



ПАЛЕОЛИМНОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НА ОСТРОВЕ ВАЛААМ В ЛАДОЖСКОМ ОЗЕРЕ

✉ Сапелко Т.В.¹, Русанов А.Г.¹, Газизова Т.Ю.¹, Василюк В.А²., Куцай А.А.³,
Ямпольский М.В.³

¹Институт озероведения РАН – СПб ФИЦ РАН, Санкт-Петербург, Россия

²СПбГУ, Санкт-Петербург, Россия

³РГПУ им. А. И. Герцена, Санкт-Петербург, Россия

✉tsapelko@mail.ru

Многолетние исследования внутренних, полностью изолированных, озер на о. Валаам (Ладожское озеро) позволили установить связь между изменением уровня Ладожского озера и динамикой макрофитов в голоцене. В 2025г. полевые работы проводились на оз. Сисяярви, которое в настоящее время еще имеет связь с Ладожским озером, но постепенно теряет эту связь. Отобраны две колонки донных отложений в разных частях оз. Сисяярви. Для объективной оценки условий голоценового осадконакопления в различных заливах озера, находящихся в настоящее время, на разных стадиях изоляции, изучены особенности распространения современной водной растительности в озере, а также отражение этой растительности в субрецептных палиноспектрах донных отложений.

Ключевые слова: островные озера, донные отложения, изменение уровня озера, макрофиты, голоцен, Ладожское озеро, Валаам

Валаамской архипелаг расположен в северной части Ладожского озера. В архипелаг входит более 50 островов, самый крупный из которых о. Валаам имеет площадь 27,8 км² с максимальной абсолютной отметкой 58,2 м над уровнем моря [Степанова и др., 2021] На острове расположено 11 внутренних озер, два из которых в настоящее время еще имеют соединение с Ладожским озером, а остальные полностью изолированы. Все озера ранее были частью Ладожского озера, их изоляция происходила постепенно. Девять изолированных озер Витальевское, Антониевское, Зимняковское, Германовское, Крестовое, Никоновское, Игуменское, Черное и Оссиеvo находятся на различных абсолютных высотных отметках и образовались в результате изоляции от Ладожского озера в течение второй половины голоцена [Сапелко и др., 2018]. В настоящее время они представляют собой небольшие лесные озера с темной водой коричневого цвета, илистым дном, с высокой минерализацией, повышенным содержанием органического вещества и высоким содержанием железа [Воякина, 2017].

Изучение истории озер на о. Валаам началось в 1996 г. [Saarnisto, Grönlund, 1996; Vuorela et al., 2021; Saarnisto, 2012]. Следующий этап исследований относится к началу 2000-х годов, когда проводились рекогносцировочные работы группы палеолимнологии Института озероведения РАН с отбором первых поверхностных проб донных отложений озер. Новые комплексные палеолимнологические исследования на о-ве Валаам начаты в 2019 г. За это время изучены все девять изолированных озер. Отобраны колонки донных отложений, описана современная растительность на водосборах и распространение макрофитов в озерах [Sapelko et al., 2020; Сапелко и др., 2023]. Установлена связь между динамикой распространения макрофитов в озерах, отделяющихся от большого озера или моря, с изменениями береговых линий крупных водоемов [Газизова и др., 2023; Sapelko et al., 2023; Gazizova & Sapelko; 2024].

В 2025 г. комплексные палеолимнологические исследования начаты на самом большом озере о. Валаам. Сисяярви – это озеро площадью 0,81 км² с максимальной глубиной 19 м [Воякина, 2017], которое в настоящее время еще имеет связь с Ладогой, но здесь уже формируется экосистема малого изолированного озера. Буквально можно наблюдать «рождение» нового озера в реальном времени. В подобном озере в связи с

процессом изоляции особенно актуальным является изучение макрофитов.

Исследование проводилось в августе, в период максимального развития макрофитов, современное распространение которых изучалось в рамках полевых исследований на озерах. Отбор колонок донных отложений осуществлялся в двух точках, поверхностные пробы изучались в восьми точках, а описание современного распространения макрофитов проводилось в трех точках, где также отбирались пробы воды для определения гидрохимических характеристик (рис. 1).

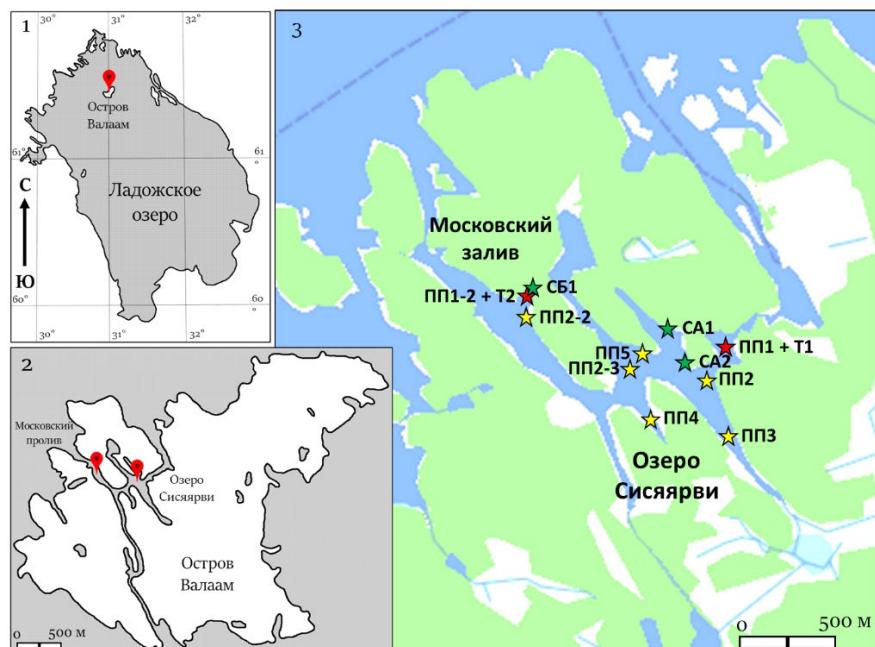


Рис.1. Район исследований. 1 - Расположение о. Валаам; 2 – Положение точек отбора колонок донных отложений на оз. Сисяярви; 3 – точки исследований на карте оз. Сисяярви: ПП – отбор поверхностных проб, Т1 и Т2 - точки отбора колонок, СА1, СА2, СБ – участки флористического описания современной водной растительности.

Первая выбранная точка отбора колонки донных отложений расположена в заливе Репа, в настоящее время наиболее близком к изоляции от Ладожского озера. Рельеф берегов здесь разнообразный, низкие берега постепенно заболачиваются. Глубины в заливе Репа относительно небольшие около 5 м. Вторая точка - в Московском заливе оз. Сисяярви, расположена недалеко от выхода в большое озеро, где связь с ладожскими водами еще наиболее активна. Московский залив глубоководный, рельеф дна сложный, уклоны дна в основном высокие, глубины – более 10 м. Берега в основном высокие скалистые (рис. 2) Так же отобраны пробы воды для гидрохимических исследований и поверхностные пробы донных отложений озера.



Рис. 2. Берега Московского залива (слева) и залива Репа (справа) оз. Сисяярви (фото Т.В. Сапелко).

Выполнено предварительное литологическое описание двух отобранных колонок (рис. 3). Колонка донных отложений мощностью 5 м (5.7-10.7 м) отобрана с помощью Русского бура в центре залива Репа (точка Т1) (рис. 1) с глубины 5.7 м. Отобрано шесть метровых кернов с перекрытиями, что позволило получить непрерывную колонку донных отложений, в которой описаны литологические горизонты (рис. 3). Колонка донных отложений мощностью 1,6 м (4.8-6.4 м) отобрана с помощью Русского бура в небольшой бухте Московского залива (точка 2) (рис. 1) недалеко от открытой части Ладожского озера. Отобрано четыре керна (два метровых керна с перекрытиями и два их дубля), что также позволило получить непрерывную колонку донных отложений и описать литологические горизонты (рис. 3). В нижней части обеих колонок отмечен горизонт серого алеврита разной мощности. Выше залегают слои глинистой и органогенной гиттий.

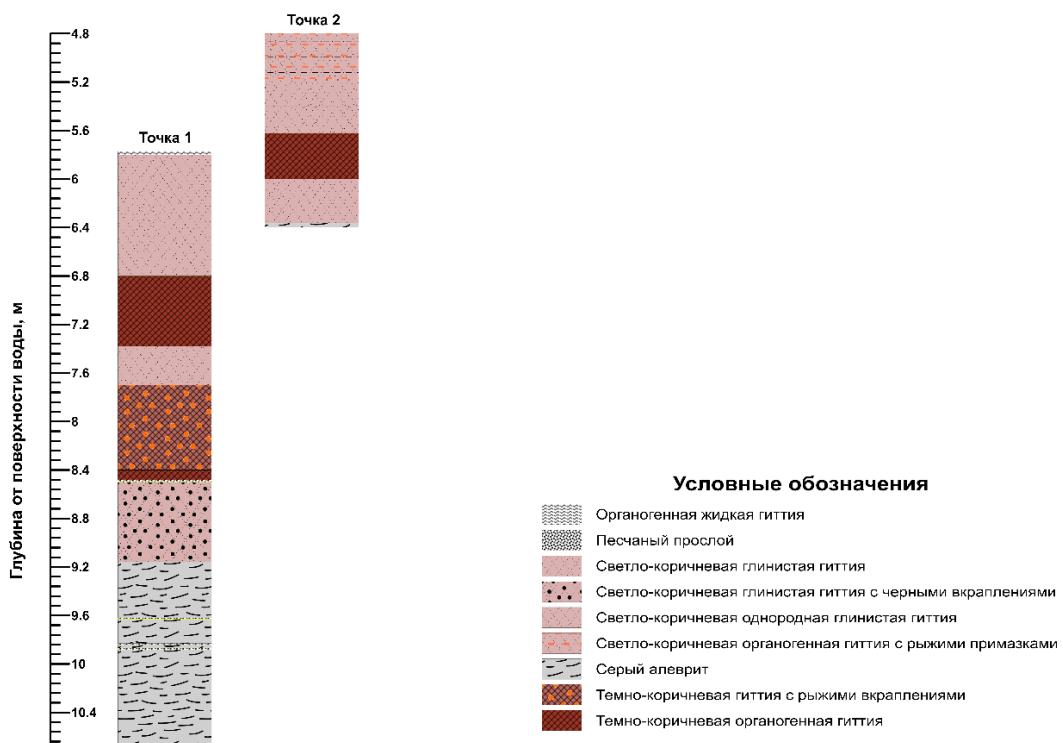


Рис. 3. Литостратиграфия колонок донных отложений оз. Сисяярви.

По результатам изучения современного распространения макрофитов установлено, что характер зарастания высшей водной растительностью в различных районах оз. Сисяярви неодинаков и зависит от эдафических особенностей и крутизны литоральных склонов. (рис.4). В озере преобладает каменисто-песчаная и песчаная литораль с высоким уклоном дна, на которой макрофиты образуют узкую часто прерывающуюся полосу зарослей. Редко встречающиеся участки илистого грунта с пологим уклоном дна находятся в основаниях заливов и характеризуются зональным зарастанием. Каменисто-песчаный берег с сильным уклоном дна (станция СА1, 61°22'57"N, 30°55'50"E) покрыт фрагментарными зарослями гигрофитов (*Iris pseudacorus* L.) и гелофитов (*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud., *Carex acuta* L.). Полоса гелофитов обрамлена сильно разреженными зарослями плавающих укореняющихся растений, представленных кубышкой желтой (*Nuphar lutea* (L.) Smith). Из погруженных растений между куртин гелофитов встречаются полушийник озерный (*Isoetes lacustris* L.) и лютик стелющийся (*Ranunculus reptans* L.), а также куртины рдеста злакового (*Potamogeton gramineus* L.) и пронзеннолистного (*Potamogeton perfoliatus* L.). Общая ширина зарослей не превышает 1.5 м. Залив с песчанным дном и средним уклоном дна (станция СБ1, 61°23'05"N 30°54'49"E) по берегам зарастает куртинами осоки острой (*Carex acuta*). Кубышка желтая образует

прерывистую полосу шириной 2-3 м, протянувшуюся вдоль берега. Подводный ярус образуют редко встречающиеся придонные растения (ситняг игольчатый (*Eleocharis acicularis* (L.) Roemer & Schultes) и лютик стелющийся), а также рдесты злаковый и пронзенолистный с урутью очередноцветковой (*Myriophyllum alterniflorum* DC.). Заиленный залив с пологим уклоном дна (станция CA2, 61°22'50"N, 30°55'59"E) имеет выраженную поясность растительного покрова. Первый пояс образован массивами зарослей гигрофитов (*Comarum palustre* L., *Calla palustris* L.) и гелофитов (*Phragmites australis*). Второй пояс составляют плавающие укореняющиеся макрофиты — кубышка желтая с примесью рдеста плавающего (*Potamogeton natans* L.). Их заросли (шириной 20-25 м) занимают основную площадь залива. Погруженный ярус растительности на мелководье представлен ситнягом игольчатым и болотником короткоплодным (*Callitrichia cophocarpa* Sendtn.), а в поясе кубышки — рдестом пронзенолистным, урутью очередноцветковой и шелковникником щитовидным (*Batrachium peltatum* (Schrank) J. Presl).



Рис. 4. Карта оз. Сисяярви на о. Валаам с точками исследования (условные обозначения на рис. 1) и флористическим описанием водной растительности.

В озере выделяется «закрытая» часть, образованная небольшими заливами (Репа, Кукинский, Скитский), и более «открытая» часть, до сих пор активно обменивающаяся водами с Ладогой (Московский залив). Поверхностные пробы 1-5 были отобраны в «закрытой» части, пробы 2-1, 2-2 и 2-3 – в «открытой» (рис. 5). По результатам палинологического анализа поверхностных проб были установлены основные закономерности распределения пыльцы в донных отложениях озера. Наблюдается характерное для лесной зоны доминирование пыльцы древесных пород, среди которых преобладает пыльца сосны. Встречается также пыльца березы и ели. Довольно велико участие пыльцы *Alnus glutinosa*, произрастающей на увлажненных участках по берегам. В большинстве проб присутствует пыльца широколиственных пород (*Carpinus sp.*, *Corulus avellana*, *Fraxinus sp.*, *Quercus sp.*, *Ulmus sp.*, *Tilia sp.*). Среди кустарников и кустарничков отмечена пыльца *Juniperus communis*, *Salix sp.*, *Frangula sp.* и *Alnaster fruticosus*.

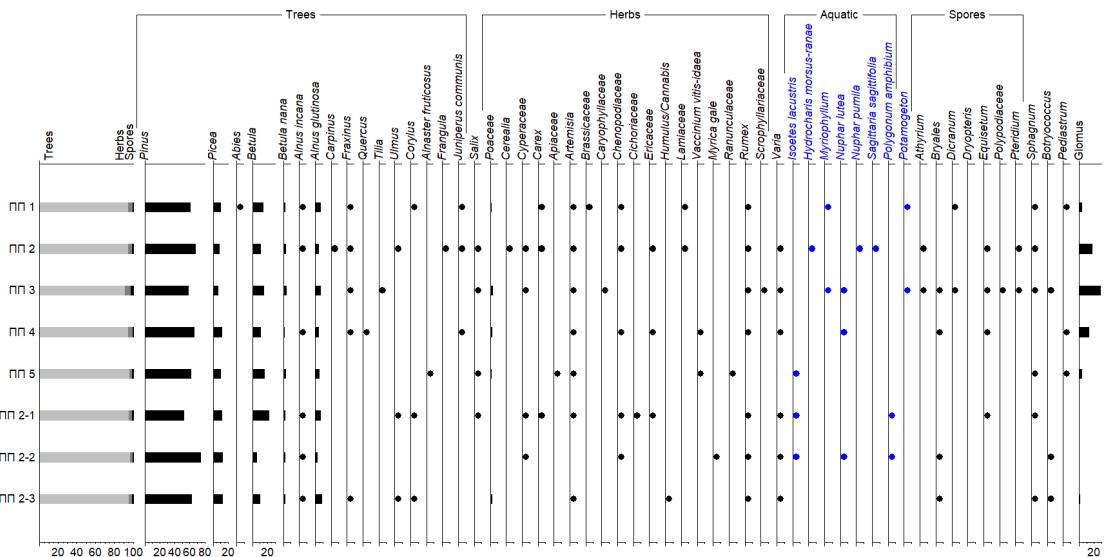


Рис. 5. Спорово-пыльцевая диаграмма донных отложений поверхностных проб оз. Сисяярви.

Среди трав доминирует пыльца Poaceae, наиболее велико ее содержание в ПП 1, 3, 4, 2-3. К семейству злаковых относится *Phragmites australis*, образующий заросли по берегам «закрытой» части оз. Сисяярви (рис. 5). Часто встречается пыльца Cyperaceae и *Carex* sp., по данным флористического описания в водно-болотных сообществах озера распространена *Carex acuta*. В поверхностных пробах стабильно отмечена пыльца *Artemisia* sp., *Rumex* sp. и *Chenopodiaceae*, представители данных таксонов являются характерными для травянистых сообществ на о. Валаам (Кравченко, 1988). Помимо тростника и осок, среди водных и прибрежно-водных растений в палинспектрах встречена пыльца *Isoetes lacustris*, *Hydrocharis morsus-ranae*, *Myriophyllum* sp., *Nuphar lutea*, *Nuphar pumila*, *Sagittaria sagittifolia*, *Polygonum amphibium*, *Potamogeton* sp.. Если сравнивать видовой состав макрофитов в «закрытой» и «открытой» частях оз. Сисяярви, то в «закрытой» части отмечается преобладание пыльцы *Myriophyllum* sp., *Nuphar lutea* и *Potamogeton* sp. В «открытой» части чаще встречаются *Isoetes lacustris* и *Polygonum amphibium*. При этом согласно флористическому описанию, полушийник озерный произрастает и в небольших заливах озера, а кубышка и рдесты встречаются на всех точках описания. Кубышка желтая является доминантом по площади зарастания среди макрофитов. *Sphagnum* sp., *Equisetum* sp. и *Bryales* преобладают среди споровых растений. Отмечены споры *Dicranum* sp., *Athyrium* sp., *Dryopteris* sp., *Pteridium* sp., Polypodiaceae. Встречаются зеленые водоросли *Botryococcus* и *Pediastrum* sp., а также споры грибов *Glomus*, индикаторы почвенной эрозии, наиболее велико их содержание в ПП 2, 3, 4, что может свидетельствовать о повышенной антропогенной нагрузке – на берегу вблизи ПП 3 и 4 расположены Смоленский скит и Ферма.

Таким образом, помимо отобранных колонок донных отложений, в процессе полевых работ на оз. Сисяярви, были изучены современные особенности развития водной растительности в разных частях озера. Дальнейшее изучение отобранных колонок донных отложений поможет проследить историю развития оз. Сисяярви и сравнить выявленные закономерности с изученными современными особенностями озера в процессе его изоляции от Ладожского озера.

Авторы выражают благодарность В.А. Розову и М.И. Мамитовой за участие в полевых работах, а также Е.Ю. Воякиной и начальнику метеостанции Феликсу Таратунину за многолетнюю помощь в организации полевых работ на озерах о. Валаам.

Финансирование. Исследования проводятся в рамках проекта НИР ИНОЗ РАН – СПб ФИЦ РАН № FFZF-2024-0001 «Экосистемы Ладожского озера, водоемов его бассейна и прилегающих территорий в условиях воздействия природных и антропогенных факторов на фоне климатических изменений».

ЛИТЕРАТУРА

Газизова Т.Ю., Рusanов А.Г., Sapelko Т.В. Оценка сходства видового состава макрофитов современной водной растительности и субрецентных спорово-пыльцевых спектров малых озер на острове Валаам (Ладожское озеро) // Труды Карельского научного центра РАН. 2023. № 6. С. 73–83. doi:10.17076/lim1703

Воякина Е.Ю. Особенности продукционных процессов в озерах о. Валаам // Труды Зоологического института РАН. 2017. Т. 321. № 1. С. 10–18.

Кравченко А.В. К флоре Валаама // Флористические исследования в Карелии. Петрозаводск, 1988. С. 96–123.

Sapelko 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.

Sapelko Т.В., Газизова Т.Ю., Моисеенко А.Д. и др. Особенности процесса изоляции озера Витальевского (остров Валаам) и динамика растительности в связи с изменением уровня Ладожского озера в позднем голоцене // Геоморфология и палеогеография. 2023. Т. 54. № 4. С. 72–89. doi: 10.31857/10.31857/S2949178923040126

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.

Gazizova T., Sapelko T. Macrophyte pollen in the Late Holocene history studies of the Ladoga island lakes // Journal of Paleolimnology. 2024. Vol. 72. Is. 4. P. 419–428. doi:10.1007/s10933-024-00341-z

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. № 4. P. 470–471. doi:10.31951/2658-3518-2020-A-4-470

Sapelko Т.В., Gazizova Т.Ю., Rusanov А.Г., Lapenkov А.Е., Korneenkova N.Ю., Mazei N.Г., Mazei Yu.А., Grigoriev V.А. The use of macrophytes in paleoreconstructions of lakes and seas coastlines dynamics // Limnology and Freshwater Biology. 2024. № 4. P. 618–623. doi:10.31951/2658-3518-2024-A-4-618

Saarnisto M., Grönlund T. Shoreline displacement of Lake Ladoga – new data from Kilpolansaari // Hydrobiologia. 1996. Vol. 322. P. 205–215. doi: 10.1007/BF00031829

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. doi: 10.1016/j.quaint.2011.09.005

Vuorela I., Lempänen T., Saarnisto M. Land use pollen record from the Island of Valamo, Russian Karelia // Annales Botanici Fennici. 2001. № 38. P. 139–165.

PALEOLIMNOLOGICAL RESEARCH ON VALAAM ISLAND IN LAKE LADOGA

Sapelko Т.В.¹, Rusanov А.Г.¹, Gazizova Т.Ю.¹, Vasilyuk V.A², Kutsay A.A³, Yampolsky M.V.³

¹Institute of Limnology – St. Petersburg Federal Research Center, St. Petersburg, Russia

²St. Petersburg State University, St. Petersburg, Russia

³Herzen State Pedagogical University of Russia, St. Petersburg, Russia

Long-term studies of the completely isolated inland lakes of Valaam Island (Lake Ladoga) have established a link between changes in Lake Ladoga water level and macrophyte dynamics during the Holocene. In 2025, fieldwork was conducted on Lake Sisyayarvi, which is currently still connected to Lake Ladoga but is gradually losing this connection. Two sediment cores were collected from different parts of Lake Sisyayarvi. To objectively assess the conditions

of Holocene sedimentation in various bays of the lake, currently in varying stages of isolation, the distribution patterns of modern aquatic vegetation in the lake were studied, as well as the reflection of this vegetation in the subrecent pollen spectra of lake sediments.

Keywords: *island lakes, lake sediments, lake level change, macrophytes, Holocene, Ladoga lake, Valaam*

REFERENCES:

- Gazizova T.Yu., Rusanov A.G., Sapelko T.V. The similarity assessment of the macrophyte species composition between modern aquatic vegetation and subrecent pollen spectra of small lakes on the Valaam Island (Lake Ladoga) // Transactions of the Karelian Research Centre RAS. 2023. 6. P. 73–83. doi:10.17076/lim1703 (in Russian).
- Gazizova T., Sapelko T. Macrophyte pollen in the Late Holocene history studies of the Ladoga island lakes // Journal of Paleolimnology. 2024. Vol. 72. Is. 4. P. 419–428. doi:10.1007/s10933-024-00341-z
- Kravchenko A. V. On the flora of Valaam // Floristic studies in Karelia. Petrozavodsk, 1988. P. 96–123. (in Russian).
- Saarnisto M., Grönlund T. Shoreline displacement of Lake Ladoga – new data from Kilpolansaari // Hydrobiologia. 1996. Vol. 322. P. 205–215. doi: 10.1007/BF00031829
- 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. doi: 10.1016/j.quaint.2011.09.005
- Sapelko T.V., Terexov A.V., Amantov A.V. Ladoga Transgression: reconstruction of the final stage and subsequent decline in the northern part of the lake // Regional Geology and Metallogeny. 2018. No. 75. P. 23–34. (in Russian).
- 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. № 4. P. 470–471. doi:10.31951/2658-3518-2020-A-4-470
- Sapelko T.V., Gazizova T.Y., Moiseenko A.D., Ludikova A.V., Kuznetsov D.D., Rusanov A.G. Lake Vitalievskoye (Valaam island) isolation process and vegetation dynamics due to changes in the level of the Lake Ladoga during the Late Holocene // Geomorphology and Paleogeography. 2023. Vol. 54. N. 4. P. 72–89. doi:10.31857/S2949178923040126
- Sapelko T.V., Gazizova T.Yu., Rusanov A.G., Lapenkov A.E., Korneenkova N.Yu., Mazei N.G., Mazei Yu.A., Groriev V.A. The use of macrophytes in paleoreconstructions of lakes and seas coastlines dynamics // Limnology and Freshwater Biology. 2024. № 4. P. 618–623. doi:10.31951/2658-3518-2024-A-4-618
- Stepanova A.B., Voyakina E.Yu., Zueva N.V., Kulichenko A.Yu., Babin A.V. Water system of the Valaam archipelago. Small forest lakes // Current state and problems of anthropogenic transformation of the Lake Ladoga ecosystem in a changing climate. St. Petersburg, 2021. P. 477–485. (in Russian).
- Voyakina E.Yu. The Features of production processes in the lakes of Valaam archipelago // Proceedings of the Zoological Institute RAS. 2017. Vol. 321. № 1. P. 10–18. (in Russian).
- Vuorela I., Lempiänen T., Saarnisto M. Land use pollen record from the Island of Valamo, Russian Karelia // Annales Botanici Fennici. 2001. № 38. P. 139–165.