopodiaceae, родов *Artemisia* и *Thalictrum*. Учитывая минерогенную структуру отложений, относящихся к этому периоду и наличие в них большого числа остатков водорослей *Pediastrum* sp. и мелких микроугольков (10–100 мкм), на территории места отбора керна в этот период находился водосбор (озеро). В рассмотренных современных сообществах подобный вариант растительности не встречается, наиболее близок он к южной кустарниковой тундре, но отличается от современных сообществ наличием разреженного древостоя и большим таксономическим разнообразием травяно-кустарничкового яруса. Вероятно, растительность позднего ледниковья в низовье Пур-Тазовского междуречья представляла собой богатые, сухие злаково-разнотравные луга.

В период 9.5–8.1 кал.т.л.н., значительно уменьшается участие древовидной березы в растительном покрове региона. В растительных сообществах доминируют крупные кустарники – *Betula nana*, *Alnus fruticosa* и *Salix* sp. В травяно-кустарничковом ярусе значительно участие семейств Rosaceae, Сурегасеae, Scrophulariaceae, родов *Artemisia* и *Thalictrum*, увеличивается участие кустарничков порядка Ericales. Растительность этого периода наиболее соответствует выделенному современному варианту южной кустарниковой тундры. В период 9–8.1 кал.т.л.н. увеличивается участие порядка Ericales, видов группы Rosaceae *Potentilla* (предположительно *Comarum palustre* L.), семейства Equisetaceae и *Rubus chamaemorus*. Количество микроугольков и остатков *Pediastrum* sp., наоборот уменьшается, что указывает на обмеление озера и начало формирования болота в этот период. Пик *Sphagnum* sp. около 8.5 тыс. лет кал.т.л.н. может указывать на: 1) наступление в этот период более влажных и холодных условий, об этом также, косвенно свидетельствует малое количество угольков, уменьшение участия видов Rosaceae и Chenopodiaceae в первой половине периода; 2) на локальное изменение микрорельефа из-за вспучивания мерзлоты, о чём косвенно свидетельствует увеличение участия в растительном покрове порядка Ericales и *Rubus chamaemorus*. Окончание этого периода связано с наступлением короткого сухого периода, около 8150 лет кал.т.л.н., и случившегося вслед за ним пожара, о чём свидетельствует наличие в пробах конца этого периода большего количества

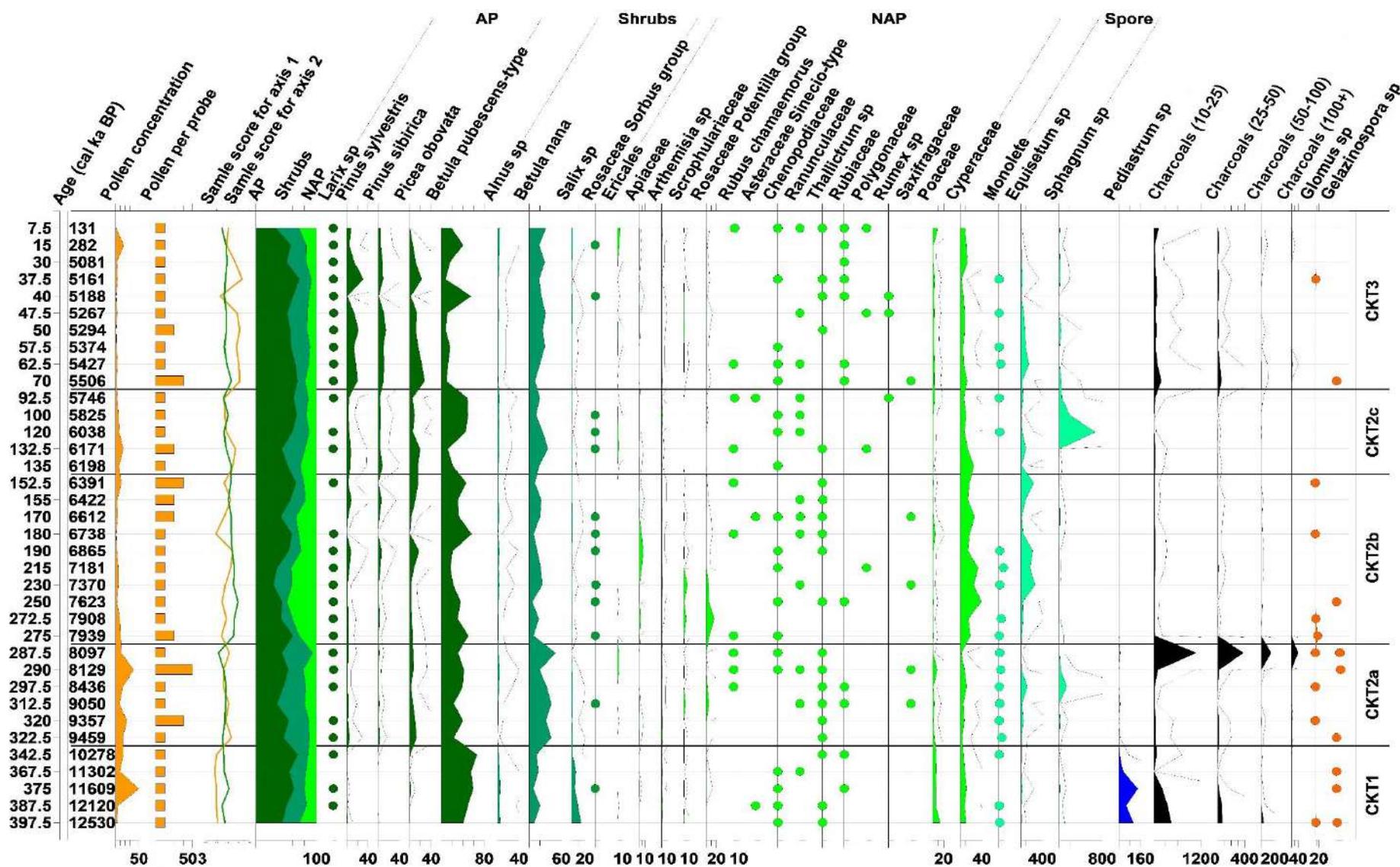


Рис. 2. Фрагмент спорово-пыльцевой диаграммы для ядра SKT-15-3D

угольков разных фракций, а также спор грибов *Gelasinospora* sp. и *Glomus* sp, которые в совокупности могут служить как индикатор пожаров [Medeanic, 2010].

Период 7.9–6.2 кал.т.л.н. характеризуется участием древовидной березы (*Betula pubescens*-type), лиственницы и проникновением в регион ели. Это хорошо согласуется с литературными данными [Peeted, 1998]. Наблюдается уменьшение участия кустарников в растительном покрове и увеличение участия трав и хвощей, с доминированием видов семейств Cyperaceae и Equisetaceae, а также значительным участием Apiaceae, Scrophulariaceae, Poaceae, Rosaceae Potentilla group и рода *Artemisia*. В этот период в месте отбора зерна формируется евтрофное болото. Реконструируемое растительное сообщество наиболее близко по таксономическому составу к современному варианту растительности 3, представляющему осоковое болото лесотундры, окружённое смешанным хвойно-березовым лесом с доминированием березы (*Betula pubescens*) и значительным участием в кустарниковом ярусе карликовой березки, но отличается от него более богатым таксономическим составом травяно-кустарничкового яруса.

В период 12.5–7.6 тыс. лет кал.т.л.н., для колонки отмечается частое участие в спектрах грибов *Gelasinospora* sp. и *Glomus* sp. Это вероятно свидетельствует о: 1) более сухих условиях, в этот период; 2) более высокой пастбищной нагрузке (возможно, мамонтовой фауны); 3) более частых пожарах [Medeanic, 2010].

В интервале 6–5.7 тыс. лет кал.т.л.н., в древесном ярусе доминирует *Betula pubescens*-type, значительное участие в растительных сообществах принимают крупные кустарники – *Betula nana*, *Alnus fruticosa* и *Salix* sp. Участие порядка Ericales, семейств Apiaceae, Ranunculaceae, Poaceae, Cyperaceae, и рода *Artemisia* в травяно-кустарничковом ярусе этого периода значительно.

В этот же период (6–5.7 кал.т.л.н.) наблюдается увеличение участия *Sphagnum* sp., и уменьшение участия осок и хвощей. Вероятно, к этому времени евтрофное болото преобразуется в полигональное. В пользу этой гипотезы свидетельствует появление и постоянное участие в составе локального сообщества видов порядка Ericales и, вероятно, *Rubus chamaemorus*. В рассмотренных современных сообществах подобный вариант не встречается, наиболее близок он к южной кустарниковой тундре и отличается наличием, разреженного древостоя и бóльшим таксономическим разнообразием травяно-кустарничкового яруса.

Для периода 5.5–5 кал.т.л.н. характерно – значительное участие в древостое голосеменных (*Picea obovata* и *Larix* sp.), кустарников, среди которых доминирует карликовая березка (*Betula nana*). Уменьшение участия ольхи, значительное участие Scrophulariaceae, Rosaceae Potentilla group, а также увеличение участия видов семейств Poaceae и Equisetaceae. Немного менее, чем в прошлый период, но всё ещё значительно участие видов порядка Ericales и рода *Artemisia*. Из рассмотренных современных типов растительности, наиболее близким к этому сообществу является еловый редкостойный лес с участием крупных кустарников и кустарничков порядка Ericales; отличие заключается в отсутствии в составе древесного яруса сосен сибирской и обыкновенной и меньшим участием ольхи в составе кустарничкового яруса. Вероятно, в конце периода (5.1 кал.т.л.н.) участие древесных форм в растительном покрове значительно уменьшается. На это указывает наличие в спектре этого периода спор гриба *Glomus* sp., и уменьшения участия древесных форм в спорово-пыльцевой диаграмме.

Период 0.329 кал.т.л.н. – современность. В древесном ярусе участвует *Larix sibirica* Ledeb., в составе растительных сообществ доминируют крупные кустарники – *Betula nana*, *Alnus fruticosa* и *Salix* sp. В травяно-кустарничковом ярусе значительное участие кустарничков порядка Ericales, *Rubus chamaemorus*, *Artemisia* sp. и видов семейств Poaceae и Cyperaceae. Полученные для этого периода спектры соответствуют спектрам южной кустарниковой тундры.

Заключение. На протяжении всего исследованного периода, охватывающего 12.5–5 кал.т.л.н., на территории южной тундры Западной Сибири присутствовала древесная растительность, представленная главным образом *Betula pubescens* и *Larix* sp. (вероятно *L. sibirica*). В период 8–6.9 кал.т.л.н., на эти территории проникает *Picea* sp. (вероятно *P. obovata*). В период 5.3–5 кал.т.л.н., в субарктике, вероятно, происходит похолодание, древесная растительность теперь представлена только *Larix* sp. (вероятно *L. sibirica*), прочие древесные породы, исчезают из растительного покрова. В исследуемом регионе на протяжении всего рассматриваемого периода постепенно происходил процесс заболачивания территорий. Около 12.5 кал.т.л.н. здесь господствовали богатые, сухие злаково-разнотравные луга и озерные

комплексы, затем постепенно распространились болотные комплексы. Около 8 кал.т.л.н., после пожаров в точке исследования сформировалось евтрофное болото или, вероятнее всего - хасырей. Под влиянием похолодания, наличия вечной мерзлоты в грунтах и уменьшения пастбищной нагрузки в период 6–5 тыс. лет кал.т.л.н. хасырей преобразовался в полигональное болото.

Литература:

Дедю И.И. Экологический энциклопедический словарь. Кишинев: Гл. ред. Молд. сов. энцикл., 1989. 406 с.

Тихонравова Я.В., Слагода Е.А., Рогов В.В., Бутаков В.И., Луначёв А.В., Кузнецова А.О., Симонова Г.В. Гетерогенное строение полигонально-жильных льдов в торфяниках Пур-Тазовского междуречья // Лёд и Снег. 2020. Т. 60. № 2. С. 225–238.

Шефер Н. В. Реконструкция растительности и климата Западной Сибири в голоцене по керну СКТ-15-3Д (Тазовский район, Ямало-Ненецкого автономного округа): ВКР магистра биологии: 06.04.01. 2021 / Шефер Никита Витальевич; НИТГУ. Томск, 2021. 98 с.

ACIA. *Arctic Climate Impact Assessment*. Cambridge University Press, 2005. 1042 p.

Billings W.D., Luken J.O., Mortensen D.A., Peterson K.M. Arctic tundra: A source or sink for atmospheric carbon dioxide in a changing environment? // *Oecologia* (Berl). 1982. Vol. 53 P. 7–11.

Billings W. D. Carbon balance of Alaskan tundra and taiga ecosystems: past, present and future // *Quaternary Science Reviews*. 1987. Vol. 6. Iss. 2. P. 165–177.

Blaauw M. Methods and code for 'classical' age-modelling of radiocarbon sequences // *Quaternary Geochronology*. 2010. Vol. 5. Iss. 5. P. 512–518.

Erdtman G. *An Introduction to Pollen Analysis*. Waltham. *Chronica Botanica*, 1943. 239 p.

Medeanic S., Maristela B. S. Indicative value of non-pollen palynomorphs (NPPs) and palynofacies for palaeoreconstructions: Holocene Peat, Brazil // *International Journal of Coal Geology*. 2010. Vol. 84. Iss. 3–4. P 248-257

Peteet D., Andreev A., Bardeen W., Mistretta F. Long-term Arctic peatland dynamics, vegetation and climate history of the Pur-Taz region, Western Siberia // *Boreas*. 1998. Vol. 27. P. 115–126.

Rudenko O., Taldenkova E., Ovsepyan Y., Stepanova A., Bauch H.A. A multiproxy-based reconstruction of the mid- to late Holocene paleoenvironment in the Laptev Sea off the Lena River Delta (Siberian Arctic) // *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 2020. Vol. 540. P. 109502

Climatebase.ru архив климатических данных URL: <http://climatebase.ru/station/23256> (дата обращения: 11.04.2022)

Steve Juggins web pages at Newcastle University URL: <https://www.staff.ncl.ac.uk/stephen.juggins/software/C2Home.htm> (дата обращения: 12.04.2022)

**ПАЛИНОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДРЕВНЕОЗЁРНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ,
ВСКРЫТЫХ СКВАЖИНАМИ 2Р И 4Р НА ВОСТОКЕ БЕЛАРУСИ****А.В. Шидловская***Институт природопользования НАН Беларуси, Минск, anne.shidlovska@gmail.com***PALYNOLOGICAL CHARACTERISTIC OF ANCIENT LACUSTRINE DEPOSITS
RECOVERED BY 2R AND 4R BOREHOLES IN THE EAST OF BELARUS****A.V. Shidlovskaya***Institute for Nature Management of the NAS of Belarus, Minsk*

В 2016–2018 годах в рамках исследований структурно-вещественных комплексов территории листа N–36–XIX (Могилев) пробурен ряд поисковых скважин (1Р–4Р). Скважинами 2Р и 4Р вскрыта линза древнеозёрных отложений. Выполненные детальные палинологические исследования позволили получить данные, необходимые для обоснования возраста и выяснения условий формирования указанных отложений.

Исследуемая линза залегает поверх флювиогляциальных отложений наревского горизонта и представлена супесью серой, зеленовато-серой, вероятно, озёрного генезиса, гумусированной, местами слюистой, с редкими растительными остатками. Межледниковая толща перекрывается выдержанными по простиранию нерасчленёнными днепровскими-сожскими флювиогляциальными и сожскими моренными отложениями припятского горизонта.

Скважина 2Р. Для спорово-пыльцевого анализа из керна скважины 2Р из слоя супеси грязно-серой гумусированной, местами слюистой (интервал 22,3–23,3 м), были отобраны 10 образцов. По результатам их спорово-пыльцевого анализа построена диаграмма (рис. 1).

Пыльца древесных пород доминирует в составе спектров на протяжении всего изученного интервала (88,9–99,7 %). На диаграмме выделены 4 локальные пыльцевые зоны **Ch2R–1–Ch2R–4** (**Ch** – д. Черенки, **2R** – номер скважины), которые могут быть сопоставлены с региональными пыльцевыми зонами борковского подгоризонта беловежского горизонта плейстоцена Беларуси [Рылова, 1998, Стратиграфические схемы..., 2010].

Ch2R–1 L PAZ (гл. 23,2–23,3 м) – представлена одним образцом, характерно преобладание пыльцы древесных пород (95,5 %), в частности, хвойных: *Picea* (30,0 %), *Pinus* (37,1 %), *Larix* (17,1 %), а также участие пыльцы *Betula* sect. *Albae* (11,3 %). Среди пыльцы травянистых растений встречены *Artemisia*, *Chenopodiaceae*, *Asteraceae*, *Poaceae*. Среди спор отмечен *Sphagnum* (6,3 %).

Состав спектра данной пыльцевой зоны соответствует региональной пыльцевой зоне **brk 1 *Betula–Larix–Picea*** борковского подгоризонта беловежского горизонта плейстоцена Беларуси.

Ch2R–2 L PAZ (гл. 23,1–23,2 м) характеризуется преобладанием пыльцы *Pinus* (41,0 %) и *Betula* sect. *Albae* (34,9 %). Количество пыльцевых зёрен *Picea* снижается до 8,1 %, а *Larix* – до 4,9 %. Среди пыльцы травянистых растений преобладает пыльца *Artemisia* (6,2 %), встречаются *Chenopodiaceae*, *Cyperaceae*, *Poaceae*. Среди спор наибольшую роль играет *Sphagnum* (16,6 %), присутствуют *Polypodiaceae*, единично *Bothryhium*.

Данная локальная зона соответствует региональной спорово-пыльцевой зоне **brk 2 *Pinus–Betula*** борковского подгоризонта беловежского горизонта.

Ch2R–3 L PAZ (гл. 22,6–23,1 м) отличается появлением значительного количества пыльцы широколиственных пород: *Quercus* (до 17,6 %), *Ulmus* (до 17,0 %), *Corylus* (до 11,1 %), *Tilia* (до 4,9 %) при общем доминировании пыльцы *Pinus* (от 72,5 % в нижней части интервала до 37,5 % в верхней). Присутствует пыльца *Picea* (до 2,7 %), *Betula* sect. *Albae* (до 8,9 %), *Alnus* (до 15,0 %), встречены пыльцевые зёрна *Acer*, *Ligustrum*. Содержание пыльцы травянистых растений незначительно (до 1,7 %), споры представлены в основном *Polypodiaceae* (до 8,7 %).

Локальная зона **Ch2R–3** отвечает региональной пыльцевой зоне **brk 3 *Quercus–Ulmus*** борковского подгоризонта беловежского горизонта.

Ch2R–4 L PAZ (гл. 22,4–23,6 м) – характеризуется заметным возрастанием содержания пыльцы *Corylus* (до 27,0 %) в составе спектров и по-прежнему высоким содержанием пыльцы других термофильных пород: *Quercus* (до 9,4 %), *Ulmus* (до 15,4 %), *Tilia* (до 4,2 %). Единично представлена пыльца *Fraxinus* и *Carpinus*. Процентное содержание пыльцы *Pinus* несколько

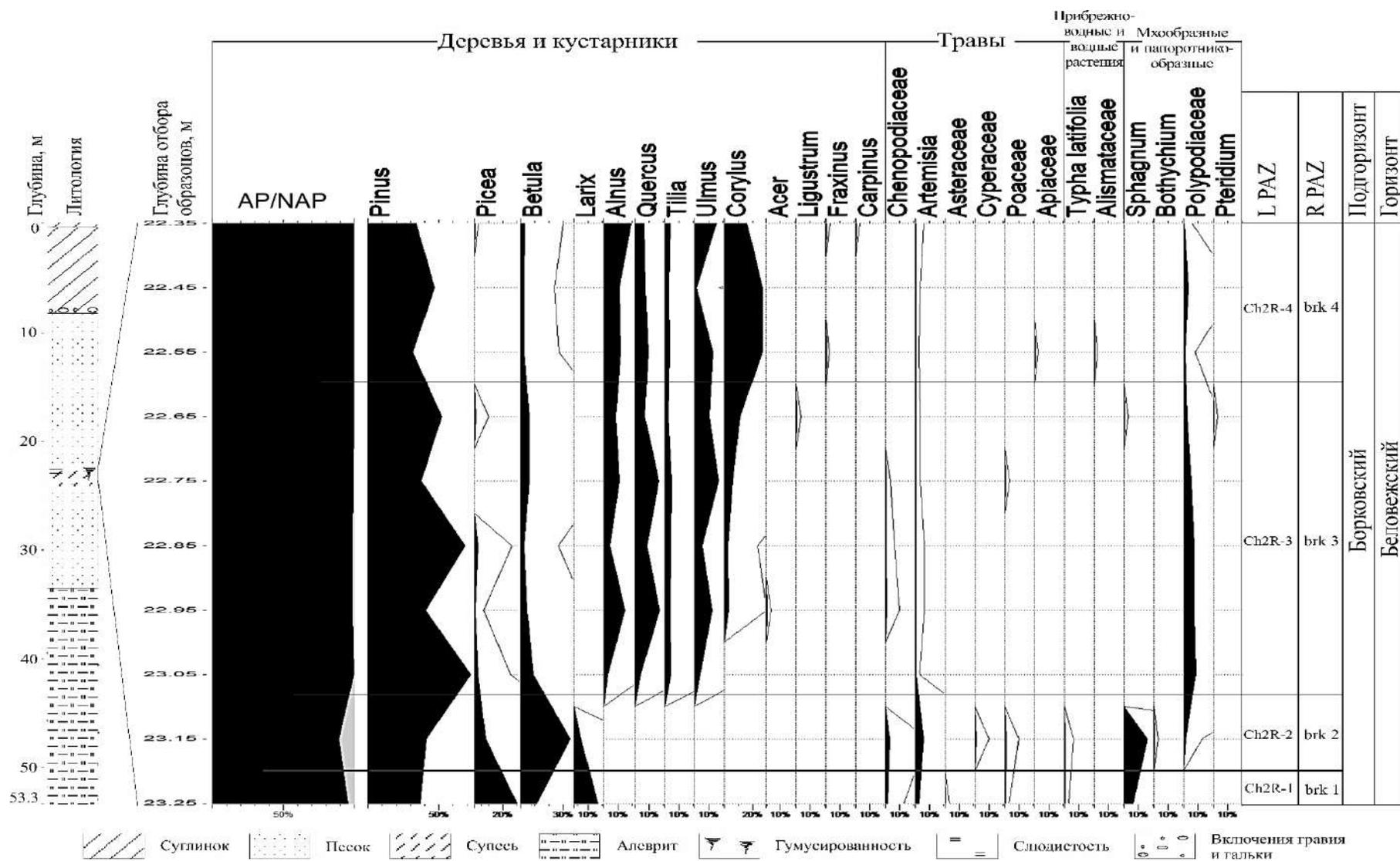


Рис. 1. Спорово-пыльцевая диаграмма межледниковых отложений, вскрытых скважиной 2Р у д. Черенки Чаусского района (анализ выполнен А.В. Шидловской)

снижается (от 47,1 до 33,8 %), отмечены единичные пыльцевые зёрна *Picea*. Количество пыльцы *Alnus* возрастает до 19,6 %, а пыльцы *Betula sect. Albae* уменьшается, по сравнению с предыдущей зоной, до 2,4–3,0 %. Участие пыльцы трав незначительно, единично встречены *Artemisia*, *Apiaceae*, *Alismataceae*, а из спор – *Polypodiaceae* (до 3,7 %).

Данная локальная зона соответствует региональной пыльцевой зоне **brk 4 *Quercus–Ulmus–Corylus*** борковского подгоризонта беловежского горизонта.

Скважина 4Р. Из керна скважины 4Р из слоя супеси тонкой, серой, однородной были отобраны образцы для палинологических исследований в интервале глубин 32,5–35,3 м. По результатам спорово-пыльцевого анализа построена диаграмма (рис. 2).

Общий состав спектров характеризуется абсолютным доминированием пыльцы древесных пород (93,6–100 %), тогда как пыльца травянистых растений и споры представлены в незначительном количестве. На диаграмме выделены 4 локальные пыльцевые зоны **Ch4R–1–Ch4R–4** (**Ch** – д. Черенки, **4R** – номер скважины). Они сопоставлены с региональными пыльцевыми зонами борковского подгоризонта беловежского горизонта плейстоцена Беларуси [Рылова, 1998, Стратиграфические схемы..., 2010].

Ch4R–1 L PAZ (гл. 35,0–35,2 м) характеризуется преобладанием пыльцы хвойных пород: доминирует *Pinus* – до 88,0 %, присутствуют *Larix* и *Picea* – до 2,7 %. Пыльца лиственных деревьев представлена *Betula sect. Albae* – до 39,9 %. Из пыльцы травянистых растений встречены единичные зёрна *Artemisia* и *Chenopodiaceae*. Споры немногочисленны, чаще всего встречаются представители *Polypodiaceae* (до 4,2 %).

Данная локальная пыльцевая зона соответствует региональной пыльцевой зоне **brk 1 *Betula–Larix–Picea*** борковского подгоризонта беловежского горизонта плейстоцена Беларуси.

Для **Ch4R–2 L PAZ** (гл. 34,4–35,0 м) также свойственно значительное участие пыльцы *Pinus* (до 75,4 %) и *Betula* (до 29,3 %). Содержание пыльцевых зёрен *Larix* и *Picea* – не более 1,2 %. В небольшом количестве отмечена пыльца термофильных пород: *Quercus* (до 2,3 %), *Ulmus* (до 1,7 %), *Tilia*, *Fraxinus* и *Corylus*. Пыльцы *Alnus* – до 1,9 %. Пыльцы травянистых растений – до 6,4 %, присутствуют *Artemisia*, *Chenopodiaceae*, *Cyperaceae*, *Asteraceae*, *Apiaceae*. Единично встречена пыльца *Typha latifolia* L. Количество спор невелико, преобладают споры *Polypodiaceae* – до 4,5 %, как и в предыдущей зоне.

Данная локальная пыльцевая зона отвечает региональной пыльцевой зоне **brk 2 *Pinus–Betula*** борковского подгоризонта беловежского горизонта.

Ch4R–3 L PAZ (гл. 33,5–34,4 м) характеризуется некоторым снижением участия *Pinus* (от 57,7 до 32,0 %) по сравнению с предыдущей зоной. Количество пыльцы *Betula* сокращается до 1,9 % в верхней части зоны. Единично отмечена пыльца таких хвойных пород, как *Larix*, *Picea*, *Juniperus*. Количество пыльцы термофильных пород существенно возрастает: *Quercus* – до 22,0 %, *Ulmus* – до 14,9 %, *Tilia* – до 4,2 %, *Corylus* – до 5,2 %, отмечены *Fraxinus*, *Acer*, *Celastraceae*, *Saprotifoliaceae*. Количество пыльцы *Alnus* увеличивается до 14,7 %. Среди пыльцы травянистых растений присутствуют *Artemisia*, *Chenopodiaceae*, *Asteraceae*, *Poaceae*, встречены *Typha latifolia* и *T. angustifolia* L. Среди спор чаще отмечаются представители *Polypodiaceae* – до 2,4 %.

Локальная пыльцевая зона **Ch4R–3 LPAZ** соответствует региональной пыльцевой зоне **brk 3 *Quercus–Ulmus*** борковского подгоризонта, которая отвечает началу климатического оптимума.

Ch4R–4 L PAZ (гл. 32,5–33,5 м) отличается дальнейшим снижением содержания пыльцы *Pinus* до 30,0 % и *Betula* до 1,3 % и возрастанием роли пыльцы термофильных пород, прежде всего *Corylus* – до 24,6 %. Пыльцы *Quercus* – до 16,9 %, *Ulmus* – до 19,5 %, *Tilia* – до 3,2 %, единично отмечены *Acer* (1,1 %), *Fraxinus*, *Fagus*, *Ligustrum*. Пыльцы *Alnus* – до 11,4 %. Пыльца травянистых растений представлена *Artemisia*, *Chenopodiaceae*, *Cyperaceae*, *Asteraceae*, *Poaceae*, встречены *Typha latifolia*, *T. angustifolia*. Количество спор по-прежнему незначительно.

Локальная пыльцевая зона **Ch4R–4 LPAZ** соответствует региональной пыльцевой зоне **brk 4 *Quercus–Ulmus–Corylus*** борковского подгоризонта.

В целом, состав спорово-пыльцевых спектров из отложений изученных интервалов разрезов скважин 2Р и 4Р сходен и сопоставим с таковым в таких известных разрезах беловежского возраста на территории Беларуси, как скв. 1279 у д. Стригин, скв. 1474 у

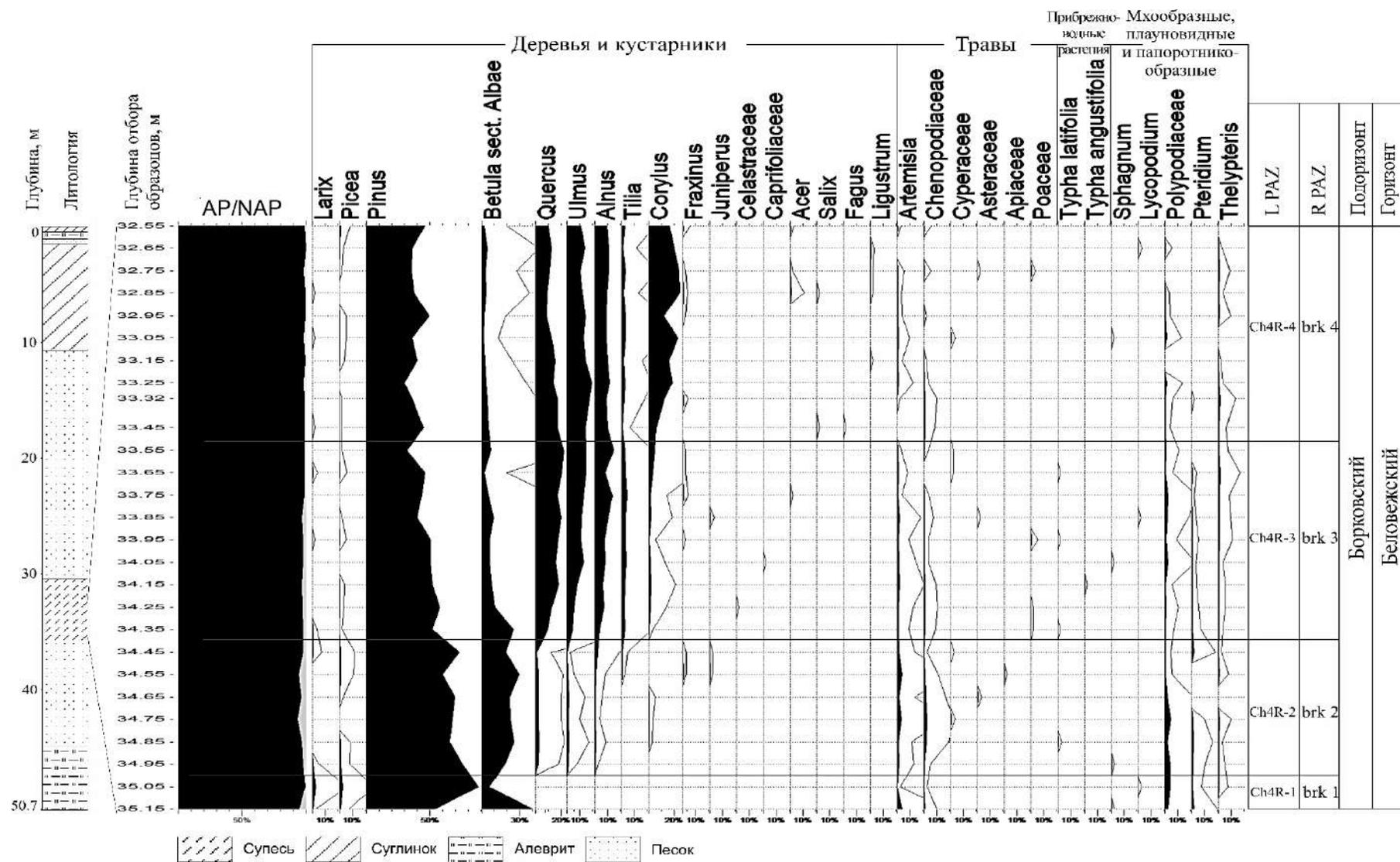


Рис. 2. Спорово-пыльцевая диаграмма межледниковых отложений, вскрытых скважиной 4Р у д. Черенки Чаусского района (анализ выполнен А.В. Шидловской)

д. Голицы, скв. 6 у д. Ятвезь Березовского района Брестской области [Величкевич и др., 1993], скв. Могилёв-21Ф и Могилёв-24Ф в г. Могилёве [Рылова и др., 2014], скв. 13 у д. Красная Дуброва Речицкого района Гомельской области [Махнач, Рылова, 1986].

Изложенные выше данные палинологических исследований позволяют получить представление о динамике лесных сообществ на изучаемой территории Чаусского района Могилёвской области на протяжении первой половины борковского интервала беловежского межледниковья плейстоцена Беларуси, включая часть климатического оптимума.

Состав спектров Ch2R-1 и Ch4R-1 L PAZ (**brk 1 *Betula-Larix-Picea R PAZ***) отражает начальную фазу межледниковья, для которой характерно развитие хвойно-мелколиственных лесов, где преобладали берёза, сосна, ель и лиственница. Напочвенный покров в таких лесах создавали папоротники, заболоченные участки покрывали сфагновые мхи. На прилегающих к палеоводоёму открытых участках селились луговые травы.

Локальные пыльцевые зоны Ch2R-2 и Ch4R-2 (**brk 2 *Pinus-Betula R PAZ***) соответствуют фазе развития березово-сосновых лесов с редким присутствием ели и лиственницы и небольшой примесью широколиственных пород, таких как дуб, вяз, липа и др.

Ch2R-3 и Ch4R-3 L PAZ (**brk 3 *Quercus-Ulmus R PAZ***) соответствуют фазе, отражающей начало климатического оптимума межледниковья. В это время получили развитие сосново-вязово-дубовые леса с участием липы, лещины, ясеня, клёна. Ель, лиственница и берёза практически исчезли из состава лесов. Для данной фазы характерно существенное распространение ольшаников. В подлеске встречались бирючина, можжевельник, бересклетовые и жимолостные.

Спектры Ch2R-4 и Ch4R-4 L PAZ (**brk 4 *Quercus-Ulmus-Corylus R PAZ***) отражают последующую фазу климатического оптимума межледниковья, а именно, фазу развития сосново-широколиственных и широколиственных дубово-вязовых и вязово-дубовых лесов с участием лещины, липы, незначительной примесью ясеня, клёна и, возможно, бука.

Таким образом, выполненные исследования показали, что формирование древнеозёрных отложений, вскрытых скважинами 2Р и 4Р у д. Черенки Чаусского района Могилёвской области, происходило на протяжении начальных фаз и первой половины климатического оптимума борковского интервала беловежского межледниковья плейстоцена Беларуси. Выявленный состав спорово-пыльцевых спектров позволил получить представление об изменениях характера растительности на протяжении этого времени в районе исследований.

Литература:

Величкевич Ф. Ю., Рылова Т.Б., Санько А.Ф., Феденя В.М. Березовский страторайон плейстоцена Белоруссии. Минск: Наука и техника, 1993. 146 с.

Махнач Н. А., Рылова Т.Б. Стратиграфическое расчленение древнеозёрных плейстоценовых отложений Речицкого Приднепровья // Плейстоцен Речицкого Приднепровья Белоруссии. Минск: Наука и техника, 1986. С. 56–75.

Рылова Т.Б. Биостратиграфическое расчленение беловежского и александрийского межледниковых горизонтов плейстоцена на территории Беларуси // Докл. НАН Беларуси. 1998. Т. 42. № 4. С. 114–117.

Рылова Т.Б., Карабанов А.К., Савченко И.Е. Новые данные к стратиграфическому расчленению плейстоценовых отложений в районе г. Могилев // Геология и полезные ископаемые четвертичных отложений: материалы VIII университетских геол. чтений. Часть 1. Минск: Цифровая печать, 2014. С. 23–26.

Стратиграфические схемы докембрийских и фанерозойских отложений Беларуси: объяснительная записка. Минск: ГП «БелНИГРИ», 2010. 282 с. + приложение из 15 стратиграфических схем.



ПЕРВЫЕ ДЕВОНСКИЕ ЛЕСА - ЭВОЛЮЦИОННЫЙ ПРИЗНАК КОМПЛЕКСНЫХ РОДОВЫХ ЗОН ПО РАСТЕНИЯМ СРЕДНЕГО - ВЕРХНЕГО ДЕВОНА

А.Л. Юрина

Московский государственный университет им. М.В.Ломоносова, Москва, flora.paleo@mail.ru

THE FIRST DEVONIAN FORESTS ARE AN EVOLUTIONARY FEATURE OF ASSEMBLAGE GENERIC ZONES FOR PLANTS OF THE MIDDLE - UPPER DEVONIAN

A.L. Jurina

Lomonosov Moscow State University, Moscow

ВВЕДЕНИЕ

Высшие растения среднего девона Земли были чрезвычайно разнообразны по систематическому составу. Наряду с доживающими риниофитами широко представлены плауновидные, хвощевидные, папоротники, прогимноспермы, а также целый ряд растений, таксономическое положение которых неясно. Освоение суши высшими растениями в среднем девоне связано с огромными перестройками в их организации и имеет существенное значение для всего дальнейшего развития биосферы. Величайшим событием среднего девона (398–385 миллионов лет назад) является появление на Земле древнейших лесов. Оно имело колоссальное значение для дальнейшего развития биосферы. Образование лесов продолжалось и в позднедевонскую эпоху. Первоначально доминирующими деревьями были кладоксилопсиды (класс *Cladoxylopsida* отдела папоротники). Оценка критериев доминирования кладоксилопсид в образовании первоначальных лесов является одной из задач настоящей работы наряду с оценкой значения ранних лесных экосистем как признака эволюционного преобразования макрофлористических зон среднего-верхнего девона.

ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О РАННИХ ДЕВОНСКИХ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ

Первые ископаемые среднедевонские леса. Самым древним лесом на Земле считается лес, имеющий возраст - 398–393 млн. лет [Berry, 2019; Giesen, Berry, 2013]. Это лес **Линдлар (Lindlar)**, открытый в Германии (Северный Рейн-Вестфалия, 51⁰ с.ш., 7⁰ в.д.). Растительные остатки найдены в отложениях мюленбергских слоев (*Mühlenberg Schichten*), комплекс миоспор из которых соответствует в стратиграфической схеме девона Арденно-Рейнского региона среднему эйфелю [Streele et al., 1987]. Они представлены родом *Calamophyton* (порядок *Pseudosporochneales*, класс *Cladoxylopsida*), - доминантом древостоя леса Линдлар. Это дерево высотой 2-3 м и 10-15 см диаметром в нижней части с округлой формы кроной из ветвящихся побегов. Современное название *Calamophyton* [Giesen, Berry, 2013] понимается как одно единое растение, включающее ранее описанные Г-Й. Швайцером *Calamophyton* и *Duisbergia* [Schweitzer, 1973]. В Линдларе присутствуют еще другие кладоксилеевые и также аневрофитовые (род *Rellimia*), фактический материал которых неудовлетворительной сохранности. По мнению К. Берри [Berry, 2019] сообщество растений в Линдларе не представляет настоящий лес, т.к. растительные остатки не найдены в положении *in situ*, не установлена связь *Calamophyton* с другими растениями и его площадное распространение. Следующие два ископаемых леса более молодые, чем лес Линдлар. Они близки между собой по возрасту, составу лесных формаций и территории распространения. Различие заключается в деталях экологической ситуации произрастания деревьев и формах сохранности. Оба леса установлены в приатлантическом шт. Нью-Йорк США: **Кайро (Cairo)**, 42⁰ с.ш., 73⁰ з.д., долина р. Гудзон) и **Гильбоа (Gilboa)**, 42⁰ с.ш., 74⁰ з.д., 40 км восточнее Кайро, в карьере Riverside). Флористические остатки Кайро происходят из отложений среднеживетской формации Платтекилл (*Plattekill*) [Stein et al., 2020]. Отложения Гильбоа отнесены к формации верхнего живета Онеонта (*Oneonta*) [Berry, 2019; Stein et al., 2007] Разница в возрасте между двумя лесами составляет около 2 млн. лет: Кайро (387-388 млн. лет), Гильбоа (385 млн. лет). Особенность леса Кайро состоит в том, что обнаружены ядра и отпечатки, сохранившиеся только как корневые системы. Среди них распознаются три типа деревьев: кладоксилеевые, прогимноспермы и плауновидные: кладоксилеевые (род *Eospermatopteris*) характеризуется остатками диаметром 30-50 см, прорастающими до глубины 30 см; ядра прогимноспермов (род *Archaeopteris*) до 10 м в диаметре при глубине 1,2-1,6 м (корневая система археоптерисовых установлена в геологической летописи в среднем девоне впервые);

принадлежность ядер плауновидных с диаметром до 1,9 м при глубине 25 см конкретному таксону неясна (скорее всего может быть определена как стигмариеподобные *Isoetalean lycospid?*) По деталям строения тонких и маловетвистых корневых образований *Eospermatopteris* предполагается, что лес Кайро произрастал в более засушливых условиях, чем лес Гильбоа [Stein et al., 2020]. В лесах Гильбоа различаются три типа древовидных растений, занимающих разные ярусы. Доминантами первого яруса были вертикальные деревья кладоксилеевых до 8 м высотой с прямым стволом и раздутым основании до 1 м в диаметре, с ограниченной корневой системой и с кроной ветвей в верхней части: стволы и основания относятся к роду *Eospermatopteris*; ветви к роду *Wattieza* (порядок *Pseudosporochnales*, класс *Cladoxylopsida*) [Stein et al., 2007]. Средний ярус составляли горизонтально лежащие дихотомически ветвящиеся стебли диаметром около 15 см, длиной 4 м, определенные только как принадлежащие к порядку *Aneurophytales* класса *Progymnospermopsida*. Возможно, они, как лианы, использовали эосперматоптерисы. Самый нижний ярус составляли малочисленные и плохо сохранившиеся плауновидные. Лес Гильбоа произрастал вблизи моря во влажных дождливых условиях о чем свидетельствуют раздутые основания стеблей.

Верхнедевонские леса. В самых ранних лесах земли среднего девона доминантами древостоя отмечались кладоксилеевые папоротники и реже аневрофитовые. Плауновидные в составе лесных формаций среднего девона играли второстепенную роль. Первые леса с прямостоячими древовидными ликопсидами появились только в начале позднего девона (383 млн. лет). Это был лес **Муниндален** (**Munindalen**, 780 с.ш., 160 в.д.), установленный на Центральном Шпицбергене (земля Диксон) в отложениях нижнефранской формации плантеклёфта (*Plantekløfta*), которую по миоспорам относят к началу франского яруса [Berry, Marshall, 2015]. Здесь плауновидные представлены родом *Protolepidodendropsis in situ* (ядра и отпечатки стволов, клубнеподобные увеличенные основания и прикрепленные к ним дихотомирующие корнеподобные образования). Это были небольшие деревья с базальным диаметром около 20 см, росли очень тесно друг к другу. Предполагается, что *Protolepidodendropsis* произрастал на влажных почвах в палеоэкваториальной зоне. Более молодой лес ликопфитов (360 млн. лет), чем Муниндален, обнаружен в юго-восточном Китае в провинции Аньхой около г. Синханя (*Xinhang*, 310 с.ш., 1190 в.д.). Лес **Синхань** с ликопсидными деревьями *Guangdedendron micrum in situ* (порядок *Isoëtales sensu lato*), пока известными только в Китае, установлен в отложениях формации вутонг (*Wutong*) по миоспорам относящейся к фамену [Wang et al., 2019]. Это были небольшие деревья высотой 3.2 м с прямым неветвящимся стеблем с сохранившейся *Stigmara*, ризоморфы которой дихотомируют до 4 раз и с поникающими мегастробилами наверху. Различаются ювенильные и зрелые стадии сохранности деревьев *Guangdedendron*. Лес Синхань произрастал в прибрежных условиях с явлениями наводнений.

Археоптерисовые леса. Род *Archaeopteris* (порядок *Archaeopteridales*, класс *Progymnospermopsida*) представляет крупные древовидные растения с моноподиальным главным стволом около 10 м в высоту и более 1 м в диаметре в нижней части ствола, со спиральным расположением боковых облиственных ветвей. Временем его произрастания считался поздний живет-ранний карбон. По многочисленным находкам листьев видов археоптерисов в верхнем девоне на больших территориях поздний девон стали рассматривать как время произрастания археоптерисовых лесов. Однако конкретное типовое местонахождение для этого леса, его состав и находки *Archaeopteris in situ* не указывались. Затем палеоботаниками было показано, что многие средне и верхнедевонские виды *Archaeopteris* по строению листовой пластинки следует считать принадлежащими роду *Svalbardia* [Юрина, Орлова, 2021]. Род *Archaeopteris* является одним из существенных растений девонских лесов, для ранних представителей которого детали строения и форм сохранности остаются неясными.

Особенности строения кладоксилеевых первичных лесов. Доминантными растениями первых среднедевонских лесов Линдлар, Кайро и Гильбоа были роды *Calamophyton*, *Eospermatopteris* и *Wattieza* - представители класса *Cladoxylopsida*. Получается, что ключевая роль в создании лесов принадлежит кладоксилеевым-небольшим и средним деревьям (от 2-3 м до 8-10 м высоты), а не прогимноспермам, в частности, роду *Archaeopteris*, как предполагалось ранее. Это в значительной степени связано со строением проводящих тканей у *Cladoxylopsida*, осуществлявших передвижение воды и органических веществ. Проводящую систему

кладоксилеевых можно охарактеризовать как состоящую из множества отдельных обособленных и анастомозирующих проводящих пучков (меристел), погруженных в паренхиму. Благодаря образованию новой древесины и дополнительных тканей вокруг пучков у этих растений стал возможным процесс их роста до больших размеров. Кратко описанная проводящая система кладоксилеевого первого леса Линдлар *Calamophyton primaevum* [Schweitzer, 1973] характеризуется множеством радиально расположенных меристел с редкими элементами вторичной ксилемы. У *Dusbergia mirabilis*, признанного стволом растения *Calamophyton primaevum*, выявлена проводящая полистелическая система, состоящая из кольца 60 радиально расположенных пучков ксилемы (меристел) из первичной и вторичной ксилемы, погруженных в сердцевину большого объема. Это обстоятельство трактуется как способность растения к вторичному росту [Berry, 2019] и связывается с подобными данными по кладоксилеевым из верхнего девона Китая [Xu et al., 2017]. Китайские кладоксилепсиды обладали проводящей системой из пучков ксилемы с древесиной по окружности каждого пучка и разрастающейся паренхиматозной тканью между ними. Благодаря анатомическим особенностям строения проводящей системы у кладоксилеевых развился необычный способ роста до размеров дерева, отличающийся от такового у деревьев других групп. Отсюда происходит возможность кладоксилеевых формировать основу первого лесного древостоя.

НОВЫЕ БОТАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МАКРОФЛОРИСТИЧЕСКИХ ЗОН СРЕДНЕГО-ВЕРХНЕГО ДЕВОНА

Обзор стратиграфического и географического распространения ископаемых лесов среднего-позднего девона Евразии позволил обсудить и сделать дополнения к некоторым признакам макрофлористических родовых зон этого периода. В настоящем в среднем и верхнем девоне по предложению Х. Бэнкса [Banks, 1980] и с уточнениями и поправками относительно границ зон и соответствия их палинологическим зонам [Edwards, Berry, 1991] выделяются следующие макрофлористические биозоны (табл. 1): IV зона *Hueningia* (самые верхи эмса-эйфель), V зона *Svalbardia* (живет без самой нижней части), VI зона *Archaeopteris* (фран и большая часть фамена) и VII зона *Rhacophyton* (самая верхняя часть фамена). В своих исследованиях мы основываемся на этой схеме зонального расчленения девона по растениям. Предлагаемые нами уточнения будут касаться признака ботанической характеристики биозон. В. Чалонер и А. Ширин [Chaloner, Sheerin, 1979] рекомендовали отмечать для каждой зоны появление у растений или в растительных структурах эволюционных новообразований (evolutionary innovation) морфолого-анатомического характера, которые дополняют принадлежность флоры к конкретной зоне и подчеркивают их значение для биостратиграфии. Это предложение было также поддержано Н.С. Снигиревской [1988] и Д. Эдварс и К. Берри [Edwards, Berry, 1991], предложившими документировать такие признаки как биологическое событие. Наша точка зрения - появление лесов новой экологической системы является особым природным явлением и представляет эволюционное нововведение для девонских растений (табл. 1). Для макрозоны *Hueningia* предлагается отмечать первое появление в истории развития растений земли лесного сообщества (не совсем типичного леса, как отмечено выше) с преобладающими компонентами кладоксилеевых; тип леса Линдлар. Отличительной особенностью зоны *Svalbardia* являются настоящие леса, нередко многоярусные, состоящие из кладоксилеевых (доминанты), плауновидных и аневрофитовых; типы леса Кайро и Гильбоа. Зоны *Archaeopteris* и *Rhacophyton* характеризуются появлением моновидных лесов плауновидных: основание зоны *Archaeopteris* связано с деревьями *Protolpidodendropsis* небольших размеров; тип леса Муиндален; в зоне *Rhacophyton* появляются леса плауновидных из деревьев *Guangdedendron*, для которых установлена *Stigmara* in situ; тип леса Синхань.

В современной литературе значение ископаемых лесов для девонской зональности в континентальных фациях обсуждается очень редко [Becker et al., 2020]. В указанной работе, представляющей капитальное международное исследование по девонскому периоду, эта проблема рассматривается чрезвычайно кратко и неполно. Хотя отмечается, что для среднего и верхнего девона зональность по макрорастениям принята согласно Banks, 1980 и Edwards, Berry, 1991, она показана другой: отсутствует зона *Hueningia* и значительно изменены границы самих зон

Табл. 1. Сопоставление родовых комплексных зон макрофлор среднего-верхнего девона по представлениям разных авторов

Отдел	Ярус (млн. лет)	Becker et al., 2020	Юрина, настоящая работа	
		Зональность по мегафоссилиям растений	Комплексные родовые зоны по макрорастениям	
			Banks, 1980 Edwards, Berry, 1991	Биологическое событие
Верхний	Фаменский 373,5	Rhacophyton	Rhacophyton	▲ Древоподобные леса плауновидных со стигмариями
	Франский 385,3	Archaeopteris	Archaeopteris	▲ Первые леса из плауновидных
Средний	Живетский 391,8	Первые большие деревья <i>Eospermatopteris</i>	Svalbardia	
	Эйфельский 394,3	Первые небольшие деревья <i>Calamophyton</i> <i>Pseudosporochmus</i>	Huenia	● Первые лесные сообщества с компонентами кладоксилеевых

(табл. 1). В одной единой рубрике располагаются принципиально разные тематики обсуждения: зоны по макрофлоре и первое появление деревьев разных систематических групп и размеров (“первые небольшие деревья”, “первые большие деревья”), чередующихся в стратиграфической последовательности [Becker et al., 2020, p. 760, fig. 22.12]. Подобная информация не отвечает фактам развития растений в геологической истории.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Обзор материала о первых девонских лесах показал, что находки настоящих ископаемых лесов *in situ* чрезвычайно редки. К настоящему времени известно три среднедевонских леса: одно в Европе (Германия, средний эйфель) и два на континенте Северной Америки (США, верхний живет); позднедевонские леса отмечаются по одному в Европе (Норвегия-Шпицберген, ранний фран) и в Азии (Китай, фамен). Девонские леса на территории России не установлены. Доминирующими деревьями, которые образовывали первые леса, были кладоксилеевые с

небольшим количеством аневрофитовых и плауновидных. В позднем девоне лесобразующими стали плауновидные. Предложено добавить в ботанические характеристики макрофлористических зон среднего и верхнего девона новый эволюционный признак - появление лесов разных типов в каждой зоне.

Литература:

Снигиревская Н.С. Поздний девон-время появления лесов как природного явления // Становление и эволюция континентальных биот. Тр. XXXI сессии Всесоюзного палеонт. об-ва. Л.: ВСЕГЕИ, 1988. С. 115–124.

Юрина А.Л., Орлова О.А. Макрофлористическая зона Svalbardia (живет): структура, характерный род, его видовое разнообразие и основные местонахождения // Труды палеонтологического общества. Отв. ред. С.В. Рожнов. М.: ПИН РАН. 2021. Т. IV. С. 73–83.

Banks H.P. Floral assemblages in the Silurian-Devonian // *Biostratigraphy of fossil plants*. Stroudsburg: Dowden, 1980. P.1–24.

Becker R.T., Marshall J.E.A., Da Silva A.C. with contributions by Agterberg F.P., Gradstein F.M. and Ogg J.G. The Devonian period. The Geologic Time Scale. Vol. 2. 2020. Amsterdam etc.: Elsevier, 2020. P. 733–810.

Berry C.M. The evolution of the first forests in the Devonian // Вестник ИГ Коми НЦ УрО РАН. 2019. № 11. С. 20–24.

Berry C. M., Marshall J. Lycopoid forests in the early Late Devonian palaeoequatorial zone of Svalbardia // *Geology*. 2015. Vol. 43 (12). P. 1043–1046.

Chaloner W.G., Sheerin A. Devonian macrofloras // *Spec. Pub. Palaeontol.* 1979. No. 23. P. 145–161.

Edwards D., Berry C.M. Silurian and Devonian // C.J. Cleal (ed.). *Plant Fossils*. In *Geological Investigation. The Palaeozoic*. L.: Ellis Horwood, 1991. P. 117–153.

Giesen P., Berry C.M. Reconstruction and growth of the early tree *Calamophyton* (Pseudosporochnales, Cladoxylopsida) based on exceptionally complete specimens from Lindlar, Germany (Mid-Devonian): organic connection of *Calamophyton* branches and *Duisbergia* trunks // *International Journal of Plant Sciences*. 2013. Vol. 174. P. 665–686.

Schweitzer H.-J. Die Mitteldevon-flora von Lindlar (Rheinland). 4. Filicinae-*Calamophyton primaevum* Kräusel and Weyland // *Palaeontographica*. 1973. Abt. B. Band 140. S. 117–150.

Stein W., Berry Ch., Morris J., Wellman Ch., Beerling D., Leake J. Mid-Devonian *Archaeopteris* roots signal revolutionary change in earliest fossil forest // *Current biology*. 2020. Vol. 30 (3). P. 421–431.

Stein W., Mannolini F., Hernick L., Landing E., Berry Ch. Giant cladoxylopid trees resolve the enigma of Earth's earliest forest stumps at Gilboa // *Nature*. 2007. Vol. 446. P. 904–907.

Streef M., Higgs K., Loboziak S., Riegel W., Steemans P. Spore stratigraphy and correlation with faunas and floras in the type marine Devonian of the Ardenne-Rhenish regions // *Review of Palaeobotany and Palynology*. 1987. Vol. 50. P. 211–229.

Wang, D., Qin, M., Liu, Le., Liu, Lu., Zhou, Y., Zhang, Y., Huang, P., Xue, J., Zhang, S, Meng, M. The most extensive Devonian fossil forest with small lycopsid trees bearing the earliest stigmarian roots // *Current Biology*. 2019. Vol. 29. P. 2604–2615.

Xu H.-H., Berry C., Stein W., Wang Yi, Tang P., Fu Q. Unique growth strategy in the Earth's first trees revealed in silicified fossil trunks from China // *PNAS*. 2017. Vol. 114. P. 12009–12014.



**МИОСПОРОВЫЕ ЗОНЫ ПОГРАНИЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ СРЕДНЕГО И ВЕРХНЕГО
ДЕВОНА ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ ПЛАТФОРМЫ**

А.Л. Юрина¹, М.Г. Раскатова²

¹*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, flora.paleo@mail.ru*

²*Воронежский государственный университет, Воронеж, mgraskatova@yandex.ru*

**THE MIOSPORE ZONES OF BOUNDARY DEPOSITS FOUND IN MIDDLE AND UPPER
DEVONIAN OF THE EAST EUROPEAN PLATFORM**

A.L. Jurina¹, M.G. Raskatova²

¹*Lomonosov Moscow State University, Moscow*

²*Voronezh State University, Voronezh*

В конце XIX и начале XX веков для среднего и верхнего девона Восточно-Европейской платформы (ВЕП) палеонтологами и стратиграфами широко использовалась биоэональность по миоспорам [Avkhimovitch et al., 1993]. Для отложений пашийского, тиманского и саргаевского горизонтов выделялась единая акме-зона *Contagisporites optivus-Spelaotriletes krestovnikovii* (OK) раннефранского возраста, для которой отмечался расцвет или максимум развития видовых или родовых таксонов древней флоры. Зона OK подразделялась на две подзоны: *Ancyrospora incisa-Geminospora micromanifesta* (IM), характеризующая пашийский горизонт и подзона *Acanthotriletes bucerus-Archaeozonotriletes variabilis insignis* (VI), характеризующая тиманский и саргаевский горизонты. Граница франского яруса проводилась в основании подзоны IM. После того, как в стратиграфических схемах России по рекомендации Международной подкомиссии по стратиграфии девона [Зональная..., 2006] и по Постановлениям МСК России и его комиссий [Постановления..., 2008] пашийский горизонт и подзона IM стали считаться верхнеживетскими, нижняя граница франского яруса по миоспорам стала проводиться в подошве подзоны VI. В региональных стратиграфических схемах ВЕП по разным группам органических остатков и структурным особенностям пород отражены четыре точки зрения на уровень проведения границы живетского и франского ярусов: первая - в основании пашийского горизонта [Решение..., 1990]; вторая - в основании тиманского горизонта [Фортулатова и др., 2013]; третья - в основании верхнетиманского подгоризонта [Соболев, Евдокимова, 2013; Ovnatanova, Konoнова, 2008]; и четвертая - в основании саргаевского горизонта [Цыганко, 2011]. Уровень нижней границы франского яруса по миоспорам пока не установлен. Специальные исследования по выявлению уровня границы живетского и франского ярусов по палеонтологическим данным осуществлялись только в некоторых регионах ВЕП (табл. 1). **Беларусь.** Обоснование границы живетского и франского ярусов по миоспорам для западной части ВЕП решали Т.Г. Обуховская и В.Ю. Обуховская. Они уделяли большое внимание характеру распространения миоспор (первое появление, постоянное и периодическое присутствие) и выделению палеонтологических маркеров. Они внесли значительные исправления: заменили родовое название подзоны VI *Acanthotriletes bucerus* на название *Raistrickia bucerus*; разделили эту подзону на 3 новых стратиграфические единицы, которым придали статус локальных зон [Обуховская Т.Г. и др., 2005; Обуховская В.Ю., 2005]. Первая версия проведения границы по миоспорам принадлежит Т.Г. Обуховской [Obukhovskaya, 2000]. Ею предложены два возможных варианта проведения границы: в основании локальной зоны IM, совпадающим с основанием убортского горизонта (верхний живет) и внутри локальной зоны R. bucerus, отвечающей середине желонского горизонта (нижний фран). В.Ю. Обуховская рассматривала границу между средним и верхним отделами девона несколько иначе: в основании лоны R. bucerus, сопоставляемой с подошвой желонского горизонта [Обуховская В.Ю., 2005; Обуховская В.Ю. и др., 2012]. В общей девонской стратиграфической схеме Беларуси, в разработке которой наряду с вышеназванными палеонтологами, принимали участие специалисты по конодонтам и ихтиофауне, граница по миоспорам между живетским и франским ярусами проводится в основании лоны R. bucerus и отвечает подошве желонского горизонта, помещаемого в основание франского яруса [Обуховская Т.Г. и др., 2005; Плакс, Обуховская, 2011]. Миоспоры пограничных живетско--франских отложений **Тимано-Печорской провинции** изучала О.П. Тельнова [2003]. Она не использовала зональную схему по миоспорам для ВЕП [Avkhimovitch et al., 1993], а создала

Таблица 1. Уровни проведения границы (жирная линия) по миоспоровым зонам живетского и франского ярусов Восточно-Европейской платформы по представлениям разных палинологов

Восточно-Европейская платформа					Беларусь	Тимано-Печорская провинция	Пермское Прикамье	Волгоградское Поволжье	Воронежская антеклиза															
Общая стратиграфическая шкала (Решение, 1990)					Avkhimovitch et al., 1993	Обуховская Т. Г. и др., 2005; Плакс, Обуховская, 2011	Тельнова, 2008	Арасланова, 2002	Манцурова, 2012	Юрина, Раскатова, наст. работа														
Ярус	Подъярус	Горизонт	Подгоризонт	Зоны	Подзоны	Горизонт	Лоны	Палинозоны	Комплексы	Слои	Подзоны	Палинозоны												
Франский	Средний	Саргаевский	C. oprivus - S. krestovnikovii (OK)	A. bucerus - A. variabilis insignis (BI)	Саргаевский	Archaeozonotriletes variabilis insignis (VI)	Тиманская свита	обильной Ar. variabilis	Acanthotriletes bucerus - Archaeozonotriletes variabilis insignis	Саргаевский	A. variabilis insignis (VI)													
													Нижний	Тиманский	Верхний	S. pseudo-deliquescens	D. sorokinii	P. vermiculatus - S. domanicus						
	Нижний	Пашийский																	С. oprivus - S. krestovnikovii (OK)	A. incisa - G. micromanifesta (IM)	Хотимский	A. incisa - G. micromanifesta (IM)	Arch. verrucosus	H. incisus
													Живетский	Верхний	Муллинский	G. extensa (EX)	S. triangulatus - C. serratus (TS)							

новую схему, характерную для Тимано-Печорской провинции и выделила для тиманской свиты новые самостоятельные палинозоны. Вначале в этой свите ею различались 3 палинозоны: *Spelaeotriletes bellus*, *Archaeoperisaccus verrucosus* и *Spelaeotriletes domanicus*. Палинозона *A. verrucosus*, установленная для нижней части свиты, характеризовалась как хороший репер для региональной и межрегиональной корреляции и ее основание предлагалось рассматривать в качестве нижней границы франского яруса. Затем Тельнова [2008] приводила для тиманского горизонта также 3 палинозоны по первому появлению вида-индекса, но иные по составу и названиям, чем прежде: *S. bellus*-*Densosporites meyeriae*, *Perotriletes vermiculatus*-*S. domanicus*, *Densosporites sorokinii*. Подошву зоны *D. sorokinii*, коррелируемой с самой верхней частью тиманского горизонта (деление на подгоризонты не приведено) она предложила рассматривать как уровень границы живетского и франского ярусов, так как в ней она отмечала изменения на уровне высоких таксонов. Р.М. Арасланова [2002] изучала комплексы миоспор верхнеживетских и нижнефранских отложений **Пермского Прикамья**. Их названия она связывала с видом-индексом, для которого, по ее мнению, важны были два признака: количественное содержание и «стабильность». Для пашийских отложений вместо единой подзоны IM было выделено два комплекса (снизу вверх): *A. incisa* и *Arch. verrucosus*. Нижняя граница франского яруса отмечалась ею в подошве комплекса *A. incisa*, коррелируемого с подошвой пашийского горизонта, т.е. так, как это было принято в стратиграфической схеме девона по Русской платформе [Решение..., 1990]. В **Волгоградском Поволжье** исследования выполняла В.Н. Манцурова [2012]. При решении вопроса о нижней границе франского яруса она опиралась на рекомендации Международной подкомиссии по стратиграфии девона [Зональная..., 2006] и на постановления МСК России [Постановления..., 2008] о проведении нижней границы франского яруса в основании верхнетиманского подгоризонта. Манцурова принимала отложения тиманского горизонта в составе двух слоев (снизу вверх): арчединских, отвечающих

нижнетиманскому подгоризонию, и кикинских, отвечающих верхнетиманскому подгоризонту. Наиболее приемлемым уровнем рассматриваемой границы она считала основание кикинских слоев, в которых отмечается комплекс миоспор подзоны *Acanthotriletes bucerus* – *Archaeozonotriletes variabilis insignis* [Avkhimovitch et al., 1993]. В общем небольшом систематическом составе этого комплекса, но типичном по ее мнению для подзоны VI (*Calyptosporites krestovnikovii*, *Geminospora micromanifesta*, *G. rugosa*, *G. compacta*, *G. basilaris*, *G. notata*, *Acanthotriletes bucerus*, *Archaeozonotriletes variabilis* var. *insignis*, *Auroraspora macromanifesta*) Манцура выделяла доминирующие формы (*Archaeozonotriletes variabilis* var. *insignis*) и впервые появляющиеся (*Calyptosporites bellus*) и считала, что по палинологическим данным границу между живетским и франским ярусами следует проводить в основании верхнетиманского подгоризонта, опираясь на подзону VI. Л.Г. Раскатова [1969] и В.Т. Умнова [Родионова и др., 1995] установили комплексы миоспор для средне- и верхнедевонских отложений **Воронежской антеклизы**. Задачу по выявлению границ по миоспорам между средним и верхним отделами девона они не решали. Этой проблемой занималась М.Г. Раскатова [1990]. Она впервые рассмотрела два уровня проведения границы для территории Центрального девонского поля (ЦДП). Первый уровень отмечался в основании подзоны *incisa-micromanifesta* (IM) и коррелировался с основанием ястребовской свиты пашийского горизонта. Комплекс этого уровня характеризовался первым появлением зонального вида-индекса *S. krestovnikovii*, устойчивым присутствием патинатных и сетчатых форм, исчезновением некоторых видов рода *Geminospora* и сравнивался с комплексом убоортских слоев Беларуси. Второй уровень отмечался в основании подзоны *bucerus-variabilis insignis* (BI) и коррелировался с основанием чаплыгинской свиты тиманского горизонта. Миоспоры этого уровня сравнивались с комплексом кикинских слоев Волго – Урала. М.Г. Раскатова считала, что для окончательного решения вопроса об уровне границы живетского и франского ярусов необходимы дополнительные данные, позволяющие совершенствовать существовавшую на то время формальную классификацию миоспор.

Нами начато комплексное изучение чаплыгинской свиты (миоспоры, макрофлора и ихтиофауна) на новом материале (скважины Новохоперская 8750/1-Воронежская обл. и Щигры-19-Курская обл.) и на переизучении прежнего: более 10 номерных скважин Воронежской, Липецкой и Белгородской обл. Выделены последовательно сменяющие друг друга в разрезе палинокомплексы: ПК1 в ястребовской свите; ПК2, ПК3 и ПК4 в чаплыгинской [Юрина, Раскатова, 2019]. Виды миоспор, составляющие основу комплексов, отбирались по следующим критериям: первое появление вида на конкретном уровне, постоянное присутствие, периодическая встречаемость, процентное содержание в данном комплексе. Миоспоры ПК1, установленные в верхней алевролитовой части разрезов ястребовской свиты, принадлежат подзоне *Ancyrospora incisa-Geminospora micromanifesta* (IM), которая в настоящее время помещается в верхний живет [Зональная..., 2006]. Комплекс ПК2 (нижняя часть существенно глинистой пачки основания чаплыгинской свиты) содержит виды, характерные для лоны *Raistrickia buceri-RBu*, впервые установленной в нижнефранском желонском горизонте Беларуси [Обуховская Т.Г. и др., 2002]. Мы полагаем, что *R. buceri* следует считать не лонной, а общей палинозоной, учитывая более широкое ее географическое распространение (Беларусь, Россия). Палинологическим маркером этой зоны является *R. buceri*, однако его появление на территории ЦДП не всегда фиксируется с ее основания. В одних разрезах появление его составляет 1-3%, в других разрезах он не отмечается. Содержание вида-индекса *Tholisporites variabilis insignis* имеет аналогичную картину. Подобная ситуация с этими видами наблюдается в разрезах Беларуси в зоне *R. buceri* [Obukhovskaya, 2000]. В ПК2 значительно уменьшается процентное участие видов, характерных для ПК1 (*Geminospora* составляет в среднем 6-8% против 32% в ПК1). Впервые в основании чаплыгинской свиты единично появляются виды, не отмечавшиеся в нижних частях разреза (*Archaeoperisaccus* sp.). Общий систематический состав и процентные соотношения видов позволяют скоррелировать комплекс ПК2 с комплексом основания зоны *Raistrickia buceri*. Вероятнее всего, ПК2 представляет 1-ую фазу неполного развития миоспор зоны *R. buceri*. Назовем ее *R. buceri-1*. ПК3 установлен в средней части существенно глинистой пачки и характеризуется самым богатым (до 300 зерен в препарате) таксономическим составом миоспор чаплыгинской свиты. Палинологические маркеры *Raistrickia buceri* и *Tholisporites variabilis* var. *insignis* постоянны (3-5%), появляются характерные морфоны: *Aneurospora greggsii* (до 6%),

Anreticulispora retiformis (до 1, 5%) и *Reticulatisporites perlotus* (2, 5%). Общий состав миоспор ПКЗ сопоставляется с комплексом миоспор зоны Raistrickia bucega из средней части желонских слоев ланского горизонта Беларуси [Обуховская В.Ю., 2005]. Этот уровень состава зоны чаплыгинской свиты представляет более полную и обильную фазу развития, чем предшествующая ей R. bucega-1, для которой предлагается название R. bucega-2. Самая верхняя часть разрезов чаплыгинской свиты охарактеризована миоспорами ПК4, скоррелированными с миоспорами зоны Sinuosporis vermiculatus-SV, выделенной в верхних частях желонского горизонта. Установленные в чаплыгинской свите зоны R. bucega-1 и R. bucega-2 позволяют уточнить принадлежность ее нижних частей к нижнетиманскому подгоризонту. Данные для корреляции этой части разреза со стандартной конодонтовой шкалой отсутствуют, но некоторые факты подтверждают принадлежность свиты именно к этому подгоризонту: 1) сопоставление по миоспорам показывает полное сходство чаплыгинской свиты с желонским горизонтом основания франского яруса, включающем нижнетиманский подгоризонт [Обуховская Т.Г. др., 2005]; 2) в единых непрерывных разрезах ястребовской и залегающей на ней согласно чаплыгинской свите нами установлена единая последовательность зон по миоспорам от верхнего живета по весь тиманский горизонт, что не исключает присутствия нижнетиманского подгоризонта. Мы полагаем, что границу между живетским и франским ярусами следует проводить в основании нижнетиманского подгоризонта (нижняя часть чаплыгинской свиты), опираясь на зону R. bucega-1.

Закключение. Уровень проведения границы между живетским и франским ярусами по палинологическим данным в разрезах ВЕП отмечается в основании тиманского горизонта, в основании его верхнего подгоризонта и в верхней части горизонта. Самый низкий уровень границы, зафиксирован в Беларуси и впервые нами в Воронежской антеклизе в основании нижнетиманского подгоризонта (основания желонского горизонта и чаплыгинской свиты). Сравнение с уровнями границ региональных стратиграфических схем ВЕП показывает, что эта граница по миоспорам для Беларуси и Воронежской антеклизы совпадает с границей, предложенной в основании тиманского горизонта Волго-Уральского региона [Фортунова и др., 2013]. Следующий уровень границы по миоспорам отмечается в Волгоградском Поволжье в основании региональной споровой подзоны Acanthotriletes bucerus–Archaeozotriletes variabilis insignis, что соответствует основанию верхнетиманского подгоризонта. Самый высокий уровень границы по миоспорам установлен в Тимано-Печорской провинции в верхней части тиманского горизонта по палинозоне Densosporites sorokinii, который в региональных схемах не отмечался.

Литература:

Арасланова Р.М. Зональное расчленение нижнефранских отложений Пермского Прикамья по спорам и уточнение живетско-франской границы на Русской платформе и Урале // Геология девонской системы: мат-лы международн. симпозиума, Сыктывкар, 9-12 июля 2002. Изд-во ин-та Коми НЦ УрО РАН, 2002. С. 130–132.

Зональная стратиграфия фанерозоя. СПб.: ВСЕГЕИ, 2006. 256 с.

Манцурова В.Н. К вопросу о нижней границе франского яруса на Русской плите по палинологическим данным // Палеозой России: региональная стратиграфия, палеонтология, гео- и биособытия: мат-лы III Всероссийского совещания, 24-28 сентября 2012 г. Санкт-Петербург. СПб.: изд-во ВСЕГЕИ, 2012. С. 141–144.

Обуховская В.Ю. Некоторые характерные виды миоспор из нижнефранских отложений Беларуси // Літасфера. 2005. № 2 (33). С. 38–44.

Обуховская В.Ю., Обуховская Т.Г., Кручек С.А. Седиментологические и биотические события в девоне на территории Жлобинской седловины и Северо-Припятского плеча и их палинологические маркеры // Літасфера. 2012. № 1(36). С. 31–46.

Обуховская Т.Г., Кручек С.А., Пушкин В.И., Некрята Н.С., Обуховская В.Ю. Стратиграфическая схема девонских отложений Беларуси // Літасфера. 2005. № 1(22). С. 69–88.

Обуховская Т.Г., Обуховская В.Ю., Кручек С.А. Палинологическая характеристика и стратиграфия девонских отложений западного замыкания Припятского прогиба // Стратиграфия и нефтеносность палеозойских отложений Беларуси. Мн., 2002. С. 51–67.

Плакс Д.П., Обуховская В.Ю. Критерии определения границ стратиграфических подразделений верхнего живета и нижнего франа в Оршанской впадине по ихтиофауне и миоспорам // Темпы эволюции органического мира и биостратиграфия: материалы LVII сессии Палеонтологического общества при РАН (5-8 апреля 2011 г., Санкт-Петербург). Санкт-Петербург, 2011. С.95–98.

Постановления Межведомственного стратиграфического комитета и его постоянных комиссий. Вып. 38 [Текст]. СПб.: ВСЕГЕИ, 2008. 131 с.

Раскатова Л.Г. Спорово-пыльцевые комплексы среднего и верхнего девона юго-восточной части центрального девонского поля. Воронеж: ВГУ, 1969. 167 с.

Раскатова М.Г. Палинокомплексы пограничных живетских и франских отложений Центрального девонского поля и Тимана. Автореф. дисс. ... канд. геол.-мин. наук. Москва, 1990. 19 с.

Решение Межведомственного регионального стратиграфического совещания по среднему и верхнему палеозою Русской платформы. (Ленинград, 1988). Девонская система / Ред. Ржонсницкая М.А., Куликова В.Ф. Л.: Изд-во ВСЕГЕИ, 1990. 60 с.

Родионова Г.Д., Умнова В.Т., Кононова Л.И., Овнатанова Н.С., Ржонсницкая М.А., Федорова Т.Ш. Девон Воронежской антеклизы и Московской синеклизы. М.: ЦРГЦ, 1995. 265 с.

Соболев Н.Н., Евдокимова И.О. Общая стратиграфическая шкала девонской системы: состояние и проблемы // Общая стратиграфическая шкала России: состояние и перспективы обустройства. Отв. ред. М.А Федонкин. М.: ГИН РАН, 2013. С. 139–148.

Тельнова О.П. Палинологическая характеристика тиманской свиты по скважине 1-Бальнеологической (Южный Тиман) // Сыктывкарский палеонтол. сб. № 5. Тр. Ин-та геол. Коми НЦ УрО РАН. Вып. 114. Сыктывкар, 2003. С. 81–91.

Тельнова О.П. Палинологическая характеристика живетско-франских отложений в эталонном разрезе скв. 1-Бальнеологической (Южный Тиман) // Стратиграфия. Геол. Корреляция. 2008. Т. 16. № 2. С. 41–59.

Фортулатова Н.К., Зайцева Е.Л., Карцева О.А. Строение девонского терригенного комплекса и положение границы среднего и верхнего девона на западе Татарстана // Бюлл. МОИП. Отд. геол. 2013. Т. 88. Вып. 3. С. 22–41.

Цыганко В.С. Девон западного склона севера Урала и Пай-Хоя (стратиграфия, принципы расчленения, корреляция). Екатеринбург: УрО РАН, 2011. 356 с.

Юрина А.Л., Раскатова М.Г. Комплексное биостратиграфическое изучение чаплыгинской свиты (девон Воронежской антеклизы) // Международн. стратиграфическая конференция Головкинского, 2019. Пятая всероссийская конференция «Верхний палеозой России». Сб. тезисов. Казань. 2019. С. 102–104.

Avkhimovitch V.I., Tchibrikova E.V., Obukhovskaya T.G., Nazarenko A.M., Umnova V.T., Raskatova L.G., Mansurova V.N., Loboziak S., Streel M. Middle and Upper Devonian miospore zonation of Eastern Europe // Bulletin des Centre de Recherche Exploration-Production Elf Aquitaine Boussens. 1993. V. 17. P. 79–1

Obukhovskaya T.G. Miospores of the Givetian-Frasnian boundary deposits in Belarus // Acta Paleobot. 2000. V. 40(1). P. 17–23.

Ovnatanova N.S., Kononova L.I. Frasnian conodonts from the Eastern Russian Platform // Paleont. Journ. 2008. V. 42. N 10. P. 997–1166.



**НОВЫЕ ПАЛИНОЛОГИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ ИЗ ВЕРХНЕЭОЦЕНОВЫХ-
ОЛИГОЦЕНОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ САМБИЙСКОГО ПОЛУОСТРОВА
(КАЛИНИНГРАДСКАЯ ОБЛАСТЬ): УТОЧНЕНИЕ ВОЗРАСТА И ВОССТАНОВЛЕНИЕ
ПАЛЕООБСТАНОВОК**

А.И. Яковлева¹, О.Б. Кузьмина²

¹Геологический институт РАН, Москва, alina.iakovleva@gmail.com

²Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН, Новосибирск,
KuzminaOB@ipgg.sbras.ru

**NEW PALYNOLOGICAL DATA FROM UPPER EOCENE-OLIGOCENE DEPOSITS OF THE
SAMBIAN PENINSULA (KALININGRAD OBLAST): AGE REFINEMENT AND
RECONSTRUCTION OF PALEOENVIRONMENTS**

A.I. Yakovleva, O.B. Kuzmina

¹Geological Institute RAS, Moscow

²Trofimuk Institute of Petroleum Geology SB RAS, Novosibirsk

Современная Калининградская область представляет собой часть палеогенового Литовско-Белорусского палеобассейна, который, в свою очередь, являлся северо-восточной окраиной Датско-Польского морского палеобассейна. Несмотря на достаточно широкое распространение палеогеновых отложений на Самбийском полуострове, исследования как морских, так и континентальных палиноморф остаются здесь достаточно фрагментарными [Eisenack, 1938, 1954; Атлас верхнемеловых..., 1960; Веноженскене, 1960; Григялис и др., 1988; Геологические и биотические..., 1996; Kosmowska-Ceranowicz et al., 1997; Александрова, Запорожец, 2008а, б; Kasiński et al., 2020; Iakovleva et al., 2021]. Материалом для представляемого нами исследования послужили образцы из отложений стратотипов верхнепалеогеновых прусской, пальвеской и куршской свит, отобранные в карьере Приморский (Комбинат Янтарный). Результаты детального изучения цист динофлагеллат опубликованы в 2021 г. [Iakovleva et al., 2021]. В настоящем докладе мы приводим предварительные результаты изучения спор и пыльцы наземных растений.

Нижняя часть изученного разреза представлена пачкой "голубая земля" прусской свиты, отнесенной к диноцистовой зоне *Rhombodinium reformatum* приабонского возраста. Из "голубой земли" прусской свиты выделены два близких друг другу спорово-пыльцевых спектра (СПС), которые характеризуются высоким содержанием пыльцы голосеменных (52.4-62.7%) и покрытосеменных (32.8-47%) растений, при этом доля пыльцы голосеменных совсем немного превышает долю покрытосеменных. Среди голосеменных преобладает пыльца *Pinuspollenites s/g Diploxylon et Haploxylon*, в незначительных количествах присутствует пыльца *Pityosporites sp.*, *Piceapollenites*, *Podocarpidites*, *Inaperturopollenites*. В группе покрытосеменных преобладает пыльца трехбороздно-порового строения *Tricolporopollenites retiformis* (10-15%), в небольших количествах (менее 5%) отмечена пыльца *Tricolporopollenites cingulum*, *T. pseudocingulum*, *Tricolpopollenites liblarensis*, *T. microhenrici*, *Malvacipollis diversus*, *Tripoporopollenites robustus*, *Tripoporopollenites spp.*, *Namamelidaceae*, *Platanipollis*, *Ericipites*, *Nyssapollenites*. Единично присутствую пыльцевые зерна, принадлежащие *Triatriopollenites bituites*, *T. roboratus*, *Castaneoideaepollis*, *Ilexpollenites*, *Comptoniapollenites*, *Quercoidites*, *Engelhardtioipollenites*, *Subtripoporopollenites*, *Spinizonocolpites*, *Subtripoporopollenites*, *Gothanipollis*, *Proteacidites*. Споры составляют лишь малую часть спектров (0.5-4.5%), наиболее разнообразно они представлены в самых низах изученной части разреза.

Из пачки "пльвун" прусской свиты, отнесенной к диноцистовой зоне *Thalassiphora reticulata* позднего приабона, выявлен один спорово-пыльцевой спектр с высоким содержанием пыльцы покрытосеменных растений (70.3%). В этой группе преобладает пыльца формального рода *Tricolporopollenites* (в сумме 43.4%), чаще всего встречается пыльца *Tricolporopollenites cingulum*, реже - *T. pseudocingulum* и *T. retiformis*. В спектре довольно много пыльцы рода *Castaneoideaepollis* (5.3%). В незначительных количествах (1-3%) отмечена пыльца *Tricolpopollenites liblarensis*,

Triatriopollenites bituites, *Engelhardtioipollenites*, *Platycariapollenites*, *Tripoporopollenites*; единично - *Alnipollenites*, *Aceripollenites*, *Carpinuspollenites*, *Ilexpollenites*, *Quercoidites*. Доля голосеменных в спектре составляет всего 27.4%, характерны те же таксоны, что и в пачке "голубая земля". Спор в интервале немного - 2.3%.

СПС из пачки "белая стена" прусской свиты (интервал зоны *Thalassiphora reticulata*) схожи по своему таксономическому составу со спектрами из нижележащей пачки, с тем отличием, что в них пыльца голосеменных преобладает над покрытосеменными.

Пальвескую свиту (пачка "зеленая стена"), отвечающую позднеприабонской части зоны *Th. reticulata*, характеризуют СПС с весьма непостоянным составом. Скорее всего, это связано с тем, что накопление отложений происходило в мелководных прибрежных условиях с частой сменой береговой линии. Доля пыльцы голосеменных в спектрах колеблется здесь от 24.2 до 85.5%. В этой группе чаще всего встречается пыльца *Pinuspollenites* s/g *Diploxylon*, реже - *Pinuspollenites* s/g *Haploxylon*. Характерна пыльца сем. Cupressaceae (*Inaperturopollenites*, *Cupressacites*, *Sequoiapollenites*), ее доля в спектрах колеблется от 1% до 18.8%. В незначительных количествах обнаружена пыльца родов *Pityosporites*, *Podocarpidites*, *Piceapollenites*, *Abiespollenites*, *Sciadopityspollenites*.

Доля покрытосеменных в спектрах пальвеской свиты варьирует от 16% до 73.5%. В этой группе доминирует пыльца формального рода *Tricolporopollenites*, разнообразие ее очень высокое - обнаружены виды *T. cingulum*, *T. pseudocingulum*, *T. retiformis*, *T. marcodurensis*, *T. microreticulatus*, *T. microporites*, *T. belgicus*, *T. aff. theacoides*, *T. aff. edmundi*, *T. aff. villensis*. Довольно часто встречается пыльца трехборздного строения - *Tricolpopollenites liblarensis*, *T. henrici*, *T. microhenrici* и др. По сравнению со спектрами прусской свиты, в СПС пальвеской свиты несколько увеличилась доля пыльцы родов *Platanipollis*, *Castaneoideaepollis* и *Quercoidites*. Можно отметить появление в спектрах таких таксонов, как *Fususpollenites fusus*, *Cupanieidites eucalyptoides*, не обнаруженных в прусской свите.

Доля спор в СПС пальвеской свиты не превышает 5%, чаще всего встречаются споры родов *Cyathidites*, *Laevigatosporites*, *Gleicheniidites*, *Osmundacidites*, *Stereisporites*.

Из самой верхней части пальвеской и низов куршской свит (терминальный приабон) выделены СПС, в которых пыльца голосеменных доминирует (более 80%) над пыльцой покрытосеменных. Состав пыльцы голосеменных меняется, по сравнению со спектрами пальвеской свиты - в них резко увеличивается доля пыльцы сем. Cupressaceae (*Inaperturopollenites*, *Taxodium*, *Sequoiapollenites*, *Glyptostrobus*) и пыльцы *Sciadopityspollenites*. Последняя особенно обильна в верхах изученного интервала, и только в "коричневых песках" куршской свиты такой пыльцы почти нет. Количество и таксономическое разнообразие пыльцы покрытосеменных в верхней части пальвеской и в куршской свитах значительно снижено по сравнению со спектрами нижележащих отложений. В этой группе наиболее характерной является пыльца *Tricolporopollenites cingulum*, *Triatriopollenites bituites*, *Tricolpopollenites liblarensis*, *Engelhardtioipollenites*, *Carpinuspollenites*, *Alnipollenites*, *Nyssapollenites*. Споры встречаются спорадически, они принадлежат родам *Cyathidites*, *Gleicheniidites*, *Osmundacidites*, *Laevigatosporites*.

Отметим, что самые верхние спектры из пачки "коричневых песков" заметно отличаются от других СПС высокой степенью сохранности пыльцы голосеменных, а также тем, что из их состава практически выпадает пыльца *Sciadopityspollenites*, при этом единично появляется пыльца тсуги. Возможно, на границе "шоколадных глин" и "коричневых песков" есть стратиграфический перерыв.

Спорово-пыльцевые спектры, выделенные из прусской и пальвеской свит, свидетельствуют о субтропическом климате и соответствующей флоре Самбийского полуострова в приабоне. Спектры куршской свиты отражают усилившееся в конце эоцена - начале олигоцена похолодание климата.

Таксономический состав спектров прусской и пальвеской свит Приморского карьера, а именно доминирующее положение пыльцы формальных родов *Tricolporopollenites* и *Tricolpopollenites*, позволяет сопоставлять их с верхнеэоценовыми отложениями сопредельных территорий - Польши [Słodkowska, 2004], Беларуси, Украины [Практическая палиностратиграфия, 1990; Геологические и биотические..., 1996].

Отсутствие в СПС куршской свиты типичных для раннего олигоцена таксонов пыльцы *Aglaoreidia cyclops*, *Bohlensipollis hohli* [Słodkowska, 2004] не позволяет отнести этот интервал разреза к олигоцену. Однако следует отметить, что увеличение доли пыльцы голосеменных, появление в спектрах пыльцы туги, а также снижение количественного и таксономического разнообразия пыльцы покрытосеменных в верхней части пальвеской и в куршской свитах, вероятно, отражает изменение климата в сторону похолодания, произошедшего на рубеже эоцена - олигоцена [Zachos et al., 2001]. Также следует учитывать такие признаки, как увеличение доли пыльцы сем. Cupressaceae и *Sciadopityspollenites* в куршской свите. Сравнительный анализ палинологических данных из разных регионов Евразии (Крым, Кавказ, Северное Приаралье, Западная Сибирь) показывает, что увеличение доли участия болотного кипариса и других кипарисовых в составе смешанных хвойно-широколиственных лесов характерно как раз с начала олигоцена [Заклинская, 1957]. Высокая доля участия пыльцы *Sciadopityspollenites* в верхних СПС позволяет сопоставлять этот интервал разреза с так называемым "горизонтом со *Sciadopityspollenites*" верхнего эоцена-олигоцена, выделенным в пачке "зеленая стена" пальвеской и в "шоколадных глинах" куршской свиты в керне скважины Хлапово III (Chlapovo III) в Польше [Kosmowska-Ceranowicz, Müller, 1985]. Следовательно, возраст отложений в самой верхней части изученного разреза мы склонны считать переходным от позднего эоцена к раннему олигоцену.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Калининградской области в рамках научного проекта № 19-45-390001 в рамках выполнения гос. заданий № 0135-2019-0045 (ГИН РАН) и FWZZ-2022-0004 (ИНГГ СО РАН). Авторы благодарят Э.В. Мычко за предоставленные образцы для палинологического изучения, Г.Н. Александрову за химическую обработку образцов, а также выражают благодарность руководству и сотрудникам Янтарного Комбината М.И. Зацепину, Т.М. Халилову и А.Е. Коркину.

Литература

Александрова Г.Н., Запорожец Н.И. Палинологическая характеристика верхнемеловых и палеогеновых отложений запада Самбийского полуострова (Калининградская область). Статья 1 // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2008а. Т. 16. № 3. С. 75–96.

Александрова Г.Н., Запорожец Н.И. Палинологическая характеристика верхнемеловых и палеогеновых отложений запада Самбийского полуострова (Калининградская область). Статья 2 // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2008б. Т. 16. № 5. С. 75–86.

Атлас верхнемеловых, палеоценовых и эоценовых спорово-пыльцевых комплексов некоторых районов СССР. Под ред. И.М. Покровской, Н.К. Стельмак. Ленинград, 1960. Труды ВСЕГЕИ. Т. 30. 574 с.

Веноженскене А.И. Палинологические комплексы палеогена Южной Прибалтики // Мезозой и кайнозой Южной Прибалтики и Белоруссии: науч. сообщ. Ин-та геологии и географии АН ЛитССР. 1960. Т. 12. С. 41–47.

Геологические и биотические события позднего эоцена - раннего олигоцена на территории бывшего СССР. Часть I: Региональная геология верхнего эоцена и нижнего олигоцена. Отв. ред. В.А. Крашенинников, М.А. Ахметьев. М.: ГЕОС, 1996. 314 с. (Тр. ГИН; Вып. 489).

Григалис А.А., Бурлак А.Ф., Зосимович В.Ю., Иваник М.М., Краева Е.Я., Люльева С.А., Стотланд А.Б. Новые данные по стратиграфии и палеогеографии палеогеновых отложений запада европейской части СССР // Советская геология. 1988. № 12. С. 41–54.

Заклинская Е.Д. Стратиграфическое значение пыльцы голосеменных кайнозойских отложений Павлодарского Прииртышья и Северного Приаралья. Отв. ред. В.П. Гричук. М.: Изд-во АН СССР. Труды ГИН. Вып. 6. 1957. 220 с.

Практическая палиностратиграфия // Под ред. Л.А. Пановой, М.В. Ошурковой, Г.М. Романовской. - Л.: Недра, 1990. 348 с.

Eisenack A. Die Phosphoritknollen der Bernsteinformation als Überlieferer tertiären Planktons // Schriften der Physikalisch-Ökonomischen Gesellschaft zu Königsberg. 1938. V. 70. №. 2. P. 181–188.

Eisenack A. Mikrofossilien aus Phosphoriten des samländischen Unteroligozäns und über die Einheitlichkeit der Hystrichosphaerideen // *Palaeontographica*. Abteilung A. 1954. Bd. 105. Lfg. 3–6. P. 49–95.

Iakovleva A.I., Aleksandrova G.N., Mychko E.V. Late Eocene (Priabonian) dinoflagellate cysts from Primorsky quarry, southeast Baltic coast, Kaliningrad Oblast, Russia // *Palynology*. 2021. doi.org/10.1080/01916122.2021.1980743

Kasiński J., Kramarska R., Stodkowska B., Sivkov V., Piwocki M. Paleocene and Eocene deposits on the eastern margin of the Gulf Gdansk (Yantarny P-1 borehole, Kalinigrad Region, Russia) // *Geological Quarterly*. 2020. V. 64. №1. P. 29–53.

Kosmowska-Ceranowisz B., Kohlman-Adamska A., Grabowska I. Ersta Ergebnisse zur Lithologie und Palynologie der bernsteinführenden Sedimente im Tagebau Primorskoje // *Sondernheft Metalla*, 1997. S. 5–17.

Kosmowska-Ceranowisz B., Müller C. Lithology and calcareous nannoplankton in amberbearing Tertiary sediments from boreholes Chlapovo // *Bull. Ac. Pol.* 1985. Terre 33. P. 119–129.

Stodkowska B. Palynological studies of the paleogene and neogene deposits from the Pomeranian Lakeland Area (NW Poland). Polish Geological Institute Special Papers, 14. Warszawa, 2004. P. 1–116.

Zachos J., Pagani M., Sloan L. et al. Trends, Rhythms, and Aberrations in Global Climate 65 Ma to Present // *Science*. 2001. V. 292. № 5517. P. 686–693.

СОДЕРЖАНИЕ

ГОРШЕНИНА В.В., ЗБУКОВА Д.В., ПЕТРОВ К.М., ГРУНДАН Е.Л. Вся жизнь в палеоботанике: к 90-летию со дня рождения Майи Владимировны Ошурковой.....	6
ЛЕБЕДЕВА Н.К., ГОРЯЧЕВА А.А., КУЗЬМИНА О.Б. Валентина Сергеевна Волкова – выдающийся стратиграф и палинолог сибирской школы.....	10
АГАФОНОВА Е.А., НОВИЧКОВА Е.А., КЛЮВИТКИН А.А., НОВИГАТСКИЙ А.Н. Диатомовые водоросли и цисты динофлагеллат в осадочном веществе на меридиональном разрезе по 59°30' с. ш. в Северной Атлантике.....	13
АГАФОНОВА Е.А., НОВИЧКОВА Е.А., ПОЛЯКОВА Е.А. Последледниковые палеоокеанологические условия развития Белого моря в голоцене по данным диатомового анализа и анализа водных палиноморф.....	18
АЛЕКСАНДРОВА Г.Н. Комплексы диноцист нижнего миоцена Предкавказья.....	23
АНЦИФЕРОВА Г.А. Палеоэкологические построения и стратиграфия древнеозерных отложений по комплексам диатомовых водорослей.....	27
АРИПОВА М.К., САТТОРОВА С.О., МЕЛИБОЕВ Б.Ф. Биостратиграфическое расчленение эоценовых отложений Ферганской депрессии.....	31
АРКАДЬЕВА О.В., ДАНИЛОВА А.В., КОЧУБЕЙ О.В., МЕЩЕРЯКОВА Е.Ю. Сравнительный анализ распространения палиноморф в разнофациальных байос-келловейских отложениях Уватского района Западной Сибири.....	37
БЕЗРУКОВА Е.В., РЕШЕТОВА С.А., КУЛАГИНА Н.В., ВОЛЧАТОВА Е.В., М. ВАН ХАРДЕНБРУК, ЩЕТНИКОВ А.А. Растительность и климат Окинского плато (Восточный Саян) в последние 8.2 тысяч лет: на примере бассейна оз. Саган-Нур.....	42
БЕЛЯНИН П.С., БЕЛЯНИНА Н. И. Последледниковая история <i>Pinus koraiensis</i> на юге Дальнего Востока России.....	47
БЛЯХАРЧУК Т.А. Динамика растительного покрова западных предгорий Алтая в позднеледниковье и голоцене по данным спорово-пыльцевого анализа торфяных отложений болота «Моховое».....	53
БОЛИХОВСКАЯ Н.С. Периодизация, корреляция и природные обстановки палеоклиматических этапов последних 900 тысяч лет (по палинологическим данным разрезов Восточно-Европейской равнины.....	57
БОЛИХОВСКАЯ Н. С., МОЛОДЬКОВ А.Н. Палино-климатостратиграфия и ИК-ОСЛ хронология отложений опорного разреза на юго-восточном побережье Финского залива в решении вопросов корреляции палеоклиматических событий позднего плейстоцена.....	65
БОЛИХОВСКАЯ Н.С. Некоторые методические аспекты палинологии пещерных памятников палеолита: палинофауна плейстоценовых отложений Денисовой пещеры (Северо-Западный Алтай).....	73
БОЛИХОВСКАЯ Н.С. Значение палинологических записей климато-фитоценологических сукцессий микулинского межледниковья для корреляции климатических событий позднего неоплейстоцена Понто-Каспия и районов южной половины Русской равнины.....	80
БОРИСОВА О.К., ВЫБОРНОВ А.А., ЮДИН А.И. Палинологические данные к реконструкции природных условий в степном Поволжье в неолите/энеолите (поселение Орошаемое I).....	86
БОРИСОВА О.К., НАРЫШКИНА Н.Н., УТКИНА А.О., ПАНИН А.В. О разнообразии интерстадиальных обстановок среднего-позднего плейстоцена в Ярославском Поволжье (по палинологическим данным)	91

БОРОДИНА К.А., МАЗЕЙ Н.Г., НОВЕНКО Е.Ю. Изменения растительности Мордовского заповедника в среднем и позднем голоцене.....	97
ВАСИЛЬЧУК А.К., ВАСИЛЬЧУК Ю.К. Палинологическая индикация генезиса пластовых льдов.....	101
ВНУКОВСКАЯ Ю.Д., КАРАЧУРИНА С.Е., КУЗЬМИНА О.Б., РУДАЯ Н.А. Сравнительный анализ палинологических данных и данных по растительной седиментационной ДНК из голоценовой колонки донных отложений оз. Балыктукель (Республика Алтай).....	106
ГАБАРАЕВА Н.И., ГРИГОРЬЕВА В.В., ПОЛЕВОВА С.В., БРИЦКИЙ Д.А. Механизмы морфогенеза: пересмотр развития оболочки пыльцы отдаленных таксонов через «окно» коллоидной биологии, с опорой на моделирование <i>in vitro</i>	111
ГАВРИЛОВА О.А., ГРИГОРЬЕВА В.В., ТРИФОНОВ В.А., ШИШЛИНА Н.И., КАЛИНИН П.И. Предварительные результаты палинологического исследования археологического разреза на поселении Старчики (Северо-Западный Кавказ).....	116
ГАЗИЗОВА Т.Ю., САПЕЛКО Т.В. Позднеголоценовая растительность острова Валаам (северная часть Ладожского озера) по палинологическим данным оз. Витальевского.....	119
ГЛАДЕНКОВ А.Ю. Современная структура неогеновой и четвертичной систем в Международной стратиграфической шкале.....	125
ГОЛОВИНА Л.А. Миоценовые известковые наннофоссилии Восточного Паратетиса: значение для биостратиграфии, палеогеографии и палеоэкологии.....	128
ДАНИЛОВА А.В., КОЧУБЕЙ О.В. Палинологическая характеристика раннепермских отложений вала Сорокина (Тимано-Печорская нефтегазоносная провинция) (без доклада с публикацией тезисов).....	134
ДИРКСЕН В.Г., ДИРКСЕН О.В., ВЯТКИНА М.П. К вопросу о происхождении хвойных лесов Камчатки.....	139
ДЮЖОВА К.В. Реконструкция условий существования античного Танаиса по данным спорово-пыльцевого анализа.....	142
ЗАВЬЯЛОВА Н.Е., НОСОВА Н.В. Необычные находки инситной пыльцы голосеменных....	145
ЗЮГАНОВА И.С., ПОПОВА С.С., КАРПУХИНА Н.В. Новые данные по микулинским флорам опорных разрезов верхнего плейстоцена Смоленской области.....	146
ИЛЬИНА Н.В., СЕННИКОВ А.Г., НОВИКОВ И.В. Палеоладшафты ладинского века (средний триас) на примере палинокомплекса букобайской свиты, местонахождение Лысов, Южное Приуралье.....	152
КАРАСЕВА В.С., СЕЛЕЗНЕВА Ю.М. Анализ динамики пыления раннецветущих сережкоцветных на примере <i>Alnus</i> и <i>Corylus</i> в г. Рязани.....	156
КЕЗИНА Т.В., ДАРМАН Г.Ф. Морфология пыльцы некоторых современных представителей семейства Муртасеае в световом и сканирующем электронном микроскопе.....	160
КОЧУБЕЙ О.В., ЕРЕМЕЕВ И.И., ЛЕТЮКА Н.И. Позднеголоценовая динамика увлажненности палеопоймы реки Волхов в контексте хозяйственного освоения Среднего Поволховья (по материалам раскопок селища Ситно).....	165
КУРМАНОВ Р.Г. Мелиссопалинологический анализ падевых медов: критерии диагностики, особенности составов пыльцы и падевых элементов.....	171
КУРМАНОВ Р.Г. Палинологическая характеристика плейстоценовых отложений в разрезе скважины № 2 Черный Яр.....	176
ЛАЗАРЕВА О.В. Пыльца растений-галофитов как индикатор перемещения береговой линии Белого моря.....	181

ЛАПТЕВА Е.Г., КОРОНА О.М. Истории развития растительного покрова северо-востока полуострова Ямал в голоцене на основе спорово-пыльцевых и палеокарпологических данных из разреза береговых отложений оз. Печевалавато.....	186
ЛЕВКОВА Д.Н., САПЕЛКО Т.В., ЛЕОНТЬЕВ П.А., СУБЕТТО Д.А. Динамика развития растительности на о. Анзер (Соловецкий архипелаг) в позднем голоцене по данным изучения озерных донных отложений	192
ЛЕВКОВСКАЯ Г.М., БОЛИХОВСКАЯ Н.С., ЛИСИЦЫН С.Н., КАСПАРОВ А.К., БОГОЛЮБОВА А.Н. Отражение глобального кризиса, вызванного изменением циркуляции озона в атмосфере из-за смены магнитных полюсов около 42 т.л.н. в пойменном (Костёнки 12) и водораздельном (Стрелица) рефугиумах из бассейна Верхнего Дона	196
ЛЕВКОВСКАЯ Г.М., КАСПАРОВ А.К., БОГОЛЮБОВА А.Н. Дифференциация геоботанических оптимумов и кризисов прошлого и настоящего на основе палинотератной статистики.....	201
МАЗЕЙ Н.Г., НОВЕНКО Е.Ю. Использование пропионового ангидрида при подготовке проб для спорово-пыльцевого анализа.....	206
МАМОНТОВ Д.А., ГАВРИЛОВА О.А., ОРЛОВА О.А., ИЛЬИНА Н.В. Ультратонкое строение визейских миоспор <i>Maiaspora</i> Mamontov et al., 2021 и их вероятное ботаническое родство.....	208
МИКИШИН Ю.А., ПЕТРЕНКО Т.И., ГВОЗДЕВА И.Г. Палеоклиматы и растительность Южного Приморья в позднюю фазу атлантического периода голоцена.....	213
МИНИНА О.Р., НЕБЕРИКУТИНА Л.Н., ДОРОНИНА Н.А. Палиностратиграфия метаморфических пород багдаринской подзоны (Западное Забайкалье).....	219
МИРГОРОДСКАЯ О.Е., КОТЕЕВА Н.К. Сезонные особенности развития мужской генеративной сферы древесных покрытосеменных растений умеренной зоны.....	223
МУХАМЕТШИНА Е.О. Природная обстановка начала и максимума последнего оледенения в Центральной Камчатской депрессии.....	225
НАЙДИНА О.Д. Поздне-плиоценовые изменения растительности и климата на севере Кавказско-Каспийского региона по палинологическим данным.....	230
НАРЫШКИНА Н.Н. Морфология и ультраструктура пыльцевых зерен некоторых представителей рода <i>Castanopsis</i> (Fagaceae).....	232
НАРЫШКИНА Н.Н., БОРИСОВА О.К., КОНСТАНТИНОВ Е.А., ПАНИН А.В. Проявления короткопериодных похолоданий раннего голоцена на западе европейской территории России (по данным комплексных исследований озерно-болотных отложений).....	236
НАУГОЛЬНЫХ С.В. Палиноморфы рода <i>Plicatipollenites</i> Lele, 1964 и их значение для палеофитогеографических реконструкций.....	241
НИГАМАТЗЯНОВА Г.Р., НИГМАТУЛЛИН Н.М., ФРОЛОВА Л.А. Палинокомплексы озерных отложений в дельте реки Печоры (Государственный заповедник «Ненецкий»).....	244
НОВЕНКО Е.Ю., РУДЕНКО О.В., МАЗЕЙ Н.Г., БОРОДИНА К.А. Динамика растительности и климата Енисейской Сибири в среднем и позднем голоцене.....	249
НОСЕВИЧ Е.С., ЖАМОЙДА В.А., СЕРГЕЕВ А.Ю., НЕЕВИН И.А. Основные закономерности формирования спорово-пыльцевых спектров донных поверхностных проб Восточно-Сибирского моря.....	255
ОВЧИННИКОВА С.В. Обсуждение признаков пыльцевых зерен рода <i>Stephanocaryum</i> Popov в связи с его положением в системе семейства Boraginaceae.....	257

ПАВЛОВА М.Р., ГАЛАНИН А.А. Особенности строения и палинологическая характеристика позднечетвертичных отложений третьей надпойменной террасы р. Лена (на примере Харыялахского обнажения), Центральная Якутия.....	262
ПЕЩЕВИЦКАЯ Е.Б. Последовательности морских и наземных палиноморф в разрезе батабореального берриаса на р. Анабар (север Восточной Сибири).....	268
ПОЛЕВОВА С.В. Спектроскопия характеристических потерь энергии электронами (electron energy loss spectroscopy, EELS) в изучении содержания кремнезема в спородерме полушника <i>Isoetes echinospora</i> Durieu.....	272
ПОЛЯКОВА Е.И., КЛЮВИТКИНА Т.С., НОВИЧКОВА Е.А., АГАФОНОВА Е.А. Диатомеи и цисты динофлагеллат как индикаторы ледово-морского осадконакопления в арктических морях.....	278
ПОЛЯКОВА Е.И., КРЮКОВА И.М., КЛЮВИТКИНА Т.С., НОВИХИН А.Е., МАРТЫНОВ Ф.М. Структура сообществ диатомей и динофлагеллат в осеннем планктоне морей Лаптевых и Восточно-сибирское как отражение ледово-гидрологических условий (сентябрь 2008).....	283
РАСКАТОВА М.Г., ЩЕМЕЛИНИНА А.А. Палинологическая характеристика стипинайских отложений на территории Латвии (Главное девонское поле).....	288
РЕШЕТОВА С.А., БЕЗРУКОВА Е.В., ОБЯЗОВ В.А., ТКАЧУК Т.Е. Морфологическая изменчивость пыльцы <i>Ephedra dahurica</i> Turcz. в условиях температурно-влажностного режима Торейской котловины (Забайкалье).....	292
РУДЕНКО О.В., ТАЛДЕНКОВА Е.Е., БАУХ Х.А., ОВСЕПЯН Я.С. Комплексы микрофоссилий в осадках бореальной трансгрессии на северо-востоке Беломорского района.....	296
РУДИНСКАЯ А.И., БОРИСОВА О.К., ПАНИН А.В., КОНСТАНТИНОВ Е.А. Новые данные об истории развития Белых озер (Турано-Уюкская котловина) в среднем и позднем голоцене.....	302
РЫЛОВА Т.Б., ШИДЛОВСКАЯ А.В. Растительность и климат муравинского межледниковья на территории западной Беларуси по данным палинологических исследований.....	306
САМУСЬ А.В., КОНСТАНТИНОВ Е.А. Новые данные к характеристике изменений растительности Ростовской низины в позднеледниковье и голоцене (постер).....	311
САПЕЛКО Т.В., САДОКОВ Д.О. Палинология озер Молого-Шекснинской низменности....	316
СЕВЕРОВА Е.Э., КРИНИЦЫНА А.А., ОМЕЛЬЧЕНКО Д.О., КАСЬЯНОВ А.С. Идентификация пыльцы злаков в аэробιοлогических образцах.....	321
СЕВЕРОВА Е.Э., ПОЛЕВОВА С.В. Мониторинг пыльцы в режиме реального времени.....	325
СЕЛЬКОВА Л.А. Палинокомплексы из отложений волжского яруса северо-востока Русской платформы.....	327
СЕРГЕЕВА Н.Г. Изоморфизм проблемных донных морфотипов Японского моря и глубоководной сероводородной зоны Черного моря.....	330
СИМАКОВА А.Н. Палинологические свидетельства существования позднеплиоценового морского бассейна на территории Восточной Турции.....	336
СМОКОТИНА И.В. Миоспоры из альбских отложений Сибири (Касская впадина, левобережье р. Енисей) и Чукотского полуострова (Чаантальская площадь).....	340
СТУКОВА Т.В. Основные аспекты палинологических исследований в нефтегазодобывающих регионах (на примере нижнего карбона).....	344
ТАГИЕВА Е.Н., БАЙРАМОВА Ш.Ш., АЛМАМЕДОВ Х.И. Природные условия предгорий Малого Кавказа Азербайджана по палинологическим данным в период бытования лейлатепинской культуры (раннебронзовый век - IV тыс. до н.э.).....	351

ТАРАСЕВИЧ В.Ф. Пыльца <i>Reveesia</i> Lindl. в палеогене Казахстана.....	357
ТЕКЛЕВА М.В., НОСОВА Н.В. Инситные пыльцевые зерна <i>Aegianthus</i> : морфология, ультраструктура и возможное ботаническое родство.....	361
ТРЕГУБ Т.Ф., ВОЛКОВ М.А. Природная среда неоплейстоцена и голоцена на Северном Кавказе.....	364
ТРОШКИНА В.И. Значение признаков пыльцевых зерен для систематики рода <i>Geranium</i> L. (<i>Geraniaceae</i>) на примере некоторых секций.....	371
УКРАИНЦЕВА В.В. Палинология – Солнечная активность – Прогнозы изменений климата на Земле.....	376
ФЕДОРОВ В.М. Инсоляция Земли и глобальные климатические события в позднем голоцене.....	381
ФИЛИМОНОВА Л.В., ЛАВРОВА Н.Б. Природная среда и растительность Карелии после деградации верхневалдайского оледенения (по данным палеоботанических исследований)...	386
ФОМЕНКО А.П., САВЕЛЬЕВА Л.А., МАКСИМОВ Ф.Е., ПЕТРОВ А.Ю., ГРИГОРЬЕВ В.А., ПОПОВА С.С., КУЗНЕЦОВ В.Ю., КОСТРОМИНА Н.А., БАРАНОВ Д.В. Палинологические комплексы начальной фазы микулинского межледниковья в верховьях Волги (по данным изучения разреза на р. Малая Коша).....	390
ЧЕПУРНАЯ А.А., НОВЕНКО Е.Ю., АЛЕКСАНДРИН М.Ю. Озеро Каракель – история развития растительности в позднем голоцене (по палинологическим данным).....	393
ШАДРИНА С.С., ТУПИЦЫН С.С. О тератоморфизме пыльцевых зерен <i>Pinus sylvestris</i> L. голоцена Западной Сибири.....	397
ШАТИЛОВА И.И., КОКОЛАШВИЛИ И.М. Этапы развития растительности на территории Грузии в позднем кайнозое.....	400
ШЕЛЕХОВА Т.С., ТИХОНОВА Ю.С. Диатомовые комплексы в поверхностных донных осадках озера Торосьярви (Центральная Карелия, Россия).....	404
ШЕФЕР Н.В., БЛЯХАРЧУК Т.А. Реконструкция растительного покрова Тазовского района Ямало-Ненецкого автономного округа в голоцене по данным спорово-пыльцевого анализа торфяных отложений.....	408
ШИДЛОВСКАЯ А.В. Палинологическая характеристика древнеозёрных отложений, вскрытых скважинами 2Р и 4Р на востоке Беларуси.....	414
ЮРИНА А.Л. Первые девонские леса – эволюционный признак комплексных родовых зон по растениям среднего-верхнего девона.....	419
ЮРИНА А.Л., РАСКАТОВА М.Г. Миоспоровые зоны пограничных отложений среднего и верхнего девона Восточно-Европейской платформы.....	424
ЯКОВЛЕВА А.И., КУЗЬМИНА О.Б. Новые палинологические данные из верхнеэоценовых-олигоценых отложений Самбийского полуострова (Калининградская область): уточнение возраста и восстановление палеообстановок.....	429