

СУБРЕЦЕНТНЫЕ СПОРОВО-ПЫЛЬЦЕВЫЕ СПЕКТРЫ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ОЗЕР КУРГАЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА (БАЛТИЙСКОЕ МОРЕ)

Т.Ю. Газизова¹, А.Г. Русанов², Т.В. Сапелко³, А.Е. Лапенков⁴

¹⁻⁴ Институт озераедения РАН – СПб ФИЦ РАН

¹ Лаборатория географии и гидрологии, мл. науч. сотр.; e-mail: tssml@bk.ru

² Лаборатория гидробиологии, ст. науч. сотр., канд. биол. наук; e-mail: a_rusanov@yahoo.com

³ Лаборатория географии и гидрологии, ст. науч. сотр., канд. геогр. наук; e-mail: tsapelko@mail.ru

⁴ Лаборатория географии и гидрологии, мл. науч. сотр.; e-mail: lapa13art@gmail.com

Приводятся результаты изучения субрецентных спорово-пыльцевых спектров (СПС) и современной водной растительности озер Липовское и Белое на Кургальском полуострове в Балтийском море. В 2023 г. на озерах впервые были начаты палеолимнологические исследования, важная роль в которых отводится пыльце водных растений. В связи с этим появилась необходимость оценить, насколько точно СПС отражают современную водную растительность, и подготовить основу для интерпретации палеогеографических данных по колонкам донных отложений озер. Отбор поверхностных проб для палинологического анализа проводился летом 2019 г., зимой и летом 2023 г., что позволило охватить большой период накопления пыльцы и спор макрофитов. За время исследований в СПС оз. Липовского отмечена пыльца *Alisma* sp., *Myriophyllum* sp., *Nuphar lutea*, *Potamogeton* sp., *Typha latifolia* и споры *Isoetes* sp. В СПС оз. Белого встречена пыльца *Myriophyllum* sp., *Nuphar lutea*, *Typha latifolia* и споры *Isoetes* sp. В ходе флористических исследований установлено, что в оз. Липовском доминируют погруженные гидрофиты и гелофиты с преобладанием *Potamogeton perfoliatus*, *P. pectinatus*, *Batrachium marinum*, *Najas marina*, *Myriophyllum sibiricum* и *Phragmites australis*. В оз. Белом развиты сообщества погруженных гидрофитов с преобладанием зарослей *Lobelia dortmanna*. В СПС оз. Липовского отмечена пыльца двух преобладающих таксонов (*Myriophyllum* sp. и *Potamogeton* sp.). В СПС оз. Белого не отражено присутствие основного доминанта, *Lobelia dortmanna*, но встречена пыльца и споры видов-содоминантов, *Myriophyllum* sp. и *Isoetes* sp. Данные палинологических и флористических исследований дополняют и уточняют друг друга. В целом, состав водной растительности озер на Кургальском полуострове в поверхностных пробах отражен лишь частично. Полученные результаты позволяют более корректно интерпретировать данные спорово-пыльцевого анализа колонок донных отложений озер, а также внести вклад в региональную базу данных по субрецентным СПС.

Ключевые слова: макрофиты, спорово-пыльцевой анализ, донные отложения озер, поверхностные пробы

DOI: 10.55959/MSU0579-9414.5.80.1.12

ВВЕДЕНИЕ

Лимнологические работы на Кургальском полуострове начаты Институтом озераедения РАН в 2019 г.; в 2023 г. они продолжились, а также были впервые проведены палеолимнологические исследования с целью реконструировать голоценовую историю двух озер – Липовского и Белого. Основным источником информации для палеоэкологических реконструкций изменения состояния водоемов и окружающей среды являются колонки донных отложений озер, изученные методом палинологического анализа. Чтобы определить, насколько точны полученные данные о растительности в прошлом, в подобных исследованиях необходимо оценить, насколько адекватно субрецентные спорово-пыльцевые спектры (СПС) из озерных осадков отражают современную расти-

тельность. Значимость изучения субрецентных СПС неоднократно была доказана в работах классиков и современных палинологов [Гричук, За-клинская, 1948; Кабайлене, 1969; Чернова и др., 2006; Благовещенская, 2016; Носова, 2020; Новенко и др., 2017; Газизова и др., 2023; Дюжова, 2024]. Особенно это важно для пыльцы и спор водных растений, которые хуже сохраняются и реже встречаются в озерных отложениях, а следовательно, меньше используются в палеорекострукциях в сравнении с пыльцой наземных растений.

Целью настоящего исследования является изучение видового состава водной растительности в поверхностных пробах озерных отложений и выявление взаимосвязей между составом СПС и современной растительностью, в частности, макрофитами.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Кургальский полуостров находится в южной части Финского залива Балтийского моря на территории Ленинградской области (рис. 1). Изучаемые озера являются уникальными для северо-запада России природными объектами. Озеро Белое (площадь 3,2 км², максимальная глубина 13,1 м) находится на абсолютной высоте 23 м над уровнем моря; это полностью

изолированный бессточный ультра-олиготрофный водоем. Озеро Липовское (площадь 5,3 км², максимальная глубина 16,9 м) является мезотрофным и относится к категории соленых [Сапелко и др., 2023], средняя соленость составляет 3,8 г/л [Станиславская и др., 2021]. Водоем до сих пор связан с Балтийским морем узкой искусственной протокой и находится на абсолютной высоте 0 м над уровнем моря.



Рис. 1. Точки отбора поверхностных проб на озерах Кургальского полуострова

Fig. 1. The location of surface sampling points for the lakes of the Kurgalsky Peninsula

В рамках настоящего исследования детальное изучение современной наземной растительности не проводилось; общая информация об окружающих изучаемые озера сообществах получена из литературных источников [Глазкова и др., 2018; 2019; Дорошина и др., 2019]. На Кургальском полуострове распространены типичные для подзоны южной тайги сосновые и еловые леса с примесью березы, черной ольхи, осины, лещины, рябины. Также встречаются смешанные и мелколиственные леса (березняки на местах вырубок, черноольшанники, осинники). На северо-западе полуострова произрастают редкие для Ленинградской области широколиственные леса из липы, вяза, клена, ясеня, дуба. В подлеске растет можжевельник обыкновенный, жимолость обыкновенная; по берегам озер – заросли ив. Под пологом леса доминируют чернично-зеленомошные сообщества, реже встречаются чернично-сфагновые, чернично-разнотравные, чернично-кисличные, травяно-сфагновые, брусничные, папоротниковые и разнотравные сообщества. Преобладающими видами в различных типах леса на Кургальском полуострове являются *Vaccinium*

myrtilus L., *Oxalis acetosella* L., *Actaea spicata* L., *Dryopteris expansa* (C. Presl) Fras.-Jenk. et Jermy, *Paris quadrifolia* L., *Stellaria nemorum* L., *Viola riviniana* Reichenb., *Hepatica nobilis* Mill., *Milium effusum* L., *Lathyrus vernus* (L.) Bernh., *Chrysosplenium alternifolium* L., *Athyrium filix-femina* (L.) Roth, *Calamagrostis arundinacea* (L.) Roth, *Vaccinium vitis-idaea* L. и др. На болотах и заболоченных территориях полуострова произрастают осоковые сообщества (*Carex vesicaria* L., *C. dioica* L., *C. limosa* L., *C. rostrata* Stokes), *Equisetum fluviatile* L., *Calla palustris* L., *Caltha palustris* L., *Comarum palustre* L., *Menyanthes trifoliata* L., *Eriophorum angustifolium* L., *Drosera intermedia* Hayne, бриевые мхи (*Pleurozium schreberi* (Brid.) Mitt., *Polytrichum commune* Hedw., *Aulacomnium palustre* (Hedw.) Schwägr.), сфагновые мхи (*Sphagnum fuscum* Schimp.) и др.

Для изучения состава СПС проводился отбор поверхностных проб донных отложений изучаемых озер с использованием лота Воронкова в рамках многолетних полевых лимнологических работ Института озероведения РАН (см. рис. 1): в 2019 г. – однократно в ходе летней экспедиции, в

2023 г. – в зимний и летний периоды. Обработка и подготовка проб для палинологического анализа осуществлялась на базе Института озероведения РАН по модифицированной сепарационной методике В.П. Гричука [Гричук, Заклинская, 1948] с применением тяжелой жидкости удельным весом 2,28 г/см³. Для идентификации палиноморф использовались определители [Куприянова, Алешина, 1967, 1972, 1978], электронные палинологические базы данных [PalDat, 2024; Сибирская..., 2023] и авторская коллекция пыльцы водных растений. Для каждого образца подсчитывалось статистически значимое количество пыльцы – не менее 250 зерен древесных растений. Процентное содержание каждого таксона рассчитывалось от общего числа древесных, травянистых и споровых растений. Построение спорово-пыльцевых диаграмм производилось с использованием программ Tilia, TiliaGraph, TGView [Grimm, 1999, 2004].

Изучение видового состава и пространственного распределения макрофитов озер проводилось летом 2023 г. в период максимального развития высшей водной растительности (начало августа) при помощи стандартного метода картирования фитолисторали [Катанская, 1981; Kolada et al., 2009]. Полученные во время картирования схемы пространственного распределения водных растений стали основой для подсчета площадей зарастания экологических групп макрофитов и общей площади покрытия озер макрофитами в среде ArcView GIS 3.2 [Карякин и др., 2009]. Изучение глубины распространения водной растительности осуществлялось в рамках водолазных работ летом 2023 г. путем заложения трансект протяженностью 48–60 м с частотой точек описания 2 м [Русанов и др., 2024].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

По результатам палинологического анализа поверхностных проб донных отложений озер Кургальского полуострова построены диаграммы (рис. 2, 3), отражающие состав водной и наземной растительности. На круговых диаграммах (рис. 4) представлены данные по древесным, травянистым и спорным растениям на Кургальском полуострове в целом, отражающие состав актуальной наземной растительности: доминирование сосновых и еловых лесов, значительную роль березняков и березы в составе хвойных лесов, присутствие мелколиственных (черная ольха, лещина, ивы) и широколиственных (липа, вяз, дуб) пород. В составе травяно-кустарничкового яруса преобладает пыльца злаковых растений (41% от всей пыльцы трав), среди которых существенную долю составляет пыльца *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud.; данный вид образует

густые заросли по берегам озер Липовского и Белого. Также в СПС отмечена пыльца *Vaccinium* sp., *Carex* sp., Ericaceae, Polygonaceae и других представителей разнотравья, произрастающих в лесных и болотных сообществах на Кургальском полуострове. Среди споровых растений доминируют сфагновые и бриевые мхи, виды которых произрастают на заболоченных участках.

Водная растительность озера Липовского. По результатам изучения современной водной растительности в оз. Липовском произрастает 17 видов макрофитов [Русанов и др., 2024]: девять погруженных гидрофитов (*Nitella* sp., *Batrachium marinum* Fries, *Ceratophyllum demersum* L., *Elodea canadensis* Michx., *Myriophyllum alterniflorum* DC., *M. sibiricum* Kom., *Najas marina* L., *Potamogeton pectinatus* L., *P. perfoliatus* L.), один плавающий гидрофит (*Nuphar lutea* (L.) Smith), один гидрофит (*Ranunculus reptans* L.) и шесть гелофитов (*Alisma gramineum* Lej., *Bolboschoenus maritimus* (L.) Palla, *Carex acuta* L., *Phragmites australis*, *Scirpus lacustris* L., *Typha latifolia* L.).

Занятая макрофитами площадь в оз. Липовском составляет 73 га (12,9% от общей площади озера) (табл. 1) [Русанов и др., 2024]. Среди них преобладают погруженные гидрофиты (63,1%) и гелофиты (36,4%); плавающие гидрофиты занимают менее 1% от общей площади зарастания. Берега озера заняты зарослями *Phragmites australis*. Заросли погруженной растительности сложены преимущественно *Potamogeton perfoliatus*, *P. pectinatus*, *Batrachium marinum*, *Najas marina* и *Myriophyllum sibiricum*.

По результатам палинологического анализа (рис. 5) в СПС оз. Липовского нет определенного доминанта среди водных растений. Содержание и видовое разнообразие пыльцы и спор макрофитов в СПС в пробах каждого периода в целом низкое, поэтому материалы за несколько лет отбора проб позволили получить более подробные данные. За время исследований в поверхностных пробах оз. Липовского была встречена пыльца *Alisma* sp., *Myriophyllum* sp., *Nuphar lutea*, *Potamogeton* sp., *Typha latifolia* и споры *Isoetes* sp. Состав озерной растительности отражен довольно слабо. СПС отражают наличие доминантных таксонов (*Myriophyllum* и *Potamogeton*), однако их присутствие ограничивается в основном единичными пыльцевыми зернами, что не дает возможности говорить о занимаемых площадях в зарастании озера. Встречена пыльца гелофитов, *Typha latifolia* и *Alisma gramineum*, участвующих в зарастании берегов. Единично отмечена пыльца плавающего гидрофита *Nuphar lutea*, занимающего небольшие по площади участки озера. Также единично встречена спора *Isoetes* sp., не обнаруженного при описании современной водной растительности.

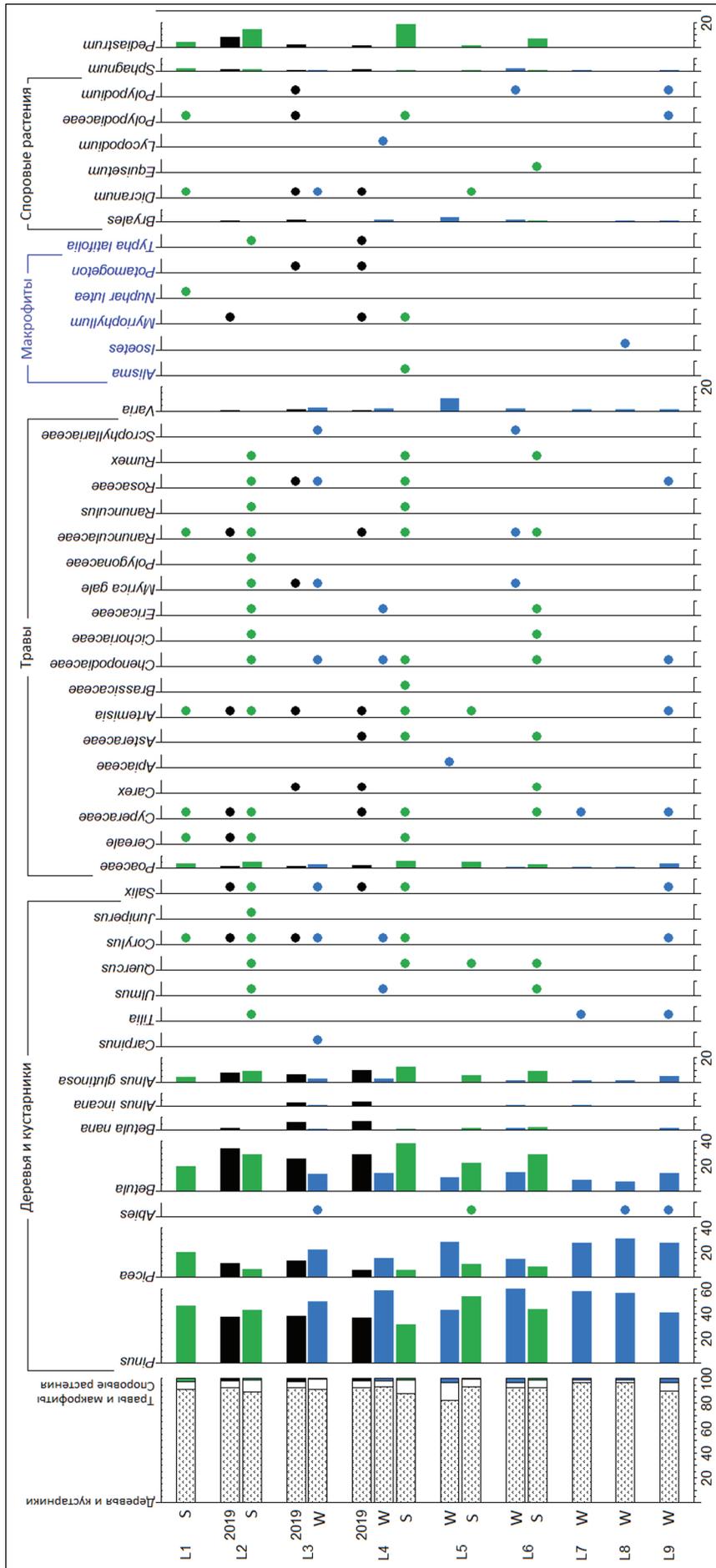


Рис. 2. Спорово-пыльцевая диаграмма поверхностных проб донных отложений оз. Липовского в 2019 и 2023 гг. Периоды 2023 г.: W – зимний; S – летний

Fig. 2. Pollen diagram of surface samples of the Lake Lipovskoye bottom sediments in 2019 and 2023: W – winter period of 2023; S – summer period of 2023

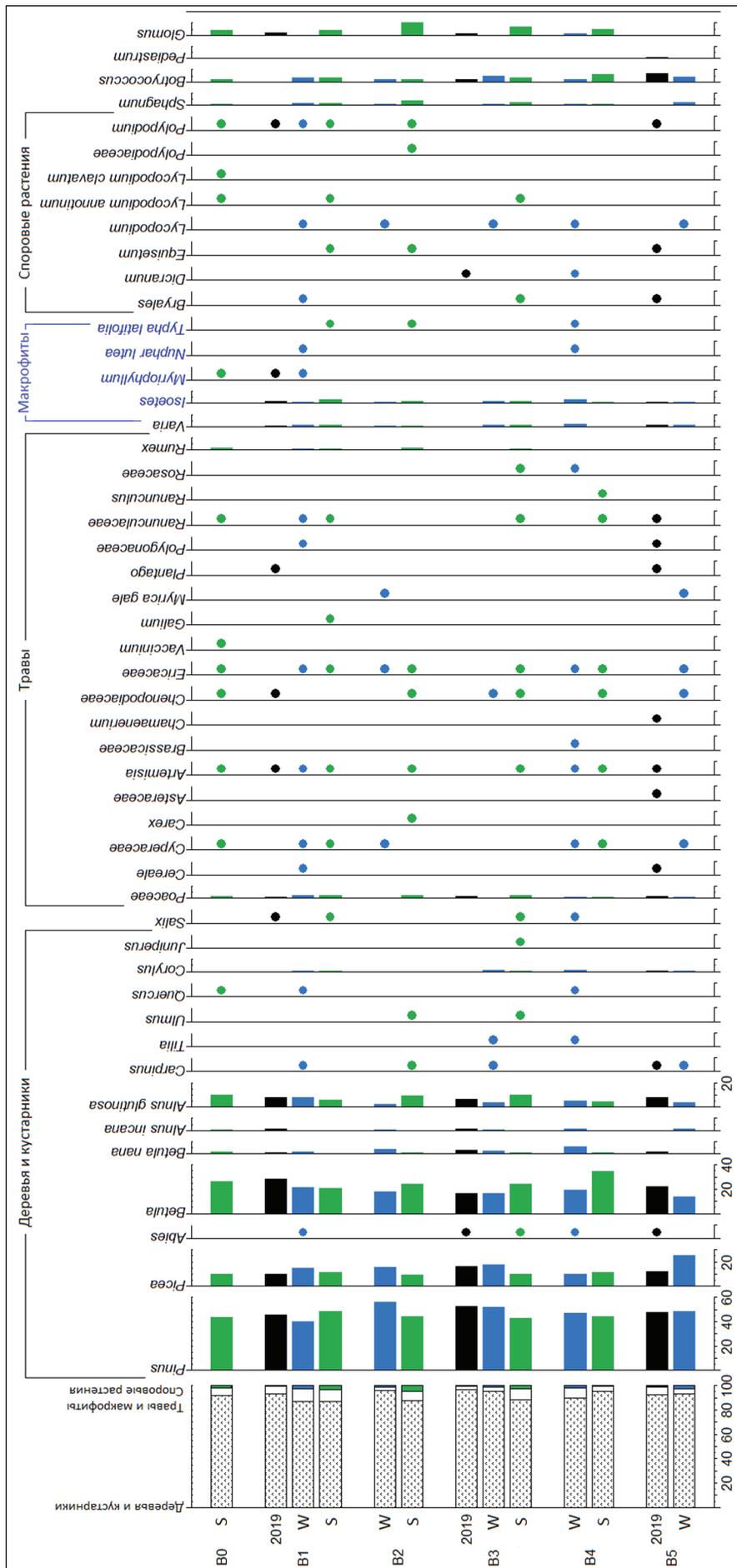


Рис. 3. Спорно-пыльцевая диаграмма поверхностных проб донных отложений оз. Белого в 2019 и 2023 гг. Периоды 2023 г.: W – зимний; S – летний

Fig. 3. Pollen diagram of surface samples of the Lake Beloye bottom sediments in 2019 and 2023: W – winter period of 2023; S – summer period of 2023

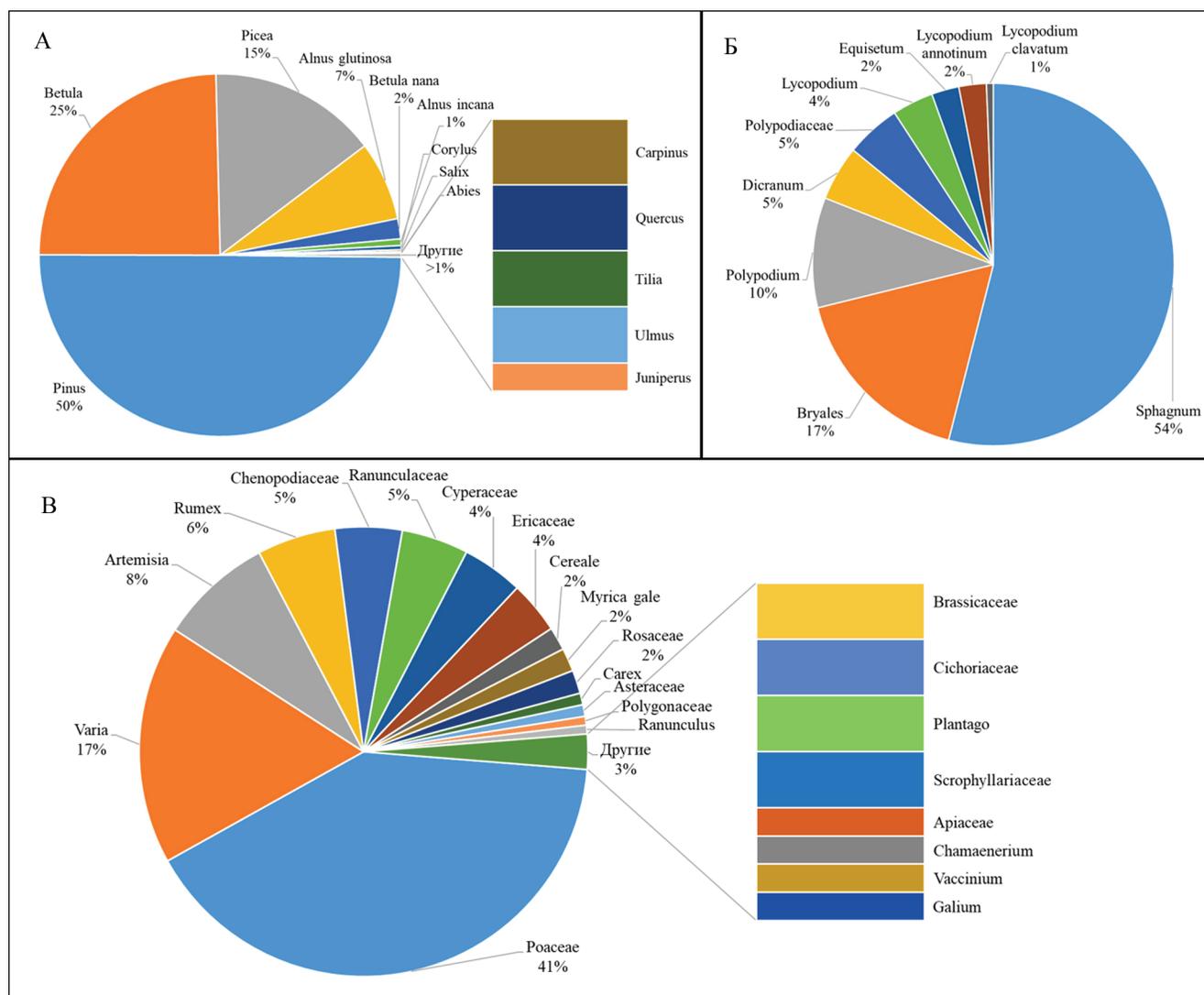


Рис. 4. Осредненное соотношение пыльцы древесных (А), споровых (Б) и травянистых (В) растений в поверхностных пробах донных отложений озер на Кургальском полуострове

Fig 4. The average ratio of pollen of trees (A), spore (B) and herbaceous (B) plants in surface samples of bottom sediments of the Kurgalsky Peninsula lakes

Таблица 1

Вклад экологических групп макрофитов в общую площадь зарастания оз. Липовского

Экологическая группа	Площадь, га	Заросли, % от общей площади	Заросли, % от площади водоема
Гелофиты	26,6	36,4	4,7
Плавающие гидрофиты	0,4	0,5	0,1
Погруженные гидрофиты	46	63,1	8,1
Общая площадь	73	100	12,9

Водная растительность озера Белого. В оз. Белом по данным изучения современной водной растительности произрастает 19 видов макрофитов [Русанов и др., 2024]: шесть погруженных гидрофитов (*Nitella* sp., *Isoetes echinospora* Durieu, *I. lacustris* L., *Littorella uniflora* (L.) Aschers., *Lobelia dortmanna* L. и *Myriophyllum alterniflorum*), один плавающий ги-

дрофит (*Nuphar lutea*), четыре гидрофита (*Eleocharis acicularis* (L.) Roem., *E. palustris* (L.) Roem. et Schult., *Juncus supinus* Moench, *Ranunculus reptans*) и восемь гелофитов (*Carex acuta*, *Equisetum fluviatile* L., *Glyceria maxima* (C. Hartm.) Holmb., *Phragmites australis*, *Sagittaria sagittifolia* L., *Scirpus lacustris*, *Sparganium angustifolium* Michx. и *Typha latifolia*).

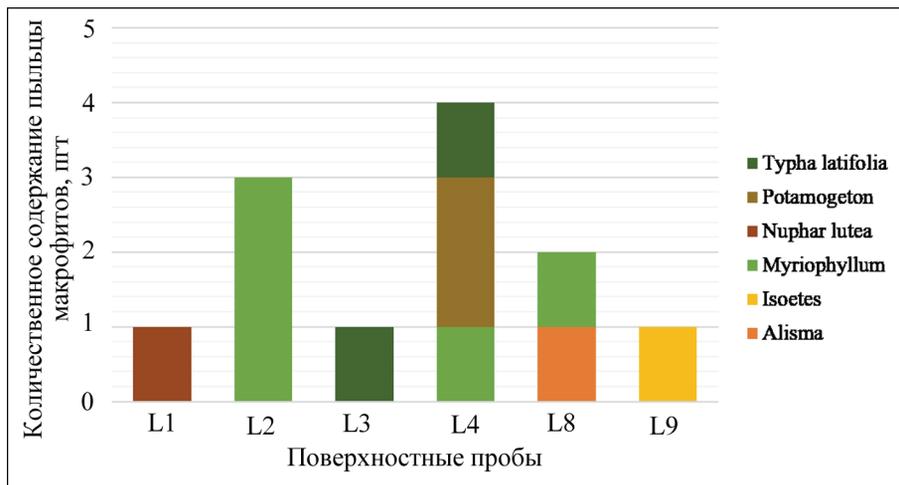


Рис. 5. Соотношение пыльцы макрофитов в поверхностных пробах донных отложений оз. Липовского

Fig. 5. Ratio of macrophyte pollen in surface samples of the Lake Lipovskoye bottom sediments

Макрофиты в оз. Белом занимают площадь 90,1 га (27,5% от общей площади озера) (табл. 2) [Русанов и др., 2024]. Преобладают погруженные гидрофиты (79,6%), гелофиты занимают 20,1% от общей площади зарослей; роль плавающих гидрофитов крайне мала (0,3%). Песчаные мелководья до глубины 2 м заняты развитыми сообществами *Lobelia dortmanna*, среди которых произрастают *Littorella uniflora*, *Myriophyllum alterniflorum*, *Eleocharis acicularis* и *Ranunculus reptans*. Берега и мелководья заняты зарослями *Phragmites australis*.

По результатам палинологического анализа (рис. 6) доминантным видом в СПС оз. Белого является *Isoetes* sp. Видовое разнообразие макрофитов невысокое, однако общее содержание пыльцы и спор в пробах значительно выше, чем в оз. Липовском. За время исследований в донных отложениях оз. Белого отмечена пыльца *Myriophyllum* sp., *Nuphar lutea*, *Typha latifolia* и споры *Isoetes* sp.

СПС не отражают присутствие основного доминанта среди современной водной растительности, *Lobelia dortmanna*, занимающего значительные площади в погруженном ярусе водной растительности озера; причины этого будут рассмотрены ниже. Однако споры видов-содоминантов, *Isoetes echinospora* и *I. lacustris*, встречаются в большом количестве на протяжении всего периода исследований. Пыльца *Myriophyllum* sp. отмечена в поверхностных пробах 2023 г., отобранных в северо-восточной части озера (B0 и B1, см. рис. 1); во время проведения флористических исследований в районе отбора данных проб среди лобелиевых сообществ была встречена уруть (*Myriophyllum alterniflorum*). Единично встречена пыльца плавающего гидрофита *Nuphar lutea*, играющего невысокую роль в зарастании озера. Пыльца гелофита *Typha latifolia* единично встретилась в пробах разных периодов исследований.

Таблица 2

Вклад экологических групп макрофитов в общую площадь зарастания оз. Белого

Экологическая группа	Площадь, га	Заросли, % от общей площади	Заросли, % от площади водоема
Гелофиты	18,1	20,1	5,5
Плавающие гидрофиты	0,3	0,3	0,1
Погруженные гидрофиты	71,7	79,6	21,9
Общая площадь	90,1	100	27,5

Результаты сравнения флористических и палинологических исследований неоднозначны. В субрецентных СПС оз. Липовского частично отражены таксоны, преобладающие среди погруженной растительности (*Myriophyllum* sp., *Potamogeton* sp.), принимающие участие в зарастании

берегов (*Alisma* sp., *Typha latifolia*) и единственный вид-гидрофит (*Nuphar lutea*). Пыльца некоторых гелофитов, в частности доминантов (*Phragmites australis*), с высокой вероятностью представлена в отложениях, но ее затруднительно идентифицировать среди морфологически сходных пыльцевых

зерен семейства Poaceae. Количественное содержание пыльцы и спор водных растений в оз. Липовском невелико, что ограничивает представления о занятых макрофитами площадях. Продуктивность пыльцы и спор в оз. Белом заметно выше, в частности в пробах высокое содержание спор *Isoetes* sp. СПС оз. Белого не отражают присутствие основного доминанта – *Lobelia dortmanna*. Это может быть объяснено в целом низкой пыльцевой продуктивностью *Lobelia dortmanna* в озерных отложениях, поскольку она опыляется насекомыми [Podbielkowski, Tomaszewicz, 1979]. Кроме того,

при недостатке опылителей растения данного вида могут прибегать к клейстогамии, когда опыление происходит внутри нераскрывшегося цветка [Жизнь растений, 1981], что существенно снижает встречаемость пыльцы в донных осадках. Как показывают исследования, более удачным индикатором присутствия *Lobelia dortmanna* в озерных экосистемах являются ее семена [Lamentowicz, Milecka, 2004]. При этом в отложениях встречена пыльца и споры видов-содоминантов *Myriophyllum* и *Isoetes*, произрастающих среди лобелиевых зарослей.

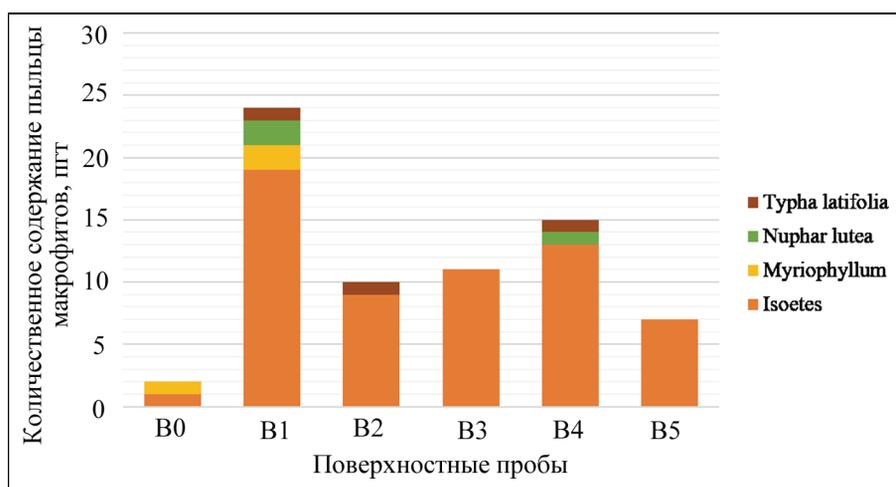


Рис. 6. Соотношение пыльцы макрофитов в поверхностных пробах донных отложений оз. Белого

Fig. 6. Ratio of macrophyte pollen in surface samples of the Lake Beloye bottom sediments

Результаты проведенных исследований дополняют и уточняют друг друга. Данные флористических исследований позволили установить видовую принадлежность некоторых таксонов пыльцы и спор макрофитов в озерах на Кургальском полуострове (*Alisma gramineum*, *Isoetes echinospora*, *I. lacustris*, *Myriophyllum alterniflorum*, *M. sibiricum*, *Potamogeton pectinatus*, *P. perfoliatus*), что в дальнейшем будет использовано для палеореконов озерной растительности по колонкам донных отложений. Палинологические данные уточнили состав современной водной растительности – присутствие *Isoetes* sp. в оз. Липовском.

Использование пыльцы водных растений в палеолимнологических исследованиях ограничивается более низкой продуктивностью и сохранностью пыльцы макрофитов в сравнении с пыльцой большинства наземных растений или макроостатками водных растений. Роль пыльцы наземной растительности в интерпретации палеогеографических данных, как указывалось выше, доказана неоднократно. Особенности распространения и отражения

в СПС, например, пыльцы *Pinus* sp. и других древесных пород [Елина и др., 1994; Филимонова, 2005; 2021] хорошо изучены палинологами. Работы по изучению растительных макроостатков, в том числе макрофитов, в реконструкциях [Gałka et al., 2012, 2014; Gałka, Sznal, 2013] также занимают важное место среди палеогеографических исследований. Исследований, направленных на изучение пыльцы макрофитов и их индикаторной роли, в настоящее время немного [Газизова и др., 2023], что делает полученные результаты особенно значимыми для понимания возможностей использования пыльцы макрофитов и особенностей отражения актуальной водной растительности в донных отложениях.

Кроме того, макрофиты являются хорошими биоиндикаторами содержания органических веществ в воде. В связи с этим нами была предпринята попытка оценить сапробность изучаемых озер с помощью индикаторного значения видов макрофитов [Садчиков, Кудряшов, 2005], пыльца и споры которых была встречена при палинологическом анализе. Обитающие в оз. Липовском

Nuphar lutea и виды *Myriophyllum* и *Potamogeton*, уточненные по данным полевых флористических исследований, относятся к β -мезосапробам, а виды *Isoëtes* – к олигосапробам. В отложениях оз. Белого значительно преобладают споры видов *Isoëtes*. Это позволяет предположить, что оз. Липовского является β -мезосапробным водоемом, а оз. Белое – олигосапробным. Для β -мезосапробных озер характерно слабое органическое загрязнение, высокое содержание кислорода и богатый видовой состав водной растительности. Олигосапробные водоемы характеризуются чистой, богатой кислородом водой и бедным видовым составом макрофитов. Полученные результаты соотносятся с актуальными лимническими характеристиками озер на Кургальском полуострове.

ВЫВОДЫ

В ходе исследований на Кургальском полуострове изучена современная водная растительность озер Липовское и Белое, а также ее отражение в поверхностных пробах донных отложений.

В оз. Липовском доминируют погруженные гидрофиты и гелофиты с преобладанием *Potamogeton perfoliatus*, *P. pectinatus*, *Batrachium marinum*, *Najas marina*, *Myriophyllum sibiricum* и *Phragmites*

australis. В СПС озера отмечена пыльца *Alisma* sp., *Myriophyllum* sp., *Potamogeton* sp., *Nuphar lutea*, *Typha latifolia* и споры *Isoëtes* sp.

В оз. Белом развиты сообщества погруженных гидрофитов с преобладанием зарослей *Lobelia dortmanna*. В СПС озера встречена пыльца *Myriophyllum* sp., *Nuphar lutea*, *Typha latifolia* и споры *Isoëtes* sp.

В целом субрецентные СПС отражают водную растительность озер на Кургальском полуострове частично; видовой состав и обилие экологических групп макрофитов более полно представлены в оз. Липовском.

Данные палинологических и флористических исследований дополняют и уточняют друг друга. Полученные результаты станут основой для интерпретации палеогеографических данных из колонок донных отложений озер на Кургальском полуострове и позволят оценить возможности использования пыльцы водных растений для реконструкций развития водоемов в прошлом. Дальнейшее изучение субрецентных пыльцы и спор макрофитов в различных водоемах будет способствовать уточнению полученных результатов, а также внесет вклад в региональную базу данных по субрецентным СПС.

Благодарности. Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-27-00128, <https://rscf.ru/project/23-27-00128/>. Авторы благодарят рецензентов за конструктивные замечания и предложения по улучшению рукописи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Благовецкая Н.В. Особенности интерпретации субфоссильных спорово-пыльцевых спектров Приволжской возвышенности (в целях палеоботанических реконструкций) // Бюл. Московского общества испытателей природы. Отдел биологический. 2016. Т. 121. Вып. 5. С. 48–63.
- Газизова Т.Ю., Русанов А.Г., Сапелько Т.В. Оценка сходства видового состава макрофитов современной водной растительности и субрецентных спорово-пыльцевых спектров малых озер на острове Валаам (Ладожское озеро) // Труды КарНЦ РАН. Сер. Лимнология и океанология. 2023. № 6. С. 73–83. DOI: 10.17076/lim1703.
- Глазкова Е.А., Гимельбрант Д.Е., Степанчикова И.С. и др. Ценные ботанические объекты заказника «Кургальский» (Ленинградская область). 1. Редкие и охраняемые виды // Труды КарНЦ РАН. Серия Биогеография. № 8. 2018. С. 37–62.
- Глазкова Е.А., Ликсакова Н.С., Гимельбрант Д.Е. и др. Ценные ботанические объекты заказника «Кургальский» (Ленинградская область). 2. Леса, болота, луга // Труды КарНЦ РАН. Серия Биогеография. № 8. 2019. С. 44–61.
- Гричук В.П., Заклинская Е.Д. Анализ ископаемых пыльцы и спор и его применение в палеогеографии. М.: Географиз, 1948. 224 с.
- Дюжова К.В. Субрецентные спорово-пыльцевые спектры аллювиальных отложений рек Дон и Кубань и их значение при палеогеографических реконструкциях // Вест. Моск. ун-та. Сер. 5. Геогр. 2024. № 1. С. 48–60. DOI: 10.55959/MSU0579-9414.5.79.1.4.
- Дорошина Г.Я., Гинзбург Э.Г., Курбатова Л.Е. Мхи государственного природного заказника «Кургальский» (Ленинградская область) // Новости систематики низших растений. 2019. № 53-2. С. 369–384.
- Елина Г.А., Кузнецов О.Л., Девятова Э.И. и др. Современная и голоценовая растительность национального парка «Паанаярви» (северо-западная Карелия) // Ботан. журн. 1994. Т. 79. № 4. С. 13–31.
- Жизнь растений. Цветковые растения. Порядок колокольчиковые (Campanulales) / под ред. А.Л. Тахтаджяна. М.: Просвещение, 1981. Т. 5. Ч. 2. 576 с.
- Кабайлене М.В. Формирование пыльцевых спектров и методы восстановления палеорастительности. Вильнюс: Минтис, 1969. 148 с.
- Карякин И.В., Лапшин Р.Д., Шестакова А.А. ArcView GIS для экологов: инструктивно-методическое пособие. Н. Новгород, 2009. 543 с.
- Катанская В.М. Высшая водная растительность континентальных водоемов СССР. Методы изучения. Л.: Наука, 1981. 187 с.

- Куприянова Л.А., Алешина Л.А. Палинологическая терминология покрытосеменных растений. Л.: Наука, 1967. 86 с.
- Куприянова Л.А., Алешина Л.А. Пыльца и споры растений флоры европейской части СССР. Л.: Наука, 1972. Т. 1. 171 с.
- Куприянова Л.А., Алешина Л.А. Пыльца двудольных растений флоры европейской части СССР. Л.: Наука, 1978. 184 с.
- Новенко Е.Ю., Мазей Н.Г., Зерницкая В.П. Рецентные спорово-пыльцевые спектры заповедных территорий Европейской части России как ключ к интерпретации результатов палеоэкологических исследований // Nature Conservation Research. Заповедная наука. 2017. Т. 2. № 2. С. 55–65.
- Носова М.Б. Исследования современных пыльцевых спектров: инструменты, подходы, современные направления // Ботанический журнал. 2020. № 12. С. 1147–1168.
- Русанов А.Г., Газизова Т.Ю., Лапенков А.Е. и др. Современное состояние растительности покрова озер Белое и Липовское (Кургальский полуостров) // Труды КарНЦ РАН. Сер. Лимнология и океанология. 2024. № 2. С. 51–64. DOI: 10.17076/lim1864.
- Садчиков А.П., Кудряшов М.А. Гидробиотика: прибрежно-водная растительность. М.: Академия, 2005. 33 с.
- Сапелко Т.В., Русанов А.Г., Игнатъева Н.В. и др. Древняя и современная связь оз. Липовского на Кургальском полуострове с Балтийским морем // XXV Международная научная конференция (Школа) по морской геологии «Геология морей и океанов» (Москва, 13–17 ноября 2023 г.): материалы. М.: ИО РАН, 2023. Т. IV. С. 103–107.
- Станиславская Е.В., Афанасьева А.Л., Павлова О.А. Альгофлора озер заказника «Кургальский» (Ленинградская область) // Поволжский экологический журнал. 2021. № 3. С. 335–347.
- Филимонова Л.В. Динамика растительности среднетаежной подзоны Карелии в позднеледниковье и голоцене (палеоэкологические аспекты): автореф. дис. ... канд. биол. наук. Петрозаводск, 2005. 24 с.
- Филимонова Л.В. Динамика растительности в заповеднике «Костомукшский» (Россия) и в окружающем регионе на фоне изменения природной среды в голоцене // Nature Conservation Research. Заповедная наука. 2021. Т. 6(1). С. 98–115.
- Чернова Г.М., Денисенков В.П., Ломова Е.И. Субрецентные спорово-пыльцевые спектры северо-западного Приладожья на примере Ладужской учебно-географической базы // Вестн. СПбГУ. Сер. 7. 2006. № 1. С. 70–79.
- Galka M., Tobolski K., Kołaczek P. The Holocene decline of slender naiad (*Najas flexilis* (Willd.) Rostk. & W.L.E. Schmidt) in NE Poland in the light of new paleobotanical data, *Acta Palaeobot.*, 2012, vol. 52, p. 127–138.
- Galka M., Tobolski K., Zawisza E. et al. Postglacial history of vegetation, human activity and lake-level changes at Jezioro Linówek in northeast Poland, based on multiproxy data, *Vegetation History and Archaeobotany*, 2014, vol. 23, p. 123–152.
- Galka M., Sznajder M. Late Glacial and Early Holocene development of lakes in northeastern Poland in view of plant macrofossil analyses, *Quaternary International*, 2013, vol. 292, p. 124–135.
- Grimm E. Tilia and TiliaGraph PC spreadsheet and graphics software for pollen data, *Newsletter*, 1999, vol. 4, p. 5–7.
- Grimm E. TGView 2.0.2 (Software), Springfield: Illinois State Museum, Research and Collections Center, 2004.
- Lamentowicz M., Milecka K. Lobelia dortmanna L. seeds in lake sediments from the Tuchola Forest (Pomerania, northern Poland), *Acta Palaeobotanica*, 2004, vol. 44(2), p. 281–285.
- Podbielkowski Z., Tomaszewicz H. Zarzys hydrobotaniki [The outline of hydrobotany], PWN, Warszawa, 1979, 531 p.

Электронные ресурсы

PalDat – Palynological Database, URL: <https://www.paldat.org/> (дата обращения 15.12.2023).

Сибирская палинологическая база данных SibPal / PaleoAltai. URL: <https://www.paleoaltai.com/sibpal> (дата обращения 15.12.2023).

Kolada A., Seppo H., Kanninen A. et al. Deliverable D3.2-1: Overview and comparison of macrophyte survey methods used in European countries and a proposal of harmonized common sampling protocol to be used for WISER uncertainty exercise including a relevant common species list. 2009, URL: <http://www.wiser.eu/download/D3.2-1.pdf> (дата обращения 15.12.2023).

Поступила в редакцию 24.06.2024

После доработки 10.09.2024

Принята к публикации 26.11.2024

SUBRECENT POLLEN SPECTRA IN LAKE SEDIMENTS OF THE KURGALSKY PENINSULA (THE BALTIC SEA)

T.Yu. Gazizova¹, A.G. Rusanov², T.V. Sapelko³, A.E. Lapenkov⁴

¹⁻⁴ Institute of Limnology of the RAS – SP Centre of the RAS

¹ Laboratory of Geography and Hydrology, Junior Scientific Researcher; e-mail: tssml@bk.ru

² Laboratory of Hydrobiology, Senior Scientific Researcher, Ph.D. in Biology; e-mail: a_rusanov@yahoo.com

³ Laboratory of Geography and Hydrology, Senior Scientific Researcher, Ph.D. in Geography; e-mail: tsapelko@mail.ru

⁴ Laboratory of Geography and Hydrology, Junior Scientific Researcher; e-mail: lapa13art@gmail.com

The article presents the results of studying subrecent pollen spectra (SPS) and modern aquatic vegetation of the Lipovskoye and Beloye lakes located on the Kurgalsky Peninsula of the Baltic Sea, Russia. In 2023, paleolimnological researches of the lakes were initiated for the first time. An important role was assigned to macrophyte pollen. This led to the need to assess how accurately the subrecent pollen spectra reflect modern vegetation and to prepare a strong basis for paleogeographical data interpretation. Surface samples for pollen analysis, collected during few expeditions in 2019 and 2023, provided the data on short-term dynamics of macrophyte pollen. Pollen of *Alisma sp.*, *Myriophyllum sp.*, *Nuphar lutea*, *Potamogeton sp.*, *Typha latifolia* and spores of *Isoetes sp.* was recorded in the SPS of Lake Lipovskoye. Pollen of *Myriophyllum sp.*, *Nuphar lutea*, *Typha latifolia* and spores of *Isoetes sp.* was noted in the SPS of Lake Beloye. The studies of floristic diversity have revealed the dominance of submerged hydrophytes and helophytes in Lake Lipovskoye (*Potamogeton perfoliatus*, *P. pectinatus*, *Batrachium marinum*, *Najas marina*, *Myriophyllum sibiricum*, and *Phragmites australis*). In Lake Beloye, communities of submerged hydrophytes are developed, dominated by *Lobelia dortmanna*. According to the results of comparing the pollen data and floristic diversity, the species composition of submerged hydrophytes in Lake Lipovskoye and floating hydrophytes in both lakes are well reflected. The helophytes composition is weaker. Pollen of *Lobelia dortmanna* weren't found in sediments of Lake Beloye. Both palynological and floristic studies data complement and clarify each other. Generally, the macrophyte composition of the Kurgalsky Peninsula lakes is partially reflected in surface samples. The obtained results will provide a better interpretation of paleolimnological data and will contribute to the regional database on subrecent pollen spectra.

Keywords: macrophytes, pollen analysis, lake sediments, surface samples

Acknowledgements. The study was financially supported by the Russian Science Foundation (project 23-27-00128, <https://rscf.ru/project/23-27-00128/>). The authors highly appreciate the reviewers' comments and recommendations.

REFERENCES

- Blagoveshchenskaya N.V. Osobennosti interpretatsii subfossil'nykh sporovo-pyl'tsevykh spektrov Privolzhskoi vozvyshennosti (v tselyakh paleobotanicheskikh rekonstruktsii) [Peculiarities of subfossilic spore-pollen spectra interpretation of the Volga upland (for the paleobotanical reconstructions purposes)], *Byul. Moskovskogo obshchestva ispytatelei prirody*, Otdel biologicheskii, 2016, is. 121(5), p. 48–63. (In Russian)
- Chernova G.M., Denisenkov V.P., Lomova E.I. Subrecentnye sporovo-pyl'tsevye spektry severo-zapadnogo Priladozh'ya na primere Ladozhskoi uchebno-geograficheskoi bazy [Subrecent spore-pollen spectra of the northwestern Ladoga region on the example of the Ladoga educational and geographical base], *Vestn. SPbGU*, Ser. 7, 2006, no. 1, p. 70–79. (In Russian)
- Dyuzhova K.B. Subrecentnye sporovo-pyl'tsevye spektry allyuvial'nykh otlozhenii rek Don i Kuban' i ikh znachenie pri paleogeograficheskikh rekonstruktsiyakh [Subrecent pollen assemblages in alluvial deposits of the Don and Kuban rivers and their significance for paleogeographic reconstructions], *Vestn. Mosk. un-ta*, Ser. 5, *Geogr.*, 2024, no. 1, p. 48–60, URL: <https://doi.org/10.55959/MSU0579-9414.5.79.1.4>. (In Russian)
- Elina G.A., Kuznetsov O.L., Devyatova E.I. et al. Sovremennaya i golotsenovaya rastitel'nost' natsional'nogo parka "Paanayarvi" (severo-zapadnaya Kareliya) [Modern and Holocene vegetation of the Paanayarvi National Park (Northwestern Karelia)], *Botan. zhurn*, 1994, vol. 79(4), p. 13–31. (In Russian)
- Filimonova L.V. *Dinamika rastitel'nosti srednetazhnoi podzony Karelii v pozdnelednikov'e i golotsene (paleoekologicheskie aspekty)* [Vegetation dynamics of the Karelian Middle Taiga subzone in the Late Glacial and Holocene (paleoecological aspects)], avtoref. dis. ... kan. biol. nauk, Petrozavodsk, 2005, 24 p. (In Russian)
- Filimonova L.V. Dinamika rastitel'nosti v zapovednike "Kostomukshskii" (Rossiya) i v okruzhayushchem regione na fone izmeneniya prirodnoi sredy v golotsene [Vegetation dynamics in the Kostomuksha Nature Reserve (Russia) and surroundings against changes in the natural environment during the Holocene], *Zapovednaya nauka*, 2021, no. 6(1), p. 98–115. (In Russian)
- Galka M., Sznal M. Late Glacial and Early Holocene development of lakes in northeastern Poland in view of plant macrofossil analyses, *Quaternary International*, 2013, vol. 292, p. 124–135.
- Gałka M., Tobolski K., Kołaczek P. The Holocene decline of slender naiad (*Najas flexilis* (Willd.) Rostk. & Schmidt) in NE Poland in the light of new paleobotanical data, *Acta Palaeobot.*, 2012, vol. 52, p. 127–138.
- Gałka M., Tobolski K., Zawisza E., Goslar T. Postglacial history of vegetation, human activity and lake-level changes at Jezioro Linowek in northeast Poland, based on multiproxy data, *Vegetation History and Archaeobotany*, 2014, vol. 23, p. 123–152.
- Gazizova T.Yu., Rusanov A.G., Sapelko T.V. Otsenka skhodstva vidovogo sostava makrofitov sovremennoi vodnoi rastitel'nosti i subrecentnykh sporovo-pyl'tsevykh spektrov malykh ozer na ostrove Valaam (Ladozhskoe ozero) [The similarity assessment of the macrophytes species composition between modern aquatic vegetation and subrecent pollen spectra of small lakes on the Valaam Island (Lake Ladoga)], *Trudy KarNTs RAN, Ser. Limnologiya i okeanologiya*, 2023, no. 6, p. 73–83, DOI: 10.17076/lim1703. (In Russian)
- Glazkova E.A., Gimel'brant D.E., Stepanchikova I.S. et al. Tsennye botanicheskie ob'ekty zakaznika "Kurgal'skii" (Leningradskaya oblast'), 1. Redkie i okhranyaemye vidy [Valuable botanical objects of the Kurgalsky Nature Reserve (Leningrad region), 1. Rare and protected species], *Trudy KarNTs RAN, Ser. Biogeografiya*, 2018, no. 8, p. 37–62. (In Russian)

- Glazkova E.A., Liksakova N.S., Gimel'brant D.E. et al. Tsennye botanicheskie ob'ekty zakaznika "Kurgal'skii" (Leningradskaya oblast'), 2. Lesa, bolota, luga [Valuable botanical objects of the Kurgalsky Nature Reserve (Leningrad region), 2. Forests, swamps, meadows], *Trudy KarNTs RAN, Ser. Biogeografiya*, 2019, no. 8, p. 44–61. (In Russian)
- Grichuk V.P., Zaklinskaya E.D. *Analiz iskopaemykh pyl'tsy i spor i ego primeneniye v paleogeografii* [Analysis of fossil pollen and spores and its application in paleogeography], Moscow, Geografiz Publ., 1948, 224 p. (In Russian)
- Grimm E. *TGView 2.0.2 (Software)*, Springfield: Illinois State Museum, Research and Collections Center, 2004.
- Grimm E. Tilia and TiliaGraph PC spreadsheet and graphics software for pollen data, *Newsletter*, 1999, vol. 4, p. 5–7.
- Kabailene M.V. *Formirovaniye pyl'tsevykh spektrov i metody vosstanovleniya paleorastitel'nosti* [Formation of pollen spectra and methods of paleovegetation restoration], Vil'nyus, Mintis Publ., 1969, 148 p. (In Russian)
- Karyakin I.V., Lapshin R.D., Shestakova A.A. *ArcView GIS dlya ekologov* [ArcView GIS for ecologists], Instruktivno-metodicheskoe posobie, Nizhnii Novgorod, 2009, 543 p. (In Russian)
- Katanskaya V.M. *Vysshaya vodnaya rastitel'nost' kontinental'nykh vodoemov SSSR* [Higher aquatic vegetation of the USSR continental basins], Metody izucheniya, Leningrad, Nauka Publ., 1981, 187 p. (In Russian)
- Kupriyanova L.A., Aleshina L.A. *Palinologicheskaya terminologiya pokrytosemennykh rastenii* [Palynological terminology of angiosperms], Leningrad, Nauka Publ., 1967, 86 p. (In Russian)
- Kupriyanova L.A., Aleshina L.A. *Pyl'tsa dvudol'nykh rastenii flory evropeiskoi chasti SSSR* [Pollen of dicotyledonous plants of the flora of the USSR European part], Leningrad, Nauka Publ., 1978, 184 p. (In Russian)
- Kupriyanova L.A., Aleshina L.A. *Pyl'tsa i spory rastenii flory evropeiskoi chasti SSSR* [Pollen and spores of plants of the flora of the USSR European part], Leningrad, Nauka Publ., 1972, vol. 1, 171 p. (In Russian)
- Lamentowicz M., Milecka K. *Lobelia dortmanna* L. seeds in lake sediments from the Tuchola Forest (Pomerania, northern Poland), *Acta Palaeobotanica*, 2004, vol. 44(2), p. 281–285.
- Nosova M.B. Issledovaniya sovremennykh pyl'tsevykh spektrov: instrumenty, podkhody, sovremennye napravleniya [Researches of modern pollen spectra: techniques, approaches, modern areas], *Botanicheskii zhurnal*, 2020, no. 12, p. 1147–1168. (In Russian)
- Novenko E.Yu., Mazei N.G., Zernitskaya V.P. Retsentnye sporovo-pyl'tsevye spektry zapovednykh territorii Evropeiskoi chasti Rossii kak klyuch k interpretatsii rezul'tatov paleoekologicheskikh issledovaniy [Recent spore-pollen spectra of protected areas of the European part of Russia as a key to the interpretation of paleoecological studies results], *Zapovednaya nauka*, 2017, no. 2(2), p. 55–65. (In Russian)
- Podbielkowski Z., Tomaszewicz H. *Zarys hydrobotaniki* [The outline of hydrobotany], PWN, Warszawa, 1979, 531 p.
- Rusanov A.G., Gazizova T.Yu., Lapenkov A.E., Sapelko T.V. *Sovremennoe sostoyaniye rastitel'nosti pokrova ozer Beloe i Lipovskoe (Kurgal'skii poluostrov)* [Current state of vegetation cover of lakes Beloye and Lipovskoye (Kurgalsky Peninsula)], *Trudy KarNTs RAN, Ser. Limnologiya i okeanologiya*, 2024, no. 2, p. 51–64, DOI: 10.17076/lim1864. (In Russian)
- Sadchikov A.P., Kudryashov M.A. *Gidrobotanika: pribrezhno-vodnaya rastitel'nost'* [Hydrobotany: coastal aquatic vegetation], Moscow, Akademiya Publ., 2005, 33 p. (In Russian)
- Sapelko T.V., Rusanov A.G., Ignat'eva N.V. et al. [The ancient and modern connection of Lake Lipovskoye on the Kurgalsky Peninsula with the Baltic Sea], *XXV Mezhdunarodnaya nauchnaya konferentsiya (Shkola) po morskoi geologii "Geologiya morei i okeanov"* [Geology of seas and oceans] (Moskva, 13–17 noyabrya 2023 g.), materialy, Institute Oceanography, Russian Academy of Science Publ., 2023, vol. IV, p. 103–107. (In Russian)
- Stanislavskaya E.V., Afanas'eva A.L., Pavlova O.A. *Al'goflora ozer zakaznika "Kurgal'skii" (Leningradskaya oblast')* [Algoflora of the Kurgalsky Nature Reserve lakes (Leningrad region)], *Povolzhskii ekologicheskii zhurnal*, 2021, no. 3, p. 335–347. (In Russian)
- Zhizn' rastenii. Tsvetkovye rasteniya. Poryadok kolokol'chikovye (Campanulales)* [Plant life. Flowering plants. The bellflower order (Campanulales)], A.L. Takhtadzhyan (ed.), Moscow, Prosveshchenie Publ., 1981, vol. 5(2), 576 p. (In Russian)
- Web sources*
- Kolada A., Seppo H., Kanninen A. et al. Deliverable D3.2-1: Overview and comparison of macrophyte survey methods used in European countries and a proposal of harmonized common sampling protocol to be used for WISER uncertainty exercise including a relevant common species list, 2009, URL: <http://www.wiser.eu/download/D3.2-1.pdf> (access date 15.12.2023).
- PalDat – Palynological Database, URL: <https://www.paldat.org/> (дата обращения 15.12.2023).
- Sibirskaya palinologicheskaya baza dannykh (SibPal /Paleo-Altai), URL: <https://www.paleoaltai.com/sibpal> (дата обращения 15.12.2023). (In Russian)

Received 24.06.2024

Revised 10.09.2024

Accepted 26.11.2024