

ОБОСНОВАНИЕ ЗНАЧЕНИЯ ПЫЛЬЦЫ МАКРОФИТОВ ДЛЯ ПАЛЕОЛИМНОЛОГИЧЕСКИХ РЕКОНСТРУКЦИЙ НА ПРИМЕРЕ ОЗЕР ОСТРОВА ЛУНКУЛАНСААРИ (СЕВЕРО-ВОСТОК ЛАДОЖСКОГО ОЗЕРА)

Т.Ю. Газизова*, Т.В. Сапелко

Институт озероведения СПбФИЦ РАН, Санкт-Петербург, Россия

* Эл. почта: tssml@bk.ru

Статья поступила в редакцию 27.11.2020; принята к печати 21.12.2020

Рассмотрены особенности водных растений и их динамика в процессе эволюционного развития малых водоемов, расположенных на острове Лункулансаари в северо-восточной части Ладожского озера, в позднем голоцене. Материалом для исследования послужили изученные палинологическим методом колонки донных отложений трех озер. Полученные данные об изменениях в таксономическом составе и обилии макрофитов позволили уточнить этапы развития изучаемых водоемов и проследить связь между трансгрессивно-регрессивными фазами развития Ладожского озера и динамикой водной растительности. Установленная связь позволит и в дальнейшем использовать пыльцу макрофитов для реконструкции динамики уровня водоемов.

Ключевые слова: Ладожское озеро, островные озера, донные отложения, макрофиты, пыльца.

SUBSTANTIATION OF THE IMPORTANCE OF MACROPHYTE POLLEN FOR PALEOLIMNOLOGICAL RECONSTRUCTIONS AS EXEMPLIFIED WITH LUNKULANSAARI ISLAND LAKES (THE NORTHEAST OF LAKE LADOGA)

T.Yu. Gazizova*, T.V. Sapelko

Institute of Limnology of the Russian Academy of Sciences, Saint Petersburg, Russia

* Email: tssml@bk.ru

The characteristics of aquatic plants and their changes that could occur in Late Holocene in the course of the development of small lakes located on the Lunkulansaari Island (the northeastern part of Lake Ladoga) are discussed based on pollen analysis of bottom sediment sequences collected in three such lakes. The data obtained suggest that changes in the taxonomic composition and abundance of macrophytes allow reconstructing the stages of the development of the lakes and tracing the relationships between the transgressive-regressive phases of Lake Ladoga development and changes in aquatic vegetation. These findings warrant further use of macrophyte pollen for reconstructing the past changes in lake levels.

Keywords: Lake Ladoga, insular lakes, bottom sediments, aquatic plants, pollen.

Введение

При палеолимнологических исследованиях одним из основных методов изучения донных отложений озер является палинологический [4]. При этом для реконструкций результатов палинологического анализа в основном используется пыльца наземных растений. Роль пыльцы водных и прибрежно-водных растений часто недооценивается, однако изучение динамики распространения макрофитов может указывать на многие процессы, происходящие в водной среде; а пыльца, продуцируемая ими, формирует палинологическую летопись водоема. Это делает водные растения ценным источником информации для изуче-

ния истории озер. Помимо реконструкции локальных условий изменения озерных экосистем палинологический метод позволяет проследить, как меняется водная растительность в контексте трансгрессивно-регрессивных фаз озера. Мы предприняли попытку использовать пыльцу макрофитов при реконструкции трансгрессий и регрессий Ладожского озера в позднем голоцене на основе динамики пыльцы водных растений трех островных озер, расположенных на разных абсолютных отметках.

В морфолого-экологическом отношении выделяют макрофиты: с плавающими листьями (кувшинка, кубышка, водокрас, рдест плавающий, сальвиния, ряска,

водяной орех и др.), надводные (тростник, рогоз, аир, ежеголовник и др.) и подводные (рдесты, элодея, роголистник, уруть и др.). Определенной границы между группами не существует, некоторые растения могут переходить из одной группы в другую на разных стадиях развития. Существуют классификации макрофитов по отношению к гидроэкологическим [9, 10] и трофоэкологическим [17, 19] условиям; по морфологическим и эколого-биологическим характеристикам самих растений [6]; по особенностям их местообитаний [5, 18].

Макрофиты являются индикаторами состояния и изменения локальных условий природной среды. Каждый водоем отличается индивидуальными особенностями сообществ водной и прибрежно-водной растительности – таксономическим составом, обилием, занимаемой площадью и распределением по территории водоема. На это влияют температурный и световой режим водоема, гидрологические, гидрохимические, морфометрические показатели водоема и другие факторы, определяющие условия для развития и существования тех или иных сообществ макрофитов.

Макрофиты используют в качестве индикаторов потепления и похолодания климата, колебаний температуры и уровня воды, содержания химических элементов и загрязняющих веществ [21–23]. Так, для озер на северо-западе Польши [22] в начале осадконакопления (позднеледниковье) определены *Potamogeton filiformis*, *P. alpinus*, *P. pusillus* и *Nuphar pumila*. Наличие макрофоссилий этих растений в донных отложениях свидетельствует о прохладном климате; их современные ареалы находятся большей частью в Северной Европе. Присутствие *P. filiformis* также связано с частичным переотложением карбоната кальция и, как следствие, высоким содержанием кальция в водоемах. Макроостатки *Najas marina* и видов рода *Typha*, появившиеся в отложениях раннего голоцена, индицируют потепление климата. На дальнейшее понижение уровня водоемов указывает наличие *Potamogeton natans*, *Nymphaea alba* и видов рода *Typha* – растений, обычно произрастающих в мелководных озерах. *Najas flexilis* встречается в озерах северо-запада Польши во время климатического оптимума голоцена [21]. А *Potamogeton lucens*, *P. natans* and *Nymphaea alba* населили озеро Linowek (С-3 Польша) при повышении температуры и уровня воды; при этом появление *P. lucens* связано также с увеличением содержания кальция в водной среде [23].

Исследование современного распространения макрофитов показывает возможность устанавливать динамику антропогенной нагрузки на водоем. Так, например, в процессе исследования Щучьего залива Ладожского озера [1] выявлены процессы детоксикации озера после прекращения деятельности целлюлозно-бумажного комбината и зарастание залива ассоциациями макрофитов по мере снижения кон-

центрации загрязняющих веществ. Формирование сообществ водной растительности после прекращения сбросов сточных вод началось с появления прибрежных видов – *Typha latifolia*, *Cicuta virosa*, *Bidens tripartite*, устойчивых к воздействию поллютантов. По мере появления и развития сообщества *Lemna minor* экологическая ситуация в заливе улучшалась и видовое разнообразие гелофитов увеличивалось – начали формироваться небольшие сообщества макрофитов с плавающими (*Polygonum amphibium*) и воздушными и плавающими (*Sagittaria sagittifolia*) листьями. Ценозы погруженных растений (*Potamogeton perfoliatus*, *Myriophyllum spicatum* и *Eloдея canadensis*) сформировались последними по мере вымывания загрязняющих веществ; в периоды обмеления залива они значительно расширили площади ассоциаций. Таким образом, сообщества макрофитов выступают индикаторами загрязненности водоема поллютантами.

Целью представленного исследования является изучение роли пыльцы макрофитов в связи с трансгрессивно-регрессивными этапами Ладожского озера.

Объекты и методы исследования

Летом 2017 года в рамках палеолиминалогических исследований Института озероведения РАН на острове Лункулансаари отобраны колонки донных осадков и поверхностные пробы трех озер – Куйккалампи, Соккасенлампи и Ховатанлампи [8]. Исследования проводятся комплексным палеолиминалогическим методом, в основе которого – спорово-пыльцевой анализ [24, 25]. Урезы изучаемых озер расположены на разных абсолютных отметках (17, 14 и 10 м соответственно), что охватывает высотный интервал от нынешнего среднего уровня Ладожского озера (составляющего около 5 м) до предположительного максимума его последней среднеголоценовой трансгрессивной стадии (около 21 м) [7].

Остров Лункулансаари расположен в северо-восточной части Ладожского озера (рис. 1), с юга отделен от материка узким проливом Перьямансалми. Остров вытянут в направлении с северо-запада на юго-восток на 17,2 км, протяженность самой широкой части составляет 4,1 км (измерения выполнены в геоинформационной системе SAS.Планета). К западу расположен еще один крупный остров – Мантсинсаари [20], отделенный от Лункулансаари узким Мантсинсаарским проливом. Преимущественно в центральной и юго-восточной частях острова Лункулансаари есть несколько небольших озер, находящихся на разных стадиях зарастания. Самое крупное озеро Ховатанлампи (площадь 161 тыс. м², глубина – около 2,5 м) расположено в центральной части острова, озера Куйккалампи (площадь 12 тыс. м, глубина – около 2,8 м) и Соккасенлампи (площадь 1450 м², глубина – около 2 м) расположены юго-восточнее в 2 и 3,5 км соответственно.

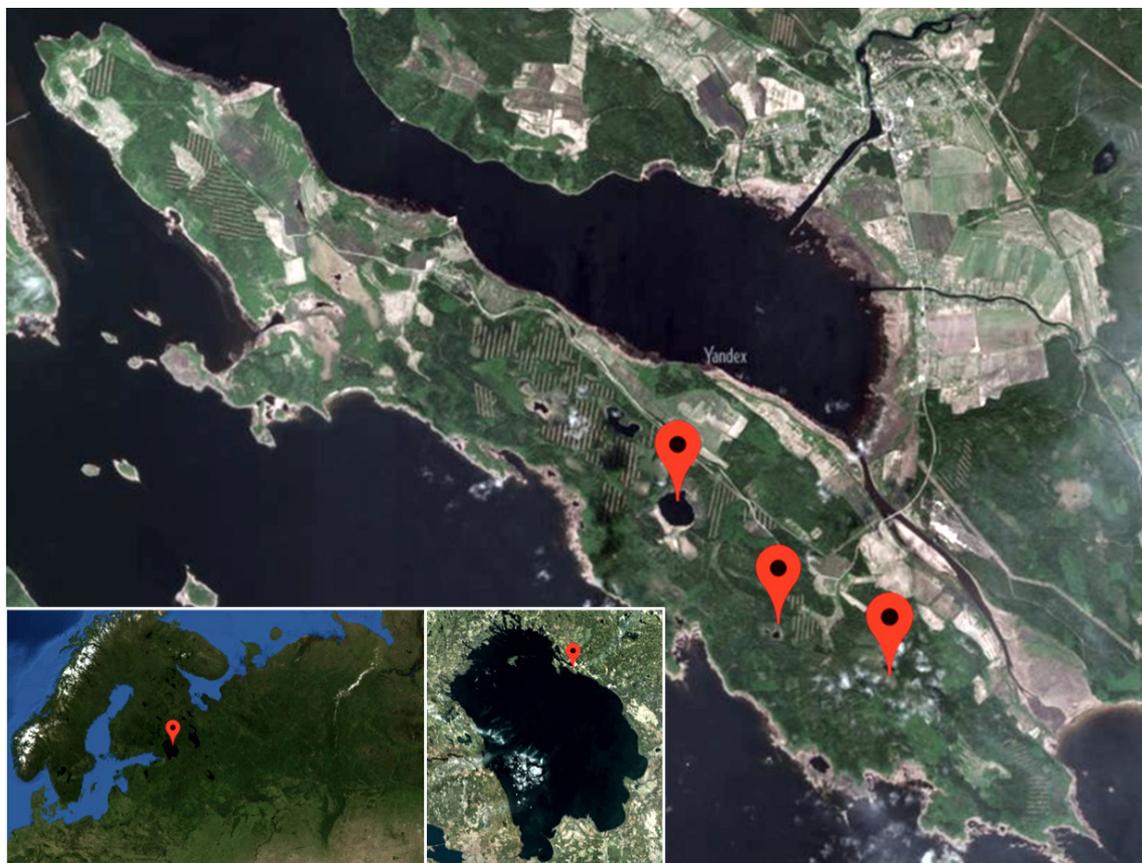


Рис. 1. Географическое положение изучаемых озер (Источник космоснимка: Yandex, 2020; Bing, 2020)

Климат рассматриваемого региона характеризуется значительными колебаниями температуры воздуха, высокой относительной влажностью, облачностью и большим количеством осадков. Зима умеренно холодная и продолжительная, самым холодным месяцем является февраль (средняя температура воздуха колеблется от -8 до -10 °С). Лето умеренно теплое, самый теплый месяц – июль (средняя температура воздуха составляет $16-17$ °С). Образование устойчивого снежного покрова происходит обычно в начале декабря, а окончательный сход – в первой половине апреля. Обилие осадков распределено неравномерно и составляет от 380 мм в год на северо-западном побережье до 630 мм в год на островах в южной части озера. Ладожские ветра неустойчивы и в течение суток могут несколько раз менять направление и скорость [2].

Несмотря на то что Ладожское озеро, как и многие другие озера умеренного пояса, не отличается обилием видов высших водных растений [12], оно среди озер Северо-Запада России наиболее богато макрофитами. Всего в Ладожском озере обнаружено 138 видов макрофитов [3, 11–16]. Наиболее распространенными видами являются тростник обыкновенный, хвощ приречный, кубышка желтая, кувшинка чистобелая,

рдесты плавающий и пронзеннолистный, ежеголовники простой и узколистый, телорез алоэвидный, частуха подорожниковая, камыш озерный [13]. Группировки макрофитов занимают всего 0,5% литоральной зоны Ладоги. Они образуют 81 ассоциацию, по сочетанию которых выделяют 3 геоботанических района водоема: шхерный, открытых берегов (западное и восточное побережья) и южный. Восточный район открытых берегов, к которому относится остров Лункулансаари, представлен 17 ассоциациями макрофитов, включая открытую группировку зарастания освобожденных от воды участков дна. Доминантами этих ассоциаций являются осоки острая и вздутая, тростник, рдесты разнолистный и пронзеннолистный, кубышки, камыш озерный, частуха, хвощи, болотница игольчатая, ежеголовник, горец земноводный. Встречаются чистые ассоциации тростника. Группировки рогозов узколистного и широколистного не характерны, их появление вызвано повышением биогенной нагрузки на Ладожское озеро [12].

На трех изучаемых озерах в ходе полевых работ проведены геоботанические описания. Колонки и поверхностные пробы донных отложений озер изучены с помощью спорово-пыльцевого анализа.

Результаты и обсуждение

Изучаемые озера Куйккалампи, Соккасенлампи и Ховатанлампи в настоящее время представляют собой малые зарастающие водоемы, окруженные сплавиной. Приозерные территории заняты сосновыми лесами с примесью березы, ели и ольхи (*Alnus glutinosa*, *A. incana*) и березняками, активно заселяющими вырубленные участки. Сплавнины, образовавшиеся вследствие продолжающегося по настоящее время зарастания озер, являются промежуточной стадией формирования мезотрофного болотного массива. В целом сплавнины озер сложены одними и теми же водно-болотными видами (к доминантам относятся *Ledum palustre*, *Andromeda polifolia*, *Eriophorum angustifolium*, *Menyanthes trifoliata*). Имеющиеся различия во флористическом составе объясняются разными скоростями зарастания и заболачивания, зависящими от глубины и площади водоемов.

Сплавина оз. Куйккалампи в большей части маломощная (рис. 2а, б) и образует аапа-комплексы; она сложена водно-болотными видами – доминируют *Ledum palustre*, *Andromeda polifolia* и *Eriophorum angustifolium*; присутствуют *Menyanthes trifoliata*, *Rubus chamaemorus*, *Vaccinium oxycoccus*, *Vaccinium uliginosum*, *Empetrum nigrum*, *Lysimachia thyrsoiflora*, *Drosera rotundifolia*, *Scheuchzeria palustris*, *Carex rostrata*, *Carex limosa*. В мохово-лишайниковом ярусе преобладает *Sphagnum fallax*, встречаются куртины *Polytrichum strictum*. Кустарниковый ярус сложен *Betula nana*, в подлеске – низкорослая *Picea abies*. Древесный ярус сплавины представлен *Pinus sylvestris* и редкой кривоствольной *Betula pubescens*.

Сплавина оз. Ховатанлампи (рис. 3) маломощная и имеет схожее с Куйккалампи строение, однако травяно-кустарничковый ярус беднее видами: в центральной части сплавины доминирует *Eriophorum*



Рис. 2. Озеро Куйккалампи: а – вид со сплавины; б – аапа-комплексы сплавины оз. Куйккалампи



Рис. 3. Озеро Ховатанлампи



Рис. 4. Озеро Соккасенлампи

angustifolium, ближе к кромке воды – *Menyanthes trifoliata*, *Typha latifolia*, *Phragmites australis*.

Сплавина оз. Соккасенлампи (рис. 4) отличается наибольшей мощностью, она сложена преимущественно болотными видами с доминированием *Eriophorum angustifolium*, ближе к кромке воды преобладают осоки. Кустарниковый ярус слабо выражен, редко встречается *Betula nana*; древесный ярус сложен невысокой *Betula pubescens*.

По мере удаления от озер по краям сплавин появляются мелколиственные виды – *Alnus glutinosa*, *A. incana*, *Populus tremula*; окружает водоемы сосновый лес.

Колонки донных отложений малых озер были изучены методом спорово-пыльцевого анализа. По динамике водной растительности озер, палиностратиграфии [24, 25] и корреляции общей палинологической реконструкции с имеющимися литературными данными по соседнему о. Мантсинсаари [20] были выделены этапы развития каждого из озер о. Лункулансаари.

Нами выделены три этапа эволюции оз. Куйккалампи (рис. 5).

Первый этап связан с существованием на территории исследования залива Ладожского озера. В то время как на суше произрастают еловые и сосновые леса, в водах залива развивается разнообразная водная растительность (рис. 6): *Nuphar lutea*, *N. pumila*, *Nymphaea candida*, с меньшим обилием *Stratiotes aloides*, *Sparganium spp.*, *Alisma spp.*, *Lemna spp.* **Второй этап** связан с понижением уровня Ладожского озера в конце суббореального периода и обособлением оз. Куйккалампи. Изоляция водоема сопровождалась дестабилизацией дна и нарушением озерной экосисте-

мы, на диаграмме этот период индицируется временным исчезновением макрофитов. На **третьем этапе** на суше доминируют сосновые леса, а в оз. Куйккалампи формируется собственная водная растительность. Видовое разнообразие и встречаемость пыльцы макрофитов ниже, чем во времена существования на данной территории залива Ладого. Доминирует *Nuphar lutea*, встречаются *Nymphaea candida*, *Sparganium spp.*, *Lemna spp.* Отмечен *Typha latifolia*, обычно образующий заросли по берегам озер. **В настоящий момент** на суше господствуют сосновые леса с елью и березой; водная растительность оз. Куйккалампи немногочисленна и представлена кубышкой желтой *Nuphar lutea*.

Нами выделены три этапа эволюции оз. Соккасенлампи (рис. 7).

На **первом этапе** изучаемую территорию покрывают воды залива Ладожского озера. На суше развиваются еловые и сосновые леса, а в заливе существует разнообразная водная растительность (рис. 8): *Nuphar lutea*, *N. pumila*, *Nymphaea candida*, *Sparganium spp.*, *Potamogeton spp.*, *Alisma spp.*, *Myriophyllum spp.*, *Typha latifolia*. **Второй этап** связан с понижением уровня Ладожского озера в конце суббореального периода и обособлением озера Соккасенлампи. Изоляция сопровождалась дестабилизацией дна и нарушением озерной экосистемы, что на диаграмме индицируется временным исчезновением всей макрофитной растительности, кроме *Sparganium*. На **третьем этапе** на суше доминируют сосновые с елью и березой леса. Формируется водная и прибрежная растительность изолировавшегося озера Соккасенлампи: *Nuphar lu-*

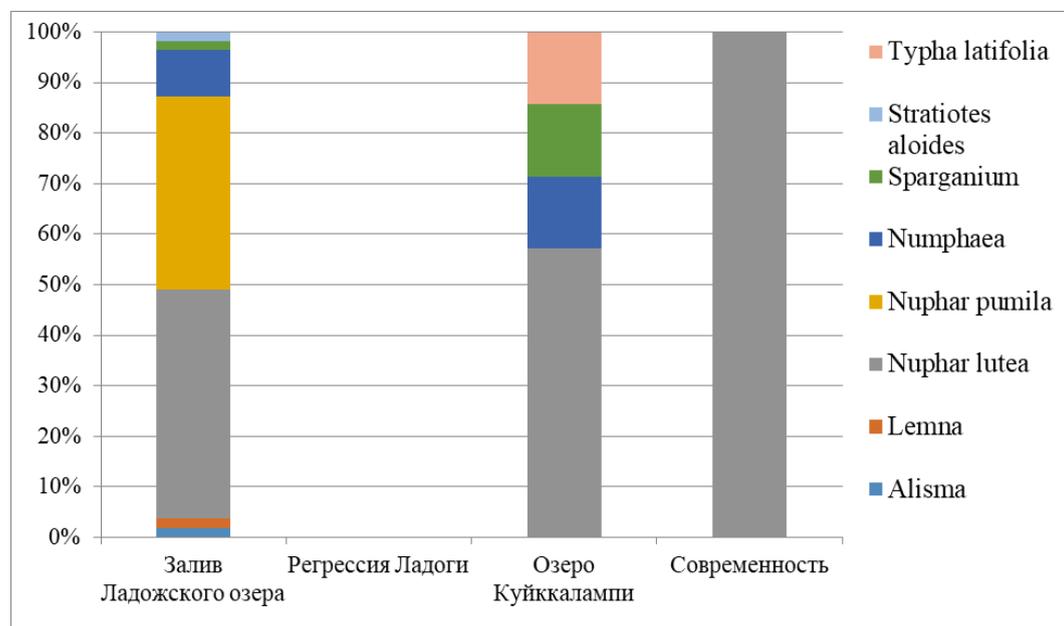


Рис. 5. Видовое разнообразие пыльцы макрофитов на разных этапах развития оз. Куйккалампи

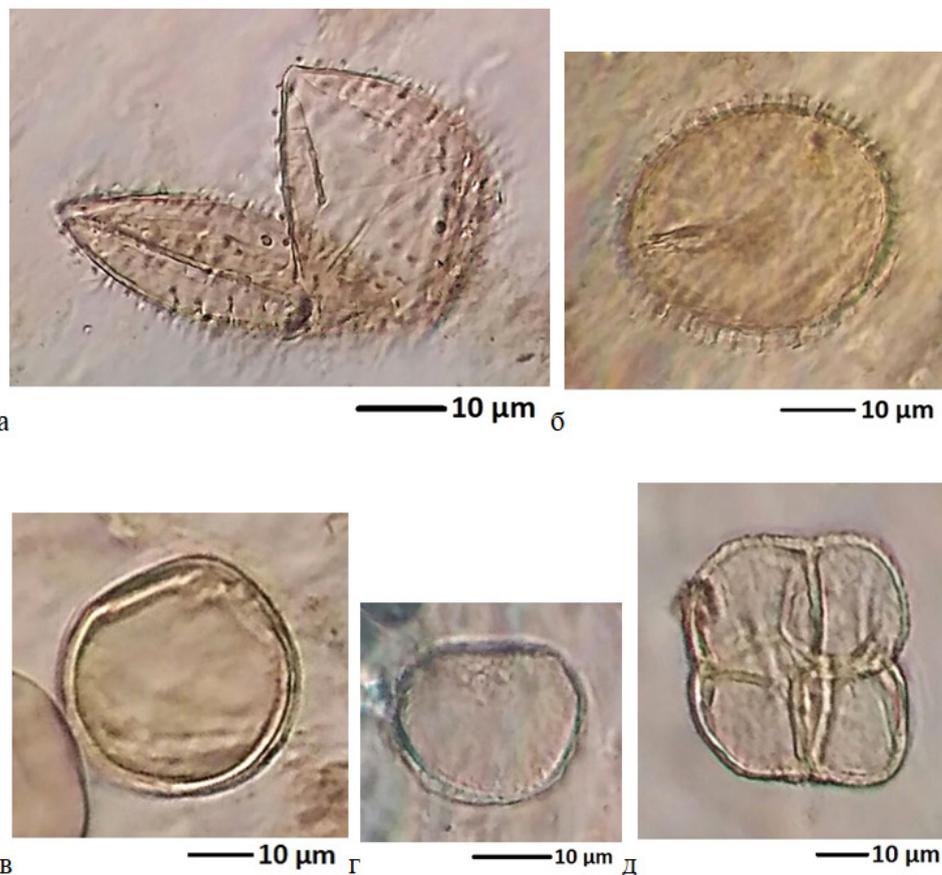


Рис. 6. Пыльца макрофитов, встреченная при палинологическом анализе колонки донных отложений оз. Куйккалампи: а – *Nuphar lutea*; б – *Nuphar pumila*; в – *Nymphaea candida*; г – *Sparganium*; д – *Typha latifolia*

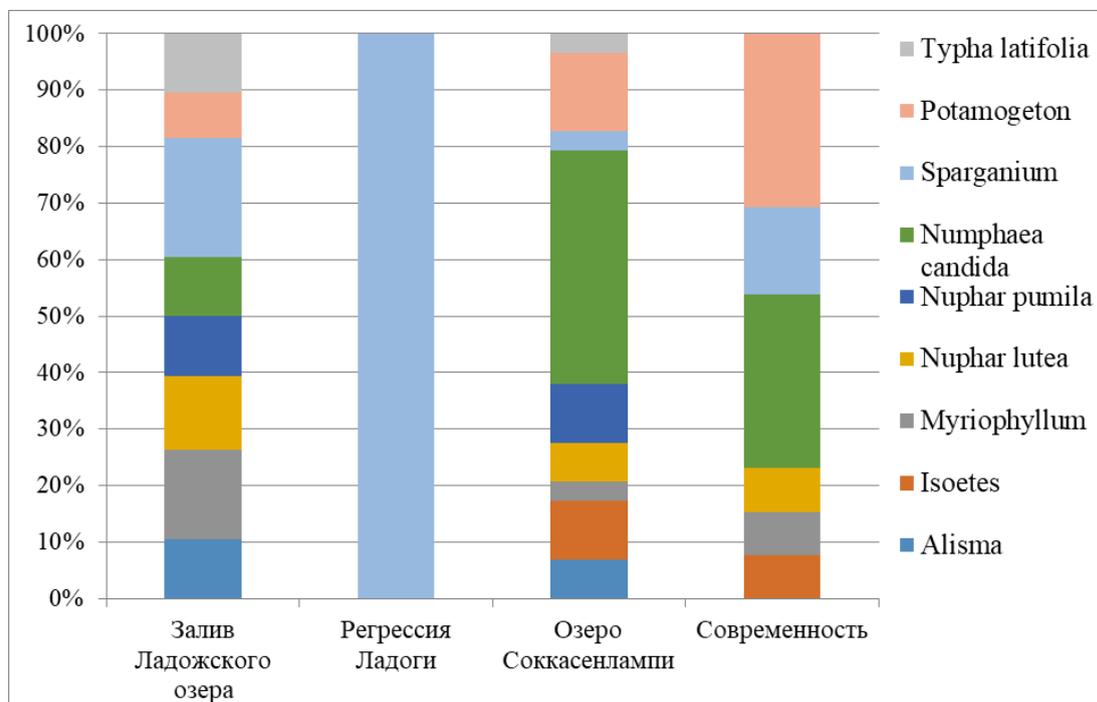


Рис. 7. Видовое разнообразие пыльцы макрофитов на разных этапах развития оз. Соккасенлампи

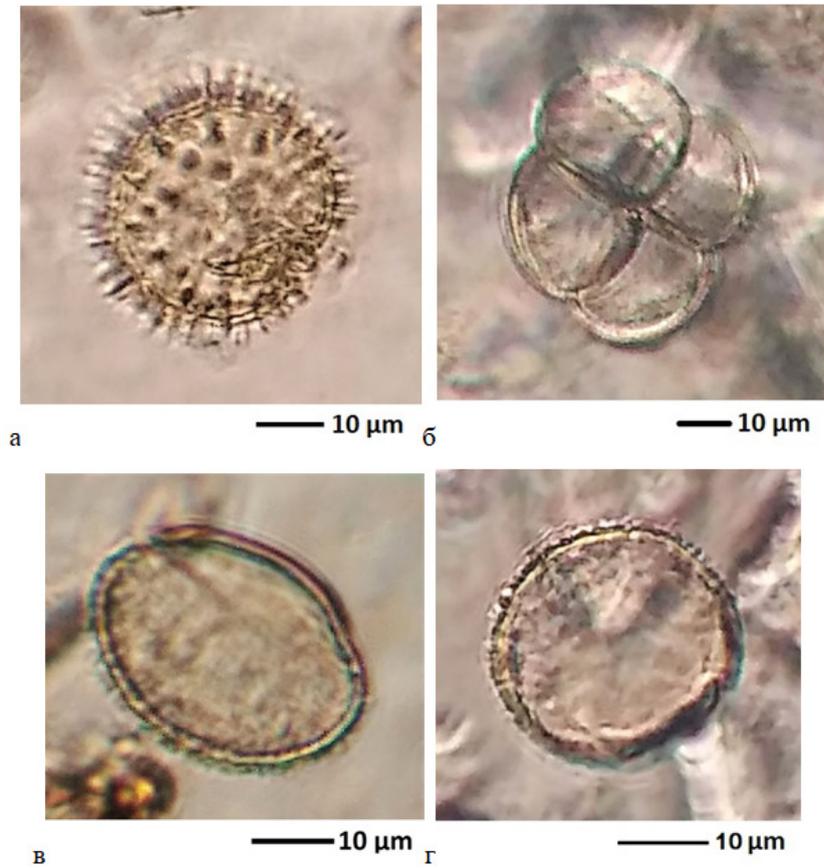


Рис. 8. Пыльца макрофитов, встреченная при палинологическом анализе колонки донных отложений оз. Соккасенлампи: а – *Nuphar pumila*; б – *Typha latifolia*; в, г – *Nymphaea candida*

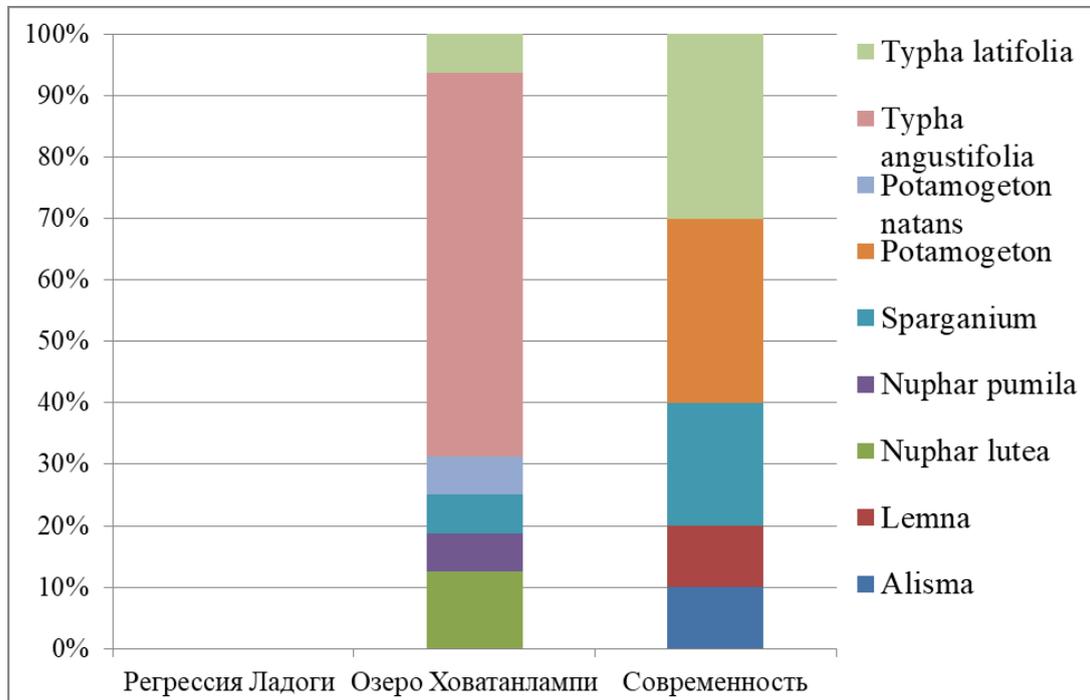


Рис. 9. Видовое разнообразие пыльцы макрофитов на разных этапах развития оз. Ховатанлампи

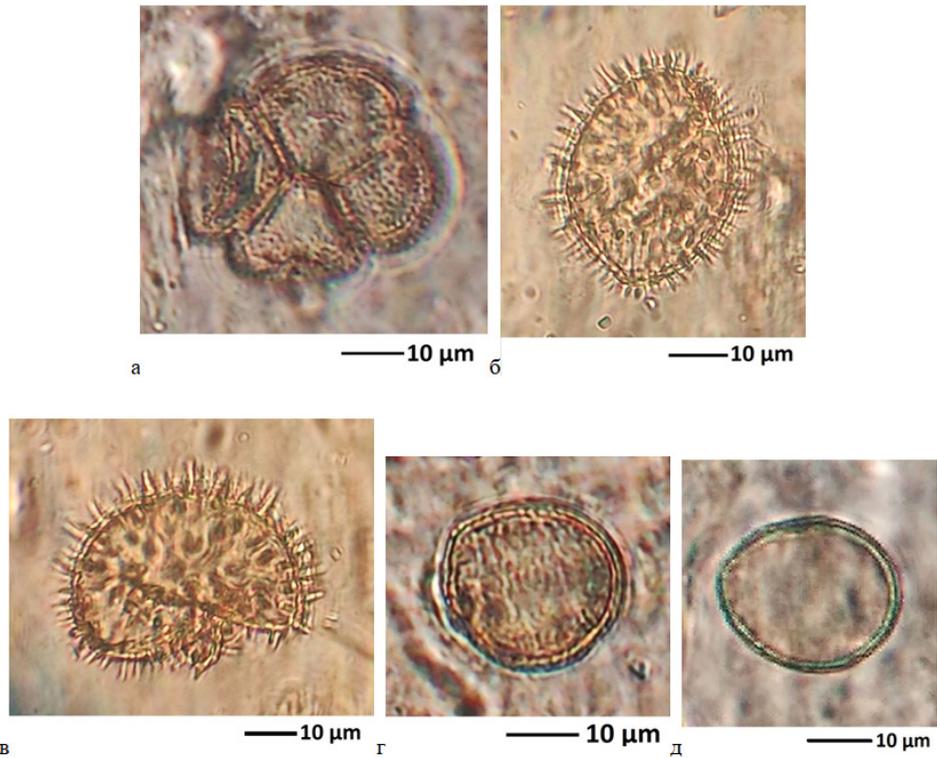


Рис. 10. Пыльца макрофитов, встреченная при палинологическом анализе колонки донных отложений оз. Ховатанлампи: а – *Typha latifolia*; б, в – *Nuphar pumila*; г – *Typha angustifolia*; д – *Potamogeton natans*

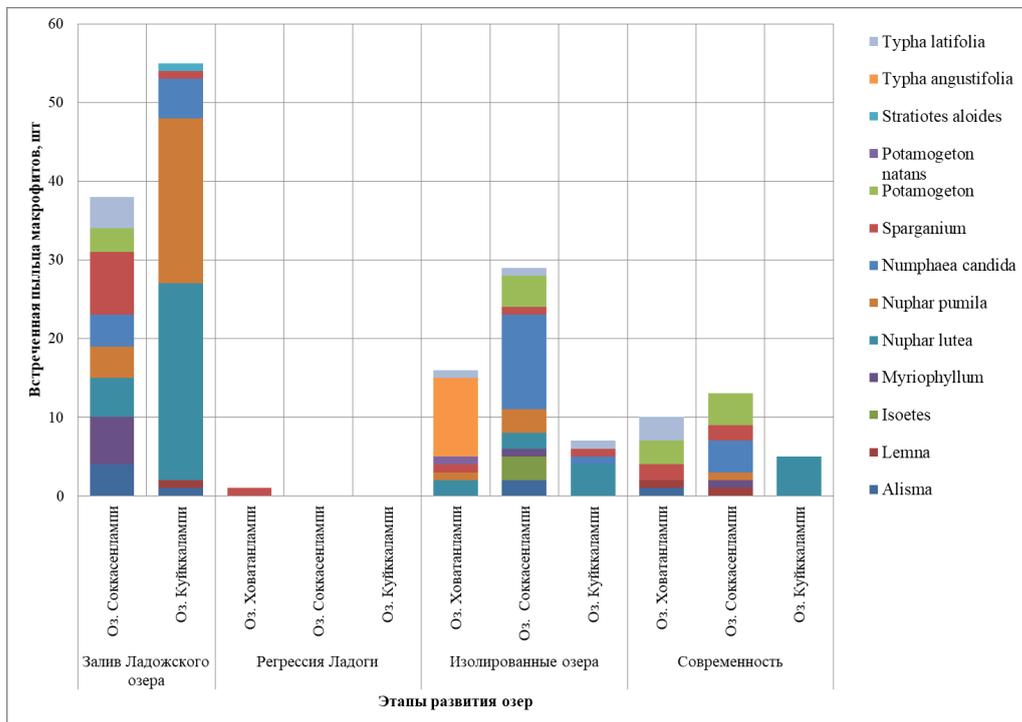


Рис. 11. Сравнительная динамика пыльцы макрофитов на разных этапах развития озер острова Лункулансаари

tea, *N. pumila*, *Nymphaea candida*, *Sparganium spp.*, *Potamogeton spp.*, *Isoetes spp.*, *Alisma spp.*, *Myriophyllum spp.*, *Typha latifolia*. В **настоящее время** на окружающей территории преобладают березово-сосновые леса с елью и ольхой; водная растительность озера довольно разнообразна и представлена *Nuphar lutea*, *Nymphaea candida*, *Sparganium spp.*, *Potamogeton spp.*, *Myriophyllum spp.* и *Isoetes spp.*

Для оз. Ховатанлампи выделены два этапа эволюции (рис. 9).

Это этапы непосредственного развития водоема, не связанные с Ладожским озером. На **первом этапе** происходит понижение уровня Ладожского озера в конце суббореального периода и образование озера Ховатанлампи. На окружающих территориях произрастают сосновые и еловые леса с березой, черной ольхой и широколиственными породами. Регрессия Ладоги и перестройка озерных экосистем обуславливают отсутствие макрофитов в малом водоеме. На **втором этапе** на суше доминируют сосновые и еловые леса; освободившиеся от вод Ладожского озера территории занимают березняки. В оз. Ховатанлампи формируется водная растительность (рис. 10): *Nuphar lutea*, *N. pumila*, *Sparganium spp.*, *Potamogeton natans*. Побережья зарастают группировками *Typha angustifolia* и *T. latifolia*. В **настоящее время** на окружающей территории преобладают сосновые леса с примесью ели и березы; прибрежно-водная растительность озера представлена *Potamogeton spp.*, *Sparganium spp.*, *Alisma spp.*, *Lemna spp.*, *Nuphar lutea*, *Typha latifolia*.

Таким образом, на основании проведенных исследований выделены три этапа развития водоемов на острове Лункулансаари (рис. 11).

Первый этап связан с последней трансгрессией Ладоги в конце атлантического – суббореальном периодах голоцена. Территория острова Лункулансаари являлась частью залива Ладожского озера, в водах которого произрастала разнообразная водная растительность (*Alisma spp.*, *Lemna spp.*, *Myriophyllum spp.*, *Nuphar lutea*, *N. pumila*, *Nymphaea candida*, *Sparganium spp.*, *Potamogeton spp.*, *Stratiotes aloides*, *Typha latifolia*).

На **втором этапе**, около 3000 лет назад в конце суббореального периода происходит регрессия Ладоги, повлекшая обособление малых озер. Дестабилизация озерных экосистем отражается на спорово-пыльцевых диаграммах исчезновением пыльцы почти всей водной растительности, чутко реагирующей на происходящие в водоеме изменения.

На **третьем этапе** в субатлантическом периоде (около 2500 лет назад) формируется собственная водная

растительность изолировавшихся озер. В основном она представлена видами, характерными в настоящее время для восточного района открытых берегов Ладожского озера – кубышками, рдестами и ежеголовниками. Берега заняты группировками рогозов. Водная растительность оз. Куйккалампи представлена *Nuphar lutea*, *Nymphaea candida*, *Sparganium spp.*, *Lemna spp.*, *Typha latifolia*. Для оз. Соккасенлампи характерны *Nuphar lutea*, *N. pumila*, *Nymphaea candida*, *Sparganium spp.*, *Potamogeton spp.*, *Isoetes spp.*, *Alisma spp.*, *Myriophyllum spp.*, *Typha latifolia*. Для оз. Ховатанлампи – *Nuphar lutea*, *N. pumila*, *Potamogeton natans*, *Sparganium spp.*, *Typha latifolia*, *T. angustifolia*.

В **настоящее время** озера представляют собой мелководные зарастающие водоемы со свойственной данному району Ладоги водной растительностью, различающейся для конкретного водоема в зависимости, в частности, от его глубины, площади и стадии зарастания. В озерах Соккасенлампи и Ховатанлампи на данный момент произрастает довольно схожая макрофитная растительность (флористическое сходство, рассчитанное с использованием индекса Брея-Кертиса, составляет 0,48). В озере Куйккалампи встречен лишь один вид – *Nuphar lutea*, который в других озерах отсутствует.

Выводы

– В заливе Ладожского озера и изолированных озерах острова Лункулансаари встречена разнообразная водная растительность – *Nuphar lutea*, *N. pumila*, *Nymphaea candida*, *Sparganium spp.*, *Potamogeton spp.*, *Isoetes spp.*, *Alisma spp.*, *Myriophyllum spp.*, *Lemna spp.*, *Typha latifolia*, *T. angustifolia* и др.

– Установлена связь между динамикой водной растительности и трансгрессивно-регрессивными фазами развития Ладожского озера. Период регрессии Ладоги характеризуется практически полным исчезновением пыльцы макрофитов, что указывает на нарушение озерных экосистем.

– Резкое временное снижение таксономического разнообразия и встречаемости пыльцы макрофитов или их полное исчезновение может использоваться как дополнительный параметр при изучении колебаний уровня водоемов.

Работа выполнена 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

Список русскоязычной литературы

1. Андроникова ИН, Распопов ИМ. Зоны риска в прибрежных районах Ладожского озера. Биология внутренних вод. 2007;(2):2-10.
2. Румянцев ВА, ред. Ладожское озеро и достопримечательности его побережья. СПб.: Нестор-История; 2015.
3. Белавская АП. Водные растения России и сопредельных государств. СПб.; 1994.
4. Квасов ДД, ред. История озер СССР. Общие закономерности возникновения и развития озер. Методы изучения истории озер. Л.: Наука; 1986.
5. Лепилова ГК. Водные растения и роль их в зарастании озер и образовании болот. В кн.: Озера Карелии. Л.: Издание Бородинской биологической станции; 1930. с. 39-48.
6. Катанская ВМ. Высшая водная растительность континентальных водоемов СССР: методы изучения. Л.: Наука; 1981.
7. Сапелко ТВ, Терехов АВ, Амантов АВ. Ладожская трансгрессия: реконструкция финальной стадии и последующего спада в северной части озера. Региональная геология и металлогения. 2018;75:23-34.
8. Сапелко ТВ, Терехов АВ, Газизова ТЮ, Кузнецов ДД, Корнеевкова НЮ, Лудикова АВ, Анисимов МА. Палеолимнология острова Лункулансаари, Ладожское озеро: предварительные результаты. В кн.: Пресноводные экосистемы – современные вызовы. Тезисы Международной конференции. 10-14 сентября 2018. Иркутск; 2018. с. 295-6.
9. Папченко ВГ. О переувлажненных землях и их классификации на примере Среднего Поволжья. Экология. 1999;(2):126-9.
10. Папченко ВГ. Растительный покров водоемов и водотоков Среднего Поволжья. Ярославль: ЦМП МУБиНТ; 2001.
11. Распопов ИМ. Высшая водная растительность шхерного района Ладожского озера. В кн.: Комплексные исследования шхерной части Ладожского озера. М.-Л.: Наука; 1961. с. 193-210.
12. Распопов ИМ. Высшая водная растительность Ладожского озера. В кн.: Растительные ресурсы Ладожского озера. Л., 1968. с.16-72.
13. Распопов ИМ. Высшая водная растительность больших озер северо-запада СССР. Л.: Наука; 1985.
14. Распопов ИМ, Адамец Л, Гусак Ш. Зарастание двух разнотипных заливов Ладожского озера в многолетнем аспекте. В кн.: Ладожское озеро. Мониторинг, исследование современного состояния и проблемы управления Ладожским озером и другими большими озерами. Петрозаводск; 2000. с. 245-8.
15. Распопов ИМ, Рычкова МА. Геоботаническая характеристика заливов западной части шхерного района Ладожского озера. В кн.: Очерки по растительному покрову Карельской АССР. Петрозаводск; 1971. с. 60-72.
16. Русанов АГ. Современное состояние высшей водной растительности Ладожского озера с учетом зон повышенного экологического риска. В кн.: Современные экологические проблемы и их решения: взгляд молодежи. Материалы конференции. СПб.; 2008. с. 50-8.
17. Таран ГС, Седелникова НВ, Писаренко ОЮ, Голомолзин ВВ. Флора и растительность Елизаровского государственного заказника (Нижняя Обь). Новосибирск: Наука; 2004.
18. Тетерюк БЮ. Флора и растительность древних озер европейского Северо-Востока России. СПб.: Наука; 2012.
19. Титов ЮВ. Некоторые предложения к усовершенствованию экологической терминологии. Экология. 1975;(4):13-9

Общий список литературы/Reference list

1. Andronikova IN, Raspopov IM. [The risk zone in the littoral areas of Lake Ladoga]. *Biologiya Vnutrennikh Vod.* 2007;(2):2-10. (In Russ.)
2. Rumiantsev VA, ed. *Ladozhskoe Ozero i Dostoprimechatelnosti Yego Poberezhya*. Saint Petersburg: Nestor-Istoriya; 2015. (In Russ.)
3. Belavskaya AP. *Vodnye Rasteniya Rossii i Sopredelnykh Gosudarstv.* Saint Petersburg; 1994. (In Russ.)
4. Kvasov DD, ed. *Istoriya Ozer SSSR. Obshchiye Zakonomernosti Vozniknoveniya i Razvitiya Ozer. Metody Izucheniya Istorii Ozer.* Leningrad: Nauka; 1986. (In Russ.)
5. Lepilova GK. [Aqueous plants and their role in overgrowing of lakes and developments of bogs]. In: *Ozera Karelii.* Leningrad: Izdanie Borodinskoy Biologicheskoy Stantsii; 1930. p. 39-48. (In Russ.)
6. Katanskaya VM. *Vysshaya Vodnaya Rastitelnost Kontinentalnykh Vodoyemov SSSR: Metody Izucheniya.* Leningrad: Nauka; 1981. (In Russ.)
7. Sapelko TV, Terekhov AV, Amantov AV. [Transgression of Lake Ladoga: Reconstruction of its final stage and the subsequent abatement in the northern part of the lake]. *Regionalnaya Geologiya i Metallogeniya.* 2018;75:23-34. (In Russ.)
8. Sapelko TV, Terekhov AV, Gazizova TYu, Kuznetsov DD, Korneyenkova NYu, Ludikova

- AV, Anisimov MA. [Paleolimnology of Lunkulansaari Island, Lake Ladoga: The initial results]. In: Presnovodnye Ekosistemy – Sovremennyye Vyzovy. Tezisy Mezhdunarodnoy Konferentsii. 10-14 Sentiabrya 2018. Irkutsk; 2018. p. 295-6. (In Russ.)
9. Papchenkov VG. [On overwetted lands and their classification as exemplified with areas around the middle course of Volga]. *Ekologiya*. 1999;(2):126-9. (In Russ.)
 10. Papchenkov VG. *Rastitelnyy Pokrov Vodoyemov i Vodotokov Srednego Povolzhya*. Yaroslavl: TsMP MUBiNT; 2001. (In Russ.)
 11. Raspopov IM. [Higher aqueous plants of Lake Ladoga skerries]. In: *Kompleksnyye Issledovaniya Shkhernoy Chasti Ladozhskogo Ozera*. Moscow-Leningrad: Nauka; 1961. p. 193-210. (In Russ.)
 12. Raspopov IM. [Higher plants of Lake Ladoga]. In: *Rastitelnye Resursy Ladozhskogo Ozera*. Leningrad; 1968. p. 16-72. (In Russ.)
 13. Raspopov IM. *Vyssshaya Vodnaya Rrastitelnost Bolshykh Ozer Severo-Zapada SSSR*. Leningrad: Nauka; 1985. (In Russ.)
 14. Raspopov IM, Adamets L, Gusak Sh. [Overgrowing of two differing creeks of Lake Ladoga studied for many years]. In: *Ladozhskoe Ozero. Monitoring, Issledovaniye Sovremennogo Sostoyaniya i Problemy Upravleniya Ladozhskim Ozerom i Drugimi Bolshimi Ozerami*. Petrozavodsk; 2000. p. 245-8. (In Russ.)
 15. Raspopov IM, Rychkova MA. [Geobotanical Characteristics of creeks of the western part of the skerries of Lake Ladoga]. In: *Ocherki po Rastitelnomu Pokrovu Karelskoy ASSR*. Petrozavodsk; 1971. p. 60-72. (In Russ.)
 16. Rusanov AG. [The current conditions of higher aqueous flora of Lake Ladoga with account for zones under high environmental risk]. In: *Sovremennyye Ekologicheskiye Problemy i Ikh Resheniya: Vzgl'yad Molodezhi. Materialy Konferentsii*. Saint Petersburg; 2008. p. 50-8.
 17. Taran GS, Sedelnikova NV, Pisarenko OYu, Golomolzin VV. *Flora i Rastitelnost Yelizarovskogo Gosudarstvennogo Zakaznika (Nizhnaya Ob)*. Novosibirsk: Nauka; 2004. (In Russ.)
 18. Teteryuk BYu. *Flora i Rastitelnost Drevnikh Ozer Yevropeyskogo Severo-Vostoka Rossii*. Saint Petersburg: Nauka; 2012. (In Russ.)
 19. Titov YuV. [Some suggestions to improve ecological terminology]. *Ekologiya*. 1975;(4):13-9. (In Russ.)
 20. 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. *Bull Geol Soc Finland*. 1995;67:39-50.
 21. Gałka 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;52:127-38.
 22. Galka M, Szncl M. Late Glacial and early Holocene development of lakes in northeastern Poland in view of plant macrofossil analyses. *Quaternary International*. 2013;292:124-35.
 23. Gałka M, Tobolski K, Zawisza E, Goslar T. Post-glacial history of vegetation, human activity and lake-level changes at Jezioro Linowek in northeast Poland, based on multi-proxy data. *Veget Hist Archaeobot*. 2014;23:123-52.
 24. Gazizova TYu, Sapelko TV, Korneenkova NYu. The role of macrophytes in the study of north-eastern Ladoga small island lakes evolution during the Holocene. *Limnol Freshwater Biol*. 2020;(4):459-60.
 25. Sapelko TV, Kuznetsov DD, Ludikova AV, Korneenkova NYu, Terekhov AV. The development of island lakes of Lake Ladoga during the Late Pleistocene Holocene. *Limnology and Freshwater Biology*. 2020;(4):470-1.

