

УДК 551.435.3:551.4.044:551.89:551.79 (4):551.7

МОРФОДИНАМИКА БЕРЕГОВ СЕВЕРО-ЗАПАДА ОНЕЖСКОГО ПОЛУОСТРОВА БЕЛОГО МОРЯ В ГОЛОЦЕНЕ. ГУБА КОНЮХОВА

Т. Ю. Репкина¹, Н. Е. Зарецкая², Д. А. Субетто^{3,4}, М. С. Потахин³,
М. Ч. Кунгаа¹, А. В. Новикова¹, П. А. Леонтьев⁴

¹ Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, Россия

² Геологический институт РАН, Москва, Россия

³ Институт водных проблем Севера Карельского научного центра РАН, ФИЦ КарНЦ РАН,
Петрозаводск, Россия

⁴ Российский государственный педагогический университет им. А. И. Герцена,
Санкт-Петербург, Россия

По данным геоморфологических исследований побережья губы Конюхова (северо-западная часть Онежского полуострова Белого моря), радиоуглеродного датирования органогенных отложений, эхолотных промеров акваторий залива и озер (отметки урезов 15,8–26,1 м над уровнем моря), выполненных в ходе рейса НИС «Эколог» в июле 2014 г., реконструирована история развития рельефа района в голоцене. Морфодинамика побережья рассматривается как результат взаимодействия береговых процессов и структурно-литогенной основы рельефа на фоне постгляциальных движений и климатических изменений. Выделены и датированы два геоморфологических уровня, различных по глубине преобразования морем краевых образований невской стадии деградации последнего оледенения и соответствующих основным этапам послеледникового развития рельефа: 1) палеопроливы и заливы в понижениях между моренными грядами на высотах 17,5–30 м, заполнявшиеся в ходе послеледниковой трансгрессии водами ледовитого и, на ранних этапах, существенно опресненного моря, бассейновый этап их развития окончился не позднее $8540 \pm 50 - 7610 \pm 70$ ¹⁴C (~9500–8400 кал.) л. н.; 2) морские террасы на высотах ниже 15–17,5 м, образовавшиеся в среднем-позднем голоцене в обстановках, близких к современным. Выявлена абразионная береговая линия (14–17,5 м), выработанная при стабилизации уровня моря с высокой волновой активностью, имевшей место во время трансгрессии тапес; заливы верхнего уровня с порогом стока менее ~17,5 м в то же время были вновь заполнены морскими водами. Скорость относительного поднятия побережья губы Конюхова оценивается согласно датам из нижнего горизонта озерно-болотных отложений в 2–2,2 мм/год.

К л ю ч е в ы е с л о в а: Белое море; берега; морфодинамика; озера моренных котловин; хронология; вертикальные движения; уровень моря; голоцен.

**T. Yu. Repkina, N. E. Zaretskaya, D. A. Subetto, M. S. Potakhin,
M. Ch. Qungaa, A. V. Novikova, P. A. Leont'ev. COASTAL MORPHO-
DYNAMICS OF THE NORTH-WESTERN ONEZHISKY PENINSULA, WHITE
SEA IN THE HOLOCENE. KONYUKHOV BAY**

Data from geomorphological surveys of the Konyukhov Bay coast (north-western part of Onezhsky Peninsula), radiocarbon dating of organogenic sediments, echo sounding of water areas of the bay and lakes (water lines at 15.8–26.1 m a. s. l.) performed during the

voyage of the research vessel "Ecolog" in July 2014 were used to reconstruct the history of the landform development in the Holocene. The morphodynamics of the coast is considered as a result of interactions between coastal processes and the underlying lithogenic structure against the background of postglacial movements and climate change. Two geomorphological levels were distinguished and dated, which differ in the scope of transformation of ice-marginal formations of the Neva stage of the last glaciation by the sea and correspond to the main stages of post-glacial development of the relief: 1) paleo-straits and bays in depressions between moraine ridges at altitudes of 17.5–30 m a. s. l., filled in during the post-glacial transgression; the basinal stage of their development ended no later than $8540 \pm 50 - 7610 \pm 70$ ^{14}C (~9500–8400 cal.) BP; 2) marine terraces at altitudes below 15–17 m a. s. l., formed in the middle-late Holocene in the environments similar to modern ones. The abrasion coastline (14–17.5 m) formed during the sea level stabilization stage with its high wave activity, which took place during the Tapes transgression, was revealed. Bays at the upper level, with a threshold runoff below ~ 17.5 m a. s. l., were at that time re-filled with sea water. The relative uplift rate of the Konyukhov Bay coast was estimated according to the ages of the lower horizon of lacustrine and palustrine sediments at 2–2.2 mm/year.

Key words: White Sea; coast; morphodynamics; morainic kettle hole lakes; chronology; vertical movements; sea level; Holocene.

Введение

Белое море – один из интереснейших объектов для изучения разнообразных процессов, событий и явлений истории Земли после деградации последнего оледенения. Развитие этого бассейна под ледниковым щитом, неравномерное давление ледника на разные участки, его асинхронное отступление в направлении с юго-востока на северо-запад привело к формированию ландшафтов, существенно отличающихся друг от друга в зависимости от их местонахождения в той или иной части побережья Белого моря. В то же время вклад в формирование облика рельефа Беломорья вносят тектонические движения. При существующем количестве достоверных определений возраста морских террас четко разграничить гляциоизостатический и неотектонический факторы, влиявшие (и продолжающие влиять) на динамику перемещений и конфигурацию береговой линии Белого моря, возможно только для структур регионального ранга, таких как Кандалакшский залив [Евзеров и др., 2007; Колька, Корсакова, 2013]. Лишь на единичных детально изученных участках побережья стало возможным установить различия в скорости движений отдельных блоков, тем самым вычленив тектоническую составляющую [Романенко, Шилова, 2012; Баранская, 2015; Репкина, Романенко, 2016]. Задача осложняется изменчивостью уровня моря климатической природы. Все вышеперечисленные факторы отразились на формировании в течение позднеледниковья и голоцена уникальных экосистем побережья Белого моря, отличающихся высоким био-

разнообразием, низкой биопродуктивностью, а также слабой устойчивостью к антропогенному воздействию [Система..., 2010].

Основные факторы и этапы послеледникового развития побережья Белого моря, в том числе Онежского полуострова, были намечены в работах М. А. Лавровой [1931, 1960] и Э. А. Кальберг [1940]. Представления об этапах развития региона обобщены в монографиях [Невесский и др., 1977; Каплин, Селиванов, 1999; Система..., 2010] и комплексах Государственных геологических карт масштаба 1:200 000 [1999] и 1:1 000 000 [2010]. Однако возраст террас и поднятых береговых линий Восточного Беломорья до недавнего времени подтверждался лишь редкими радиоизотопными датами [Каплин и др., 1971; Девятова, 1976; Барановская и др., 1977; Кошечкин и др., 1977; Кошечкин, 1979; Боярская и др., 1986]. В последнее время получены радиоуглеродные даты из скважин в устье Двинского залива и у о. Анзерский [Полякова и др., 2014], определен возраст морских террас о. Соловецкий (Большой Соловецкий) [Субетто и др., 2012], северо-западной оконечности Онежского полуострова [Репкина и др., 2015], северных берегов Двинского залива [Репкина и др., 2016] и юго-восточных берегов Горла Белого моря [Репкина и др., 2017]. Исследования, проведенные в районе Сумского Посада, установили существование пресноводного бассейна в Онежском заливе вплоть до конца пребореала [Колька и др., 2015].

Несмотря на длительную историю исследований Белого моря, к настоящему времени не сформировалось единого мнения относительно

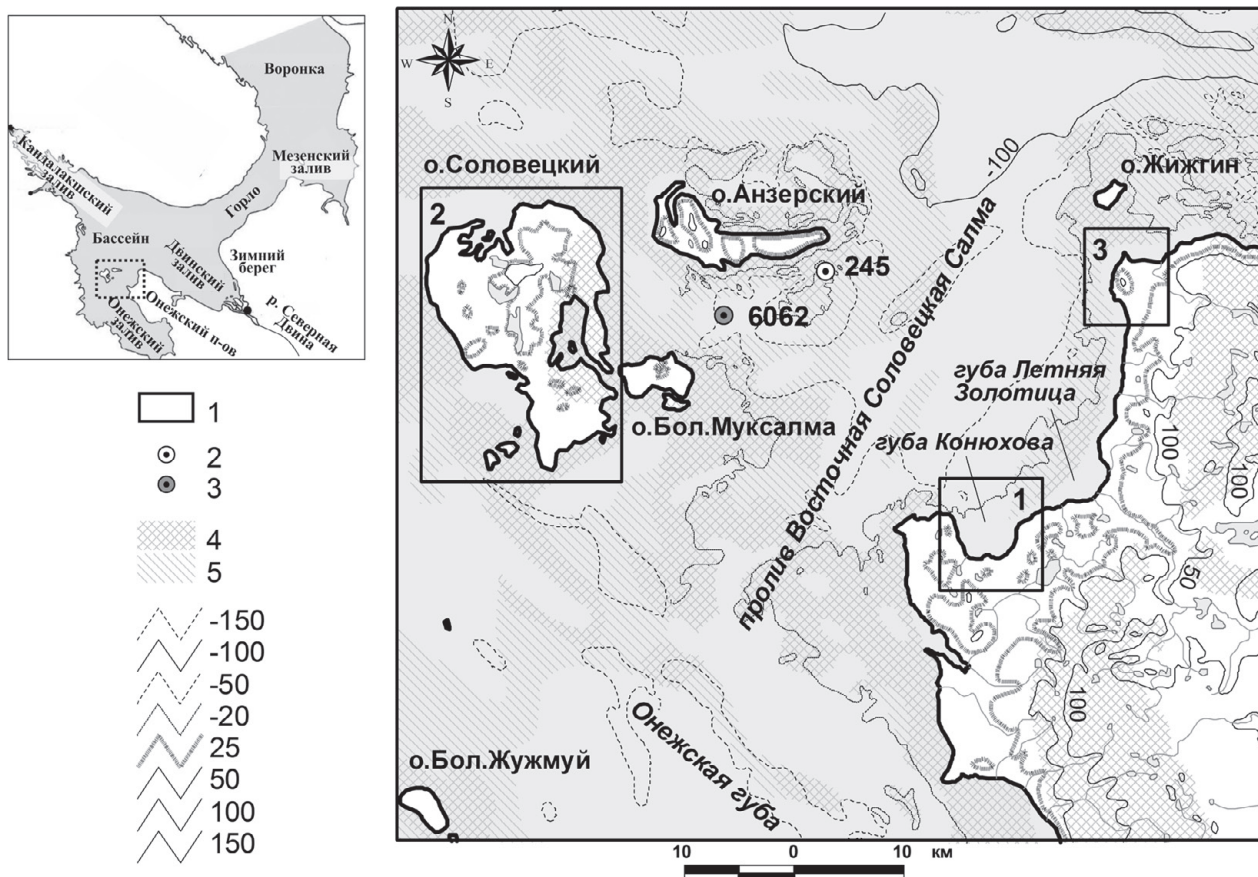


Рис. 1. Район исследований:

1 – исследованные участки (1 – данная работа, 2 – [Субетто и др., 2012], 3 – [Репкина и др., 2015]); положение датированных колонок донных осадков: 2 – [Каплин и др., 1971], 3 – [Полякова и др., 2014]; выходы на поверхность суши и морского дна отложений осташковского горизонта позднего плейстоцена: 4 – ледниковых, 5 – ледниково-морских (по: [Государственная геологическая карта..., 2010, 2012]). Линии равных глубин и высот – по: [Едина..., 2012; Унифицированная..., 2014]). На врезке – положение района исследований

Fig. 1. Study area

Legend: 1 – survey locations (1 – this work, 2 – [Subetto et al., 2012], 3 – [Repkina, Romanenko and Shilovtseva, 2015]); position locations of the dated sediment cores: 2 – [Kaplin et al., 1971], 3 – [Polyakova et al., 2014]; late Pleistocene Ostashkov horizon outcrops on land surface and seabed: 4 – glacial, 5 – glacial-marine (after [Gosudarstvennaja..., 2010, Gosudarstvennaja..., 2012]). Depth and elevation contour lines (after [Edinaja..., 2012, Unificirovannaja..., 2014]). Inset – location of the study area

ключевых вопросов его послеледниковой истории: времени разрушения и объема последнего ледникового покрова, соотношения гляцио-изостатической и тектонической составляющих движения берегов, климатических и гидроклиматических событий, характера колебаний уровня моря. Однако постепенно накапливаются данные, которые позволяют «расшифровать» не только региональный фон, но и особенности локальных участков, и каждый новый участок дополняет общую картину.

В последнее время разные группы исследователей почти ежегодно изучают отдельные участки побережья/акватории Белого моря, добавляя элементы в базу представлений о регионе, в надежде в будущем свести все данные в единую систему. Представленная ниже

работа – результат исследования одного из таких участков – побережья губы Конюхова на северо-западе Онежского полуострова Белого моря, – выполненного в 2014 г. в ходе рейса НИС «Эколог». Полученные данные позволили восстановить картину развития северо-западной части Онежского полуострова в постгляциальное время.

Северо-западное побережье Онежского полуострова, Соловецкие острова и разделяющие их проливы (рис. 1) – ключевой участок для понимания истории развития региона в поздне- и послеледниковье. Краевые образования нескольких стадий последнего оледенения, огибая поднятые блоки современной суши, служившие ледоразделами [Асеев, 1974; Рыбалко и др., 1987; Demidov et al., 2006], создали

Таблица 1. Основные морфометрические характеристики озер Конюховской группы

Table 1. The main morphometric characteristics of the Konyukhov group lakes

Характеристика Parameter		Конюховское Konyukhovskoye	Каменное Kamennoye	Безымянное Bezimyannoye	Среднее Srednee	Среднее Малое Srednee Maloye
Географические координаты Geographical coordinates	широта, °с. ш. latitude, °N	64,882	64,877	64,887	64,887	64,888
	долгота, °в. д. longitude, °E	36,586	36,576	36,566	36,549	36,558
Абсолютные отметки зеркала воды, м Absolute watermarks, m		15,8	26,2	16,8	17,1	17,1
Площадь зеркала озера, км ² Lake water surface area, km ²		0,299	0,138	0,028	0,303	0,016
Длина береговой линии, км Length of shoreline, km		3,49	2,00	0,69	3,30	0,50
Объем озера, млн м ³ Volume of the lake, mln m ³		0,702	0,662	0,119	1,60	0,056
Длина озера, км Length of the lake, km		1,39	0,78	0,28	1,00	0,19
Ширина, км Width, km	средняя mean	0,22	0,18	0,10	0,30	0,08
	наибольшая greatest	0,37	0,28	0,15	0,47	0,15
Глубина, м Depth, m	средняя mean	2,3	4,8	4,2	5,3	3,6
	наибольшая greatest	4,7	13,9	7,0	16,2	5,8

систему сложнопостроенных гряд различной ориентировки, насыщенных крупными обломками. Наиболее молодые постройки относятся к невисской стадии деградации оледенения [Ekmann, Ijijin, 1995; Государственная..., 2010] или ее осцилляции в среднем [Рыбалко и др., 1987] или раннем [Demidov et al., 2006] дриасе. Вместе с тем Восточная Соловецкая Салма – один из первых районов Белого моря, куда проникли трансформированные баренцево-морские воды [Говберг, 1970; Мануйлов и др., 1981; Полякова и др., 2014], в то время как в Соловецком междуостровье еще сохранялся массив мертвого льда [Рыбалко и др., 1987]. Берега района, особенно в раннем голоцене, формировались в условиях контрастных гляциоизостатических движений и палеоокеанологических обстановок.

В работе рассматривается морфодинамика берегов одного из заливов северо-запада Онежского полуострова как результат взаимодействия береговых процессов и структурно-литогенной основы рельефа на фоне постгляциальных движений и климатических изменений.

Материалы и методы

В ходе выполнения рейса НИС «Эколог» проведены полевые геоморфологические ис-

следования побережья и радиоуглеродное датирование ассоциированных органогенных отложений района губы Конюхова (северо-западная часть Онежского полуострова). Работы включали: эхолотные промеры акватории губы и четырех озер; исследование строения рельефа и отложений современной береговой зоны и побережья в ходе вдольбереговых маршрутов, геоморфологического профилирования и полевого геоморфологического дешифрирования космических снимков; изучение строения голоценовых и позднеледниковых отложений в скважинах ручного бурения с отбором образцов на радиоуглеродное датирование (рис. 2).

При геоморфологическом профилировании на приморских террасах выделялись элементы рельефа, характерные для современной береговой зоны района, – вдольбереговые валы, авандюны, уплощенные и грядовые суглинистые бенчи, валунные отморшки, абразионные клифы, выработанные в ледниковых суглинках. На заболоченных участках террас глубина торфяных залежей и состав подстилающих их отложений оценены путем опробования металлическим щупом длиной 1,8 м. Высотное положение террас и разрезов определено с помощью ручного уровня CST Berger 17–632 Hand Sight Level и мерной рейки и увязано с Балтийской системой высот.

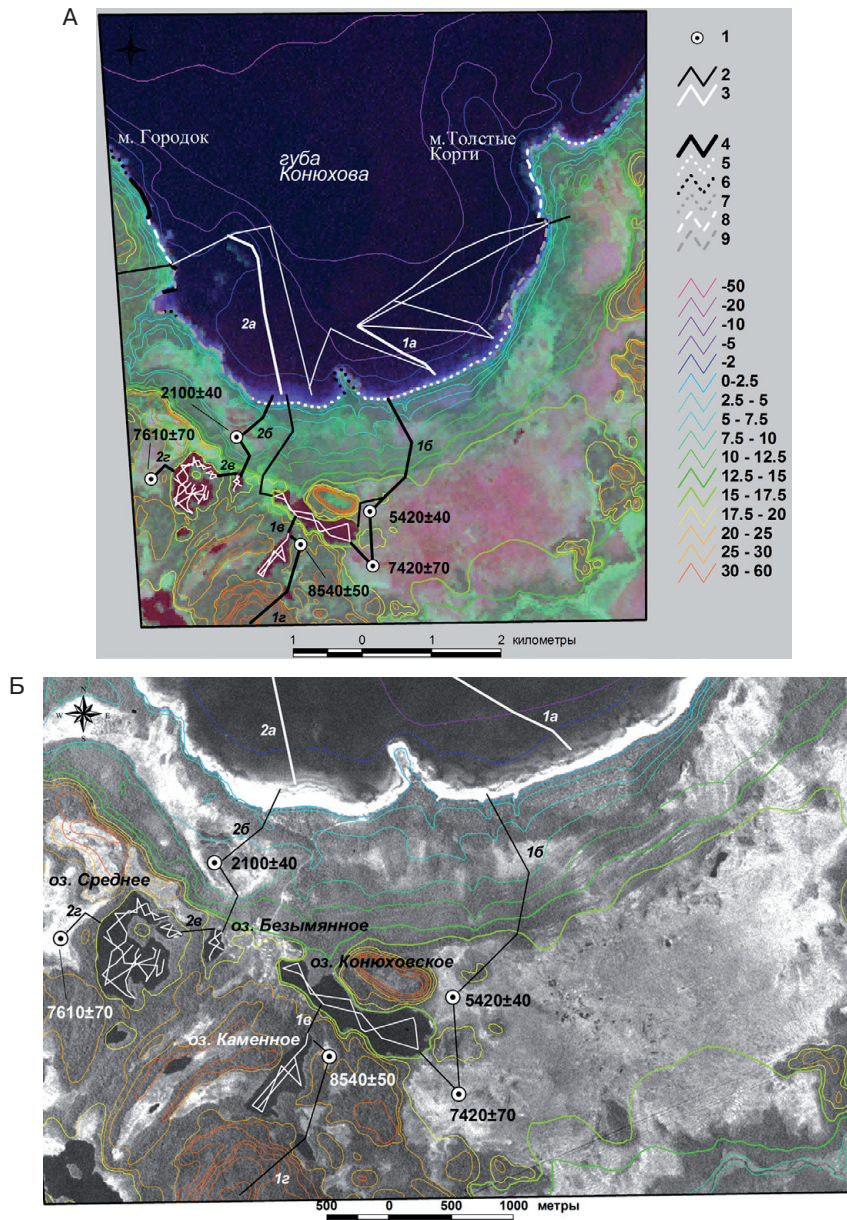


Рис. 2. Карта фактического материала:

1 – скважины ручного бурения (цифра – радиоуглеродный возраст подошвы озерно-болотных отложений, см. табл. 2); положение профилей: 2 – геоморфологических, 3 – эхолотных промеров (цифра – номер профиля на рис. 3), генетические типы берегов (по: [Сафьянов и др., 2014] с изменениями): 4 – абразионные активные и отмершие, с уступами размыва в отложениях морских террас, насыщенных крупными обломками, аккумулятивные: созданные волновыми процессами, пляжевые и лагунные: 5 – песчаные и галечно-песчаные, 6 – валунно-галечные, 7 – чередование валунно-галечных пляжей на мысах и песчаных в губах и заливах; 8 – чередование пляжевых и осушенных берегов, 9 – осушенные берега с участками волновой аккумуляции. Линии равных глубин и высот – по: [Единая..., 2012, Унифицированная..., 2014]. Дистанционная основа: А – синтезированный космический снимок Landsat + ETM. Дата съемки 19 июля 2001 г. Пространственное разрешение 15 м; Б – панхроматический космofотоснимок KH-4 Corona. Кадр DS009056040DA044_b. Дата съемки 27 июня 1963. Пространственное разрешение 3–7,6 м (www.earthexplorer.usgs.gov)

Fig. 2. Map of factual material

Legend for Fig. 2: 1 – manually drilled cores (number is the radiocarbon age of the bottom of lacustrine-palustrine sediments, see Table 2); locations of profiles: 2 – geomorphological, 3 – echo sounded (number is the profile number in Figure 3), morphogenetic types of coast (according to [Safyanov et al., 2014] with changes): 4 – abrasion coasts, active and inactive, with washout cliffs in marine terrace deposits rich in coarse clastic material; accumulative: generated by wave action (beach or lagoon): 5 – sand and pebble-sand, 6 – boulder-pebble, 7 – alternation of boulder-pebble beaches on capes and sandy beaches in bays; 8 – alternation of beaches and foreshores, 9 – foreshores with wave-built sites. Depth and elevation contour lines (after [Edinaja..., 2012, Unificirovannaja..., 2014]). Remote sensing basis: A – synthetic Landsat + ETM image. Taken on July 19, 2001. Spatial resolution: 15 m; Б – panchromatic image from KH-4 Corona. Frame DS009056040DA044_b. Date: June 27, 1963. The spatial resolution is 3–7.6 m (www.earthexplorer.usgs.gov)

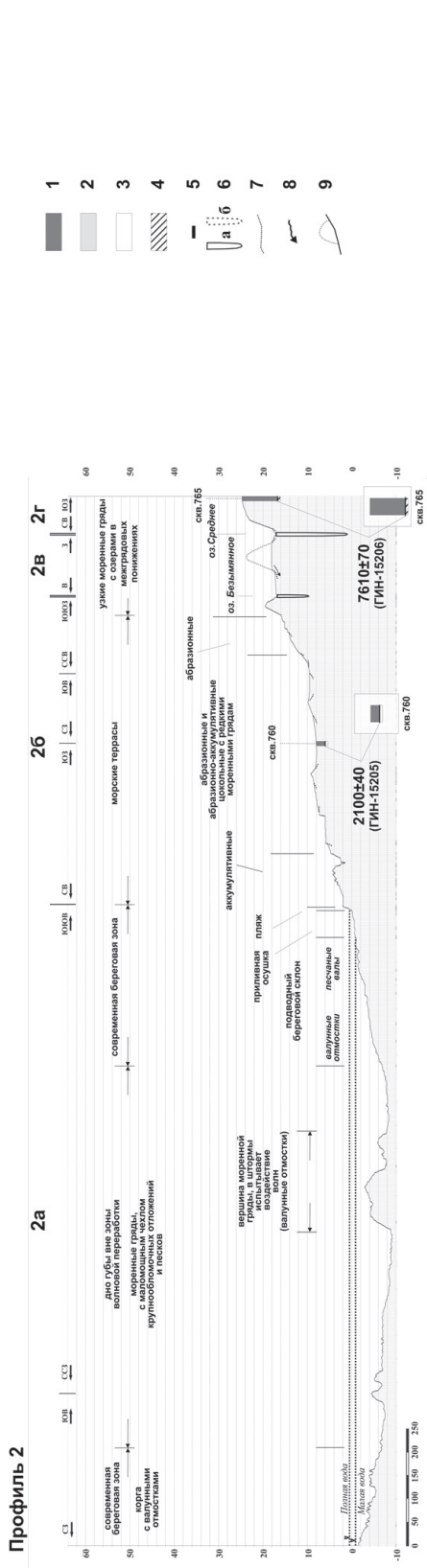


Рис. 3. Геоморфологические профили побережья губы Конохова (положение профилей см. на рис. 2):

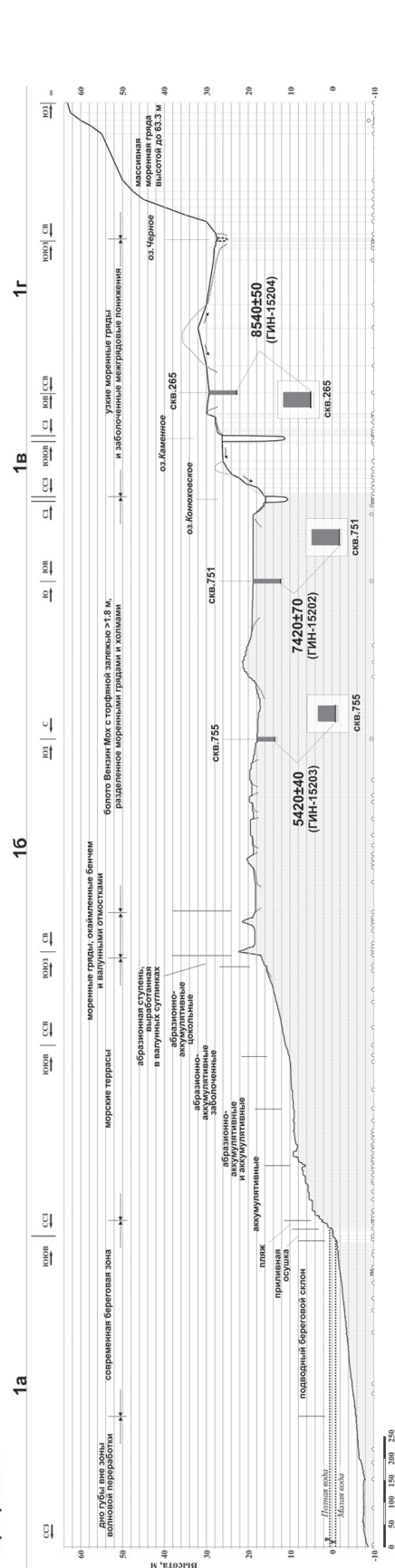


Таблица 2. Радиоуглеродные даты и калиброванные даты и калиброванный возраст образцов, СЗ берег Онежского полуострова, Соловецкие острова, пролив Восточная Соловецкая Салма

Table 2. Radiocarbon dates and calibrated ages, NW coast of Onezhsky Peninsula, Solovetsky Islands, East Solovetskaaya Salma Strait

№	Источник Source	Положение, номер скважины Core location and number	Материал для датирования, подстилающие отложения Material for dating, underlying deposits	Высота н. у. м. Elevation a. s. l.	Глубина отбора, м Sampling depth, m	Индекс и номер образца Sample index and number	¹⁴ C дата ¹⁴ C date	Калибро- ванный возраст, л. н., 1s	Координаты (с. ш., в. д.) Coordinates (N, E)
1	Данная публикация (см. рис. 2 и 3) This paper (Fig. 2, 3)	болото на морской террасе высотой 7,5–8,5 м (т. 760) Mire on marine terrace, 7.5–8.5 m a. s. l. (p. 760)	торф на сортированном среднезернистом песке peat over sorted medium sand	8,0	1,9–2,0	ГИН-15205 GIN-15205	2100 ± 40	2036–2122	64.893191, 36.563525
2		болото Вензин Мох (т. 755) Venzin Mokh mire (p. 755)	сапрпель оторфованный на серых суглинках, в 10 см ниже кровли опесчаненных peat-enriched sargpel over on gray loams, 10 cm below the top of sand-enriched	17,8	3,9–4,0	ГИН-15203 GIN-15203	5420 ± 40	6207–6281	64.882569, 36.602558
3		болото Вензин Мох (т. 751) Venzin Mokh mire (p. 751)	торф на песке разнозернистом с гравием peat over poorly sorted sand with gravel	18,8	6,3–6,4	ГИН-15202 GIN-15202	7420 ± 70	8182–8326	64.875596, 36.602600
4		болото за оз. Среднее (т. 765) Mire beyond Lake Srednee (p. 765)	торф на суглинках сизо- серых с дресвой и щебнем peat over grayish loams with scree and crushed stone	24,8	7,7–7,8	ГИН-15206 GIN-15206	7610 ± 70	8354–8459	64.888358, 36.536882
5		болото у оз. Каменное (т. 265) Mire near Lake Каменное (p. 265)	сапрпель оторфованный на разнозернистом (от грубого до мелкого) глинистом песке peat-enriched sargpel over poorly sorted (coarse to fine) clayey sand	29,4	6,4–6,5	ГИН-15204 GIN-15204	8540 ± 50	9496–9542	64.87882, 36.58114
6	Полякова и др., 2014	колонка 6062 core 6062	раковины <i>Brachiopoda</i> <i>Brachiopoda</i> shells	-71	0,8	KIA-32832	8305 ± 40	8834–8964	65.09000, 36.09000
7	Poljakova et al., 2014	колонка 6050 core 6050	ракушечный детрит shell detritus	-101	3,055	KIA-32835	8530 ± 40	9099–9241	65.26000, 38.82000
8		колонка 7163 core 7163	раковины <i>Astarte borealis</i> <i>Astarte borealis</i> shells	-149	4,035	KIA-33462	8925 ± 40	9520–9623	65.25000, 38.59000

Окончание табл. 2
Table 2 (continued)

9	Субетто и др., 2012 Subetto et al., 2012	оз. Исаковское (Лесное) Lake Isakovskoye (Lesnoye)	Ил Silt	3,0	2,39–2,395	Hela-1933	2040 ± 40	2053–1945	65.095, 35.5983
10		оз. Святое Lake Svyatoye	Ил Silt	8	5,73–5,735	Hela-1930	2715 ± 40	2847–2775	65.02667, 35.725
11		оз. Бол. Корзино Lake Bol. Korzino	Ил Silt	17	5,30–5,305	Hela-1927 Hela-1927	5755 ± 45	6631–6496	65.05833, 35.64167
12	Каплин и др., 1971 Kaplin et al., 1971	колонка 245-III core 245-III	раковины <i>Hiatella arctica</i> , <i>Astarte borealis</i> , <i>A. elliptica</i> и др. shells of <i>Hiatella arctica</i> , <i>Astarte borealis</i> , <i>A. elliptica</i> etc.	-17	1,5–0,8; 1,86–1,5	МГУ-ИОАН-56; МГУ-ИОАН-27 MGU-IOAN-56; MGU-IOAN-27	8330 ± 500; 9330 ± 120	8326–9480; 9998–10325	65.12854, 36.27841
13		колонка 245-I core 245-I	раковины <i>Hiatella arctica</i> , <i>Astarte borealis</i> , <i>A. elliptica</i> и др. shells of <i>Hiatella arctica</i> , <i>Astarte borealis</i> , <i>A. elliptica</i> etc.	-20	1,25–0,39; 2,1–1,25	МГУ-ИОАН-93; МГУ-ИОАН-94 MGU-IOAN-93; MGU-IOAN-94	7480 ± 160; 7700 ± 180	7784–8119; 7985–8339	65.09000, 36.27841

Эхолотные промеры выполнены с помощью однолучевого эхолота Lowrance LMS-480 (частота излучателя 200 кГц, охват 60°, разрешающая способность 0,1 м). Отметки глубин и координаты точек промеров фиксировались в среднем через 200 миллисекунд. Акватории пяти озер (рис. 2; табл. 1) промерены по сети галсов, заложенных в зависимости от морфологии их берегов и котловин. Исследованные озера занимают понижения между моренными грядами, согласно генетической классификации Ю. П. Пармузина [1975], относятся к классу экзогенных котловин, типу гляциогенных котловин, подтипу моренных котловин. Водоёмы отличаются относительно простым строением котловин – малые озера (Среднее Малое, Безымянное) характеризуются овальной формой и несложным строением дна, более крупные озера (Конюховское, Каменное, Среднее) – усложненной конфигурацией береговой линии и более сложным, иногда грядовым, рельефом дна. Морфометрические характеристики водоемов определялись по топографической карте, показатели горизонтальной и вертикальной расчлененности рассчитывались в соответствии с общепринятыми методиками [Верещагин, 1930; Горшков, 1979; Догановский, Орлов, 2011 и др.].

На акватории залива галсы заложены вкрест простирания изобат и отмелей, выявленных при предварительном дешифрировании космических снимков. Первичная обработка батиметрических данных включала отбраковку точек с ошибками записи и внесение поправок на приливные колебания уровня моря (<http://www.wxtide32.com>, пункт Летний Орлов). Благодаря тому, что промеры охватывали приливную осушку, удалось связать отметки глубин с Балтийской системой высот (точность не хуже 0,5 м). В результате составлены профили, характеризующие рельеф дна акватории заливов и прибрежной суши, включая котловины озер (рис. 3).

Полученная информация сведена в ГИС-проект и проанализирована в среде ArcGIS, ArcView. Морфодинамическая интерпретация строения рельефа приморских террас выполнена по данным полевых наблюдений и дешифрирования космических снимков Landsat +ETM (дата съемки 19 июля 2001 г.; пространственное разрешение 30 м) и KH-4 Corona (кадр DS009056040DA044_b; дата съемки 27 июня 1963 г.; пространственное разрешение 3–7,6 м). Предварительная обработка KC проведена в среде ArcGIS и включала для KC Landsat +ETM операции синтезирования каналов, улучшение разрешения снимка до 15 м и его

привязку в проекции UTM, а для космического фотоснимка Согора – трансформирования и привязки изображения.

Для отбора образцов на радиоуглеродное датирование исследовано несколько болот, сформировавшихся как на месте бывших заливов и озер, так и на морских террасах. Образцы торфа отобраны из подошв торфяных залежей в двух палеозаливах оз. Конюховского (болото Вензин Мох), из болота, располагающегося на поверхности между оз. Конюховское и оз. Каменное, из болота у оз. Среднего, а также из болота на морской террасе высотой 7,5–10 м (рис. 2; табл. 2). Определение радиоуглеродного возраста образцов проводилось по методике, принятой в ГИН РАН [Zaretskaya et al., 2011]. Даты, полученные в ходе наших исследований и опубликованные ранее [Каплин и др., 1971; Субетто и др., 2012; Полякова и др., 2014], сведены в таблицу 2. Калибровка всех радиоуглеродных дат выполнялась в программе Calib 611 [Reimer et al., 2009], при этом калибровка «континентальных» дат производилась с помощью калибровочной кривой IntCal09, а дат, полученных по образцам морского происхождения, – с помощью кривой IntCalMarine.

Комплекс выполненных работ позволил охарактеризовать строение рельефа побережья – прибрежного мелководья (до глубин 10 м), береговой зоны, голоценовых морских террас и форм ледникового генезиса. Уточнено распространение берегов разных генетических типов, выявлены особенности их современной динамики. Охарактеризован спектр голоценовых морских террас, установлена последовательность изменения положения береговой линии в послеледниковое время. Сопоставление строения современной береговой зоны и мелководья с рельефом и отложениями прибрежной суши позволило реконструировать динамические обстановки рельефообразования послеледникового времени.

Результаты и обсуждение

Особенности морфодинамики современной береговой зоны района

Губа Конюхова – глубоко врезанный залив с глубинами до 20 м на юго-западном берегу пролива Восточная Соловецкая Салма (далее – Салма), соединяющего Онежский и Двинский заливы и отделяющего северо-западные берега Онежского полуострова от архипелага Соловецких островов (рис. 1).

Сведения о закономерностях строения и динамики современной береговой зоны района

позволяют оценить условия формирования берегов в голоцене. Особенности берегов района в значительной степени обусловлены геолого-геоморфологическими факторами: 1) северо-западной ориентировкой основных тектонических структур и разрывных нарушений; 2) унаследованным дифференцированным поднятием территории, современная скорость которого для о. Жижгин оценивается по уровнемерным данным 1930–1980-х годов величинами: +1,1 мм/год [Никонов, 1977], +2,06 мм/год [Гидрометеорология..., 1991] и +2,89 мм/год [Инжебейкин, 2003]; 3) пересеченным рельефом дна, где формы ледникового генезиса незначительно нивелированы процессами морской абразии и аккумуляции; 4) значительным содержанием глыб и валунов в ледниковых суглинках.

Береговая линия Салмы, поперечная по отношению к основным тектоническим структурам, образует мысы и широкие заливы (губы Конюхова, Летняя Золотица и ряд меньших). Мысы блокированы отмелями, в то время как губы доступны воздействию волн преобладающих направлений (север – северо-восток – восток и юго-запад – юг – юго-восток). Интенсивность волнения зависит от ориентировки и при глубины берега и различна в разных заливах. Распределение волновой нагрузки корректируют локальные условия – строение рельефа и литология пород мелководья.

Губа Конюхова приурочена к открытой на север-северо-запад депрессии в кровле коренных пород, представленных аргиллитами и алевролитами венда, заполненной толщей четвертичных отложений мощностью 20–60 м. Верхние горизонты разреза слагают валунные суглинки последнего оледенения и плотные коричневые ледниково-морские глины, занимающие понижения в кровле морены (рис. 1). Осташковские отложения перекрыты чехлом голоценовых морских осадков – алевролитов на глубине более 10 м и песков в зоне мелководья [Государственная..., 1999, 2010]. На глубине около 10 м мощность морских отложений составляет 2–3 м, уменьшаясь к берегу [Невесский и др., 1977, колонки 210, 209]. Западный борт залива образует массивная моренная гряда с высотами до 49 м, приуроченная к выступам фундамента и дочетвертичного рельефа и продолжающаяся на дне Салмы вплоть до о. Соловецкий. На дне губы Конюхова подводное основание гряды прослеживается в виде каменистых отмелей, крутосклонных гребней и гряд, занимающих западную часть дна акватории (рис. 2; рис. 3, профиль 2) и существенно уменьшающих воздействие волн на

западный берег залива. С юга и востока губу Конюхова замыкает серия кулисообразных подводных и надводных (отметки до 63,3 м) моренных гряд сложной морфологии, протянувшихся с юго-запада на северо-восток вдоль берега Салмы (рис. 1). Дно губы здесь ровнее, осложнено невысокими уступами и микрогрядами (рис. 3, профиль 1). Донные осадки формируются под действием приливных течений, скорость которых возрастает у мысов и в узостях между банками. В результате селективного размыва ледниковые отложения покрываются валунными отмытками; преобладание в составе активного слоя грубо-крупнозернистых песков [Государственная..., 1999] свидетельствует о высоких скоростях течений.

Согласно данным о высотах волн [ЕСИ-МО..., 2014], зона регулярной и наиболее интенсивной волновой переработки дна находится в пределах глубины 0–2 м (более 96 % случаев). При экстремальных штормах волны способны воздействовать на дно до глубины 6–8 м. Амплитуда приливных колебаний уровня ~ 1 м. Ледовый покров неустойчив, присутствует с декабря–января по апрель – начало мая и существенно препятствует развитию волнения лишь в феврале–марте [Гидрометеорология..., 1991].

На профилях эхолотных промеров на глубине около 6 м фиксируется основание подводного берегового склона. На глубине 2–6 м склон сложен песчано-галечными отложениями с группами валунов или представляет собой валунную отмытку. Выше, в зоне регулярного волнового воздействия, в кутовой части губы формируются береговые валы высотой 0,2–0,7 м, сложенные мелкозернистыми песками (рис. 3). Верхняя граница береговой зоны расположена, в зависимости от интенсивности волнения на конкретных участках берега, на отметках 1,2–2 м [Сафьянов и др., 2014]. Таким образом, зона интенсивного волнового воздействия с морфологически выраженными формами берегового рельефа занимает полосу с диапазоном высоты около 4 м при ширине 0,1–1,3 км. Согласно оценкам темпов современных вертикальных движений по равномерным наблюдениям на о. Жижгин [Никонов, 1977; Гидрометеорология..., 1991; Инжебеikin, 2003], она может полностью обновиться за счет поднятия берега за ~1,5–4 тыс. лет.

Результаты взаимодействия сложноорганизованной структурно-литогенной основы рельефа береговой зоны и изменчивых гидродинамических условий прослеживаются в распределении типов берегов, преобладающих потоках наносов и строении голоценовых террас.

Подавляющую часть береговой линии губы Конюхова занимают аккумулятивные берега (рис. 2): созданные деятельностью волн (пляжевые и лагунные) или приливных явлений (осушенные). Пляжевые и лагунные берега, как и редкие фрагменты абразионных берегов, выработанных в валунных суглинках, глинах или песчано-валунном перлювии, развиты на участках наиболее интенсивного воздействия волн. В волновой тени их доля закономерно уменьшается. Состав пляжевых отложений изменяется, в зависимости от силы волнения и подстилающего субстрата, от мелко-среднезернистых песков до валунов. Валунно-галечные пляжи и косы тяготеют к выходам каменистой морены, попадающим в зону волновой переработки при поднятии дна, и сложены продуктами ее селективного размыва. Наиболее крупные обломки формируют отмытки и гряды, более мелкие, крупностью до 30–40 см, экстремальными штормами могут вовлекаться в потоки наносов [Сафьянов и др., 2015], облекая препятствия и наращивая косы и томболо, такие как мыс Корга по оси губы. Приращение берега происходит как за счет аккумуляции наносов, поставляемых волнами и приливными течениями, так и в результате постепенного поднятия неровного, осложненного каменистыми грядами дна. Достигая глубин волнового воздействия, такие гряды становятся ядрами аккумуляции наносов. Особенности переработки морем отложений с различным содержанием крупных обломков определяют дискретность строения береговой зоны и широкое распространение берегов «смешанных» типов, в развитии которых значимо влияние как волновых, так и неволновых процессов (рис. 2).

В таких условиях возникают преимущественно короткие вдольбереговые потоки наносов, направленные от мысов внутрь заливов, образующие автономные литодинамические ячейки. Питание береговой зоны материалом, поступающим от речного стока и размыва берегов, крайне скудно. Основная часть наносов, образующих аккумулятивные формы, поставляется поперечными потоками с подводного берегового склона, постоянно обновляющегося в ходе постгляциального поднятия. Такая ситуация воспроизводит условия развития берегов района в голоцене.

Строение рельефа приморских низменностей

В строении приморских низменностей выделяются три геоморфологических уровня, различных по морфологии, времени и обстановкам переработки морем ледникового рельефа.

Нижний уровень, до абсолютных отметок 15–17 м, занимают морские террасы, строение которых близко к облику современной береговой зоны, а пространственное распределение морфодинамических обстановок повторяет ситуацию на дне и берегах залива. На западе, на склонах моренной гряды, это узкие (метры – первые десятки метров) абразионные ступени, выработанные в ледниковых суглинках и частично закрытые валунными отмостками и штормовыми набросами из преимущественно хорошо окатанных гальки и мелких валунов. На южном и восточном побережьях залива чередуются аккумулятивные, абразионно-аккумулятивные и абразионные террасы, образующие изменчивые по высоте ступени шириной в десятки-сотни метров (рис. 2 и 3). Как и на дне залива, к западу от его оси преобладают обстановки размыва, а к востоку – умеренного накопления наносов. Аккумулятивные террасы – уплощенные или пологонаклонные песчаные поверхности, часто с невысокими (обычно 0,3–0,5 м, иногда – до 1 м) береговыми валами, характерны для нижних (до 7–8 м) уровней (рис. 3, профили 1, 2), но встречаются и на других высотах. В зависимости от размеров валов они распознаются на детальном космическом снимке по регулярному полосчатому рисунку или неровному светло-серому тону изображения (рис. 2, Б). Чаще всего террасы имеют абразионно-аккумулятивный облик – песчаные наносы небольшой мощности, иногда также образующие валы, залегают на цоколе из валунных суглинков, которые иногда выходят на поверхность. На террасах встречаются невысокие (до 2 м) гряды протяженностью до нескольких сотен метров, сложенные валунами или валунными суглинками. Распространены плоские и широкие (сотни метров) заболоченные поверхности, окаймленные со стороны моря невысокими каменистыми грядами или абразионными уступами, выработанными в суглинках (рис. 3). Они дешифрируются на синтезированных космических снимках по красноватому тону изображения (рис. 2, А). Под слоем озерно-болотных отложений залегают отмытые средне- и мелкозернистые пески, вероятно незначительной мощности. Заболочивание связано с близким к поверхности положением водоупорного горизонта. Современный аналог таких террас – широкие уплощенные суглинистые бенчи в тылах каменистых надводных или осушенных гряд, прикрытые песчаными наносами. Абразионные террасы – уплощенные или наклонные суглинистые бенчи, с отмостками, каменистыми грядами и отчетливыми уступами, практически лишены чехла тонких

наносов, влажные или слабозаболоченные, тяготеют к высотам более 10 м.

Морфологические различия и неполная синхронность высот террасовых ступеней вдоль контура берега, отражающая, как и в современной береговой зоне, локальные изменения волновой активности и строения моренного цоколя, не позволяют выделить на побережье залива протяженные древние береговые линии на высотах ниже 7–7,5 м (рис. 3). Это может свидетельствовать о непрерывном относительном поднятии берега и близких к современным обстановкам во время формирования террас. Наиболее низкая выдержанная по простиранию терраса занимает отметки высот 7–7,5–10 м. Со стороны моря она ограничена древними береговыми линиями (7–7,5 и 8–9 м), выраженными на аккумулятивных участках задерживаемыми авантюнами и перевеянными береговыми валами, а на абразионных – отчетливыми уступами высотой 1–1,5 м. Терраса абразионно-аккумулятивная, пологоступенчатая или пологогрядовая, часто заболочена. В скважине 760 (рис. 2 и 3; табл. 2) из подошвы озерно-болотных отложений, перекрывающих хорошо сортированные среднезернистые морские пески (табл. 2), получена дата 2100 ± 40 (ГИН-15205). Тыловой шов террасы отчетлив, примыкает к пологому склону с абразионно-аккумулятивным или абразионным обликом рельефа (рис. 2 и 3).

На отметках 14–17,5 м на побережье губы Конюхова отчетливо выражена преимущественно абразионная береговая линия, выработанная в обращенных к морю склонах моренных гряд (абсолютные отметки гребней от 17,5 до 48,2 м) и свидетельствующая о стабилизации уровня моря с высокой волновой активностью. Подножия гряд окаймлены полого наклоненными к морю ступенчатыми суглинистыми бенчами с валунными отмостками. В склонах гряд выработаны абразионные уступы и ниши, а в разрывах и понижениях между грядами – проливы различной морфологии, соединявшие открытую акваторию с заливами, в настоящее время занятыми озерами и заболоченными равнинами. На северо-восточном берегу оз. Конюховского в межгрядовом понижении на высоте около 1 м выше его современного уреза сформировалась дельта, обращенная в котловину озера. Палеозаливы оз. Конюховского (болото Вензин Мох) на севере были соединены с акваторией Салмы широкими проливами на высотах 17–17,5 м, а на юге открывались в узкий залив Онежской губы (рис. 1). Оз. Безымянное соединял с Салмой узкий V-образный врез с высотными отметками дна $\sim 17,5$ –18 м. Оз. Среднее

при уровне моря ниже ~20 м не имело непосредственной связи с открытой акваторией и сообщалось с ней через оз. Безымянное по системе узких проливов (рис. 3, профиль 2). Различия морфологии влияли на интенсивность гидродинамических процессов в проливах, состав поступающих в заливы наносов и определили время отчленения бассейнов от моря. Из подошвы озерно-болотных отложений северного палеопролива оз. Конюховского (рис. 2) получена дата 5420 ± 40 (ГИН-15203), а в южном палеопроливе – 7420 ± 70 (ГИН-15202). Минеральные горизонты представлены серым суглинком, в 10 см ниже кровли – опесчаненным, и разнозернистым песком с гравием соответственно (табл. 2). Различия во времени обособления от моря и заболачивания заливов предопределены неровным, ступенчато-грядовым рельефом днищ котловин.

Признаки волновой обработки моренных гряд – узкие уплощенные суглинистые бенчи, лишенные осадков или прикрытые перлювиальными суглинками с песком, дресвой и щебнем, небольшие выработанные в морене абразионные (?) уступы наблюдаются до высот около 22 м. Выше, на отметках до 30 м, морфологию поверхности определяют узкие ледниковые гряды, прикрытые ледниково-морскими отложениями осташковского возраста [Государственная..., 1999]. Межгрядовые ложбины с неровными ступенчатыми днищами на высотах 23–29 м заболочены и/или заняты озерами (в т. ч. оз. Каменное) и образуют в депрессии между побережьем Салмы и Онежским заливом сеть субпараллельных понижений северо-восточной ориентировки (рис. 1). На высоте 24–25 м из болота у оз. Среднее из подошвы торфа мощностью 8 м (рис. 2; рис. 3, профиль 2), залегающего на сизо-серых суглинках с дресвой и щебнем, получена дата 7610 ± 70 (ГИН-15206). На заболоченной ступени у оз. Каменное с отметками 29–30 м (рис. 2; рис. 3, профиль 1) из буро-серого зернистого слабоглинистого сапропеля, залегающего на разнозернистом (от грубого до мелкого) глинистом песке, с глубины 6,5 м получена дата 8540 ± 50 (ГИН-15204).

Основные этапы развития района в позднеледниковье-голоцене

Полученные данные позволяют уточнить существующие представления о возрасте и истории развития рельефа, в том числе береговой зоны района.

М. А. Лаврова [1931] относит древние береговые линии высотой около 30 и 23 м, выде-

ленные ею на северо-западе Онежского полуострова (д. Пушлахта, о. Жижгин), ко времени позднеледниковой трансгрессии; высотой 11,5–12,5 – к раннему голоцену, а более низкие – к среднему и позднему голоцену. Авторы работ [Государственная..., 1999, 2010] выделяют морскую террасу высотой 15–40 м (аллеред – поздний дриас), соединяющую заливы Конюхова и Пушлахта (Онежский залив); морские террасы на высотах 4–13,5 м относят к раннему, а ниже 4 м – к позднему голоцену. В то же время П. А. Каплин и А. О. Селиванов [1999] не находят свидетельств морского или озерного генезиса поверхностей выше 20 м над уровнем моря.

По результатам анализа строения рельефа побережья, радиоуглеродных дат и опубликованных региональных данных, история развития района в позднеледниковье-голоцене представляется следующей.

Проникновение баренцевоморских вод в беломорскую депрессию, сопровождавшееся трансгрессией, и осолонение существовавшего в ней бассейна датировано в Кандалакшском заливе временем $\sim 11,2\text{--}9,5$ ^{14}C (13–11,5 кал.) тыс. л. н. [Колька и др., 2005, 2012; Колька, Корсакова, 2013]. В тот же период трансформированные баренцевоморские воды вошли в Двинский залив [Полякова и др., 2014]. В Восточной Соловецкой Салме (рис. 1, колонка 6062) осадконакопление происходило в условиях опресненного, холодноводного морского бассейна в непосредственной близости от края ледника [Полякова и др., 2014], а возможно – массива мертвого льда, частично закрывавшего шельф между Соловецкими островами [Рыбалко и др., 1987]. Относительная высота послеледниковой трансгрессии на о. Большой Соловецкий не превышала современных отметок 35 м [Субетто и др., 2012], а в районе губы Конюхова, в депрессии, разделяющей Восточную Соловецкую Салму и губу Пушлахта Онежского залива, судя по морфологическим признакам, – 30 м (рис. 1). Узкие протяженные межгрядовые ложбины с днищами на отметках 23–29 м при максимальном уровне трансгрессии, возможно, представляли собой закрытые льдом проливы со спокойными гидродинамическими условиями, соединявшие эти акватории. Сходные по строению проливы и заливы существовали во время послеледниковой трансгрессии на Зимнем берегу Белого моря [Репкина и др., 2016, 2017]; обстановки накопления осадков изменялись от морских на восточном берегу Горла Белого моря [Репкина и др., 2017] до солоноватоводных в ингрессионных заливах устья р. Северной Двины [Барановская и др., 1977; Плешивцева, 1977; Zaretskaya et al., 2011].

Замыкание проливов произошло в результате постгляциального поднятия Онежского полуострова и регрессии раннего голоцена не позднее $8,5^{14}\text{C}$ (~9,5 кал.) тыс. лет назад (табл. 2, скв. 265). Быстрое понижение относительного уровня во временном интервале 9500–8500 ^{14}C лет, характерное для западного побережья Белого моря [Колька и др., 2005, 2012; Романенко, Шилова, 2012; Колька, Корсакова, 2013], фиксируется на востоке региона площадным распространением торфа возрастом 9180–8500 ^{14}C лет [Барановская и др., 1977; Кошечкин, 1979; Zaretskaya et al., 2011; Субетто и др., 2012; Репкина и др., 2016, 2017]. В то же время в акватории Двинского залива началу регрессивного этапа на суше соответствует резкое увеличение притока соленых вод (около 10,5 тыс. кал. л. н.), усиливавшееся в течение всего бореала в связи с активизацией атлантической циркуляции [Полякова и др., 2014]. На мелководье Салмы накапливаются осадки, обогащенные раковинами морских моллюсков [Каплин и др., 1971] (рис. 2; табл. 2), что позволяет считать амплитуду падения уровня бассейна относительно современного его положения незначительной.

Постепенное выдвигание северо-западного побережья Онежского полуострова за счет постгляциального поднятия продолжалось до начала атлантической трансгрессии. В конце этапа относительный уровень моря находился вблизи нижних отметок абразионной береговой линии 14–17,5 м. Гидроклиматические и ледовые условия, суровые в начале бореала, неравномерно улучшались [Новичкова, 2008]. После 8,6 тыс. кал. л. н. продолжительность ледового периода резко сократилась до современных значений, а иногда не превышала 0–2 месяцев в год [Новичкова, 2008]. Возрастали волновая нагрузка на берега и степень волновой переработки поднимавшихся из-под уровня моря ледниковых и ледниково-морских равнин. Облик наиболее высоких террас этого возраста формировался в условиях ослабленного волнового воздействия при значительной роли припайных льдов, что характерно в настоящее время для фиардово-шхерных берегов [Романенко и др., 2012]. В береговой зоне возникали грядовые и полого-грядовые бенчи, прикрытые суглинистым перлювием или маломощными песчаными наносами. По мере выхода из-под уровня моря заливы – озера Среднее, Конюховское с болотом Вензин Мох и другие, занимающие те же высоты, около 8,4–8,2 тыс. кал. л. н. заполнялись озерными и болотными осадками (табл. 2, скв. 765, 751). В конце бореала ледовые условия благоприятствовали развитию

волновых процессов; на обращенном к морю склоне моренных гряд начала оформляться абразионная береговая линия.

Падение относительного уровня моря сменилось во время трансгрессии тапес его быстрым подъемом, но, судя по датировкам террас относительно стабильного северного берега Двинского залива, амплитуда подъема не превышала 2–3 м [Репкина и др., 2016]. На побережье губы Конюхова скорость трансгрессии опережала поднятие берега. Относительный уровень моря в максимум трансгрессии находился на современных высотах ~17,5 м. Отмершие к тому времени заливы раннеголоценового моря с порогами стока ниже этих отметок, например северный залив оз. Конюховское (табл. 2, скв. 755), были вновь заполнены морскими водами, о чем свидетельствует и стратиграфия озерных отложений [Леонтьев и др., 2016].

В бассейны, отгороженные более высокими моренными грядами, трансгрессия не проникала (табл. 2, скв. 751). На близких высотах отложения трансгрессии тапес датированы в оз. Бол. Корзино [Субетто и др., 2012] и террасах [Никишин, 1984] острова Большой Соловецкий, а также на северо-западной оконечности Онежского полуострова в районе м. Ухтनावолок [Репкина и др., 2015]. Судя по дате из морских илов оз. Бол. Корзино (о. Большой Соловецкий), уровень моря находился на этих отметках до $5755 \pm 45^{14}\text{C}$ (~6,6–6,5 тыс. кал.) л. н. (табл. 2). В ходе продолжительной стабилизации уровня моря с высокой волновой активностью завершилось формирование абразионной береговой линии на высотах 14–17,5 м.

Дальнейшее развитие берегов губы Конюхова определено сочетанием темпов постгляциального поднятия, строения ледникового субстрата и гидродинамической активности бассейна. Согласно полученным датам из подошвы озерно-болотных отложений, скорость относительного поднятия побережья залива за период 9000–6000 лет оценивается в 2–2,2 мм/год. Такие величины находятся в интервале максимальных оценок темпов современных движений берега по уровнемерным данным (+2,06 мм/год [Гидрометеорология..., 1991] и +2,89 мм/год [Инжебейкин, 2003]) и несколько ниже темпов воздымания о. Большой Соловецкий. Исходя из рассчитанных скоростей поднятия, можно оценить время изменения морфодинамических обстановок на берегах залива. Обстановки преимущественного размыва сменились режимом чередования размыва и аккумуляции наносов в суббореальное время около 4,5–5 тыс. кал. л. н., что может быть

связано как с уменьшением уклонов поверхности морены, так и с ослаблением гидродинамической активности Салмы [Новичкова, 2008]. Увеличение доли процессов аккумуляции в последние 2 тыс. л. н. вызвано, возможно, затуханием постгляциального поднятия и, соответственно, большей продолжительностью формирования береговой линии. Уменьшение темпов воздымания берега отчетливо выражено на о. Большой Соловецкий [Субетто и др., 2012].

Выводы

В строении рельефа побережья выделены и датированы два геоморфологических уровня, различных по механизму и глубине преобразования морем краевых образований невиской стадии деградации последнего оледенения и соответствующих основным этапам послеледникового развития рельефа. Межгрядовые палеопродольные и заливы на высотах 17,5–30 м заполнялись в ходе послеледниковой трансгрессии водами ледовитого и, на ранних этапах, существенно опресненного бассейна. Бассейновый этап их развития окончился не позднее $8540 \pm 50 - 7610 \pm 70^{14}\text{C}$ (~9500–8400 кал.) лет назад. Морские террасы на высотах до 15–17 м сформировались в среднем-позднем голоцене в обстановках, близких к современным. Распределение участков аккумуляции и размыва, как и в современной береговой зоне, связано с морфологией ледникового рельефа и насыщенностью морены крупными обломками. Выявлена тенденция к незначительному увеличению накопления песчаных наносов от береговых линий среднего голоцена к современным берегам, обусловленная изменениями ледовитости акватории, уклонов подводного берегового склона (поверхности морены) и, возможно, затуханием постгляциального поднятия. На высотах 14–17,5 м обнаружена абразионная береговая линия, выработанная при стабилизации уровня моря с высокой волновой активностью, имевшей место во время трансгрессии тапес. В тот же период заливы верхнего уровня с порогом стока менее ~17,5 м были вновь заполнены морскими водами. Аналогичные этапы развития берега (при меньших высотах террас) выявлены на Зимнем берегу Белого моря.

Скорость относительного поднятия побережья губы Конюхова оценивается по датам из нижнего горизонта озерно-болотных отложений в 2–2,2 мм/год (за период 9000–6000 лет), что близко к максимальным оценкам современных движений берега и несколько ниже темпов воздымания о. Большой Соловецкий.

Исследование выполнено частично при поддержке проектов РФФИ 16-05-00727-а «Внезапные кардинальные перестройки гидрографической сети и ландшафтов в голоцене на юго-востоке Балтийского щита (палеогидрологический и геодинамический аспекты)» и 17-05-00706 «Валдайское время на северо-востоке Европы: хронология и событийность», РФФИ-РГО 13-05-41457 РГО_а «Природные катастрофы в позднем плейстоцене и голоцене: палеогеографическая диагностика», экспедиционного гранта РФФИ 14-05-10020-к, по теме госзадания АААА-А16-11632810089-5 «Эволюция природной среды, динамика рельефа и геоморфологическая безопасность природопользования» и в рамках темы ГИН РАН № 0135-2014-0068.

Авторы признательны всем участникам рейса и экипажу НИС «Эколог».

Литература

- Асеев А. А. Древние материковые оледенения Европы. М.: Наука, 1974. 319 с.
- Барановская О. Ф., Плешивцева Э. С., Травина М. А. Стратиграфия морских отложений позднего плейстоцена и голоцена низовьев р. Северной Двины (по опорным разрезам) / В сб.: Стратиграфия и палеогеография четвертичного периода Севера европейской части СССР. Петрозаводск: Карел. фил. АН СССР, 1977. С. 111–118.
- Баранская А. В. Роль новейших вертикальных тектонических движений в формировании рельефа побережий Российской Арктики: Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. СПбГУ. СПб. 2015. 26 с.
- Боярская Т. Д., Полякова Е. И., Свиточ А. А. Новые данные о голоценовой трансгрессии Белого моря // ДАН. 1986. Т. 290, № 4. С. 964–968.
- Верещагин Г. Ю. Методы морфометрической характеристики озер // Труды Олонецкой научной экспедиции. 1930. Ч. II. Вып. 1. С. 3–114.
- Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Т. II. Белое море. Л.: Гидрометеоиздат, 1991. 240 с.
- Говберг Л. И. Распределение моллюсков в толще голоценовых осадков Белого моря // Океанология. 1970. Т. 10, вып. 5. С. 837–848.
- Горшков И. Ф. Гидрологические расчеты. Л.: Гидрометеоиздат, 1979. 431 с.
- Государственная геологическая карта РФ масштаба 1:200 000, серия Онежская, листы Q-37-XXV, XXVI. СПб.: ВСЕГЕИ, 1999. 51 с.
- Государственная геологическая карта РФ масштаба 1:1 000 000. Третье поколение. Балтийская серия листов. Лист Q-37 с акваторией (Архангельск). Объяснительная записка. СПб.: МАГЭ, ВСЕГЕИ, 2010. 338 с.
- Государственная геологическая карта РФ масштаба 1:1 000 000. Третье поколение. Балтийская серия листов. Лист Q-(35), 36 с акваторией (Апатиты).

Объяснительная записка. СПб.: МАГЭ, ВСЕГЕИ, 2012. 440 с.

Девятова Э. И. Геология и палинология голоцена и хронология памятников первобытной эпохи в юго-западном Беломорье. Л.: Наука, 1976. 122 с.

Догановский А. М., Орлов В. Г. Сборник задач по определению основных характеристик водных объектов суши. СПб.: РГМУ, 2011. 315 с.

Евзеров В. Я., Корсакова О. П., Колька В. В. История развития морских бассейнов в Беломорской депрессии за последние 130 тысяч лет (состояние вопроса и перспективы исследований) // Бюл. КИЧП. 2007. № 67. С. 54–65.

Единая цифровая модель комплекта государственной геологической карты масштаба 1:1 000 000, лист Q-37 (Архангельск). СПб.: ВСЕГЕИ, 2012. URL: http://www.vsegei.ru/ru/info/pub_ggk1000-3/Baltiyskaya/q-37.php (дата обращения: 10.09.2016).

ЕСИМО. Атлас «Климат морей России и ключевых районов Мирового океана. Белое море». URL: <http://www.esimo.ru/atlas/Beloe> (дата обращения: 12.05.2014).

Инжебейкин Ю. И. Однонаправленные движения в колебаниях уровня Белого моря // Колебания уровня моря. СПб.: РГУ, 2003. С. 31–39.

Кальберг Э. А. Геологическое описание Онежского полуострова. Л.; М.: Гостоптехиздат, 1940. 64 с.

Каплин П. А., Гракова И. В., Парунин О. Б., Федоров Е. В., Шлюков А. И. Список радиоуглеродных датировок Лаборатории географического факультета МГУ и Института океанологии АН СССР // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. 1971. № 4. С. 104–108.

Каплин П. А., Селиванов А. О. Изменение уровней морей России и развитие берегов. М.: ГЕОС, 1999. 299 с.

Колька В. В., Евзеров В. Я., Мёллер Я., Корнер Д. Последлениковые гляциоизостатические движения на Северо-Востоке Балтийского щита // Новые данные по геологии и полезным ископаемым Кольского полуострова. Апатиты: КНЦ РАН, 2005. С. 15–25.

Колька В. В., Корсакова О. П., Шелехова Т. С., Лаврова Н. Б., Арсланов Х. А. Перемещение береговой линии Белого моря и гляциоизостатическое поднятие суши в голоцене (район поселка Кузема, Северная Карелия) // ДАН. 2012. Т. 442, № 2. С. 263–267.

Колька В. В., Корсакова О. П. Перемещение береговой линии и палеогеография Белого моря в позднеледниковье и голоцене // Материалы научной конференции «Морская биология, геология, океанология – междисциплинарные исследования на морских стационарах», посвященной 75-летию Беломорской биологической станции МГУ. М.: Т-во науч. изд. КМК, 2013. С. 126–131.

Колька В. В., Корсакова О. П., Лаврова Н. Б. Палеогеографические условия осадконакопления в малых озерных котловинах Поморского берега // Труды КарНЦ РАН. 2015. № 5. С. 70–85. doi: 10.17076/lm70

Кошечкин Б. И., Девятова Э. И., Каган Л. Я., Пунинг Я.-М. Последлениковые морские трансгрессии

в Онежском Беломорье // Стратиграфия и палеогеография четвертичного периода севера Европейской части СССР. Петрозаводск: Карел. фил. АН СССР, 1977. С. 5–16.

Кошечкин Б. И. Голоценовая тектоника восточной части Балтийского щита. Л.: Наука, 1979. 158 с.

Лаврова М. А. К геологии Онежского полуострова Белого моря // Труды Геол. музея АН СССР. Л., 1931. Т. VIII. 70 с.

Лаврова М. А. Четвертичная геология Кольского полуострова. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1960. 233 с.

Леонтьев П. А., Греков И. М., Субетто Д. А., Кузнецов Д. Д., Колька В. В., Лудикова А. В., Потахин М. С., Сапелко Т. В., Сырых Л. С., Толстобров Д. С. Стратиграфия озерных отложений Онежского полуострова, Белое море // Общество. Среда. Развитие. 2016. № 3 (40). С. 125–129.

Мануйлов С. Ф., Рыбалко А. Е., Спиридонов М. А., Джиноридзе Р. Н., Калугина А. В., Кириенко Е. А., Спиридонова Е. А. Стратотип позднеплейстоценовых и голоценовых отложений Соловецкого шельфа Белого моря // Палинология плейстоцена и голоцена. Л.: Изд-во ЛГУ, 1981. С. 116–134.

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

Никишин Н. А. Особенности развития Соловецких островов в голоцене // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. 1984. № 5. С. 55–57.

Никонов А. А. Голоценовые и современные движения земной коры: геолого-геоморфологические и сейсмотектонические вопросы. М.: Наука, 1977. 240 с.

Новичкова Е. А. Постледниковая история развития Белого моря по материалам изучения водных и наземных палиноморф: Автореф. дис. ... канд. геол.-минер. наук по спец. 25.00.28 – Океанология. ИО РАН. Москва, 2008. 26 с.

Пармузин Ю. П. Генетическая классификация озерных котловин // Круговорот вещества и энергии в озерных водоемах. Новосибирск: Наука, 1975. С. 406–414.

Плешивцева Э. С. Изменение палеогеографических условий Северо-Двинской впадины в поздне-последлениковье // Природа и хозяйство Севера. 1977. Вып. 6. С. 39–47.

Полякова Е. И., Новичкова Е. А., Лисицын А. П., Баух Х. А., Рыбалко А. Е. Современные данные по биостратиграфии и геохронологии донных осадков Белого моря // ДАН. 2014. Т. 454, № 4. С. 467–473.

Репкина Т. Ю., Романенко Ф. А., Шиловцева О. А. Отчет об экспедиции географического факультета МГУ в национальный парк «Онежское Поморье» // Летопись природы национального парка «Онежское поморье». М.; Северодвинск, 2015. С. 53–104.

Репкина Т. Ю., Зарецкая Н. Е., Шилова О. С. Двинский залив Белого моря в раннем голоцене. Новые данные // Пути эволюционной географии: Материалы Всерос. науч. конф., посвящ. памяти проф. А. А. Величко (Москва, 23–25 ноября 2016 г.). М.: ИГ РАН, 2016. С. 257–263.

Репкина Т. Ю., Романенко Ф. А. Рельеф побережий Бабьего моря и о. Великого: история развития и современные изменения / Ред. В. О. Мокиевский, А. И. Исаченко, П. Ю. Дгебуадзе, А. Б. Цетлин. М.: Т-во науч. изд. КМК, 2016. С. 177–210.

Репкина Т. Ю., Шилова О. С., Зарецкая Н. Е., Садков С. А., Кунгаа М. Ч. Развитие Зимнего берега Белого моря в позднеледниковье – голоцене по данным диатомового и радиоуглеродного анализов и георадарного зондирования // Вопросы геоморфологии и палеогеографии морских побережий и шельфа: Материалы науч. конф., посвящ. памяти П. А. Каплина (Москва, 2–3 февраля 2017 г.). М.: МГУ, 2017.

Романенко Ф. А., Репкина Т. Ю., Ефимова Л. Е., Булочникова А. С. Динамика ледового покрова и особенности ледового переноса осадочного материала на приливных осушках Кандалакшского залива Белого моря // Океанология. 2012. Т. 52, № 5. С. 1–12.

Романенко Ф. А., Шилова О. С. Послеледниковое поднятие Карельского берега Белого моря по данным радиоуглеродного и диатомового анализов озерно-болотных отложений п-ова Киндо // ДАН. 2012. Т. 442, № 4. С. 544–548.

Рыбалко А. Е., Спиридонов М. А., Спиридонова Е. А., Москаленко П. Е. Четвертичные отложения Онежского залива и основные черты его палеогеографии в плейстоцене-голоцене // В кн.: Комплексные морские геолого-геофизические исследования внутренних морей гляциального шельфа. Л.: ВСЕГЕИ, 1987. С. 38–52.

Сафьянов Г. А., Репкина Т. Ю., Удалов Л. Е., Кунгаа М. Ч. Факторы морфо- и литодинамики пляжей и приливных осушек северо-западной части Онежского п-ова (Белое море) // Береговая зона – взгляд в будущее: Материалы XXV Международной береговой конференции. Т. I. М.: ГЕОС, 2014. С. 160–162.

Сафьянов Г. А., Репкина Т. Ю., Селезнева Е. В., Кунгаа М. Ч. Морфодинамика берега как критерий долгосрочного прогноза развития побережий (на примере Летнего берега Белого моря) // Геоморфологические ресурсы и геоморфологическая безопасность: от теории к практике. М.: МАКС Пресс Москва, 2015. С. 172–175.

Система Белого моря. Т. 1. Природная среда водосбора Белого моря / Отв. ред. академик РАН А. П. Лисицын. М.: Научный мир, 2010. 480 с.

Субетто Г. Д., Шевченко В. П., Лудикова А. В., Кузнецов Д. Д., Сапелко Т. В., Лисицын А. П., Евзоров В. Я., ван Беек П., Суо М., Субетто Г. Д. Хронология изоляции озер Соловецкого архипелага и скорости современного озерного осадконакопления // ДАН. 2012. Т. 446, № 2. С. 183–190.

Унифицированная цифровая модель комплекта государственной геологической карты масштаба 1:200 000. Лист Q-37-XXV, XXVI. СПб.: ВСЕГЕИ, 2014. URL: <http://geo.mfvsegei.ru/200k/q-37/q-37-25,26/index.html> (дата обращения: 10.09.2016).

Demidov I. N., Houmark-Nielsen M., Kjaer K. H., Larsen E. The last Scandinavian Ice Sheet in northwestern Russia: ice flow patterns and decay dynamics // *Boreas*. 2006. Vol. 35. P. 425–433.

Ekman I., Iljin V. Deglaciation, the Young Dryas end moraines and their correlation in Russian Karelia and adjacent areas // *Glacial deposits in North-east Europe*. Balkama. Rotterdam, 1995. P. 195–209.

Reimer P. J., Baillie M. G. L., Bard E., Bayliss A., Beck J. W., Blackwell P. G., Bronk Ramsey C., Buck C. E., Burr G. S., Edwards R. L., Friedrich M., Grootes P. M., Guilderson T. P., Hajdas I., Heaton T. J., Hogg A. G., Hughen K. A., Kaiser K. F., Kromer B., McCormac F. G., Manning S. W., Reimer R. W., Richards D. A., Southon J. R., Talamo S., Turney C. S. M., van der Plicht J., Weyhenmeyer C. E. IntCal09 and Marine09 radiocarbon age calibration curves, 0–50000 years cal BP // *Radiocarbon*. 2009. Vol. 51, no. 4. P. 1111–1150. doi: 10.1017/S0033822200034202

WXTide32 – a free Windows tide and current prediction program [Электронный ресурс]. URL: <http://www.wxtide32.com> (дата обращения: 01.07.2014).

Zaretskaya N. E., Shevchenko N. V., Simakova A. N., Sulerzhitsky L. D. Chronology of the North Dvina River delta development over the Holocene // *Geochronometria*. 2011. Vol. 38, no. 2. P. 116–127. doi: 10.2478/s13386-011-0012-y

Поступила в редакцию 07.02.2017

References

Aseev A. A. Drevnie materikovye oledeneniya Evropy [Ancient continental glaciation in Europe]. Moscow: Nauka, 1974. 319 p.

Baranovskaya O. F., Pleshivtseva E. S., Travnina M. A. Stratigrafiya morskikh otlozhenii pozdnego pleistotsena i golotsena nizov'ev r. Severnoi Dviny (po opornym razrezam) [Stratigraphy of the marine deposits of the Late Pleistocene and the Holocene in the lower reaches of the Northern Dvina (according to the reference sections)]. Stratigrafiya i paleogeografiya chetvertichnogo perioda Severa evropeiskoi chasti SSSR [Stratigraphy and Paleogeography of the Quaternary Period in the European Part of the USSR]. Petrozavodsk: Karel. fil. AN SSSR, 1977. P. 111–118.

Baranskaya A. V. Rol' noveishikh vertikal'nykh tektonicheskikh dvizhenii v formirovaniy rel'efa poberezhii Rossiiskoi Arktiki [The role of the latest vertical tectonic movements in the formation of the Russian Arctic coasts]: Summary of PhD (Cand. of Geogr.) thesis. SPbGU. SPb., 2015. 26 p.

Boyarskaya T. D., Polyakova E. I., Svitoch A. A. Novye dannye o golotsenovoi transgressii Belogo morya [New data on the Holocene transgression of the White sea]. *DAN [Dokl. Earth Sciences]*. 1986. Vol. 290, no. 4. P. 964–968.

Gidrometeorologiya i gidrokimiya morei SSSR. T. II. Beloe more [Hydrometeorology and hydrochemistry of the seas of the USSR. Vol. II. The White Sea]. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1991. 240 p.

Govberg L. I. Raspredelenie mollyuskov v tolshe golotsenovykh osadkov Belogo morya [Distribution of molluscs in the Holocene sediments of the White Sea]. *Okeanologiya* [Oceanology]. 1970. Vol. 10, iss. 5. P. 837–848.

Gorshkov I. F. Gidrologicheskie raschety [Hydrological calculations]. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1979. 431 p.

Gosudarstvennaya geologicheskaya karta RF masshtaba 1:200 000, seriya Onezhskaya, listy Q-37-XXV, XXVI [The state geological map of the RF. Scale 1:200 000. Lake Onega series. Sheets Q-37-XXV, XXVI]. St. Petersburg: VSEGEI, 1999. 51 p.

Gosudarstvennaya geologicheskaya karta RF masshtaba 1:1 000 000. Tret'e pokolenie. Baltiiskaya seriya listov. List Q-37 s akvatoriei (Arkhangel'sk). Ob'yasnitel'naya zapiska [The state geological map of the RF. Scale 1:1 000 000. The third generation. Baltic series. List Q-37 containing the water basin (Arkhangelsk). An explanatory note]. St. Petersburg: MAGE, VSEGEI, 2010. 338 p.

Gosudarstvennaya geologicheskaya karta RF masshtaba 1:1 000 000. Tret'e pokolenie. Baltiiskaya seriya listov. List Q-(35), 36 s akvatoriei (Apatity). Ob'yasnitel'naya zapiska [The state geological map of the RF. Scale 1:1 000 000. The third generation. Baltic series. List Q-(35), 36 containing the water basin (Apatity). An explanatory note]. St. Petersburg: MAGE, VSEGEI, 2012. 440 p.

Devyatova E. I. Geologiya i palinologiya golotsena i khronologiya pamyatnikov pervobytnoi epokhi v yugo-zapadnom Belomor'e [Geology and palynology of the Holocene. Chronology of the primitive monuments in the south-western White Sea]. Leningrad: Nauka, 1976. 122 p.

Doganovskii A. M., Orlov V. G. Sbornik zadach po opredeleniyu osnovnykh kharakteristik vodnykh ob'ektov sushi [Collection of problems for identifying the key characteristics of inland water bodies]. St. Petersburg: RGGMU, 2011. 315 p.

Evzerov V. Ya., Korsakova O. P., Kol'ka V. V. Istoriya razvitiya morskikh basseinov v Belomorskoj depressii za poslednie 130 tysyach let (sostoyanie voprosa i perspektivy issledovaniya) [The history of marine basins development in the White Sea depression during the last 130 000 years (current state of the knowledge and research prospects)]. *Byul. KICHp* [Bull. of the Commission for the Quaternary Studies]. 2007. No. 67. P. 54–65.

Edinaya tsifrovaya model' komplekta gosudarstvennoi geologicheskoi karty masshtaba 1:1 000 000, list Q-37 (Arkhangel'sk) [The unified digital model of the set of the state geological maps. Scale 1:1 000 000. List Q-37 (Arkhangelsk)]. St. Petersburg: VSEGEI, 2012. URL: http://www.vsegei.ru/ru/info/pub_ggk1000-3/Baltiyskaya/q-37.php (accessed: 10.09.2016).

ESIMO. Atlas "Klimat morei Rossii i klyuchevykh raionov Mirovogo okeana. Beloe more" [The Unified State System for Information on World Ocean (ESIMO). Atlas *Climate of the seas in Russia and key regions of the World Ocean. The White Sea*]. URL: <http://www.esimo.ru/atlas/Beloe> (accessed: 12.05.2014).

Inzhebeikin Yu. I. Odonapravlennye dvizheniya v kolebaniyakh urovnya Belogo morya [One-way

movements in the sea level fluctuations of the White Sea]. *Kolebaniya urovnya morya* [Sea Level Fluctuations]. St. Petersburg: RGGU, 2003. P. 31–39.

Kal'berg E. A. Geologicheskoe opisanie Onezhskogo poluostrova [Geological description of the Onega Peninsula]. Leningrad; Moscow: Gostoptekhizdat, 1940. 64 p.

Kaplin P. A., Grakova I. V., Parunin O. B., Fedorov E. V., Shlyukov A. I. Spisok radiouglerodnykh datirovok Laboratorii geograficheskogo fakul'teta MGU i Instituta okeanologii AN SSSR [The radiocarbon dating list of the Laboratory of the MSU Faculty of Geography and the Institute of Oceanology of the Academy of Sciences of the USSR]. *Vestn. Mosk. un-ta. Ser. 5. Geografiya* [MSU Vestnik. Ser. 5. Geography]. 1971. No. 4. P. 104–108.

Kaplin P. A., Selivanov A. O. Izmenenie urovnei morei Rossii i razvitie beregov [Changes in sea levels in Russia and shores development]. Moscow: GEOS, 1999. 299 p.

Kol'ka V. V., Evzerov V. Ya., Meller Ya., Korner D. Poslednikovye glytsioizostaticheskie dvizheniya na Severo-Vostoke Baltiiskogo shchita [Post-glacial glacioisostatic movements in the north-eastern part of the Baltic Shield]. *Novye dannye po geologii i poleznym iskopaemym Kol'skogo poluostrova* [New Data on the Geology and Mineral Resources of the Kola Peninsula]. Apatity: Kola RC RAS, 2005. P. 15–25.

Kol'ka V. V., Korsakova O. P., Shelekhova T. S., Lavrova N. B., Arslanov Kh. A. Peremeshchenie beregovoi linii Belogo morya i glytsioizostaticheskoe podnyatie sushi v golotsene (raion poselka Kuzema, Severnaya Kareliya) [Translocation of the White Sea shoreline and glacioisostatic land uplift in the Holocene (Kuzema area, North Karelia)]. *DAN* [Dokl. Earth Sciences]. 2012. Vol. 442, no. 2. P. 263–267.

Kol'ka V. V., Korsakova O. P. Peremeshchenie beregovoi linii i paleogeografiya Belogo morya v pozdnelednikov'e i golotsene [Translocation of the shoreline and paleogeography of the White Sea during the Late Glacial Period and Holocene]. *Materialy nauchnoi konferentsii "Morskaya biologiya, geologiya, okeanologiya – mezhdistitsiplinarnye issledovaniya na morskikh stantsionakh"*, posvyashchennoi 75-letiyu Belomorskoj biologicheskoi stantsii MGU [Proceed. of the Scientific Conf. *Marine Biology, Geology, Oceanology: Interdisciplinary Research at Marine Stations* dedicated to the 75th Anniv. of the White Sea Biol. St. of the MSU]. Moscow: T-vo nauch. izd. KMK, 2013. P. 126–131.

Kol'ka V. V., Korsakova O. P., Lavrova N. B. Paleogeograficheskie usloviya osadkonakopleniya v malykh ozernykh kotlovinakh Pomorskogo berega [The paleogeographic settings for bottom sediments formation in small lake depressions on the Pomor coast of the White Sea]. *Trudy KarNTs RAN* [Trans. of KarRC of RAS]. 2015. No. 5. P. 70–85. doi: 10.17076/lim70

Koshechkin B. I., Devyatova E. I., Kagan L. Ya., Punning Ya.-M. Poslednikovye morskije transgressii v Onezhskom Belomor'e [Postglacial sea transgressions in the Onega – White Sea]. *Stratigrafiya i paleogeografiya chetvertichnogo perioda severa Evropeiskoi chasti SSSR* [The Quaternary stratigraphy and paleogeography of the European North of the USSR]. Petrozavodsk: Karel. fil. AN SSSR, 1977. P. 5–16.

Koshechkin B. I. Golotsenovaya tektonika vostochnoi chasti Baltiiskogo shchita [The Holocene tectonics of

the eastern part of the Baltic Shield]. Leningrad: Nauka, 1979. 158 p.

Lavrova M. A. K geologii Onezhskogo poluostrova Belogo morya [On the geology of the Onega Peninsula of the White Sea]. Trudy Geol. muzeya AN SSSR [Proceed. of the Geol. Mus., Acad. of Sci. of the USSR]. Leningrad, 1931. Vol. VIII. 70 p.

Lavrova M. A. Chetvertichnaya geologiya Kol'skogo poluostrova [The Quaternary geology of the Kola Peninsula]. Moscow; Leningrad: Izd-vo AN SSSR, 1960. 233 p.

Leont'ev P. A., Grekov I. M., Subetto D. A., Kuznetsov D. D., Kol'ka V. V., Ludikova A. V., Potakhin M. S., Sapelko T. V., Syrykh L. S., Tolstobrov D. S. Stratigrafiya ozernykh otlozhenii Onezhskogo poluostrova, Beloe more [Stratigraphy of lake sediments of the Onega Peninsula, the White Sea]. *Obshchestvo. Sreda. Razvitie* [Society. Environment. Development]. 2016. No. 3 (40). P. 125–129.

Manuilov S. F., Rybalko A. E., Spiridonov M. A., Dzhinoridze R. N., Kalugina A. V., Kirienko E. A., Spiridonova E. A. Stratotip pozdnepleistotsenovykh i golotsenovykh otlozhenii Solovetskogo shel'fa Belogo morya [The stratotype of the Late Pleistocene and Holocene deposits of the Solovetsky shelf of the White Sea]. *Palinologiya pleistotsena i golotsena* [Palynology of the Pleistocene and Holocene]. Leningrad: Izd-vo LGU, 1981. P. 116–134.

Neveskii E. N., Medvedev V. S., Kalinenko V. V. Beloe more. Sedimentogenez i istoriya razvitiya v golotsene [The White Sea. Sedimentogenesis and development history in the Holocene]. Moscow: Nauka, 1977. 236 p.

Nikishin N. A. Osobennosti razvitiya Solovetskikh ostrovov v golotsene [Features of the Solovetsky Islands development in the Holocene]. *Vestn. Mosk. un-ta. Ser. 5. Geografiya [MSU Vestnik. Ser. 5. Geography]*. 1984. No. 5. P. 55–57.

Nikonov A. A. Golotsenovyie i sovremennyye dvizheniya zemnoi kory: geologo-geomorfologicheskie i seismotektonicheskie voprosy [The Holocene and modern movements of the Earth's crust: geological, geomorphological and seismotectonic issues]. Moscow: Nauka, 1977. 240 p.

Novichkova E. A. Postlednikovaya istoriya razvitiya Belogo morya po materialam izucheniya vodnykh i nazemnykh palinomorf [Postglacial history of the White Sea development according to the study of the water and terrestrial palynomorphs]: Summary of PhD (Cand. of Geol.-Miner.) thesis. IO RAN. Moscow, 2008. 26 p.

Parmuzin Yu. P. Geneticheskaya klassifikatsiya ozer-nykh kotlovin [Genetic classification of lake depressions]. *Krugovorot veshchestva i energii v ozernykh vo- doemakh* [Circulation of Matter and Energy in Lakes]. Novosibirsk: Nauka, 1975. P. 406–414.

Pleshivtseva E. S. Izmnenie paleogeograficheskikh uslovii Severo-Dvinskoi vpadiny v pozdne-posleledniko-voe vremya [Changes in paleogeographic conditions of the Northern Dvina depression in the Late Postglacial Period]. *Priroda i khozyaistvo Severa* [Nature and Economy of the North]. 1977. Iss. 6. P. 39–47.

Polyakova E. I., Novichkova E. A., Lisitsyn A. P., Baukh Kh. A., Rybalko A. E. Sovremennyye dannyye po biostratigrafii i geokhronologii donnykh osadkov Belogo morya [Modern data on the biostratigraphy and

geochronology of the White Sea bottom sediments]. *DAN [Dokl. Earth Sciences]*. 2014. Vol. 454, no. 4. P. 467–473.

Repkina T. Yu., Romanenko F. A., Shilovtseva O. A. Otchet ob ekspeditsii geograficheskogo fakul'teta MGU v natsional'nyi park "Onezhskoe Pomor'ye" [Records on the expedition of the MSU Faculty of Geography in the Onezhskoye Pomorye National Park]. *Letopis' prirody natsional'nogo parka "Onezhskoe pomor'ye"* [Nature Records of the Onezhskoye Pomorye National Park]. Moscow; Severodvinsk, 2015. P. 53–104.

Repkina T. Yu., Zaretskaya N. E., Shilova O. S. Dvinskii zaliv Belogo morya v rannem golotsene. Novyye dannyye [The Dvina Bay of the White Sea in the Early Holocene. New data]. *Puti evolyutsionnoi geografii: materialy Vseros. nauch. konf., posvyashch. pamyati prof. A. A. Velichko* (Moskva, 23–25 noyabrya 2016 g.) [Ways of Evolutionary Geography: Proceed. of the All-Russ. Sci. Conf. in Memory of Prof. A. A. Velichko (Moscow, November 23–25, 2016)]. Moscow: IG RAN, 2016. P. 257–263.

Repkina T. Yu., Romanenko F. A. Rel'ef poberezhii Bab'ego Morya i o. Velikogo: istoriya razvitiya i sovremennyye izmeneniya [The relief of the coasts of the Babye More and Lake Velikoe: development history and current state]. Eds. V. O. Mokievskii, A. I. Isachenko, P. Yu. Dgebuadze, A. B. Tsetlin. Moscow: T-vo nauch. izd. KMK, 2016. P. 177–210.

Repkina T. Yu., Shilova O. S., Zaretskaya N. E., Sadkov S. A., Kungaa M. Ch. Razvitie Zimnego berega Belogo morya v pozdnelednikov'e – golotsene po dannym diatomovogo i radiouglerodnogo analizov i georadarnogo zondirovaniya [Development of the Zimny shore of the White Sea in the Late Glaciation Period – Holocene according to the data of the diatomic and radiocarbon analyses and ground-penetrating radar zonation]. *Voprosy geomorfologii i paleogeografii morskikh poberezhii i shel'fa: materialy nauch. konf., posvyashch. pamyati P. A. Kaplina* (Moskva, 2–3 fevralya 2017 g.) [Issues of the Geomorphology and Paleogeography of Marine Coasts and Shelves: Proceed. of the Sci. Conf. in Memory of P. A. Kaplin (Moscow, February 2–3, 2017)]. Moscow: MGU, 2017.

Romanenko F. A., Repkina T. Yu., Efimova L. E., Bulochnikova A. S. Dinamika ledovogo pokrova i osobennosti ledovogo perenosa osadochnogo materiala na prilivnykh osushkakh Kandalakshskogo zaliva Belogo morya [Dynamics of the ice cover and peculiarities of the ice transportation of the sediments at the tidal flats of the Kandalaksha Gulf of the White Sea]. *Okeanologiya* [Oceanology]. 2012. Vol. 52, no. 5. P. 1–12.

Romanenko F. A., Shilova O. S. Poslelednikovoe podnyatie Karel'skogo berega Belogo morya po dannym radiouglerodnogo i diatomovogo analizov ozerno-bolotnykh otlozhenii p-ova Kindo [The postglacial uplift of the Karelian coast of the White Sea according to radiocarbon and diatom analyses of lacustrine-boggy deposits of the Kindo Peninsula]. *DAN [Dokl. Earth Sciences]*. 2012. Vol. 442, no. 4. P. 544–548.

Rybalko A. E., Spiridonov M. A., Spiridonova E. A., Moskalenko P. E. Chetvertichnyie otlozheniya Onezhskogo zaliva i osnovnyie cherty ego paleogeografii v pleistotsene-golotsene [The Quaternary sediments of the Onega Bay and the main features of its paleogeography in

the Pleistocene-Holocene]. V kn.: Kompleksnye morskoe geologo-geofizicheskie issledovaniya vnutrennikh morei glyatsial'nogo shel'fa [Integrated Marine Geological and Geophysical Res. of Inland Seas of the Glacial Shelf]. Leningrad: VSEGEI, 1987. P. 38–52.

Saf'yanov G. A., Repkina T. Yu., Udalov L. E., Kungaa M. Ch. Faktory morfo- i litodinamiki plyazhei i prilivnykh osushek severo-zapadnoi chasti Onezhskogo p-ova (Beloe more) [Factors of morpho- and lithodynamics of beaches and tidal flats of the north-western part of the Onega Peninsula (the White Sea)]. Beregovaya zona – vzglyad v budushchee: materialy XXV Mezhdunarodnoi beregovoï konferentsii [Coastal Belt – View to the Future: Proceed. of the XXV Int. Coastal Conf.]. Vol. I. Moscow: GEOS, 2014. P. 160–162.

Saf'yanov G. A., Repkina T. Yu., Selezneva E. V., Kungaa M. Ch. Morfodinamika berega kak kriterii dologosrochnogo prognoza razvitiya poberezhii (na primere Letnego berega Belogo morya) [Morphological dynamics of a coast as a criterion of long-term prognosis of coasts development (case of the Letny shore of the White Sea)]. Geomorfologicheskie resursy i geomorfologicheskaya bezopasnost': ot teorii k praktike [Geomorphological Resources and Geomorphological Security: from Theory to Practice]. Moscow: MAKS Press Moskva, 2015. P. 172–175.

Sistema Belogo morya. T. 1. Prirodnaya sreda vodosbora Belogo morya [The system of the White Sea. Vol. 1. Natural environment of the White Sea catchment]. Ed. akademik RAN A. P. Lisitsyn. Moscow: Nauchnyi mir, 2010. 480 p.

Subetto D. A., Shevchenko V. P., Ludikova A. V., Kuznetsov D. D., Sapelko T. V., Lisitsyn A. P., Evzerov V. Ya., van Beek P., Suo M., Subetto G. D. Khronologiya izolyatsii ozer Solovetskogo arhipelaga i skorosti sovremennogo ozernogo osadkonakopleniya [The chronology of isolation of the Solovetsky Archipelago lakes and current rates of lake sedimentation].

DAN [Dokl. Earth Sciences]. 2012. Vol. 446, no. 2. P. 183–190.

Unifitsirovannaya tsifrovaya model' kompleksa gosudarstvennoi geologicheskoi karty masshtaba 1:200 000. List Q-37-XXV, XXVI [The unified digital model of a set of the state geological maps. Scale 1:200 000. List Q-37-XXV, XXVI]. St. Petersburg: VSEGEI, 2014. URL: <http://geo.mfvsegei.ru/200k/q-37/q-37-25,26/index.html> (accessed: 10.09.2016).

Vereshchagin G. Yu. Metody morfometricheskoi kharakteristiki ozer [Methods of morphometric description of lakes]. Trudy Olonetskoï nauchnoi ekspeditsii [Proceed. of the Olonets Sci. Exp.]. 1930. Pt. II. Iss. 1. P. 3–114.

Ekman I., Ijlin V. Deglaciation, the Young Dryas end moraines and their correlation in Russian Karelia and adjacent areas. Glacial deposits in North-east Europe. Balkema. Rotterdam, 1995. P. 195–209.

Reimer P. J., Baillie M. G. L., Bard E., Bayliss A., Beck J. W., Blackwell P. G., Bronk Ramsey C., Buck C. E., Burr G. S., Edwards R. L., Friedrich M., Grootes P. M., Guilderson T. P., Hajdas I., Heaton T. J., Hogg A. G., Hughen K. A., Kaiser K. F., Kromer B., McCormac F. G., Manning S. W., Reimer R. W., Richards D. A., Southon J. R., Talamo S., Turney C. S. M., van der Plicht J., Weyhenmeyer C. E. IntCal09 and Marine09 radiocarbon age calibration curves, 0–50000 years cal BP. Radiocarbon. 2009. Vol. 51, no. 4. P. 1111–1150. doi: 10.1017/S0033822200034202

WXTide32 – a free Windows tide and current prediction program. URL: <http://www.wxtime32.com> (accessed: 01.07.2014).

Zaretskaya N. E., Shevchenko N. V., Simakova A. N., Sulerzhitsky L. D. Chronology of the North Dvina River delta development over the Holocene. Geochronometria. 2011. Vol. 38, no. 2. P. 116–127. doi: 10.2478/s13386-011-0012-y

Received February 07, 2017

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Репкина Татьяна Юрьевна

старший научный сотрудник кафедры геоморфологии и палеогеографии географического факультета, к. г. н. Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова
Ленинские горы, ГСП-1, Москва, Россия, 119991
эл. почта: t-repkina@yandex.ru
тел.: 89104760677

Зарецкая Наталья Евгеньевна

старший научный сотрудник, к. г.-м. н.
Геологический институт РАН
Пыжевский пер., 7, Москва, Россия, 119017
эл. почта: n_zaretskaya@inbox.ru
тел.: 89163711364

CONTRIBUTORS:

Repkina, Tatyana

Lomonosov Moscow State University
Leninskie Gory, GSP-1, 119991 Moscow, Russia
e-mail: t-repkina@yandex.ru
tel.: +79104760677

Zaretskaya, Natalia

Geological Institute of the Russian Academy of Sciences
7 Pyzhevsky Per., 119017 Moscow, Russia
e-mail: n_zaretskaya@inbox.ru
tel.: +79163711364

Субетто Дмитрий Александрович

директор, д. г. н., проф.
Институт водных проблем Севера
Карельского научного центра РАН,
Федеральный исследовательский центр
«Карельский научный центр РАН»
пр. А. Невского, 50, Петрозаводск,
Республика Карелия, Россия, 185030
эл. почта: subetto@mail.ru
тел.: (8142) 576381

Потакхин Максим Сергеевич

старший научный сотрудник, к. г. н., доцент
Институт водных проблем Севера
Карельского научного центра РАН,
Федеральный исследовательский центр
«Карельский научный центр РАН»
пр. А. Невского, 50, Петрозаводск, Республика Карелия,
Россия, 185030
эл. почта: potakhin@nwpi.krc.karelia.ru

Кунгаа Мерген Чимитович

аспирант кафедры геоморфологии и палеогеографии
географического факультета
Московский государственный университет
имени М. В. Ломоносова
Ленинские горы, ГСП-1, Москва, Россия, 119991
эл. почта: mkungaa@gmail.com

Новикова Анна Владиславовна

студентка (магистр) кафедры геоморфологии
и палеогеографии географического факультета
Московский государственный университет
имени М. В. Ломоносова
Ленинские горы, ГСП-1, Москва, Россия, 119991
эл. почта: anhousina@yandex.ru

Леонтьев Петр Александрович

ассистент
Российский государственный педагогический университет
им. А. И. Герцена
набережная реки Мойки, 48, Санкт-Петербург,
Россия, 191186,
эл. почта: barograph@yandex.ru

Subetto, Dmitry

Northern Water Problems Institute,
Karelian Research Centre, Russian Academy of Sciences
50 Al. Nevsky St., 185030 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: subetto@mail.ru
tel.: +7(8142) 576381

Potakhin, Maksim

Northern Water Problems Institute, Karelian Research Centre,
Russian Academy of Sciences
50 Al. Nevsky St., 185030 Petrozavodsk, Karelia, Russia
e-mail: potakhin@nwpi.krc.karelia.ru

Kungaa, Mergen

Lomonosov Moscow State University
Leninskie Gory, GSP-1, 119991 Moscow, Russia
e-mail: mkungaa@gmail.com

Novikova, Anna

Lomonosov Moscow State University
Leninskie Gory, GSP-1, 119991 Moscow, Russia
e-mail: anhousina@yandex.ru

Leontiev, Pyotr

Herzen State Pedagogical University of Russia
48 Moika Emb., 191186 St. Petersburg, Russia
e-mail: barograph@yandex.ru