

НОВЫЕ ДАННЫЕ ПО КВАРТЕРУ ПРИЛАДОЖЬЯ: ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПОЛЕВЫХ РАБОТ 2020 ГОДА.

¹Дуданова В.И., ¹Шухвостов Р.С., ¹Кашкевич М.П., ²Шитов М.В.

¹Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия
²ФГБУ «ВСЕГЕИ», Санкт-Петербург, Россия

Полевые и камеральные работы 2020 г. по изучению позднеледниковой и голоценовой истории Ладожского озера были проведены на трех площадях – в северо-западном Приладожье у пос. Кузнечное на болоте Суо, юго-восточном – в нижнем течении р. Оять, а также на протяжении 20 км участка верхнего и среднего течения Невы от пос. Невская Дубровка до района пос. им. Свердлова – пос. Понтонный. В результате георадарного профилирования, заверочного бурения и нивелирных работ на болоте Суо установлено, что мощность торфа и сапропеля в 1,5 раза больше, а поверхность болота – на 11 м выше, чем было известно по литературным данным: болото Суо не подходит для палеогидрологических реконструкций – голоценовые трансгрессии Ладожского озера указанных высот не достигали, а малое озеро на месте современного болота отделилось от Ладоги уже в позднеледниковое время. Основным результатом работ в Приневье является прослеженное на 20 км вдоль берега закономерное сочетание позднеледниковых флювиальных песков со специфическими текстурами – «древненевская секвенция», которая указывает на возникновение флювиальной (гляциофлювиальной) системы на месте современной Приневской низменности еще в позднеледниковье при первом дренаже Балтийского ледникового озера (БЛО) и на ее развитие на фоне последующего подъема уровня воды и финального дренажа БЛО на рубеже плейстоцена–голоцена. Кроме того, изменения уровня позднеледникового палеобассейна тесно связаны с формированием криогенных комплексов, а в состав отложений, которыми они представлены, входят индикаторы криоаридных условий – нивейно-эоловые пески, обнажающиеся в юго-восточном Приладожье на р. Оять. В продолжение полевых исследований 2019 г. камеральные (лабораторные) работы 2020 г. – гранулометрический анализ и сканирующая электронная микроскопия – дополняют основу для разработки региональной криостратиграфической схемы.

Ключевые слова: *Ладожское озеро, Карельский перешеек, р. Нева, палеогидрология, нивейно-эоловые пески, позднеледниковье, голоцен*

Введение. Одной из классических проблем четвертичной геологии северо-запада России является механизм и время возникновения стока из Ладожского озера в Балтийское море. Происходил ли этот сток на протяжении почти всего голоцена через северную часть Карельского перешейка по гипотетическому Гейниокскому проливу, как предполагает широко известная модель Де-Геера–Айлио с гляциоизостатическим подъемом порога стока в районе Вещево, развитием позднеголоценовой ладожской трансгрессии и прорывом Невы через гипотетический Мгинско-Тосненский водораздел около 3,2 тыс. лет назад (см., например, [De-Geer, 1893; Ailio, 1915; Saarnisto et al., 1996])? Или Нева существовала задолго до ладожской трансгрессии уже с позднеледникового времени в виде пролива между древней Ладогой и БЛО с последующим врезанием вслед за снижением базиса эрозии в иольдиевое и анциловое, а ладожская трансгрессия являлась следствием слабой разработанностью профиля древней Невы и локальной позднеголоценовой тектоникой [Марков и др., 1934; Верзилин и др., 1998; Шитов и др., 2019; Дуданова и др., 2020])? Существовала ли бифуркация стока из Ладожского озера одновременно по Гейниокскому проливу и по Неве [Марков и др., 1934])?

Эти вопросы обсуждаются более 130 лет и в них за последние годы достигнут некоторый прогресс [Шитов и др., 2019; Дуданова и др., 2020], причем их окончательное решение требует изучения разрезов позднеледниковых и голоценовых отложений, связанных с развитием разновозрастных Ладожских и Балтийских палеобассейнов как в северной части Карельского перешейка, так и в южной – в Приневье, где сохранились следы древней позднеледниковой флювиальной системы [Дуданова и др., 2020]. Поэтому

наши полевые исследования 2020 г. включали работы на болоте Суо в северо-западном Приладожье, имевшем, возможно, связь с Ладогой в максимум ладожской трансгрессии и продолжение работ в верхнем и среднем течении Невы.

Кроме того, с изменениями уровня позднеледникового палеобассейна (Балтийского ледникового озера) и установлением на освободившихся участках суши перигляциальных условий, тесно связано формирование криогенных комплексов, в состав отложений которых входят индикаторы криоаридных условий – нивейно-эоловые пески, обнажающиеся на территории юго-восточного Приладожья в нижнем течении р. Оять. Их изучение было начато в ходе полевых работ 2019 г. и продолжено в 2020 г. – реликты криогенных процессов открывают перспективы для разработки региональной криостратиграфической шкалы позднеледниковых отложений в области распространения БЛО.

Основные результаты и их обсуждение. Одним из стандартных методов реконструкции изменений уровня воды ладожских палеобассейнов является определение возраста изоляционных контактов в донных отложениях малых озер, имевших в прошлом связь с Ладожским озером (см., например, [Saarnisto et al., 1996; Saarnisto, 2012] или датирование регрессивных контактов по подошве торфяников на месте стока, как например, Нижнеосиновское болото в Центральной части Карельского перешейка на трассе гипотетического Гейниокского пролива или Усть-Тосненский торфяник в Приневской низменности, где регрессивные контакты на абс. высоте 19,0 м и 12,3 м соответственно, имеют возраст 9,2 тыс. лет и 9,5 тыс. лет [Малаховский и др., 1993; Кузьмин и др., 1991].

Одним из таких перспективных объектов для определения возраста изоляционных/регрессивных контактов, связанных с завершением позднеголоценовой трансгрессии Ладожского озера на высоких гипсометрических отметках, представлялось

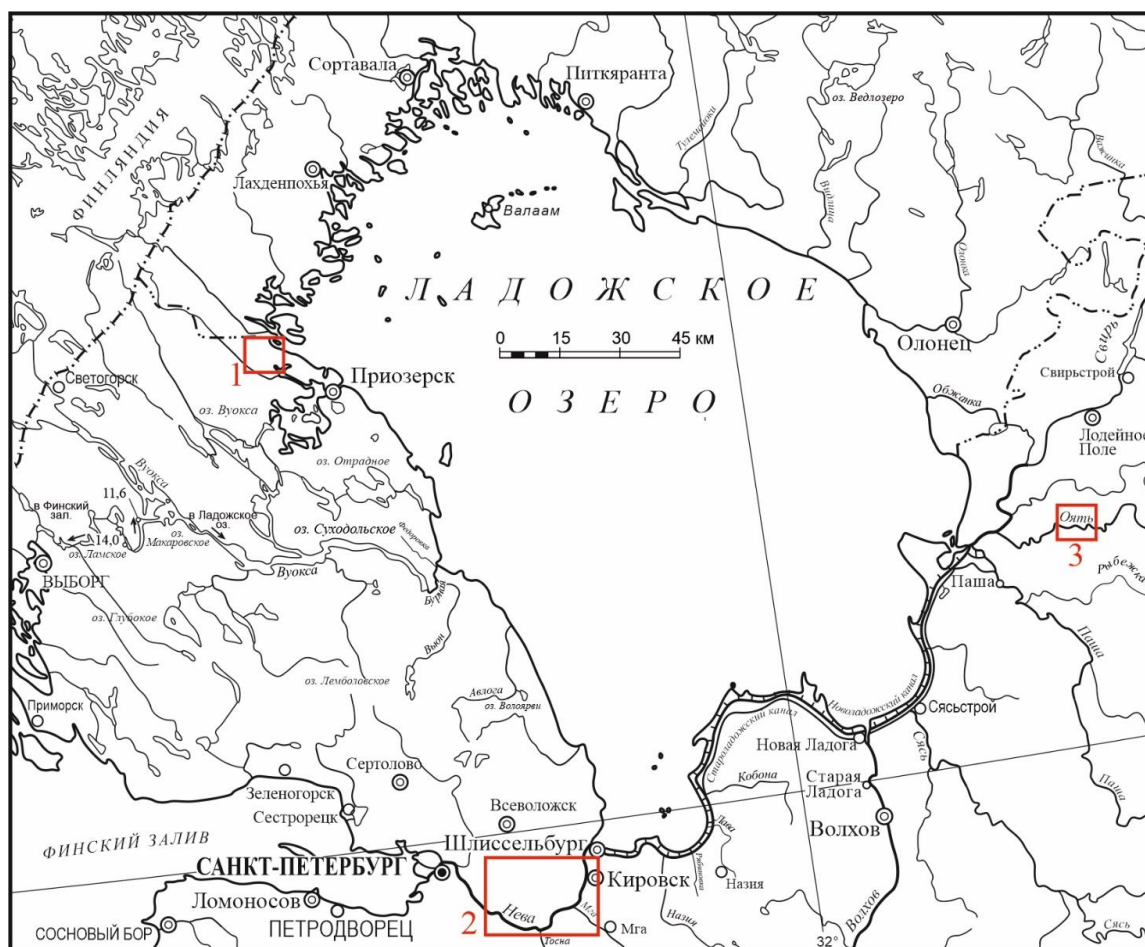


Рис. 1. Местоположение районов работ в 2020 г.: 1 - болото Суо, 2 - долина р. Невы, 3 - р. Оять между дер. Шириничи и Шангиничи

болото Суо в северо-западном Приладожье в 4 км к юго-востоку от п.г.т. Кузнечное (Рис. 1). Оно имеет размер около 250×100 м, расположено на территории полигона учебно-научной базы СПбГУ «Приладожская» в 1,5 км к юго-западу от оз. Суури и является объектом исследований ландшафтоведов, болотоведов и палеогеографов СПбГУ уже более 20 лет. Судя по известным данным, в болоте Суо торфяная залежь мощностью 6,3 м залегает на раннеголоценовых или позднеледниковых отложениях, а высота поверхности болота составляет 18,5 м абс. [Субетто и др., 1999; Денисенков и др., 2006], то есть оно находится на высотах, которых позднеголоценовая ладожская трансгрессия достигала и поэтому может быть использовано для определения возраста регрессивного постладожского контакта. 1 000

В ходе полевых работ весны 2020 г. было проведено георадарное профилирование (георадар «ОКО-1 М», 150 МГц), заверочное бурение 4 скважин, описание кернов и отбор образцов на радиоуглеродное датирование, а также выполнен нивелирный ход, позволивший установить действительную гипсометрическую отметку поверхности болотного массива. Наиболее полная последовательность отложений была вскрыта в скважине №3 (сверху вниз, Рис. 2):

1. 0,0–5,8 м: торф от коричневого, буроватого цвета в верхней части до темно-коричневого – в нижней, местами сильно обводненный; в нижней части наблюдается горизонтальное переслаивание торфа и серовато-коричневого сапропеля (Рис. 3.1); контакт с подстилающей пачкой постепенный, градиентный (Рис. 3.2);

2. 5,8–7,4 м: сапропель глинистый зеленовато-коричневого цвета, однородный, неслоистый; граница с нижележащей пачкой отчетливая, резкая по гранулометрическому составу (Рис. 3.3);

3. 7,4–8,0 м: ленточные глины голубовато-серого цвета с частой, тонкой слойчатостью (1-2 мм), в кровле которых фиксируются маломощные песчаные и алевитистые прослои светло-розового цвета.

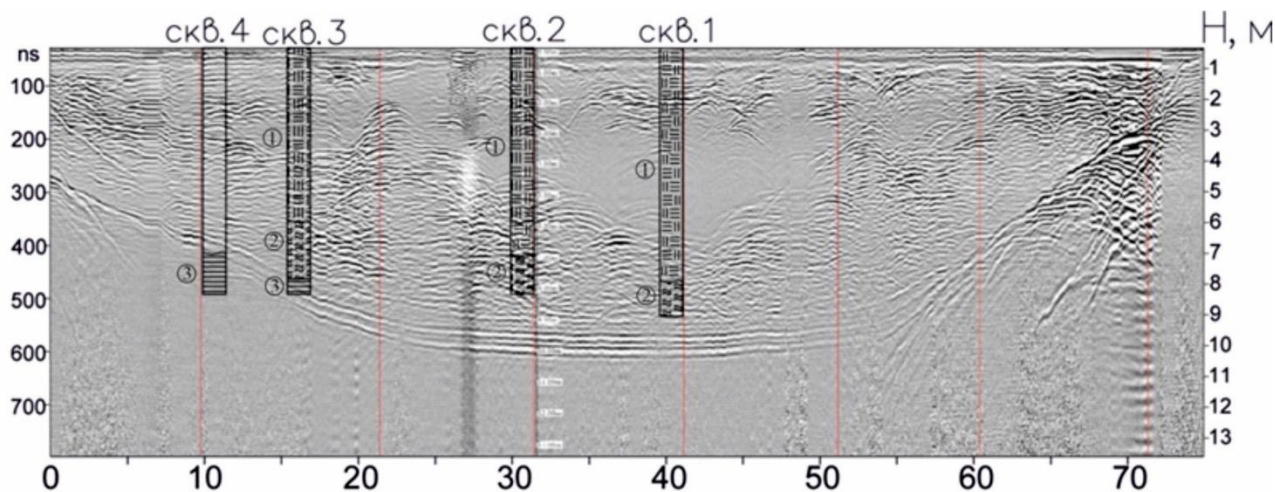


Рис. 2. Радарограмма поперечного профиля PR SUO 3

Условные обозначения:



По георадиолокационным данным (Рис. 2) максимальная мощность органогенных отложений в центральной части болота Суо достигает 9,5 м, что в 1,5 (!) раза больше, чем было описано предшественниками, а высота поверхности болотного массива, установленная нивелирным ходом, составляет 29,5 м абс., что на 11 м выше, чем считалось ранее [Субетто и др., 1999]. Отсюда следует, что древнее озеро на месте современного болота Суо отделилось от Ладоги уже в позднеледниковое время и позднеголоценовая ладожская трансгрессия (14–15 м абс.) в его пределы не проникала, а

изученный объект не пригоден для реконструкции изменений уровня Ладожского озера в голоцене.

Климатические изменения с формированием и последующей деградацией

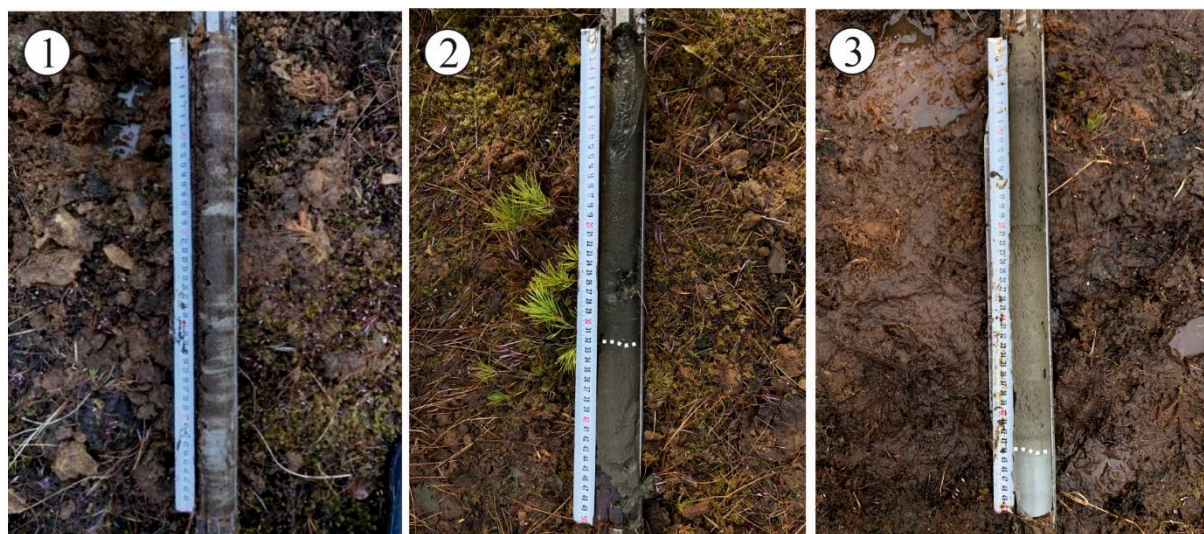


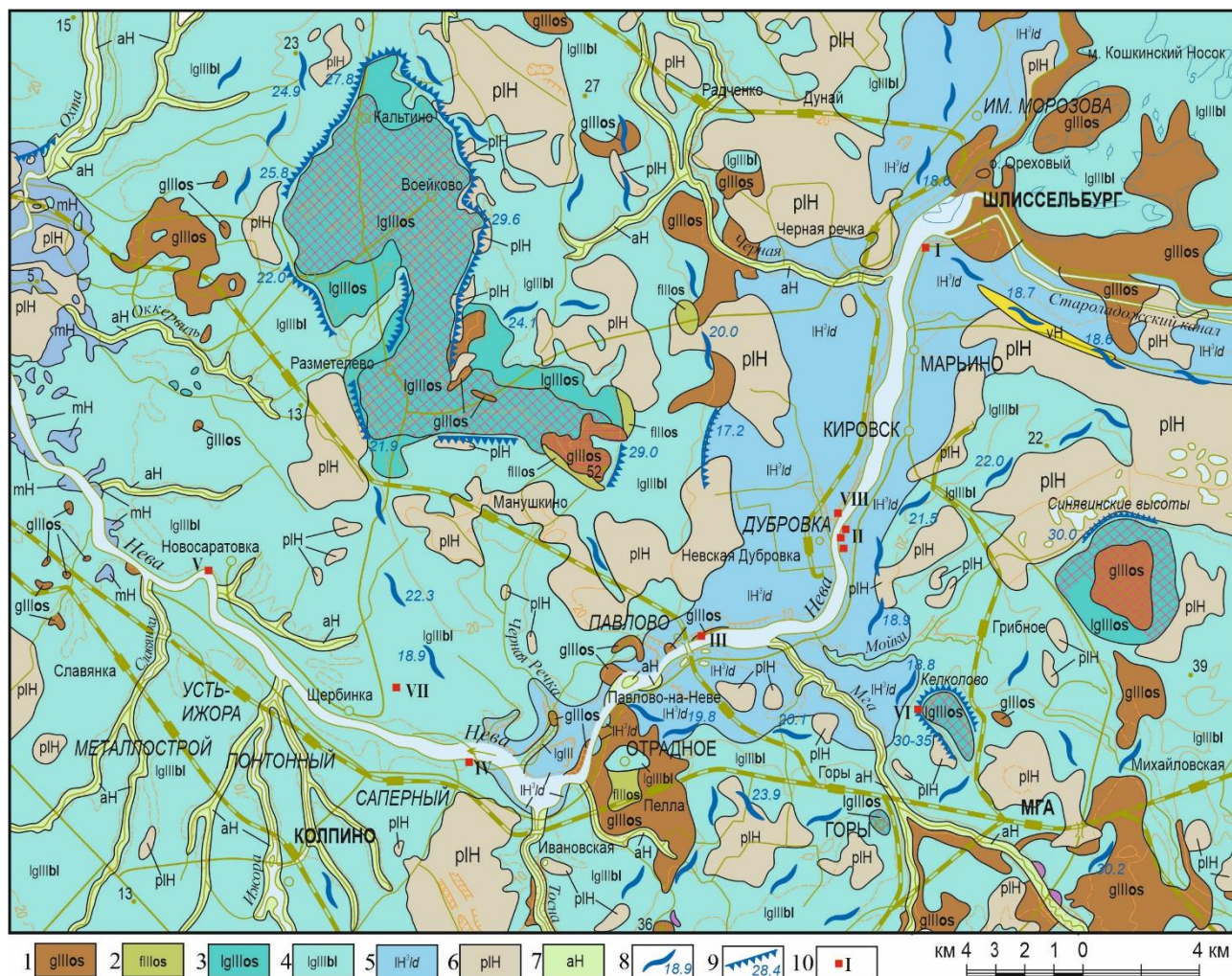
Рис. 3. Структурно-текстурные особенности отложений болота Суо: 1 - переслаивание торфа и сапропеля, 2 - контакт торфа и сапропеля, 3 - контакт сапропеля и ленточнослоистых глин

криолитозоны на фоне снижения уровня воды Балтийского ледникового озера, а также высокая скорость субаэральной седиментации в позднеледниковое время фиксируются в разрезе 25-метровой террасы на правом берегу *р. Оять между дер. Ширинчи и Шангинчи* в юго-восточном Приладожье [Шухвостов и др., 2020]. Нивейно-эоловые пески входят в единый комплекс субаэральных отложений наряду с лёссовидными суглинками, которые венчают разрез. Нивейно-эоловые пески характеризуются специфической текстурной особенностью. Они имеют неправильную волнистую слоистость с частыми разрывами, а на поверхности слойков выделяются ассиметричные мелкие бугорки и ямки. Это является признаком ветровой обработки песка – волочения его вместе с зимним снегом [Dijkmans, 1990]. Мощность горизонта не превышает 1,0 м.

Лабораторные работы включали в себя гранулометрический анализ и сканирующую электронную микроскопию (СЭМ) песчаных зерен, которая проводилась в ресурсном центре микроскопии и микроанализа СПбГУ. В рамках данной работы было исследовано 6 образцов. Судя по результатам гранулометрического анализа, для нивейно-эоловых песков хорошо выделяется узкий гранулометрический спектр с максимумом во фракции мелких песков, что указывает на активную ветровую сортировку, в отличие от пологого спектра лёссовидных суглинков преимущественно алевритовой и крупноалевритовой размерности, формирование которых происходило в условиях криогенеза.

Данные микроанализа песчаных зерен указывают на значительную степень влияния криогенных процессов на отложения как крупноалевритовой, так и мелкопесчаной размерности: более 50% зерен лёссовидных суглинков имеют остроугольные формы. В нивейно-эоловых песках степень окатанности возрастает, однако количество остроугольных зерен по-прежнему заметно преобладает: на их поверхности встречаются характерные следы механической обработки в воздушной среде, такие как микроямчатость и матовая поверхность частиц [Панин и др., 2011]. Кроме того, в нивейно-эоловых отложениях возрастает степень трещиноватости – радиально расходящиеся трещины, а также трещины в виде ломаных линий представляют собой типичный набор признаков влияния криогенеза. На поверхности лёссовидных суглинков, помимо широко распространенных раковистых сколов и различных трещин [Рогов, 2000], нередко встречаются следы эолового переноса, подобно образцам нивейно-эоловых отложений. Таким образом, данные, полученные по результатам гранулометрического анализа и анализа микроморфологии песчаных зерен, хорошо сопоставляются с предварительными

результатами полевых наблюдений. Накоплению нивейно-эоловых песков вероятно способствовало распространение незакрепленных еще растительностью обширных песчаных пространств на поверхности 25-метровой террасы, осушившейся после регрессии Балтийского ледникового озера.



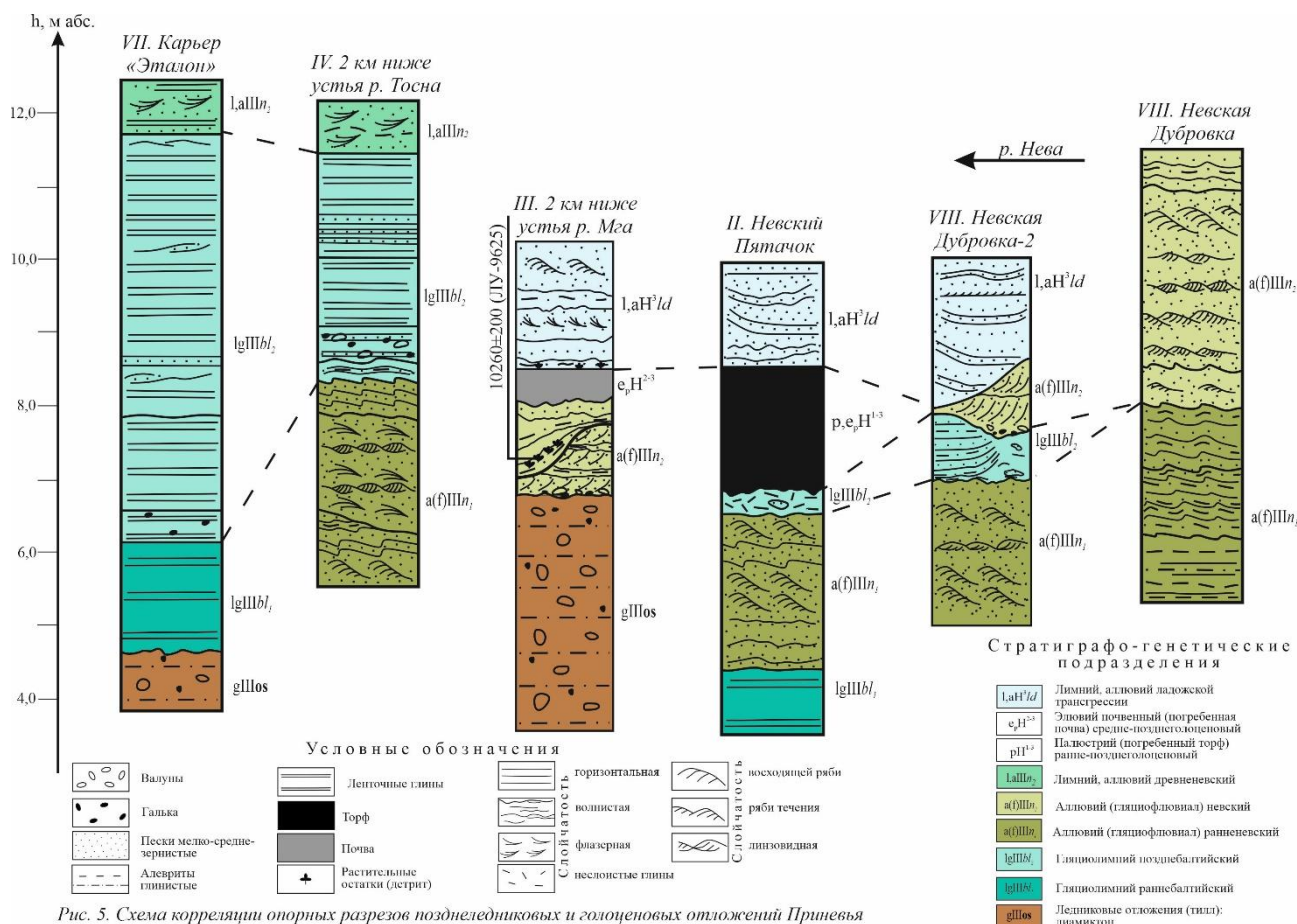
Условные обозначения: 1 - тилл осташковский; 2 - флювиогляциал осташковский; 3 - лимногляциал осташковский; 4 - лимногляциал Балтийского ледникового озера; 5 - лимний ладожский; 6 - палюстрий голоценовый; 7 - аллювий голоценовый; 8 - береговые валы; 9 - абразионные уступы; 10 - местоположение опорных разрезов поздне-последниковых отложений долины р. Нева: I - Преображенская гора, г. Шлиссельбург; II - группа разрезов на Невском Пятачке; III - 2 км ниже устья р. Мга (новый разрез); IV - 2 км ниже устья р. Тосна; V - Невский Лесопарк; VI - Келколово; VII - Карьер завода «Эталон»; VIII - Невская Дубровка.

Рис. 4. Карта четвертичных отложений Приневской низменности (согласно И.И. Краснову, Д.Б. Малаховскому, Э.Ю. Саммету, 1996; с дополнениями) и опорные разрезы поздне-последниковых отложений.

В долине р. Нева полевыми работами 2020 г. было продолжено начатое в прошлом году изучение строения позднеледниковой–голоценовой толщи [Дуданова и др., 2020]. В результате установлено, что в разрезах верхнего и среднего течения р. Нева (Рис. 4) на протяжении не менее 20 км вскрывается закономерное сочетание (секвенция) позднеледниковых флювиальных (потоковых) и озерно-ледниковых отложений, связанных с двумя разновозрастными Балтийско-Ладожскими палеогидрологическими системами.

В основании разреза позднеледниковой толщи (Рис. 5) залегают ледниковые отложения – тилл (разрезы III – 2 км ниже устья р. Мга, VII – карьер завода «Эталон») видимой мощностью более 3 м, представленный темно-серыми плотными валунными глинами с гравием, галькой и валунами. Кровля тилла отчетливо размыта и находится на отметках до 6,8 м абс. высоты, или, чаще, на урезе воды, то есть около 3,5 м абс. Тилл перекрыт светло-серыми ленточно-слоистыми глинами и алевритами (разрез VII), связанными с первой стадией БЛО (lgHbl₁); в них насчитывается от 15 до 35 пар годовых

слойков. Ленточные глины первой стадии БЛО в разрезе на Невском Пятачке (II) с размывом перекрыты пачкой аллювиальных/флювиальных (a(f)III_{n1}) мелкозернистых песков с текстурами ассиметричной ряби течения и восходящей ряби с наклоном слоёв в направлении современного течения Невы. Мощность этой пачки изменяется от 2,0 до 3,0 м; в ее кровле фиксируются признаки размыва. Формирование этой пачки следует, видимо, связывать с усилением стока при первом дренаже БЛО и установлением потоковых обстановок осадконакопления на месте пролива, соединявшего Ладожский плес БЛО и само Балтийское ледниковое озеро. От этого события, которое произошло,



вероятно, в начале второй половины аллереда и следует вести историю Невы.

Затем последовало повышение уровня воды и накопление пачки ленточно-слоистых алевритов и глин второй стадии БЛО (lgIII_{b2}), в нижней части которой фиксируются следы айсбергового разноса – глиняные гальки, а также гальки и мелкие валуны кристаллических пород (разрезы II, IV, VII, VIII). В наиболее полных разрезах (IV, VII) в ленточных глинах второй стадии БЛО насчитывается от 120 до 350 пар годовых слоёв. В разрезе Невская Дубровка-2 озерно-ледниковые отложения с размывом – базальным гравийно-галечным горизонтом – перекрыты косослоистыми средне- и крупнозернистыми песками мощностью 1,0 м (a(f)III_{n2}). Образование этой пачки связано со снижением уровня воды и повторным установлением флювиальных условий осадконакопления при финальном спуске БЛО. Возраст этого события фиксируется по радиоуглеродному возрасту растительного детрита из косослоистых песков ключевого разреза на правом берегу р. Невы ниже устья р. Мга (III) – 10260±200 лет (ЛГУ-9625) [Дуданова и др., 2020]. Ниже по течению пра-Невы в это время, вероятно, еще существовал приледниковый бассейн, в котором происходило накопление эстуарных лимно-аллювиальных мелкозернистых песков с тонкой волновой слоистостью (laIII_{n1}; разрезы IV, VII).

Пойменная седиментация на высоте 8–10 м абс. после спуска БЛО и начала врезания пра-Невы фиксируется в разрезах III и VIII по криотурбированным неяснослоистым

зеленовато-серым алевроитам, а последующее установление субаэральных условий на высотах 7–8 м абс. – по накоплению почв и торфа (разрезы II, III), которое продолжалось вплоть до позднего голоцена, когда они были погребены песчаными отложениями ладожской трансгрессии (разрезы II, III, VIII) с разнообразными текстурами, в том числе, текстурами восходящей ряби течения.

В разрезах верхнего и среднего течения Невы представлены отложения двух секвенций, связанных с трансгрессивно-регрессивными изменениями уровня двух разновозрастных палеобассейнов – позднеледникового (Балтийское ледниковое озеро) и позднеголоценового (ладожская трансгрессия). Эти секвенции обнаруживают определенное сходство – в них закономерно сочетаются бассейновые и потоковые отложения с характерными текстурами.

Аллювиальная (флювиальная/гляциофлювиальная) гидрологическая система на месте современной Приневской низменности возникла на фоне снижения уровня Балтийского ледникового озера еще в позднеледниковое время. Следы существования этой системы фиксируются во всех изученных нами разрезах Приневья на протяжении по крайней мере 20 км. После финального дренажа Балтийского ледникового озера на рубеже плейстоцена – голоцена и вплоть до настоящего времени сток по Неве не прерывался, а трансгрессии балтийских палеобассейнов в среднее и верхнее течение Невы не проникали.

ЛИТЕРАТУРА

Верзилин Н.Н., Гонтарев Е.А., Калмыкова Н.А., Окнова Н.С. Литолого-минералогические особенности позднеледниковых-голоценовых отложений долины р. Невы // Литология и полезные ископаемые. 1998. №2. С. 133–144.

Денисенков В.П., Чернова Г.М. Болота северо-западного Приладожья и их динамика (на примере Ладожской учебно-географической базы СПбГУ // Болотные экосистемы севера Европы: разнообразие, динамика, углеродный баланс, ресурсы и охрана. Материалы международного симпозиума. Петрозаводск, 2006. С. 83–91.

Дуданова В.И., Шитов М.В., Бискэ Ю.С. Новые данные по истории Невы // Актуальные проблемы палеогеографии плейстоцена и голоцена. Материалы Всероссийской конференции с международным участием «Марковские чтения 2020 года». М., 2020. С. 117–122.

Кузьмин Г.Ф., Клейменова Г.И. Развитие верховых болот Ленинградской области в голоцене // Вестник ЛГУ. 1991. Вып. 7. №14. С. 74–80.

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 / Под ред. Н.Н. Давыдовой и Б.И. Кошечкина. СПб, 1993. С. 61–73.

Марков К.К., Порецкий В.В., Шляпина Е.В. О колебаниях уровней Ладожского и Онежского озер в послеледниковое время // Труды Комиссии по изучению четвертичного периода. Л., 1934. т. IV, вып. 1. С. 71–129.

Панин А.В., Матлахова Е.Ю., Беляев Ю.Р., Ж-П Бульарт, Дубис Л.Ф., Мюррей А., Пахомова О.М., Селезнева Е.В., Филиппов В.В. Осадконакопление и формирование террас в речных долинах центра Русской равнины во второй половине позднего плейстоцена // Бюллетень Комиссии по изучению четвертичного периода. 2011. №71. С. 47–74.

Рогов В.В. Особенности морфологии частиц скелета криогенного элювия // Криосфера Земли. 2000. Т. IV. № 3. С. 67–73.

Субетто Д.А., Давыдова Н.Н., Вольфархт Б., Арсланов Х.А. Лито-, био- и хроностратиграфия озерных отложений Карельского перешейка на границе позднего плейстоцена–голоцена // Известия Русского географического общества. 1999. Т. 131. Вып. 5. С. 56–69.

Шитов М.В., Бискэ Ю.С., Плешивцева Э.С., Потапович А.А., Сумарева И. В. Стоянки А.А. Иностранцева и голоценовая тектоника Южного Приладожья.

Геологический контекст // Вестник СПбГУ. Науки о Земле. 2019. Т. 64. Вып. 4. С. 628–650. <https://doi.org/10.21638/spbu07.2019.408>

Шухвостов Р.С., Шитов М.В., Федосеева А.С. Реликты криогенных процессов в позднеледниковых отложениях юго-восточного Приладожья // Актуальные проблемы палеогеографии плейстоцена и голоцена. Материалы Всероссийской конференции с международным участием «Марковские чтения 2020 года». М., 2020. С. 466–471.

Ailio J. Die geographische Entwicklung des Ladogases in Postglazialer Zeit und ihre Beziehung zur stenzzeitlichen Besiedelung // Fennia. 1915. Vol. 38. № 3. 157 p.

De-Geer G. Öfversigt öfver mina kvartägeologiska iakttagelser under en nyligen afvslutad resa till Finland och Ryssland // Geol. Fören. Stockholm Förh. 1893. Vol. 15, p 538.

Dijkmans J.W.A. Niveo-aeolian Sedimentation and Resulting Sedimentary Structures; Søndre Strømfjord area, Western Greenland // Permafrost and Periglacial Processes. 1990. Vol. 1. P. 83–96. <https://doi.org/10.1002/ppp.3430010202>

Saarnisto M. Late Holocene land uplift/neotectonics on the island of Valamo (Valaam), Lake Ladoga, NW Russia // Quaternary International. 2012. Vol. 260. P. 143–152. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2011.09.005>

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

NEW DATA ON THE LADOGA QUARTER: PRELIMINARY RESULTS OF FIELD WORK IN 2020.

¹Dudanova V. I., ¹Kashkevich M. P., ²Shitov M. V., ¹Shukhovostov R.S.

¹Saint-Petersburg State University, St. Petersburg, Russia

²A.P. Karpinsky Russian Geological Research Institute, St. Petersburg, Russia

Field work in 2020 on the study of the Late glacial and Holocene history of Ladoga Lake was carried out on three areas – in North-Western Ladoga area near the v. Kuznechnoe on the swamp of the Suo, in South-Eastern Ladoga area in the lower reaches of the Oyat river, as well as for 20 km of the upper and middle stream of the Neva River from the Nevskaya Dubrovka to the area of the Sverdlov–Pontonnaya. As a result of georadar profiling, verification drilling and leveling works in the swamp of the Suo, it was found that the thickness of peat and sapropel there is 9.5 m, i.e. 1.5 times more, and the swamp surface is at the level of 29.5 m abs. – 11 m higher than was known from the literature. It follows that the Suo is not suitable for palaeohydrological reconstructions – the Holocene transgressions of Ladoga did not reach these heights, and the small lake on the site of the modern swamp separated from Ladoga already in the late glacial period. The main result of the work in Prinevye region is a combination of Late Glacial fluvial sands with specific structures of «rising ripples» and glaciolacustrine deposits traced for 20 km along the coast. This combination – "Prenevskaya sequence" indicates the occurrence of fluvial (glaciofluvial) system in place of the modern Neva Lowland in the Late glacial during the first drainage of the Baltic Ice Lake (BIL) and its development in the context of subsequent rise of the water level and the final drainage BIL at the turn of the Pleistocene and the Holocene. This sequence, expressed in all studied sections of Late Pleistocene deposits of the upper and middle Prinevye Region, is the oldest evidence of the existence of the pre-Neva. Changes in the level of the Late Glacial paleobasin are closely related to the formation of cryogenic complexes, the sediments of which they are represented include indicators of cryoarid conditions - niveo-aeolian sands exposed in South-Eastern Ladoga area on the Oyat river. Particle size analysis and SEM (lab sessions of the 2020 years) form the basis for the development of a regional cryostratigraphic reliability diagram.

Keywords: *Ladoga Lake, Karelian Isthmus, Neva River, palaeohydrology, niveo-aeolian sands, Late Pleistocene, Holocene*