

## ЛАДОЖСКАЯ ТРАНСГРЕССИЯ И ЛАНДШАФТЫ ВТОРОЙ ПОЛОВИНЫ ГОЛОЦЕНА В ЮЖНОМ ПРИЛАДОЖЬЕ (ПО ДАННЫМ ИЗУЧЕНИЯ АРХЕОЛОГИЧЕСКОГО ПАМЯТНИКА ПОДОЛЬЕ-1)

© 2019 г. Т. В. Сапелко<sup>1, \*</sup>, Т. М. Гусенцова<sup>2</sup>, М. А. Кулькова<sup>3</sup>, А. В. Лудикова<sup>1</sup>, В. П. Денисенков<sup>4</sup>, Н. Ю. Корнеенкова<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Институт озероведения РАН, Санкт-Петербург, Россия

<sup>2</sup>АНО НИИ культурного и природного наследия, Санкт-Петербург, Россия

<sup>3</sup>Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена, Санкт-Петербург, Россия

<sup>4</sup>Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

\*e-mail: tsapelko@mail.ru

Поступила в редакцию 23.05.2018 г.; после доработки 15.04.2019 г.; принята в печать 30.05.2019 г.

В Южном Приладожье проведены комплексные исследования нового археологического памятника Подолье-1, расположенного в 4-х км от Ладожского озера. Исследования включали в себя археологический, литологический, геохимический, палинологический, ботанический, диатомовый и радиоуглеродный анализы. В результате получены новые данные, уточняющие развитие Ладожской трансгрессии во второй половине голоцена в Южном Приладожье. Установлена зависимость формирования культурных слоев от изменения гидродинамических условий его существования. Нижний культурный слой формировался перед началом Ладожской трансгрессии. Верхний культурный слой приурочен к завершению трансгрессивной стадии. На абсолютных отметках от 10 до 12 м над ур.м. в Южном Приладожье с 6480 до 4446 кал. лет назад формировались торфяники. При этом 6480–5944 кал. лет назад отмечен период некоторого увлажнения климата. 4534–4446 кал. лет назад на территории памятника фиксируется начало Ладожской трансгрессии. Завершение Ладожской трансгрессии на рассматриваемой территории отмечается в начале субатлантического периода.

**Ключевые слова:** Ладожская трансгрессия, торфяники, археологический памятник, голоцен, палинология, диатомовые водоросли, ботанический анализ торфа, геохимия.

**DOI:** <https://doi.org/10.31857/S2587-55662019578-95>

Южное Приладожье в связи с развитием Ладожской трансгрессии давно привлекает внимание исследователей. Впервые идея о самостоятельной трансгрессии Ладоги, независимой от развития Балтики, выдвинута шведским ученым Г.Де Геером в 1893 г., после чего Ю. Айлио обосновал существование Ладожской трансгрессии в голоцене [26]. В последующие годы палеогеографические исследования проводили здесь К.К. Марков, Е.Г. Шеффер, О.М. Знаменская, Б.И. Кошечкин, И.М. Экман, П.М. Долуханов, Х.А. Арсланов, М. Саарнисто и др. В основном изучались береговые формы рельефа и торфяники, возраст которых определялся как 3–4 тыс. лет назад [10]. Террасы и береговые валы шириной до 3 км в Южном Приладожье были сформированы в ходе перемещения береговой линии озера в период от максимального уровня Ладожской трансгрессии до современного. Тыловой шов наиболее высокой террасы с абсолютной отметкой 15.5 м совпадает здесь

с подножием уступа глинта. Единого мнения по поводу развития Ладожской трансгрессии до сих пор нет. Для южной части озера Ю. Айлио определил максимальный уровень Ладожской трансгрессии на абсолютных высотах около 18 м [26], который был потом уточнен до 14–15 м [29]. К.К. Марков максимальный уровень Ладожской трансгрессии в Южном Приладожье определял на 15 м и датировал концом суббореального периода [20], М. Саарнисто – до абсолютных отметок 21–22 м, а возраст – 3700 лет назад [32]. Продолжительность трансгрессии в Южном Приладожье разные авторы определяли от 400 до 1000 лет [19, 32]. Наиболее подробные исследования в Южном Приладожье по установлению абсолютных отметок максимального уровня трансгрессии Ладожского озера показали их различия для разных районов: 18 м – к югу от шоссе у р. Лавы, 17 м – к северу от деревни Александровский Остров у р. Волхов; 19 м –

к северу от дер. Пульница у р. Сясь и 22 м у п. Рыбежно у р. Паша [25]. Особый интерес для этой территории представляет изучение археологических памятников. Первые стоянки эпохи камня к западу от устья р. Сясь обнаружил А.А. Иностранцев во время строительства Ново-Ладожского канала в 1878–1882 гг. На морене были вскрыты горизонтальные прослой и линзы торфа, содержащие разнообразный археологический материал (керамика, каменные и костяные изделия). Выше залегают слоистые сортированные пески серо-желтого цвета [9]. Археологические находки были отнесены ко времени неолита и сделаны выводы об относительно низком уровне Ладоги в период существования памятника около середины 3 тыс. лет до н. э., а также о значительном последующем подъеме уровня озера, в результате которого археологические стоянки были затоплены. К середине 2 тыс. лет до н. э. отнесены стоянки, существовавшие после Ладожской трансгрессии [28], возраст которых в ходе последующих исследований был уточнен и определен, как 1 тыс. лет до н. э. [23]. Всего в Южном Приладожье известно около 12 стоянок первобытной эпохи [4, 23].

Немногочисленность обнаруженных археологических стоянок возможно связана с длительной по времени Ладожской трансгрессией, в результате чего оказались затоплены значительные территории Южного Приладожья и памятники эпохи камня оказались перекрыты отложениями мощностью более 1.5 м.

В 2009 г. в бассейне р. Лавы, в 4 км от южного берега Ладожского озера и в 0.5 км к западу от деревни Подолье Кировского района Ленинградской области экспедицией Северо-Западного научно-исследовательского Института культурного и природного наследия (руководитель экспедиции П.Е. Сорокин) была открыта новая археологическая стоянка Подолье-1 (рис. 1). Общая площадь распространения находок 5000 м<sup>2</sup> [5]. Стоянка Подолье-1 является вторым, после Охты-1 в Санкт-Петербурге, археологическим памятником региона, где *in situ* сохранился культурный слой с находками разновременных деревянных конструкций. Эпоха неолита, представленная культурой ямочно-гребенчатой керамики, была распространена на территории Приладожья 5 тыс. лет до н. э. Основная масса находок относится к периоду позднего неолита – раннего металла, культуре

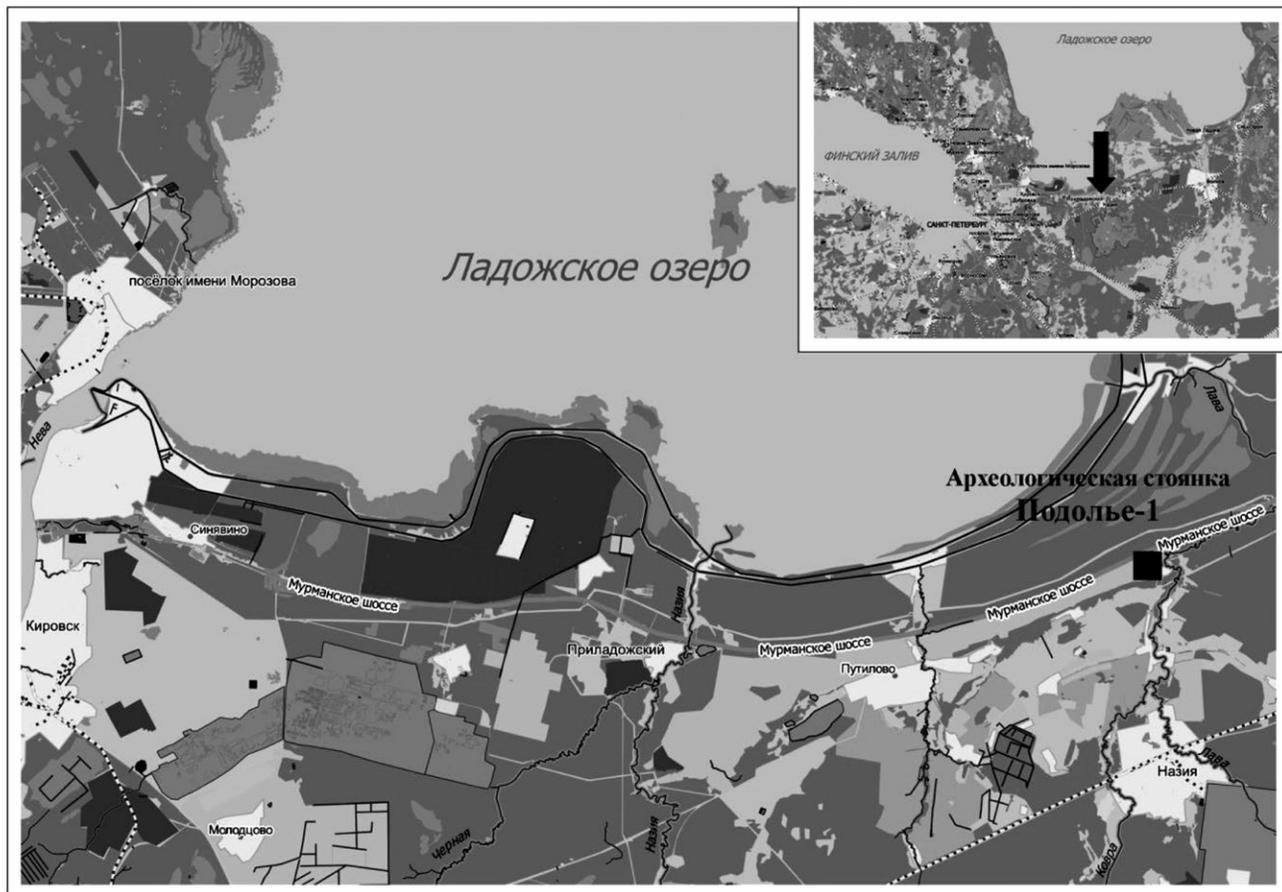
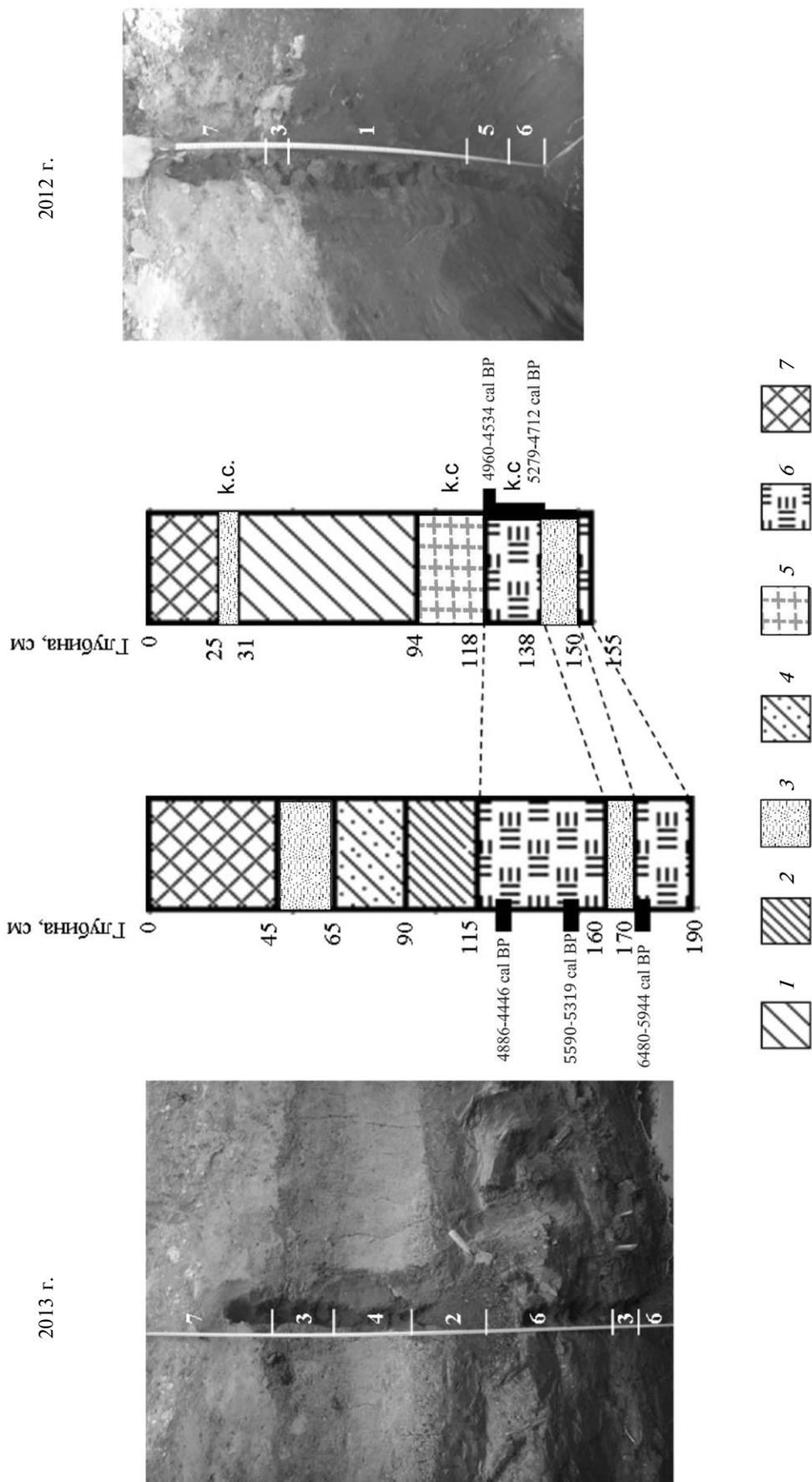


Рис. 1. Район исследований.



**Рис. 2.** Изученные разрезы 2012 и 2013 гг.

Условные обозначения: 1 – темно-коричневый суглинок, 2 – плотный суглинок, 3 – песок, 4 – супесь, 5 – серый алевроит, 6 – торф, 7 – современная почва.

ромбо-ямочной пористой и асбестовой керамики. В рельефе здесь четко выделяется один из реликтовых береговых валов, маркирующий, по существующим представлениям, максимальную фазу Ладужской трансгрессии. Стоянка находится в пределах локального понижения рельефа (абсолютная высота в районе раскопок 11.8–12.1 м, в пределах древнего берегового вала – до 14 м), вытянутого вдоль направления глинта.

## МЕТОДЫ

Исследование археологической стоянки Подолье-1 включало в себя палинологический, ботанический, диатомовый, геохимический анализы и радиоуглеродное датирование. В ходе исследований стоянки в 2012 и 2013 гг. отобраны образцы для комплексного исследования. Образцы отбирались последовательно: каждые 2–5 см от подстилающих культурный слой слоев до современной поверхности, включая слой современной почвы. Общая мощность разреза 2012 г. составила 150 см. Близость грунтовых вод не позволила отобрать нижние 5 см. Общая мощность разреза 2013 г. – 190 см. Литологическое описание разреза южной стенки раскопа 2012 г. выполнено от современной поверхности, принятой за ноль. В 2013 г. был отобран разрез из раскопа в нескольких метрах от разреза 2012 г. Литологические слои обоих разрезов сопоставлены между собой (рис. 2).

Минеральный состав фракции 0.25–0.5 мм определен под биноклем при 15-кратном увеличении. Для определения гранулометрического состава отложений использовался ситовой метод. Выделены основные соотношения элементов, которые используются для реконструкций изменения уровня воды в водоемах, относительной температуры и влажности [21]. Результаты по химическому составу отложений обработаны методом статистического анализа, для того чтобы определить главные факторы, влияющие на осадконакопление. Применение такого подхода, позволяющего выделять ассоциации химических элементов, которые связаны, в свою очередь, с минерало-органогенными комплексами в отложениях, позволяет выявить различные факторы седиментации [14] (рис. 3). Первый фактор F1 ( $Al_2O_3$ ,  $TiO_2$ ,  $K_2O/SiO_2$ ,  $Na_2O$ ) характеризует степень зрелости поступающего материала и отражает обогащение отложений кремнеземом или глиноземом. Увеличение глинистой составляющей (положительные значения первого фактора) связано с увеличением уровня воды в водоеме. Эти данные хорошо коррелируют с гранулометрическим анализом и вместе с полученными с помощью него результатами могут быть использованы для реконструк-

ции изменения уровня воды в водоеме. Вторым фактор FII ( $SiO_2$ ,  $Fe_2O_3$ ,  $MnO/LOI^1$ ,  $CaO$ ,  $P_2O_5$ ) показывает увеличение компонентов, связанных с антропогенной деятельностью, таких как  $CaO$ ,  $P_2O_5$ . Эти компоненты входят в состав костной ткани человека и животных, их содержание повышается в местах древних стоянок. Третий фактор FIII ( $Fe_2O_3$ ,  $MnO$ ,  $LOI/K_2O$ ,  $Al_2O_3$ ,  $MgO$ ) можно связать с развитием почвенных процессов, формированием богатых Fe-Mn органогенных отложений.

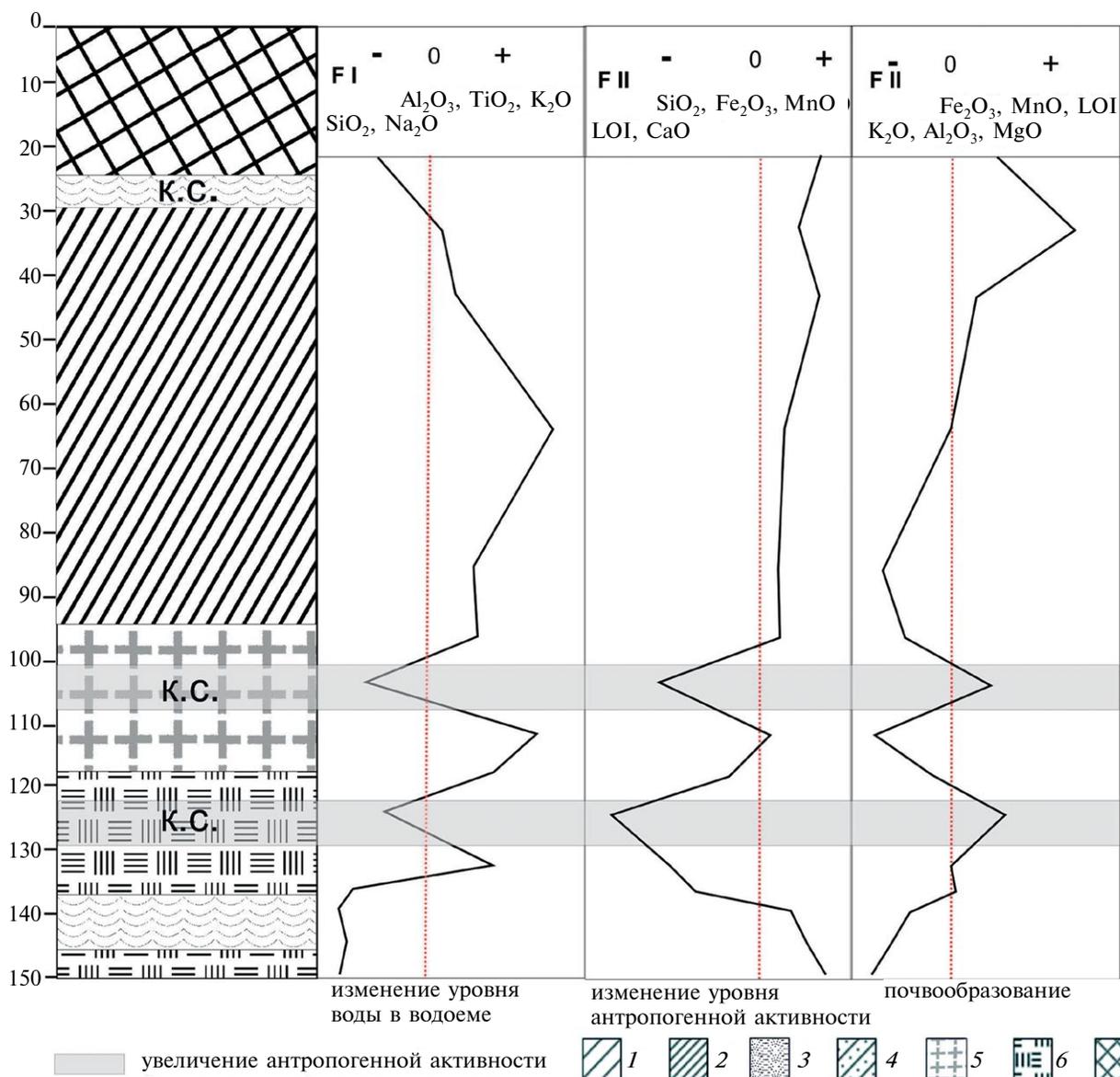
Образцы на спорово-пыльцевой анализ обрабатывались по стандартной методике с применением тяжелой жидкости [3]. Все образцы проверялись на карбонатность с помощью соляной кислоты. Некоторые образцы оказались слабокарбонатными. Определение зерен пыльцы и спор производилось по определителям [15, 30], а также с помощью коллекционного материала ИНОЗ РАН. Для построения спорово-пыльцевой диаграммы использовались компьютерные программы TILIA2, TILIA GRAPH2 и TGView [28]. Процент содержания таксонов рассчитывался от общего состава пыльцы деревьев, трав и спор, который принимался за 100%.

Определение растительных остатков в волокне торфа производилась под микроскопом с 80-кратным увеличением с использованием атласов-определителей [8, 11]. При анализе под микроскопом устанавливалась площадь, занимаемая каждым видом, в процентах от общей площади растительного волокна в поле зрения микроскопа, с округлением до 5%. Растительные остатки с площадью менее 5% отмечались как единичные. Определение видов торфов проводилось по классификации С.Н. Тюрнова [24].

Подготовка проб для диатомового анализа выполнялась по стандартной методике [7]. Диаграмма построена с помощью программы C2, version 1.5 [34]. Одновременно с диатомовыми водорослями велся подсчет других кремнистых микрофоссилий, а именно цист хризифитов (золотистые водоросли, *Chrysophyceae*), спикул губок (скелетные элементы водных беспозвоночных *Porifera*), фитолитов (кремнистые образования, формирующиеся в тканях наземных растений).

Радиоуглеродный анализ выполнен в Лаборатории РГПУ им. А.И. Герцена в г. Санкт-Петербурге. Радиоуглеродные даты получены по обоим изученным разрезам 2012 и 2013 гг. (табл. 1). Материал для датирования отбирался непосредственно из разрезов. Все даты откалиброваны с помощью программы OxCal 3.10 [27, 31]. Употребление здесь и далее датировок радиоуглеродных (лет назад, л.н.) и калиброванных (кал. л.н. или cal.BP) обуслов-

<sup>1</sup> LOI – потеря при прокаливании (loss on ignition).



**Рис. 3.** Геохимические индикаторы условий осадконакопления отложений в разрезе 2012 г. на стоянке Подолье-1. Условные обозначения: литологические слои соответствуют рис. 2

лено сопоставлением новых дат с ранее полученными из старых публикаций.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

### Геохимия

Изменение гидродинамических условий в районе археологической стоянки Подолье-1 охарактеризовано по данным гранулометрического анализа, а также по содержанию основных породообразующих элементов и микроэлементов в отложениях. На рис. 3 показаны графики, построенные по данным факторных нагрузок, рассчитанных методом главных компонент факторного анализа. Для первого фактора отмечается антагонизм между группой элементов (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>,

TiO<sub>2</sub>, K<sub>2</sub>O), имеющих положительные корреляционные нагрузки с положительными значениями факторов (отмеченные знаком “+”), и группой элементов (SiO<sub>2</sub>, Na<sub>2</sub>O), имеющих отрицательные корреляционные нагрузки (отмечены знаком “-”). При этом второй фактор показывает антагонизм между группой элементов (SiO<sub>2</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MnO) с положительными значениями фактора и группой (CaO, LOI) с отрицательными значениями фактора. Соответственно, увеличение значений фактора для группы элементов (CaO, LOI) отражает накопление в отложениях этих элементов, и чем больше отрицательные значения, тем выше концентрации этих элементов в отложениях. Аналогично и для третьего фактора, который отражает антагонизм группы элементов (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>,

**Таблица 1.** Радиоуглеродные датировки археологического памятника Подолье-1

Название и год разреза	Глубина отбора, см	Лабораторный номер	Материал датирования	Радиоуглеродные даты, радиоуглеродных лет назад	Радиоуглеродные даты, кал. лет назад (cal BP)
Подолье-1, разрез 2012 г.	120–138	SPb_706	дерево (кол)	4338 ± 70	5279–4712
Подолье-1, разрез 2012 г.	118–120	SPb_818	уголь	4229 ± 70	4960–4534
Подолье-1, разрез 2013 г.	175–170	SPb-1479	дерево	5453 ± 120	6480–5944
Подолье-1, разрез 2013 г.	145–150	SPb-1480	еловая шишка	4730 ± 70	5590–5319
Подолье-1, разрез 2013 г.	125–120	SPb-1481	дерево	4175 ± 80	4886–4446

MnO, LOI) – положительные значения фактора и группы элементов (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, K<sub>2</sub>O, MgO) – отрицательные значения фактора. Полученные данные позволили реконструировать особенности осадконакопления на памятнике на различных горизонтах: 155–150 см – торфообразование в терригенных условиях; 140–138 см – мелководный слабо проточный водоем; 138–130 см – увеличение уровня воды в водоеме, увеличение содержания таких элементов, как Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, TiO<sub>2</sub>, K<sub>2</sub>O; 130–120 см – уменьшение уровня воды в водоеме, заболачивание, формирование торфа; 120–105 см – увеличение уровня воды в водоеме, формирование слабо проточного водоема; увеличение содержания Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, TiO<sub>2</sub>, K<sub>2</sub>O; 105–100 см – уменьшение уровня воды, обмеление, регистрируются следы почвенных процессов, процессы размыва культурного слоя; 100–55 см – резкое увеличение уровня воды, лагунные условия, слабо восстановительная среда; отложения сформировались в достаточно глубоководных условиях, резкое увеличение уровня воды привело к сильному размыву верхней части культурного горизонта; 55–40 см – уменьшение уровня воды; 40–21 см – слабо проточный водоем; 21–0 – формирование почвенного покрова.

#### **Палинологический анализ**

Общая концентрация пыльцы по всему разрезу достаточно высокая (от 150 до 900 зерен на образец). По результатам анализа снизу вверх выделено 4 палинозоны (рис. 4).

**Палинозона 1** (131–150 см) в основном представлена пыльцой древесных пород (50–76%). Общая концентрация пыльцы одна из самых низких по разрезу, однако, к концу зоны она значительно растет. Среди древесных пород доминирует пыльца сосны (до 54%). Содержание

пыльцы ели растет от 0–3.6% в основании до 10–15% выше по разрезу. Пыльца березы присутствует в незначительных количествах. Отмечена пыльца ольхи, можжевельника. Процент содержания пыльцы широколиственных пород в этой зоне максимальный. Максимальные значения отмечены для липы (4.7%), определена также пыльца *Quercus*, *Ulmus*, *Carpinus*, *Fraxinus*, *Corylus*. Среди трав преобладает пыльца злаков и осок. Пыльца трав весьма разнообразна, ее количество достигает 30%. Количество спор не превышает 15%.

**Палинозона 2** (87–131 см). Содержание пыльцы древесных пород составляет 44–74.5%. Процент пыльцы сосны немного снижается, не превышая 30%. При этом содержание пыльцы ели увеличивается до 30%. Немного растет количество пыльцы березы, но оно все также невелико (до 8%). Содержание пыльцы ольхи достигает в этой зоне своего максимума (*Alnus incana* – 6.2% и *Alnus glutinosa* – 9.7%). Количество и разнообразие пыльцы широколиственных пород снижается, но при этом остается довольно значительным. Среди травянистых по-прежнему доминирует пыльца осок и злаков. При этом снижается разнообразие и процентное содержание трав (6.5–21%). Во второй половине зоны рудеральные виды образуют практически непрерывную кривую. Отмечена пыльца водных и прибрежно-водных растений, среди которых доминирует *Typha latifolia*. Процент спор возрастает до 44%.

**Палинозона 3** (57–87 см). Процент пыльцы древесных пород сокращается (12–22.5%) за счет значительного содержания спор (31–41%). Вновь увеличивается содержание пыльцы сосны (до 35%) и сокращается количество пыльцы ели (8–13%). Снижается процент пыльцы березы

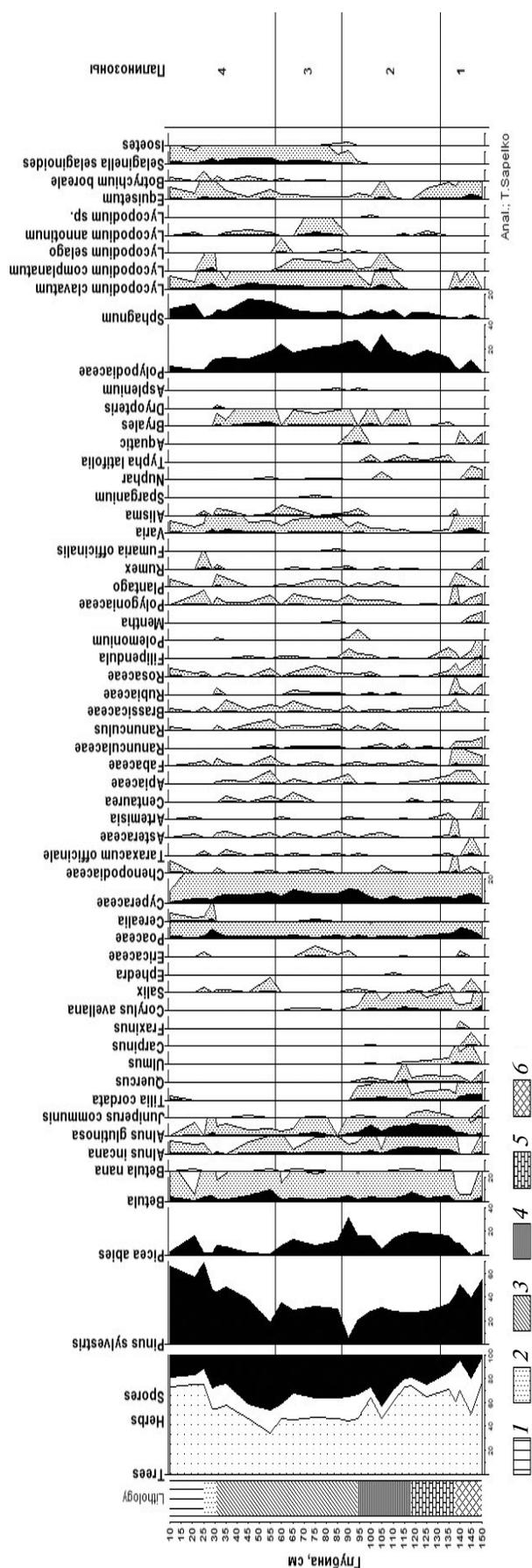


Рис. 4. Спорово-пыльцевая диаграмма разреза 2012 г. стоянки Подолье-1. Условные обозначения: литологические слои соответствуют рис. 2.

и ольхи. Исчезает пыльца широколиственных пород и ивы. Процент пыльцы травянистых остается почти неизменным. Доминирует среди трав пыльца осок (до 11%). Отмечен значительный процент видов, произрастающих на несформированных почвах, таких как *Centaurea*, *Taraxacum officinale*, *Plantago*, *Rumex*, *Fumaria officinalis* и др. Количество пыльцы водных и прибрежно-водных растений снижается. На границе зон 2 и 3 появляется пыльца *Ericaceae*, споры *Isoetes*, *Selaginella*, *Botrychium*. Среди спор плаунов отмечается большое разнообразие.

**Палинозона 4 (0–57 см).** Содержание древесных пород увеличивается и достигает 75%. При этом процент пыльцы сосны также растет и достигает в этой зоне своего максимума по разрезу – 69%. Количество пыльцы ели и ольхи невелико при некотором увеличении процента пыльцы березы. В первой половине зоны вновь появляется пыльца ивы. В конце зоны единично отмечена пыльца липы. Среди трав доминирует пыльца злаков. Во второй половине зоны появляется пыльца *Cerealia*. Процент осок, оставаясь значительным в начале зоны, ко второй половине снижается. Содержание рудеральных видов, напротив, незначительное в начале зоны, увеличивается во второй половине. Пыльца водных растений исчезает. Из прибрежно-водных растений в первой половине зоны еще значительно количество пыльцы частухи, но затем и она исчезает. Среди спор нужно отметить значительное и постоянное присутствие по всей зоне *Selaginella selaginoides*, а также *Botrychium boreale*. Из разнообразия видов плаунов в этой зоне остается только *Lycopodium clavatum*.

Растительный покров во время формирования **палинозоны 1** представлял собой термофильные широколиственные леса с преобладанием липы и дуба с включениями вяза, граба, ясеня и лещины. При этом очевидно были распространены и сосновые боры. Весьма разнообразен травяной покров, представленный как луговыми влаголюбивыми сообществами, так и ксерофитами. Присутствующие в травянистом покрове ксерофиты могут свидетельствовать о присутствии человека. Это подтверждают и рудеральные виды *Centaurea*, *Taraxacum officinale*, *Plantago*, *Rumex*. Климат был теплым и влажным. Палинозону без сомнения можно отнести к атлантическому периоду. По палинологическим данным на Онежско-Ладожском перешейке в это время также распространялись широколиственные леса с участием липы, дуба, вяза, граба, клена, лещины [17, 22]. Следующая **палинозона 2** формировалась в условиях обводнения, о чем свидетельствует широкое распространение водных и прибрежно-водных растений. Однако увеличение спор, распространение карликовой

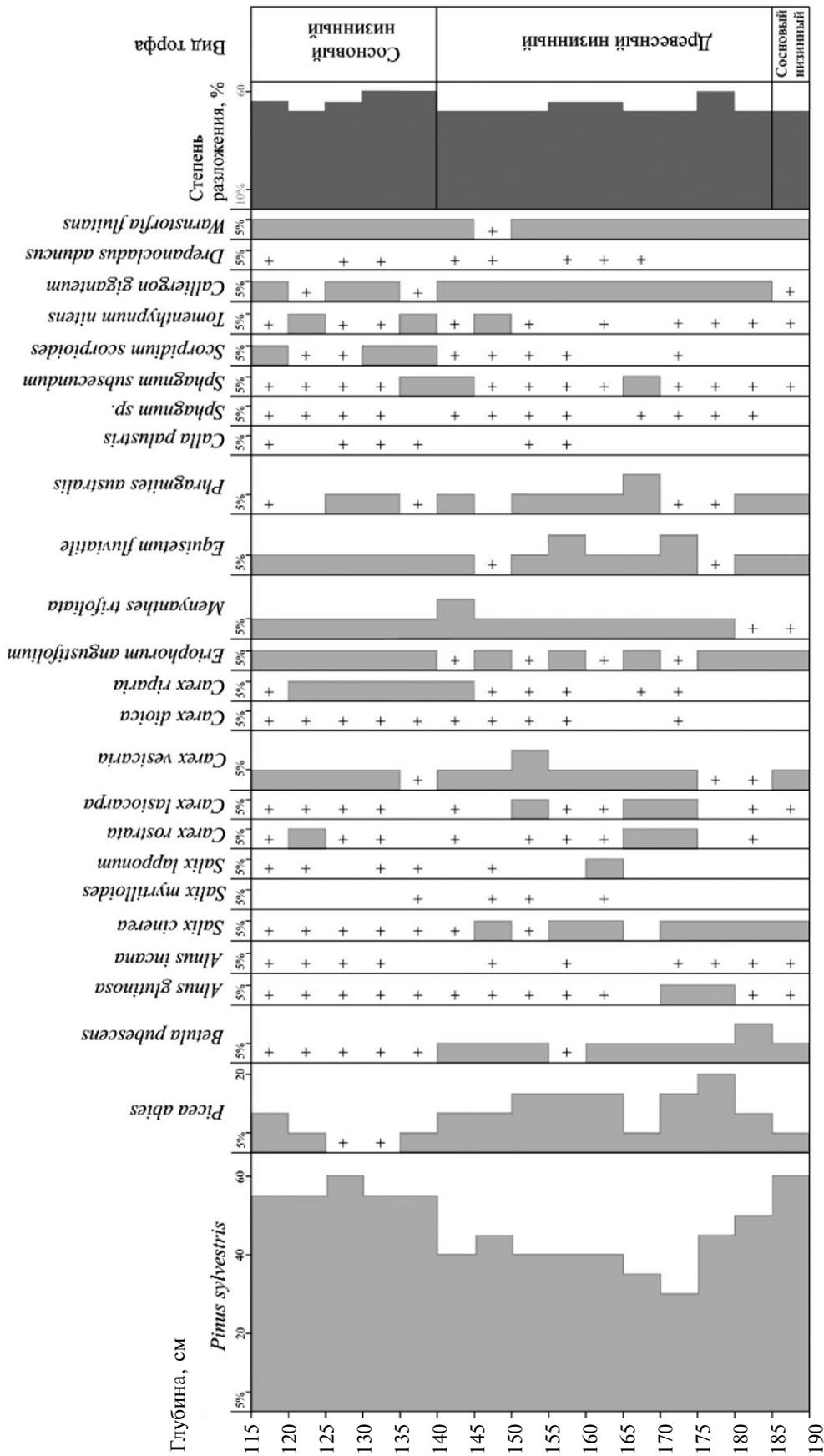


Рис. 5. Диаграмма ботанического состава торфа разреза 2013 г. стоянки Подолье-1.

березы и накопление в этот период сфагнового торфа говорит о заболачивании рассматриваемой территории. Меняется также состав лесов. Широколиственные породы все также составляют немалую часть лесов, но доминанта явно меняется. Широкое распространение получают ельники. Ареалы сосны немного ограничены. Разнообразие травяного покрова снижается. Климат остается достаточно влажным, но становится прохладней. Палинозона относится к началу суббореального периода, что подтверждают и полученные радиоуглеродные датировки. Хронологический вывод подкреплен радиоуглеродными датировками (см. табл. 1). **Палинозона 3** формировалась, вероятно, в условиях нарушенного растительного покрова, что может быть как свидетельством значительного привноса чужеродной пыльцы (это происходит при накоплении пыльцы в водоеме с большим водосборным бассейном), так и результатом антропогенного воздействия. Отражением в растительности этих процессов явилось увеличение хвойных пород (при некотором сокращении коренных на данный период еловых лесов увеличивается распространение сосны) и полное исчезновение широколиственных пород даже в качестве примеси. Широкое распространение и разнообразие плаунов, характерное лишь для этой зоны, говорит о распространении хвойных лесов. Распространены такие виды, как *Lycopodium clavatum*, *Lycopodium complanatum* и *Lycopodium selago*. Произрастание перечисленных видов вместе и присутствие в значительных количествах *Lycopodium annotinum* может свидетельствовать в пользу широкого распространения в этот период темнохвойных еловых лесов. Как известно, плаун годичный, как тенелюбивое растение, предпочитает чистые еловые леса. Следовательно, можно сделать вывод об увеличении заноса пыльцы сосны в это время. Наличие рудеральных видов в данном случае можно трактовать и как фактор присутствия человека, и как распространение травяного покрова на несформированных почвах прибрежной зоны крупного водоема. Такая тенденция уже отмечалась ранее при отступании Ладожских вод на северо-западе Ладожского озера [33]. Климат становится более прохладным. Палинозона относится ко второй половине суббореального периода. **Палинозона 4** практически целиком соответствует современной растительности. Несмотря на некоторую динамику отдельных таксонов, общая характеристика растительного покрова примерно сходна и соответствует современным условиям. Основное изменение происходит в начале зоны, когда начинается резко увеличиваться распространение сосны, которая стала вытеснять ель. Следует отметить, что изучаемая территория в настоящее время относится

к южнотаежной зоне. Однако на растительный покров рассматриваемой локальной территории оказывают серьезное воздействие антропогенные факторы. Действие этих факторов увеличивается во второй половине зоны. Однако если принять спорово-пыльцевые спектры верхних горизонтов как субрецентные (образцы отбирались из слоя современной почвы), то наличие, например, в верхних горизонтах пыльцы липы, а также увеличение пыльцы ели, может свидетельствовать о принадлежности территории в настоящее время к зоне южной тайги. Немного ниже современных горизонтов появилась пыльца культурных злаков, что говорит в пользу длительного периода земледелия на этой территории в историческое время. Климат становится суше и прохладней. Палинозону можно отнести к субатлантическому периоду.

#### **Ботанический анализ торфа**

С помощью ботанического анализа проанализирована толща слоя торфа 115–190 см из разреза 2013 г. (рис. 2). В образцах вышележащего слоя макроостатки растений не обнаружены. По полученным результатам построена диаграмма (рис. 5). В стратиграфическом разрезе с глубины 190 см прослеживается слой торфа мощностью 75 см. Над ним залегает минеральная кровля. Формирование болота в данной точке началось с заболачивания соснового леса, на месте которого отложился низинный сосновый торф высокой степени разложения (50–55%). Сосновый низинный торф залегает обычно небольшими площадями по окраинам болот в условиях грунтового и поверхностно-сточного питания. Другим видом в профиле торфяной залежи является древесный низинный торф. Эти виды торфа имеют буровато-темную окраску с включением, иногда прослоями мелко- и крупнозернистого песка. Микроскопический анализ обнаруживает в растительном волокне торфа древесные остатки в виде корки, коры и древесины сосны, ели, березы, черной и серой ольхи. Сосновый торф отличается большим содержанием остатков корки и древесины (50–60%). В древесном низинном торфе увеличивается доля остатков ели (до 15–20%). В целом, содержание древесных остатков в этих двух торфах составляет 60–70% от всего растительного волокна. Примесь остатков березы (*Betula pubescens*) постоянная, но незначительная. Единично представлены остатки ольхи (*Alnus glutinosa*, *A. incana*). Присутствие остатков ольхи серой указывает на дренированность условий произрастания лесного фитоценоза. Из кустарников в незначительном количестве (не более 5%) отмечены остатки в виде коры ивы пепельной (*Salix*



*cinerea*), ивы черниковидной (*S. myrtilloides*), ивы лапландской (*S. lapponum*). Более высокое содержание в растительном волокне торфов (от 15 до 30%) приходится на остатки корней, корневищ и эпидермиса влагалищ травянистых растений (осока, тростника, хвоща, вахты, пушицы многоколосковой). Остатки гипновых и сфагновых (низинных) мхов входят в состав волокна в объеме не более 15%. Сохранность растительных остатков в торфе слабая, особенно мхов и травянистых растений. Они фрагментарны, разрушены иногда до отдельных клеток и тканей. Под давлением толщи перекрывающих пород в течение продолжительного времени погребенные слои торфа подвергаются значительному уплотнению и обезвоживанию, изменяется температура. Все это является показателем более глубокого изменения первоначального растительного материала. Из-за хорошей сохранности древесных остатков погребенные древесные виды торфа приобретают свойства лигнитов. По определению С.Н. Тюримова [24] они называются лигнитоподобными древесными торфами с примесью эвтрофных сфагновых мхов (*Sphagnum warnstorffii*, *Sph. teres*, *Sph. centrale* и др.).

В культурном слое в значительном количестве обнаружены также зерна и определены как зерна шейхцерии болотной *Scheuchzeria palustris*. Шейхцерия болотная – светолюбивое растение, олиготроф, гигрофит. Произрастает на сфагновых болотах во влажных борах, является одним из основных торфообразователей на верховых и переходных болотах. Размножается и распространяется семенами и вегетативно. Цветет в мае–июне, плодоносит в июне–июле. На севере граница распространения этого вида проходит южнее северной границы леса, на юге доходит до степной зоны. В настоящее время *Scheuchzeria palustris* распространена по краям мочажин и сыроватым понижениям торфяных болот по всей Ленинградской области [2]. Образцы деревянных колов и реек с Подолья определены М.И. Колосовой (Государственный Эрмитаж), как ива, сосна обыкновенная, ель, черемуха. Образцы коры определены как “слои коры листовенного дерева”.

#### Диатомовый анализ

Изменения состава диатомовых комплексов, соотношения основных экологических групп и общей концентрации створок диатомей позволили выделить 4 диатомовые зоны (рис. 6).

В диатомовой зоне 1 (118–150 см) были отмечены лишь единичные фрагменты створок пресноводных диатомовых водорослей. Из

других кремнистых микрофоссилий наиболее высокая концентрация характерна для спикул губок (у нижней границы интервала). На глубине 140–138 см содержание всех кремнистых микрофоссилий резко уменьшается,

Для диатомовой зоны 2 (92–118 см) характерно постепенное увеличение содержания створок диатомей в осадках с 400 до более 60 тыс. в 1 г осадка. Здесь также отмечаются максимальные концентрации диатомей планктона (18–21 тыс.), что обусловлено присутствием в составе диатомовых комплексов *Aulacoseira islandica* и других видов *Aulacoseira*. У верхней границы зоны их содержание, однако, сокращается до 2 тыс., в то время как концентрация диатомей бентоса возрастает до 58 тыс. Некоторые из встреченных здесь видов характерны только для данной диатомовой зоны (например, *Diploneis* spp., *Rhoicosphenia abbreviata* и др.). Обнаружены также отдельные створки морских диатомей (*Amphora exigua*, *Paralia sulcata*, *Rhabdonema arcuatum* и др.). У верхней границы зоны отмечено наиболее высокое содержание реофила *Meridion circulare* et var. *constrictum*. Концентрации цист хризифитов и фитолитов заметно возрастают в направлении верхней границы зоны, тогда как содержание спикул губок колеблется в диапазоне 100–200 тыс. / 1 г осадка. В интервале 105–100 см отмечается резкое сокращение абсолютной численности всех микрофоссилий.

Диатомовая зона 3 (63–92 см) характеризуется высокими концентрациями бентосных диатомей. Наиболее многочисленны здесь обрастатели *Fragilaria* spp., *Gomphonema angustatum*, *G. parvulum* и донные *Navicula elginensis* и *Pinnularia viridis*. Постепенно возрастает также содержание диатомей-аэрофилов. Для зоны 3 характерны наиболее высокие значения концентраций створок диатомей в осадках – более 290 тыс. (70–65 см). При этом в указанном интервале отмечается понижение концентраций остальных кремнистых микрофоссилий. Содержание цист хризифитов в целом сокращается в направлении верхней границы зоны с 605 тыс. до 147 тыс. Концентрации фитолитов возрастают в зоне 3 до 880 тыс. – 997 тыс. / 1 г осадка.

Для диатомовой зоны 4 (0–63 см) характерно преобладание в составе диатомовых комплексов диатомей-аэрофилов *Hantzschia amphyoaxis*, *Navicula mutica*, *Pinnularia borealis* и др. Концентрации створок диатомей, а также остальных кремнистых микрофоссилий в целом сокращаются вверх по разрезу, достигая минимальных для зоны значений в интервале 29–21 см. Интервал 25–21 см характеризуется небольшим пиком содержания планктонных диатомей за счет *Aulacoseira subarctica*. Увеличивается также

концентрация бентосных диатомей за счет обрастателей рода *Fragilaria* (в основном *F. exigua*). В верхней части зоны (21–0 см) концентрации кремнистых микрофоссилий существенно не изменяются.

Осадконакопление на этапе, соответствующем диатомовой **зоне 1**, происходило в условиях, неблагоприятных для накопления створок диатомей, к которым относится, в частности, дефицит увлажненности, лимитирующий развитие водорослей. Очевидно, с этим же связаны сравнительно низкие концентрации других кремнистых микрофоссилий, имеющих водное происхождение — цист хризифитов и спикул губок. Рост содержания створок в отложениях **зоны 2**, а также сравнительно высокие концентрации планктонных диатомей указывают на установление субаквальных условий осадконакопления. Присутствие в составе диатомовых комплексов видов, не отмечаемых в других диатомовых зонах, свидетельствует об обстановках, сильно отличавшихся от предыдущего и от последующих этапов развития территории. Сравнительно высокое содержание *Aulacoseira islandica*, массового вида ладожского диатомового планктона, дает основание предполагать, что на рассматриваемом этапе воды Ладожского озера проникали на данную территорию. Доминирование этого вида обычно отмечается в отложениях малых озер Приладожья, в котловины которых проникали воды среднеголоценовой ладожской трансгрессии [18]. Однако, учитывая то, что, несмотря на рост концентраций створок диатомей, их значения оставались в целом невысоким, можно говорить об обстановках, неблагоприятных для развития диатомей или их аккумуляции. Присутствие в составе диатомовых комплексов реофильной диатомей *Meridion circulare* et var. *constrictum*, предпочитающей проточные хорошо аэрированные условия, указывает на возможное привнесение ее водами реки или иного водотока. Створки морских диатомей, единично присутствующие в составе диатомовых комплексов зоны 2, очевидно являются переотложенными из более древних осадков [16]. Их обнаружение также может свидетельствовать в пользу ладожской трансгрессии, в ходе которой происходил размыв морских межледниковых отложений, широко распространенных на побережье Ладожского озера. Рост концентрации спикул губок мог стать результатом как существования условий, благоприятных для развития этих организмов, в частности установления проточного режима, так и их переноса и переотложения водами трансгрессирующего водоема. Резкое увеличение содержания диатомей в осадках, характерное для **зоны 3**, свидетельствует об обстановках, более благоприятных для развития диатомовых водорослей и их накопления в осадках по сравнению

с зоной 2. Высокие концентрации бентосных диатомей указывают на осадконакопление в условиях мелководья. О зарастании мелководной зоны макрофитами свидетельствует увеличение содержания диатомей-обрастателей, тогда как на хорошую обеспеченность биогенами очевидно указывает высокое содержание донной *Navicula elginensis*, которая предпочитает эвтрофные условия и способна развиваться не только на дне водных объектов, но и на увлажненных местообитаниях. Таким образом, увеличение ее абсолютной численности в направлении верхней границы зоны 3 параллельно с ростом содержания диатомей-аэрофилов, по-видимому, указывает на продолжающееся обмеление водоема. Высокое содержание фитолитов очевидно также указывает на прибрежно-мелководные условия, т.е. на близость источника их поступления в водоем. Осадконакопление на этапе, соответствующем диатомовой **зоне 4**, происходило в условиях близких к субаэральным. Об этом свидетельствует доминирование видов-аэрофилов, низкие значения общей концентрации створок и высокое содержание фитолитов. Высокая абсолютная численность цист хризифитов, вероятно, обусловлена их лучшей сохранностью по сравнению со створками диатомей в субаэральных или близких к субаэральным условиям. Эпизод резкого снижения содержания всех кремнистых микрофоссилий, фиксируемый в верхней части зоны 4, по всей вероятности, связан с изменившимися условиями осадконакопления. В этих новых условиях вынос тонкого материала, очевидно, преобладал над его аккумуляцией. Последовавшее за этим увеличение содержания планктонных и бентосных диатомей при одновременном сокращении численности аэрофилов указывает на кратковременное подтопление рассматриваемой территории и возможное существование здесь небольшого водоема. В дальнейшем об установлении субаэральных обстановок свидетельствует доминирование аэрофильных диатомей и резкий рост содержания фитолитов. Отсутствие существенных изменений концентраций кремнистых микрофоссилий у верхней границы зоны 4 вероятно связано с перемешиванием верхней толщи отложений в результате хозяйственной деятельности человека.

## ОБСУЖДЕНИЕ

По результатам комплексного анализа разрезов из стоянки Подолье-1 прослежены изменения природной среды в районе Южного Приладожья, установлены события, фиксирующие изменения уровня Ладожского озера в районе стоянки. Нижний культурный слой приурочен к горизонту торфа, который формировался

в условиях мелководного, заболачивающегося водоема в период с атлантического и до начала суббореального периода. В **атлантический период** по палинологическим данным растительный покров представлял собой термофильные широколиственные леса с преобладанием липы и дуба с включениями вяза, граба, ясеня и лещины. При этом были распространены и сосновые боры. Весьма разнообразен травяной покров, представленный луговыми влаголюбивыми сообществами. Участок болота на месте сохранившейся торфяной залежи представлял собой влажный участок суши, формирующийся в условиях грунтового и поверхностно-сточного питания, с хорошей степенью дренированности и маломощной низинной (лесного вида) торфяной залежью. В это время на территории стоянки формировался мелкозернистый песок с включениями торфа, а затем низинный сосновый торф высокой степени разложения. По полученным данным 6480–5944 кал. л.н. отмечен влажный эпизод, когда происходило обводнение болота. Минеральный состав отложений менялся в зависимости от периодически меняющихся условий обводнения. По характеру растительного покрова на месте сохранившейся торфяной залежи было сосновое низинное дренированное болото. Дефицит увлажнения не способствовал развитию диатомовых водорослей, однако благоприятствовал выбору места для стоянки. Относительно благоприятные природные особенности данного участка болота (хороший дренаж, маломощная плотная торфяная залежь, хвойный осветленный лес и др.) послужили предпосылкой для выбора места стоянки древнего человека. Климат в целом был теплым и влажным. По данным палинологического и геохимического анализов в это время здесь отмечены максимальные значения антропогенной нагрузки. Увеличение антропогенных компонентов, рассчитанных по факторному анализу, высокий процент трав и их состав могут быть связаны с присутствием человека. Для периода торфонакопления получены радиоуглеродные датировки от 6480–5944 до 4886–4446 кал. л.н. С наступлением **суббореального периода** распространяются еловые леса. Увеличивается увлажнение климата, но становится прохладней. В районе стоянки Подолье широкое распространение получили ельники, присутствуют в составе лесов и широколиственные породы. Разнообразие травяного покрова снижается, что связано с распространением темнохвойных сомкнутых лесов. В это время продолжается торфонакопление. Формируется древесный низинный торф, скорость накопления которого увеличивается за счет зеленых и сфагновых мхов. Из-за периодического обводнения, зафиксированного

на основании геохимических данных, немного изменились условия торфонакопления. Развитие водных и прибрежно-водных растений также свидетельствует об этапах обводнения. Тип болота меняется. Низинное болото становится переходным. 4534–4446 кал. л.н. происходит очередное обводнение и на рассматриваемой территории формируется слой алевритовых отложений. По результатам геохимического и диатомового анализов в это время отмечается подъем уровня воды, и осадконакопление происходит в условиях открытого водоема, который характеризуется окислительными условиями. Появляются диатомовые водоросли, типичные для Ладожского озера. Об условиях резкого обводнения территории, связанного с трансгрессивной стадией Ладожского озера, и проникновением ладожских вод на рассматриваемую территорию свидетельствует высокое содержание *Aulacoseira islandica*, массового вида ладожского диатомового планктона. Резкое увеличение уровня воды привело к сильному размыву верхней части культурного горизонта. Все это свидетельствует о начале Ладожской трансгрессии, зафиксированной в данном разрезе. Люди покидают стоянку, что фиксируется по археологическим, геохимическим и палинологическим данным. Далее в конце суббореального периода происходит смена условий осадконакопления, связанная с началом формирования плотных серых суглинков. Климат становится более прохладным. В растительном покрове появляются вторичные сообщества, формирующиеся на нарушенном почвенном покрове. Изменяется состав лесов, где увеличивается влияние ели, о чем свидетельствуют как увеличение пыльцы ели, так и увеличение содержания макроостатков в торфе. Доминирование бентосных диатомей указывает на осадконакопление в мелководном водоеме, что подтверждают данные палинологического анализа, которые указывают на массовое развитие макрофитов. По данным геохимии формирование суглинка проходило в слабо восстановительной среде. Вероятно, такие условия могли существовать в лагунной обстановке. По данным геохимического анализа на протяжении суббореального периода фиксируются периодические повышения и понижения уровня. Изменение уровня воды в водоеме в этот период может быть связано с образованием закрытого бассейна между ранее сформированным песчаным береговым валом и Ладожским озером. Формирующийся в это время горизонт можно сопоставить с отложениями, сформировавшимися в результате Ладожской трансгрессии на памятнике Усть-Рыбежна-1 [14], где стоянка была покинута ее обитателями не позднее середины III тыс. до н.э. из-за увеличения уров-

ня воды в водоеме и затопления мыса. На это указывает резкое изменение литологического, геохимического и гранулометрического составов отложений, залегающих выше культурного слоя. Наступление *субатлантического периода* четко фиксируется по данным палинологического анализа. Климат становится суше и прохладней. Растительный покров приобретает современный облик. Основное изменение происходит в начале субатлантического периода, когда начинает резко увеличиваться распространение сосны, которая стала вытеснять ель. При сокращении еловых и широколиственных пород увеличивается роль сосны в составе лесов. Следует отметить, что изучаемая территория в настоящее время относится к южнотаежной зоне. Однако на растительный покров рассматриваемой локальной территории оказывают серьезное воздействие антропогенные факторы. Действие этих факторов увеличивается со второй половины субатлантического периода. Появляются культурные злаки, что говорит в пользу длительного периода земледелия на территории памятника. После завершения трансгрессии и установления обстановок, близких к субаэральным, люди возвращаются на прежние территории. Накопление суглинков в течение субатлантического периода далее продолжалось в субаэральных условиях. Лежащий выше прослой мелкозернистого песка связан с появлением слабопроточного водоема. Еще одно зафиксированное на рассматриваемой территории обводнение связано с формированием реки. Геохимические данные указывают на резкое уменьшение уровня воды и завершение Ладожской трансгрессии. Уменьшение концентрации створок диатомей и преобладание видов — аэрофилов среди диатомовых водорослей свидетельствуют об установлении обстановок, близких к субаэральным. По данным спорово-пыльцевого анализа со второй половины субатлантического периода резко увеличивается количество рудеральных видов. С завершением трансгрессии и установлением обстановок, близких к субаэральным, связано формирование верхнего культурного слоя.

Структура культурных слоев памятника связана с изменением гидродинамических условий его существования. Нижний культурный слой формировался перед началом Ладожской трансгрессии. Это совпадает с ранее полученными данными по неолитическим памятникам Южного Приладожья, слои которых образовались перед началом трансгрессии [1, 12] и были погребены ее отложениями. Верхний культурный слой приурочен к завершению трансгрессивной стадии. На первом этапе существования памятника люди, очевидно,

проживали здесь на свайных поселениях, так как для этого периода реконструированы периоды обводнения формирующегося торфяника. Здесь же они занимались ловлей рыбы. Полученные результаты подтвердили ранее сделанные по Южному Приладожью выводы о связи положения археологических памятников с береговыми линиями Ладожской трансгрессии. Сходная с изученным разрезом на археологическом памятнике Подолье ситуация, когда отложения Ладожской трансгрессии перекрывают торфяники, сформированные при более низком уровне озера, отмечена в разрезах на реках Оять, Сясь, Свирь, Паша и др. [10]. Торф в разрезах датируется от 8850 + 70 л.н. (10183–9690 кал. л.н.) и верхние слои от 2820 + 40 л.н. (3060–2804 кал. ВР). Все изученные палиноспектры включают значительный процент пыльцы ели и пониженное содержание пыльцы сосны. Начало накопления торфа обычно характеризуется наличием пыльцы широколиственных пород. В разрезе у д. Горная Шельдиха широколиственные породы представлены дубом и вязом [10]. Спорово-пыльцевой анализ горизонта погребенного торфа на эрозионной речной террасе высотой 10 м над ур.м. в разрезе р. Валгомки у д. Низино, фиксирующего низкий уровень Ладожского озера, показал наличие таких термофильных пород, как липа, вяз, дуб и лещина [13]. Период накопления погребенного торфа с 5160 + 40 л.н. (ЛУ-2693) (5995–5755 кал. л.н.) до 4490 + 50 л.н. (ЛУ-2694) (5307–4973 кал. л.н.). При этом во всех изученных с помощью палинологического метода разрезах реконструированы широколиственные и хвойные леса атлантического периода, переходящие в еловые леса суббореального периода. Везде, как и в изученном разрезе стоянки Подолье-1, отложения Ладожской трансгрессии соответствуют максимальному развитию еловых лесов суббореального периода, а завершение трансгрессии и понижение уровня Ладожского озера совпадает с сокращением развития еловых и увеличения площади распространением сосновых лесов субатлантического периода.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам исследования получены новые данные, уточняющие изменение уровня Ладожского озера в Южном Приладожье. Также проведена реконструкция ландшафтов южного побережья Ладожского озера с атлантического периода до современности. В результате получены данные по формированию торфяников в Южном Приладожье на абсолютных

отметках от 10 до 12 м над ур.м. с 6480 до 4446 кал. л.н. При этом влажный эпизод, когда происходило обводнение болота, зафиксированное в изученном разрезе, отмечался 6480–5944 кал. л.н. Все это время на рассматриваемой территории существовало крупное поселение. 4534–4446 кал. л.н. в связи с увлажнением климата происходит обводнение территории и формирование озерных отложений. Дальнейшее повышение уровня воды и формирование лагунных условий, очевидно, способствовало тому, что люди покинули поселение Подолье-1. Резкое увеличение уровня воды привело к сильному размыву верхней части культурного горизонта. Многочисленные радиоуглеродные датировки [6], полученные в результате исследования обширной территории археологического памятника Подолье-1 и его окрестностей, позволили уточнить, что максимальный уровень Ладожской трансгрессии был достигнут около 3500 кал. л.н. Окончание Ладожской трансгрессии на рассматриваемой территории фиксируется с началом субатлантического периода. После завершения трансгрессии и установления обстановок, близких к субэаральным, люди возвращаются на прежние территории. Структура культурного слоя памятника связана с изменением гидродинамических условий его существования. Нижний культурный слой формировался перед началом Ладожской трансгрессии. Верхний культурный слой приурочен к завершению трансгрессивной стадии.

#### ФИНАНСИРОВАНИЕ

Статья подготовлена в рамках государственного задания ИНОЗ РАН по теме № 0154-2019-0001 “Комплексная оценка динамики экосистем Ладожского озера и водоемов его бассейна под воздействием природных и антропогенных факторов”.

#### FUNDING

The article was prepared within the framework of the state-ordered research theme of the Institute of Limnology RAS, no. 0154-2019-0001 “Comprehensive assessment of the dynamics of the ecosystems of Lake Ladoga and the water bodies of its basin under the influence of natural and man-made factors”.

#### БЛАГОДАРНОСТИ

За помощь в полевых работах авторы выражают благодарность Д.В. Герасимову, М.А. Анисимову и Е.С. Носевич.

#### ACKNOWLEDGEMENTS

The authors are grateful to D.V. Gerasimov, M.A. Anisimov and E.S. Nosevich for assistance in the fieldwork.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Александровский А.Л., Арсланов Х.А., Давыдова Н.Н., Долуханов П.М., Зайцева Г.И., Кирпичников А.Н., Кузнецов Д.Д., Лавенто М., Лудикова А.В., Носов Е.Н., Савельева Л.А., Сапелко Т.В., Субетто Д.А. Новые данные относительно трансгрессии Ладожского озера, образования реки Невы и земледельческого освоения Северо-Запада России // ДАН. 2009. Т. 424. № 5. С. 682–687.
2. Атлас дикорастущих растений Ленинградской области. М.: КМК, 2010. 664 с.
3. Гричук В.П. Методика обработки осадочных пород, бедных органическими остатками, для целей пылевого анализа // Проблемы физической географии. 1940. Вып. 8. С. 53–58.
4. Гурина Н.Н. Древняя история Северо-Запада европейской части СССР // Материалы и исследования по археологии СССР. № 87. М.–Л., 1961. 584 с.
5. Гусенцова Т.М. По следам древних культур Южного Приладожья: молодежная археологическая экспедиция // Геология в школе и вузе: геология и цивилизация. Т.1. СПб.: РГПУ им. А.И. Герцена, 2013. С. 46–49.
6. Гусенцова Т.М., Кулькова М.А., Рябчук Д.В., Сергеев А.Ю., Холкина М.А. Геоархеология памятников первобытной эпохи Приневского региона // Геология, геоэкология, эволюционная география. Т. XII. СПб.: РГПУ им. А.И. Герцена, 2014. С. 189–197.
7. Давыдова Н.Н. Диатомовые водоросли – индикаторы природных условий водоемов в голоцене. Л.: Наука, 1985. 244 с.
8. Домбровская Ф.В., Коренева М.М., Тюренов С.Н. Атлас растительных остатков, встречаемых в торфе. М.–Л.: Госэнергоиздат, 1959. 90 с.
9. Иностранцев А.А. Доисторический человек каменного века побережья Ладожского озера. СПб.: тип. М.М. Стасюлевича, 1882. 291 с.
10. История Ладожского, Онежского, Псковско-Чудского озер, Байкала и Ханки. Серия: История озер СССР. Л.: Наука, 1990. 279 с.
11. Кац Н.Я., Кац С.В., Скобеева Е.И. Атлас растительных остатков в торфах. М.: Недра, 1977. 376 с.
12. Квасов Д.Д., Назаренко В.А. О датировке максимума Ладожской трансгрессии // История оз. Вильнюс. 1970. С. 332–341.
13. Кошечкин Б.И., Адаменко И.В., Арсланов Х.А., Джиноридзе Р.Н., Хомутова В.И. Береговые образования голоценовой трансгрессии в Южном Приладожье // Изв. РГО. 1992. Т. 124. Вып. 6. С. 541–547.
14. Кулькова М.А., Козин Н.А., Мурашкин А.И., Герасимов Д.В., Юшкова М.А. Геоэкологиче-

- ские особенности неолитической стоянки Усть-Рыбежна 1 // Хронология, периодизация и кросс-культурные связи в каменном веке. СПб.: Наука, 2008. С. 201–220.
15. Куприянова Л.А., Алешина Л.А. Пыльца и споры растений флоры европейской части СССР. Л.: Наука, 1972. 171 с.
  16. Лак Г.Ц. О морских надморенных отложениях на северо-восточном побережье Ладожского озера // Стратиграфия и палеогеография четвертичного периода Севера европейской части СССР. Петрозаводск: Изд-во Карельского филиала АН СССР, 1977. С. 83–87.
  17. Лисицына Г.Н. Вопросы палеогеографии неолита районов Северо-Запада европейской части СССР // Материалы и исследования по археологии СССР. Т. 87. М.–Л., 1961. С. 535–578.
  18. Лудикова А. В. Свидетельства среднеголоценовой трансгрессии Ладожского озера по данным диатомового анализа // Известия РГО, 2015, Т. 147, Вып. 4, с. 38–51.
  19. Малаховский Д.Б., Арсланов Х.А., Гей Н.А., Джиноридзе Р.Н., Козырева М.Г. Новые данные по голоценовой истории Ладожского озера // Эволюция природных обстановок и современное состояние геосистемы Ладожского озера. СПб.: Изд-во Российского географического общества, 1993. С. 61–73.
  20. Марков К.К. Последледниковая история юго-восточного побережья Ладожского озера // Вопр. географии. М. 1949. Вып. 12. С. 213–220.
  21. Минюк П.С., Борходоев В.Я. Геохимические индикаторы седиментационных и постседиментационных событий в озерах северо-востока России // Материалы VII Всероссийского литологического совещания, Новосибирск, 2013. С. 282–285.
  22. Сапелко Т.В., Кузнецов Д.Д., Плотникова Е.В., Кулькова М.А. Изменение природных обстановок в голоцене на Онежско-Ладожском перешейке // Изв. РГО. 2016. Т. 148. № 2. С. 35–43.
  23. Тимофеев В.И. Памятники мезолита и неолита региона Петербурга и их место в системе балтийских культур каменного века // Древности Северо-Запада. СПб.: Петербургское востоковедение, 1993. С. 8–33.
  24. Тюремнов С.Н. Торфяные месторождения. М.: Недра, 1976. 488 с.
  25. Шеффер Е.Г. Некоторые черты развития южного Приладожья в голоцене // Вестн. ЛГУ. 1967. № 2. С. 159–162.
  26. Ailio J. Die geographische Entwicklung des Ladogasees in Postglaziales Zeit und ihre Beziehung zur steinzeitlichen Besiedelung // Fennia. 1915. V. 38. № 3. 157 p.
  27. Bronk Ramsey C. Bayesian analysis of radiocarbon dates // Radiocarbon. 2009. № 51 (1). P. 337–360.
  28. Grimm E. Tilia 1.12, Tilia Graph 1.18. Illinois State Museum. Springfield, 1991.
  29. Нууппа Е. Beiträge zur Kenntnis der Ladoga- und Aculustransgressionen. Bulletin de Coommision Géologique de Finlande, 1943, vol. 128, pp. 139–178.
  30. Moore P.D., Webb J.A., Collinson M.E. Pollen analysis 2<sup>nd</sup> edition, 1–216. Blackwell Scientific Publications, Oxford, 1991. 216 p.
  31. Reimer P.J., Bard E., Bayliss A., Beck J.W., Blackwell P.G., Bronk Ramsey C., Grootes P.M., Guilderson T.P., Hafliðason H., Hajdas I., Hatte C., Heaton T.J., Hoffmann D.L., Hogg A.G., Hughen K.A., Kaiser K.F., Kromer B., Manning S.W., Niu M., Reimer R.W., Richards D.A., Scott E.M., Southon J.R., Staff R.A., Turney C.S.M., van der Plicht J. IntCal13 and Marine13 Radiocarbon Age Calibration Curves 0–50,000 Years cal BP // Radiocarbon. 2013. № 55 (4). P. 1869–1887.
  32. Saarnisto M., Grönlund T. Shoreline displacement of Lake Ladoga – new data from Kilpolansaari // Hydrobiologia. 1996. V. 322. P. 205–215.
  33. Sapelko T., Subetto D., Gerasimov D., Ludikova A., Kuznetsov D., Dolukhanov P. Paleolimnology and Paleoenvironments of Lake Uzlovoye (Lake Ladoga Region, NW Russia) // Man and environment in boreal forest zone: past, present and future. Processing of International Conference, Moscow, 2008. P. 85–87.
  34. Juggins S. C2 Vesion 1.5 User guide. Software for ecological and palaeoecological data analysis and visualisation. Newcastle upon Tyne: Newcastle University, 2007. 73 p.

## REFERENCES

1. Aleksandrovskii A.L., Arslanov H.A., Davydova N.N., Dolukhanov P.M., Zaitseva G.I., Kirpichnikov A.N., Kuznetsov D.D., Lavento M., Ludikova A.V., Nosov E.N., Savel'eva L.A., Sapelko T.V., Subetto D.A. New data on the Ladoga transgression, the Neva River formation, and agricultural development of the North-West of Russia. *Dokl. Akad. Nauk*, 2009, vol. 424, no. 5, pp. 682–687. (In Russ.).
2. *Atlas dikorastushchikh rastenii Leningradskoi oblasti* [Atlas of Wild Plants of the Leningrad Region]. Moscow: KMK Publ., 2010. 664 p.
3. Grichuk V.P. Methodology for processing sedimentary rocks poor in organic residues for pollen analysis. *Probl. Fizicheskoi Geogr.*, 1940, no. 8, pp. 53–58. (In Russ.).
4. Gurina N.N. *Drevnyaya istoriya Severo-Zapada evropeiskoi chasti SSSR* [The Ancient History of the North-West of the European Part of the USSR]. M.–Leningrad: Nauka Publ., 1961. 584 p.
5. Gusentsova T.M. Following the traces of the ancient cultures of the South Ladoga: youth archaeological expedition. In *Geologiya v shkole i vuze: geologiya i tsivilizatsiya* [Geology at School and University: Geology and Civilization]. St. Petersburg: Ross. Gos. Pedagogicheskii Univ. im. A.I. Gertsena, 2013, vol. 1, pp. 46–49. (In Russ.).
6. Gusentsova T.M., Kul'kova M.A., Ryabchuk D.V., Sergeev A.YU., Kholkina M.A. Geoaerchology of the primitive era monuments of the Neva region. In *Geologiya, geoekologiya, evolyutsionnaya geografiya* [Geology, Geoecology, Evolutionary Geography]. St. Petersburg: Ross. Gos. Pedagogicheskii Univ. im. A.I. Gertsena, 2014, vol. 12, pp. 189–197. (In Russ.).

7. Davydova N.N. *Diatomovye vodorosli — indikatory prirodnykh uslovii vodoemov v golotsene* [Diatoms — Indicators of the Natural Conditions of Reservoirs in the Holocene]. Leningrad: Nauka Publ., 1985. 244 p.
8. Dombrovskaya F.V., Koreneva M.M., Tyuremnov S.N. *Atlas rastitel'nykh ostatkov, vstrechaemykh v torfe* [Atlas of Plant Debris Found in Peat]. M.-Leningrad: Gosenergoizdat Publ., 1959. 90 p.
9. Inostrantsev A.A. *Doistoricheskii chelovek kamennogo veka poberezh'ya Ladozhskogo ozera* [Prehistoric Stone Age Man on the Coast of the Ladoga Lake]. St. Petersburg: M.M. Stasyulevich Publ., 1882. 291 p.
10. *Istoriya Ladozhskogo, Onezhskogo, Pskovsko-Chudskogo ozera. Baikal i Hanki* [History of Ladoga, Onega, Pskov-Chudskoye, Baikal and Hanka Lakes]. Leningrad: Nauka Publ., 1990. 279 p.
11. Kats N.Ya., Kats S.V., Skobeeva E.I. *Atlas rastitel'nykh ostatkov v torfakh* [Atlas of Plant Debris in Peat]. Moscow: Nedra Publ., 1977. 376 p.
12. Kvasov D.D., Nazarenko V.A. On dating the maximum of the Ladoga transgression. In *Istoriya ozer* [History of Lakes]. Gudelis V.K., Ed. Vilnius, 1970, pp. 332–341. (In Russ.).
13. Koshechkin B.I., Adamenko I.V., Arslanov H.A., Dzhi-noridze R.N., Khomutova V.I. Coastal formations of the Holocene transgression in the South Ladoga Region. *Izv. Russ. Geogr. O—va*, 1992, vol. 124, no. 6, pp. 541–547. (In Russ.).
14. Kul'kova M.A., Kozin N.A., Murashkin A.I., Gerasimov D.V., Yushkova M.A. Geocological features of the Neolithic site of Ust-Rybizhna 1. In *Khronologiya, periodizatsiya i krosskul'turnye svyazi v kamennom veke* [Chronology, Periodization and Cross-cultural Ties in the Stone Age]. St. Petersburg: Nauka Publ., 2008, pp. 201–220. (In Russ.).
15. 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 European Part of the USSR]. Leningrad: Nauka Publ., 1972. 171 p.
16. Lak G.Ts. On maritime habitation on the Northeast coast of Lake Ladoga. In *Stratigrafiya i paleogeografiya chetvertichnogo perioda Severa evropeiskoi chasti SSSR* [Stratigraphy and Paleogeography of the Quaternary in the North of the European Part of the USSR]. Petrozavodsk: Karelskii Filial Akad. Nauk SSSR, 1977, pp. 83–87. (In Russ.).
17. Lisitsyna G.N. Questions of paleogeography of the Neolithic regions of the Northwest of the European part of the USSR. In *Materialy i issledovaniya po arkheologii SSSR* [Materials and Research on Archaeology of the USSR]. Moscow; Leningrad, 1961, vol. 87, pp. 535–578. (In Russ.).
18. Ludikova A.V. Diatom evidences for the Mid-Holocene Lake Ladoga transgression. *Izv. Russ. Geogr. O—va*, 2015, vol. 147, no. 4, pp. 38–51. (In Russ.).
19. Malakhovskii D.B., Arslanov H.A., Gei N.A., Dzhi-noridze R.N., Kozyreva M.G. New data on the Holocene history of Lake Ladoga. In *Evolutsiya prirodnykh obstanovok i sovremennoe sostoyanie geosistemy Ladozhskogo ozera* [Evolution of Natural Conditions and the Current State of the Lake Ladoga Geosystem]. Davydova N.N., Koshechkin B.I., Eds. St. Petersburg: Russ. Geogr. o—vo, 1993, pp. 61–73. (In Russ.).
20. Markov K.K. Postglacial history of the South-Eastern coast of Lake Ladoga. In *Voprosy geografii. Sb. 12: Istoricheskoe zemlevedenie* [Problems of Geography. Vol. 12: Historical Geography]. Markov K.K., Ed. Moscow, 1949, pp. 213–220. (In Russ.).
21. Minyuk P.S., Borkhodoev V.Ya. Geochemical indicators of sedimentation and post-sedimentation events in the lakes of the North-East of Russia. In *Materialy VII Vserossiiskogo litologicheskogo soveshchaniya* [Proc. VII All-Russia Lithological Meeting (Novosibirsk, 28–31 October 2013)]. Novosibirsk, 2013, pp. 282–285. (In Russ.).
22. Sapelko T.V., Kuznetsov D.D., Plotnikova E.V., Kul'kova M.A. Changes in natural conditions in the Holocene on the Onega-Ladoga Isthmus. *Izv. Russ. Geogr. o—va*, 2016, vol. 148, no. 2, pp. 35–43. (In Russ.).
23. Timofeev V.I. Settlements of the Mesolithic and Neolithic of the St. Petersburg region and their place in the system of Baltic stone age cultures. In *Drevnosti Severo-Zapada* [Northwest Antiquities]. St. Petersburg: Peterburgskoe Vostokovedenie Publ., 1993, pp. 8–33. (In Russ.).
24. Turemnov S.N. *Torfyanye mestorozhdeniya* [Peat Deposits]. Moscow: Nedra Publ., 1976. 488 p.
25. Sheffer E.G. Some features of the development of the Southern Ladoga in the Holocene. *Vestn. Leningrad. Gos. Univ.*, 1967, no. 12, pp. 159–162. (In Russ.).
26. Ailio J. Die geographische Entwicklung des Ladogasees in Postglaziales Zeit und ihre Beziehung zur steinzeitlichen Besiedelung. *Fennia*, 1915, vol. 38, no. 3. 157 p.
27. Ramsey C.B. Bayesian analysis of radiocarbon dates. *Radiocarbon*, 2009, vol. 51, no. 1, pp. 337–360. doi 10.1017/S0033822200033865
28. Grimm E. Tilia version 1.12. Tilia Graph version 1.18. Illinois State Museum. Springfield, 1991.
29. Hyypä E. Beiträge zur Kenntnis der Ladoga- und Aacylustransgressionen. *Bulletin de Coommission Géologique de Finlande*, 1943, vol. 128, pp. 139–178.
30. Moore P.D., Webb J.A., Collinson M.E. *Pollen Analysis*. Oxford: Blackwell Sci. Publ., 1991, 2<sup>nd</sup> ed. 216 p.
31. Reimer P.J., Bard E., Bayliss A., Beck J.W., Blackwell P.G., Bronk Ramsey C., Grootes P.M., Guilderson T.P., Hafli-dason H., Hajdas I., Hatte C., Heaton T.J., Hoffmann D.L., Hogg A.G., Hughen K.A., Kaiser K.F., Kromer B., Manning S.W., Niu M., Reimer R.W., Richards D.A., Scott E.M., Southon J.R., Staff R.A., Turney C.S.M., van der Plicht J. IntCal13 and Marine13 Radiocarbon Age Calibration Curves 0–50,000 Years cal BP. *Radiocarbon*, 2013, vol. 55, no. 4, pp. 1869–1887.
32. Saarnisto M., Grönlund T. Shoreline displacement of Lake Ladoga — new data from Kilpolansaari. *Hydrobiologia*, 1996, vol. 322, nos. 1–3, pp. 205–215.
33. Sapelko T., Subetto D., Gerasimov D., Ludikova A., Kuznetsov D., Dolukhanov P. Paleolimnology and paleoenvironments of Lake Uzlovoye (Lake Ladoga Region, NW Russia). In *Man and Environment in Boreal Forest Zone: Past, Present and Future*. Moscow: Central Forest State Natural Biosphere Reserve, 2008, pp. 85–87.
34. Juggins S. C2 Version 1.5 User Guide. Software for Ecological and Palaeoecological Data Analysis and Visualisation. Newcastle upon Tyne: Newcastle Univ., 2007. 73 p.

## Ladoga Transgression and Landscapes of the Holocene Second Half in the Southern Ladoga Area (According to the Study of the Archaeological Site Podolje-1)

T. V. Sapelko<sup>1, \*</sup>, T. M. Gusentsova<sup>2</sup>, M. A. Kulkova<sup>3</sup>, A. V. Ludikova<sup>1</sup>,  
V. P. Denisenkov<sup>4</sup>, and N. Yu. Korneenkova<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Institute of Limnology Russian Academy of Sciences, St. Petersburg, Russia*

<sup>2</sup> *ANO Scientific and Research Institute for Cultural and Natural Heritage, St. Petersburg, Russia*

<sup>3</sup> *Herzen State Pedagogical University, St. Petersburg, Russia*

<sup>4</sup> *St. Petersburg State University, St. Petersburg, Russia*

Received May 23, 2018; revised April 15, 2019; accepted May 30, 2019

In Southern Ladoga area, we studied the new archaeological site Podolje 1, located 4 km from Lake Ladoga. Studies included archaeological, lithological, geochemical, pollen, botanical, diatom and radiocarbon analyzes. As a result, new data were obtained that specified the development of the Ladoga transgression in the second half of the Holocene in the Southern Ladoga area. The dependence of the formation of cultural layers on changes in the hydrodynamic conditions of its existence is established. The lower cultural layer was formed before the beginning of the Ladoga transgression. The upper cultural layer was formed after the transgressive stage. At absolute elevations from 10 to 12 m above Sea level in the Southern Ladoga area from 6480 to 4446 cal. BP peatlands were formed. In this case, 6480–5944 cal. BP there was a period of some humid climate. 4534–4446 cal. BP, the beginning of the Ladoga transgression is recorded on the territory of the site. The completion of the Ladoga transgression was marked at the beginning of the Subatlantic period.

**Keywords:** Ladoga transgression, peatlands, archaeological site, Holocene, palynology, diatoms, macrofossils, geochemistry.

**DOI:** <https://doi.org/10.31857/S2587-55662019578-95>