

НОВЫЕ ДАННЫЕ О СТРОЕНИИ РЕЛЬЕФА И ПОСЛЕЛЕДНИКОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ПОБЕРЕЖИЙ ПРОЛИВА ГОРЛО И ОНЕЖСКОГО ПОЛУОСТРОВА (БЕЛОЕ МОРЕ)

¹Репкина Т.Ю., ²Гуринов А.Л., ³Кублицкий Ю.А., ³Леонтьев П.А., ¹Луговой Н.Н.,
³Дудоркин Е.С., ³Перетрухина А.О.

¹МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

²РУДН, Москва, Россия

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

Представлены результаты новых полевых исследований рельефа и послеледниковых отложений, выполненных на юго-восточном побережье пролива Горло (м. Инцы - устье р. Ручьи) и Онежском полуострове (водораздел Унской и Ухтинской губ). Комплекс методов включал геоморфологическое и георадарное профилирование, DGPS и БПЛА съемки и бурение донных отложений озёр с отбором кернов на микропалеонтологический и геохимический анализы и радиоуглеродное датирование. Целью работ было уточнение хода относительного уровня моря на двух участках побережья, развивающихся в условиях медленного послеледникового поднятия. На побережье пролива Горла методами георадиолокационных исследований и литостратиграфического изучения кернов подтверждены представления о двукратном повышении относительного уровня в голоцене. Величина подъема уровня не превышала 5 м н.у.м. На Онежском п-ове по морфологическим признакам и результатам бурения озерно-болотных отложений в проливе, соединявшем Двинский и Онежский заливы, выявлены две береговые линии (~12.5 и ~10 м). Первая из них сформировалась, вероятно, во время позднеледниковой трансгрессии, а вторая - во время трансгрессии тапес.

Ключевые слова: *побережье, морфодинамика, колебания уровня моря, голоцен, DGPS, БПЛА, георадар, палеолимнология, Белое море*

Материалы и методы. Полевые работы проведены между м. Инцы и устьем р. Ручьи (Зимний берег Белого моря) в марте 2020 г., а на водоразделе между Унской (Двинский залив) и Ухтинской (Онежский залив) - в августе 2019 г. и октябре 2020 г.

Комплекс методов исследований включал геоморфологическое и георадарное профилирование, DGPS и БПЛА съемки и бурение донных отложений озёр с отбором кернов на микропалеонтологический и геохимический анализы и радиоуглеродное датирование. Плановые и высотные характеристики рельефа получены с помощью съемки БПЛА (квадрокоптер DJI Phantom 4 Pro v2.0.; обработка снимков и составление ЦММ выполнено в ПО Agisoft Metashape Pro v.1.5.1.). Дополнительная привязка моделей осуществлялась с помощью DGPS PrinCe i50 путем измерения координат и высотного положения маркеров, а также геодезического профилирования. Погрешности определения планового и высотного положения на итоговых ЦММ не превышают первых дециметров. Георадиолокационные исследования выполнены при помощи георадара Zond-12e и антенн с частотой 300 и 500 МГц (средняя глубинность и разрешающая способность при съемке с частотой 500 МГц - около 20 см). Обработка первичных радарограмм проведена в ПО Prism 2.5 и RadExplorer 1.42. Корректировка высоты выполнена по ЦММ, детальным топографическим картами и результатам нивелировки с помощью ручного уровня CST Berger 17-632 Hand Sight Level и мерной рейки. Бурение донных отложений озёр выполнено со льда с помощью русского торфяного бура.

Побережье Горла Белого моря (м. Инцы - р. Ручьи). Основные черты строения рельефа и отложений прибрежных террас, хода колебаний относительного уровня моря и морфодинамики берегов района в голоцене, в целом, установлены [Репкина и др., 2017, Репкина и др., 2019а, Шилова и др., 2019, Zaretskaya et al., 2020]. Вместе с тем, остались не до конца понятными генезис и возраст поверхностей на отметках 6-7 м н.у.м. и, тем самым, максимальное положение относительного уровня моря в голоцене. В районе м.

Инцы терраса состоит из береговых аккумулятивных форм - береговых валов и кос нескольких генераций [Репкина и др., 2019a]. Вместе с тем, по данным диатомового анализа голоценовые морские отложения прослежены до абсолютной высоты 4 м [Шилова и др., 2019]. Таким образом, целью полевых работ в районе м. Инцы - р. Ручьи были уточнение и детализация ранее полученных данных.

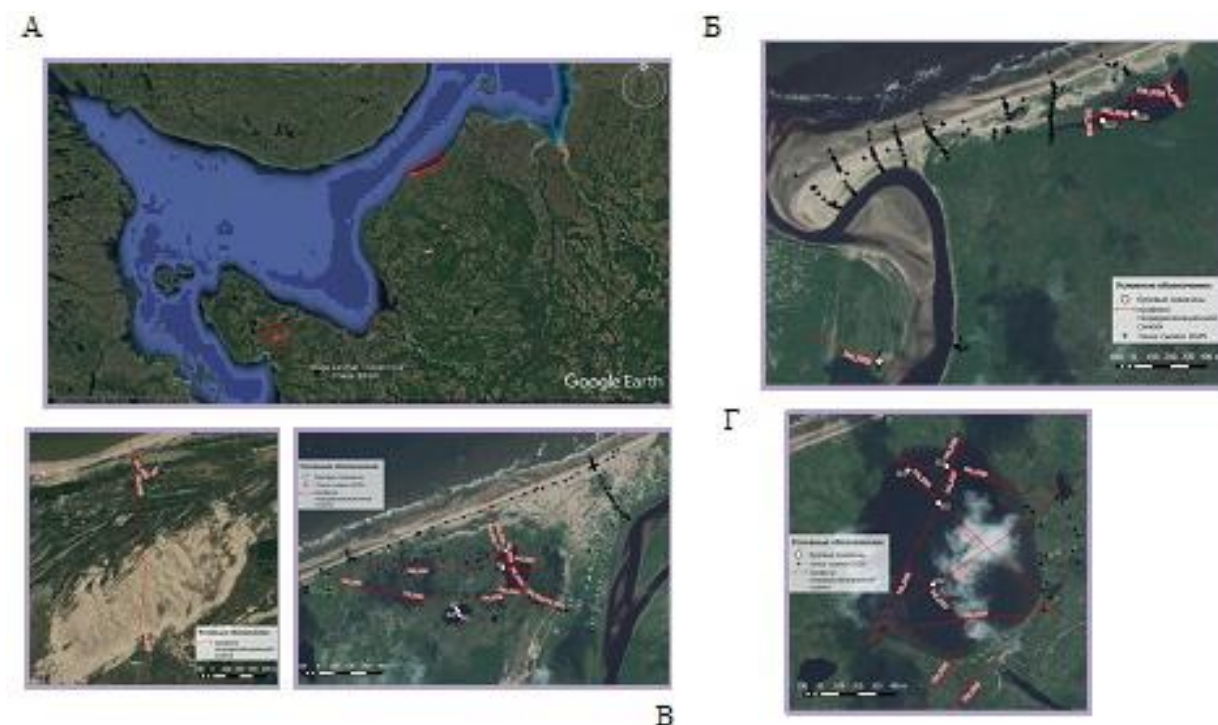


Рис. 1. Положение участков исследования (А), скважин и георадарных профилей на участке м. Инцы - р. Ручьи (Б-Г)

Для этого были пробурены донные осадки 5 озёр с отметками урезов в интервале от 2.0 м (оз. Заречье) до 7.3 м (оз. Средняя Треть). Разрезы увязаны сетью радарных профилей (Рис. 1). Поперечные радарные профили проложены также через террасы всех выделенных ранее высотных уровней (2-2.5, 4-5 и 6-7 м) [Репкина и др., 2019a].

Строение террас представляется следующим.

Террасы с отметками 2-2.5 м н.у.м. сложены слоистыми прибрежно-морскими песками. Разрез донных отложений озёр с отметками урезов 2 и 2.2 м н.у.м. (Рис. 1Б) типичен для отмерших прибрежных водоемов (серые алевриты и пески сменяются вверх по разрезу алевритами, обогащенными органикой, а затем гиттией или торфом).

В разрезах террас высотой 4-5 м н.у.м. на георадарных профилях выделяются 2 толщи слоистых прибрежно-морских песков, залегающих с размывом. Нижняя из них, также с размывом, залегает на более глинистых слоистых отложениях, содержащих обломочный материал, вероятно, - на ледниково-морских осадках позднеледниковой трансгрессии [Государственная..., 1993, Государственная..., 2012]. В районе м. Инцы (Рис. 1, В, слева) верхняя толща песков состоит из прислоненных друг к другу пачек, границы которых соответствуют границам береговых валов на поверхности террасы.

На левобережье р. Ручьи (Рис. 1 В, справа) терраса с отметками 4-5 м н.у.м. - цокольная. Под маломощным (обычно до 0.5 м) горизонтом песков залегают плотные суглинки с многочисленными включениями обломочного материала. На георадарных профилях в кровле суглинков прослеживаются ложбины глубиной до 2-3 м. К ложбинам приурочены озёра с плоским дном. Разрез отложений озерных котловин имеет трехчленное строение. Суглинистый цоколь перекрыт пачкой горизонтально слоистых осадков преимущественно песчаного состава, заполняющих ложбины и облегающих выступы цоколя. Озёрно-болотные отложения представлены оторфованной гиттией и

торфом. В береговых уступах террасы они накапливались с ~8.5-8.6 тыс. кал.л.н. [Репкина и др., 2019]. Таким образом, на высотах 4-5 м н.у.м. вдоль современной береговой линии чередуются аккумулятивные и абразионные террасы. Уступы последних отступают со скоростью более 1м/год [Невесский и др., 1977]. Поэтому к берегу выходят поверхности, находившиеся на значительном удалении от берега и отложения, накапливавшиеся в пресноводных условиях.

Терраса с отметками 6-7.5 м н.у.м. в районе устья р. Ручьи также цокольная. На георадарных профилях под ледниково-морскими суглинками видна гряда, сложенная более плотными, вероятно, ледниковыми, отложениями. Выше по течению реки на тех же высотах развита аккумулятивная терраса, сложенная слоистыми отмытыми средне- и мелкозернистыми песками. Судя по положению в рельефе, она сформирована потоком, разгрузившимся при выходе из узкой долины в широкую депрессию. В котловине озера Средняя Треть (урез 7.3 м н.у.м.) (Рис. 1 Г) между ледниковыми грядами залегают горизонтально слоистые осадки. По данным бурения они представлены маломощными (12 см) сизо-серыми опесчаненными тонкослоистыми суглинками (вероятно, озерно-ледниковыми), перекрытыми торфом, а затем - гиттией и озерными илами. Таким образом, строение разреза не подтверждает предполагавшееся повышение относительного уровня моря до отметок около 6-7 м н.у.м.. Высота береговых валов, развитых в районе м. Инцы на этих отметках, вероятно, увеличена за счет эоловой аккумуляции.

Онежский полуостров (Унско-Ухтинский пролив). По данным [Государственная..., 2000] палеопролив между Унской губой Двинского залива и Ухтинской губой Онежского залива существовал во время позднеледниковой трансгрессии (~13-11.5 тыс.кал.л.н.) [Колька, Корсакова, 2017], когда относительный уровень моря, в то время – солоноватоводного бассейна, достигал ~40 м [Государственная..., 2000]. Отложения позднеледниковой трансгрессии вскрыты скважинами в котловине оз. Сеицкого и в долине р. Ухта на высотах менее 15 м. Пролив был осушен во время регрессии раннего голоцена (11.5-10 тыс.кал.л.н.) [Колька, Корсакова, 2017], и, вероятно, вновь полностью или частично затоплен во время трансгрессии тапес, когда относительный уровень моря достигал в Онежском заливе 13.5 м н.у.м. [Государственная..., 2000]. На открытых берегах Двинского залива формы берегового рельефа голоценового возраста развиты на отметках до 10-11 м н.у.м. [Репкина и др., 2019б].

По данным полевого обследования рельеф поверхности водораздела на отметках 30-40 м имеет типичный для ледниковых равнин грядово-западинный и холмисто-западинный облик. Признаки воздействия береговых процессов не встречены.

В августе 2019 г. были изучены озера Чернецкое (урез 26.9 м н.у.м.) и Бабье (урез 24.1 м н.у.м.) (Рис. 2). Берега озёр преимущественно крутые, сложены палево-серыми тяжелыми суглинками. Днища озер плоские, полого понижаются к центру котловин.

Максимальная измеренная глубина озера Чернецкого - 3 м. На глубине воды 2.55 м (точка 90) пробурена скважина глубиной 1.78 м (забой 4.33 м). Донные отложения сверху-вниз представлены: темно бежевой и серой, в верхах слабо опесчаненной, плотной гиттией залегающей на серо-бежевых алевритах. В основании разреза вскрыта темно-серо-бежевая плотная глина с опесчаненными мелко-среднезернистым песком слоями, сходная с отложениями на берегах озера. Скважиной, пробуренной со сплавины озера (точка 91), под торфом и среднеразложившимися органогенными отложениями вскрыты серые глины, переслаивающиеся с органическими остатками, залегающие на серо-голубой опесчаненной глине. Нижний горизонт, является, вероятно, прибрежной фацией озерных отложений.

Максимальная измеренная глубина озера Бабьего – 3.5 м. Донные отложения представлены светло-серой в разной степени глинистой, в кровле - слабо опесчаненной, гиттией с несколькими интервалами более темных слоев (вскрытая мощность 5.7 м).

Таким образом, по данным полевого литологостратиграфического описания в донных отложениях озёр не обнаружена последовательность осадков, являющаяся признаком смены морских обстановок их накопления озёрными.



Рис. 2. Результаты эхолотных промеров озера Чернецкого и положение точек бурения. Цветовой шкалой показана глубина озёр (м).

В 2020 г. обследован водораздел между Унской и Ухтинской губами в районе системы Соловецких озер (отметки урезов 8.2 - 15.4 м н.у.м.), заболоченные проливы между ними, а также оз. Сеицкое (урез - 9.2 м). Выполнены съемка DGPS и БПЛА, пробурены донные отложения 3х озер и нескольких заболоченных проливов. По морфологическим признакам выявлены береговые линии на отметках ~12.5 м и ~10 м. Верхняя соответствует, вероятно, продолжительному стоянию уровня во время позднеледниковой трансгрессии, а нижняя - во время трансгрессии тапес, что близко к данным для побережья Унской губы [Репкина и др., 2019б]. В кернах всех пробуренных озер, кроме оз. Сеицкого, найдены признаки смены морских обстановок накопления осадков пресноводными. Возраст береговых линий и условия их формирования будут уточнены после получения результатов аналитических исследований.

Выводы. 1. На юго-восточном побережье пролива Горло Белого моря георадиолокационными и литостратиграфическими методами подтверждены представления о двукратном повышении относительного уровня в голоцене. При этом величина подъема уровня не превышала 5 м н.у.м.

2. На Онежском п-ове по морфологическим признакам и результатам бурения озерно-болотных отложений в проливе, соединявшем Двинский и Онежский заливы, выявлены две береговые линии (~12.5 и ~10 м н.у.м.). Первая из них сформировалась, вероятно, во время позднеледниковой трансгрессии, а вторая - во время трансгрессии тапес.

Благодарности. Полевые работы по теме ГЗ АААА-А16-116032810089-5 (геоморфологические исследования, съемка БПЛА, DGPS, георадарные исследования), в рамках договора о научном сотрудничестве № 325 от 17.05.2017 г. между НИП «Кенозерский» и географическим факультетом МГУ имени М.В.Ломоносова; в рамках ГЗ при финансовой поддержке Минпросвещения России (проект № FSN-2020-0016) (палеолимнологические исследования).

ЛИТЕРАТУРА

Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:200 000, серия Онежская, листы Q-37-XXXI, XXXII. Т.Н.Зоренко, Г.М.Черемхина, В.С.Корепанов, Л.С.Вертунова, В.И.Левин, А.Е.Рыбалко / Ред. Ю.Г.Старицкий. Спб.: ВСЕГЕИ, 2000. 75 с.

Государственная геологическая карта РФ масштаба 1:1 000 000. Третье поколение. Балтийская серия листов. Лист Q-37 с акваторией (Архангельск). Объяснительная записка. МАГЭ, ВСЕГЕИ. Спб, 2012. 324 с.

Государственная геологическая карта РФ масштаба 1:200 000. Листы Q-37-XXXII,XXXIII,XXXIV. Объяснительная записка / Т.Н. Зоренко, Л.А. Ершов. (Ред. Ю.Г. Старицкий). СПб.: ВСЕГЕИ, 1993. 56 с.

Колька В.В., Корсакова О.П. Положение береговой линии Белого моря и неотектонические движения на северо-востоке Фенноскандии в позднеледниковье и голоцене // Система Белого моря. Т. IV. Процессы осадкообразования, геология и история. М.: Научный мир, 2017. С. 222-249.

Невесский Е.Н., Медведев В.С., Калинин В.В. Белое море. Седиментогенез и история развития в голоцене. М.: Наука, 1977. 236 с.

Репкина Т.Ю., Зарецкая Н.Е., Шилова О.С. и др. Морфодинамика берегов Горла Белого моря в районе м. Инцы в голоцене // Геология морей и океанов: Материалы XXII Международной научной конференции (Школы) по морской геологии. Т. 3. Москва: ИО РАН, 2017. С. 274–278.

Репкина Т.Ю., Зарецкая Н.Е., Шилова О.С., Луговой Н.Н., Садков С.А. Юго-восточный берег Горла Белого моря в голоцене: рельеф, отложения, динамика // Рельеф и четвертичные образования Арктики, Субарктики и Северо-Запада России. 2019а. Выпуск 6, Санкт-Петербург: ААНИИ. С. 146-153. doi:10.24411/2687-1092-2019-10621

Репкина, Т. Ю., Романенко, Ф. А., Зарецкая, Н. Е., Кублицкий, Ю. А., Леонтьев, П. А., Шилова, О. С., Беличенко, А. Е., Архипов, В. В., и Яковлева, А. П. Динамика западного берега Унской губы (Летний берег Белого моря) в голоцене и его заселение // Материалы XXIII Международн. научн. конф. (Школы) по морской геологии “Геология морей и океанов”. Т. 3. ИО РАН Москва, 2019б. С. 212–216.

Шилова О. С., Зарецкая Н. Е., Репкина Т. Ю. Голоценовые отложения Юго-Восточного побережья Горла Белого моря: новые данные диатомового и радиоуглеродного анализов // ДАН. 2019. Т. 488, № 6, с. 661-666. doi: 10.31857/S0869-56524886661-666

Zaretskaya N.E., Rybalko A.E., Repkina T. Y., Shilova O.S., Krilov A.V. Late pleistocene in the southeastern white sea and adjacent areas (arkhangelsk region, russia): stratigraphy and palaeoenvironments // Quaternary International. - 2020. doi: 10.1016/j.quaint.2020.10.057

NEW DATA ON THE RELIEF AND POSTGLACIAL DEPOSITS OF THE SHORES OF THE GORLO STRAIT AND ONEGA PENINSULA (THE WHITE SEA)

¹Repkina T.Yu., ²Gurinov A.L., ³Kublitskiy Yu.A., ³Leontiev P.A., ¹Lugovoy N.N., ³Dudorkin E.S., ³Peretruchina A.O.

¹Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

²RUDN University, Moscow, Russia

³Herzen State Pedagogical University, St. Petersburg, Russia

The results of new field studies of the relief and postglacial deposits carried out on the southeastern coast of the Gorlo Strait (Cape Intsy - the mouth of the Ruch'i River) and the Onega Peninsula (watershed of the Unskaya and Ukhta bays) are presented. The set of methods included geomorphological and GPR profiling, DGPS and UAV surveys and drilling of bottom sediments of lakes with core sampling for micropaleontological and geochemical analyzes and radiocarbon

dating. The aim of the work was to clarify the course of the relative sea level in two parts of the coast, developing under conditions of slow postglacial uplift. On the coast of the Gorla Strait, GPR studies and lithostratigraphic study of cores have confirmed the concept of a twofold increase in the relative level in the Holocene. The magnitude of the level rise did not exceed 5 m above sea level. On the Onega Peninsula, based on morphological features and the results of drilling lacustrine-bog deposits in the strait connecting the Dvina and Onega bays, two coastlines (~ 12.5 and ~ 10 m) were identified. The first of them was probably formed during the late glacial transgression, and the second, during the tapes transgression.

Keywords: sea shores, morphodynamics, RSL, Holocene, DGPS, UAV, GPR, paleolimnology, White Sea