

УДК 551.794(268.46)

ГОЛОЦЕНОВЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ ЮГО-ВОСТОЧНОГО ПОБЕРЕЖЬЯ ГОРЛА БЕЛОГО МОРЯ: НОВЫЕ ДАННЫЕ ДИАТОМОВОГО И РАДИОУГЛЕРОДНОГО АНАЛИЗОВ

О. С. Шилова^{1,*}, Н. Е. Зарецкая^{2,3}, Т. Ю. Репкина¹

Представлена академиком РАН М.А. Федонкиным 06.03.2019 г.

Поступило 17.04.2019 г.

Впервые выполнены диатомовый анализ и радиоуглеродное датирование осадочного чехла террас юго-восточного побережья Горла Белого моря на участке мыс Вепревский—мыс Инцы. Распространение голоценовых морских отложений прослежено до абсолютной высоты 4 м. Повышение относительного уровня моря происходило на протяжении бореального и первой половины атлантического периодов. Уровень моря достиг современного не ранее 8,5 тыс. (¹⁴C) л.н., а ~6,3 тыс. (¹⁴C) л.н., вероятно, стабилизировался на отметках 3,5–4,0 м. Регрессия и переход от морского к континентальному осадконакопленiu на этих высотах датируются ~3 тыс. (¹⁴C) л.н. Более высокие уровни сформировались ранее 9,5–8,5 тыс. (¹⁴C) л.н. и, по данным диатомового анализа, позднее не затоплялись морем. Во время раннеголоценовой регрессии на них формировались горизонты, интерпретируемые как палеопочвы. Они перекрыты озёрными, болотными и эоловыми отложениями.

Ключевые слова: голоцен, уровень моря, диатомовый анализ, радиоуглеродное датирование, Белое море.

DOI: <https://doi.org/10.31857/S0869-56524886661-666>

ВВЕДЕНИЕ

Район пролива Горло Белого моря является ключевым для понимания хода изменений уровня бассейна и послеледниковой истории всего Беломорского региона, однако его восточное побережье до сих пор остаётся слабо изученным. Датирование отложений радиоизотопными методами [1, 2] и диатомовый анализ (ДА) отложений суши [3, 4] проводились в ограниченном объёме. Детальные данные ДА получены только для дельты реки Северная Двина [5, 6], развивавшейся в принципиально отличных от Горла Белого моря условиях. Более полно изучены диатомовые комплексы в донных осадках Белого моря [2, 7–9]. При этом последовательность и временные интервалы палеогеографических событий для Горла Белого моря и Двинского залива в данных работах существенно различаются.

С 2013 г. сотрудниками географического факультета МГУ, ГИН РАН и ИГЭ РАН ведутся работы по изучению строения рельефа и голоценовых отложений Зимнего берега Белого моря. К настоящему времени получен массив данных по 4 районам: р. Куя — мыс Керец [10], мыс Никольский — мыс

Вепревский, устье р. Зимняя Золотица [11], мыс Инцы — р. Ручьи [12]. В работе приводятся первые данные диатомового анализа и радиоуглеродного датирования осадочного чехла террас юго-восточного побережья Горла Белого моря от мыса Вепревский до мыса Инцы (рис. 1а).

ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Зимний берег расположен вблизи восточной границы распространения последнего скандинавского ледникового щита. По современным представлениям [13], эта территория находилась подо льдом примерно с 22 до 15–16 тыс. л.н. с максимумом продвижения ледника на восток около 18 тыс. л.н. По данным геологической съёмки [3, 4], морские голоценовые отложения прослежены до высоты 4–5 м, а позднеледниковые, отнесённые к трансгрессии портландия (аллеред—поздний дриас), — 14–20 м. Гипсометрически выше распространены отложения поздневалдайского ледникового комплекса.

В ходе геоморфологического и георадарного профилирования на юго-восточном берегу Горла Белого моря установлены признаки бассейновой переработки рельефа ледникового комплекса на высотах до 20 м и выделено два уровня террас, различных по морфологии и обстановкам осадконакопления [11, 12]. Верхний уровень на абсолютных отметках 6–20 м занимают террасовидные поверхности, ко-

¹Московский государственный университет
им. М.В. Ломоносова

²Геологический институт Российской Академии наук,
Москва

³Институт географии Российской Академии наук, Москва

*E-mail: o.olyunina@mail.ru

торые образуют серии разделённых уступами ступеней, примыкающих, постепенно повышаясь, к моренным грядам или занимают понижения между ними. Типичный разрез террас включает три горизонта:

- 1) маломощный суглинистый перлювий, с размытом залегающий на морене;
- 2) сизо-серые плотные суглинки, алевроиты и глины, накапливавшиеся в бассейне с ослабленной гидродинамикой;
- 3) озёрно-болотные оторфованные суглинки и торф.

В районе мыса Вепревский в разрезах террас с абсолютными отметками 6–7 и 8–11 м между горизонтами 2 и 3 залегают сортированные слабо суглинистые пески с гравием и галькой. Террасы высотой до 6–7 м в районе мыса Вепревский и 4–5 м в устье р. Зимняя Золотица и у мыса Инцы морфологически и по составу осадков сходны с современными прибрежно-морскими образованиями, занимающими абсолютные отметки до 2 м.

Для определения генезиса отложений и верхней границы распространения голоценовых морских трансгрессий датированные разрезы изучены методом ДА. Подготовка препаратов проводилась по стандартной методике [14]. Постоянные препараты приготовлены с использованием смолы Naphrax с индексом рефракции 1,68. Диатомеи изучались в световом микроскопе AxioStar Plus (Zeiss) при увеличении $\times 1000$ крат. В каждом образце определялись до вида не менее 300 створок и рассчитывалась концентрация диатомей в осадках.

Возраст отложений определён радиоуглеродным методом в лаборатории геохимии изотопов и геохронологии Геологического института РАН (табл. 1).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Наиболее детальные данные ДА получены для района м. Инцы. ДА-методом выполнен анализ для семи разрезов, вскрывающих строение поверхностей высотой от 2,5 до 11 м (рис. 16).

Наиболее древние датированные голоценовые отложения ^{14}C -возрастом 9500–8700 л.н. – линза озёрных осадков, вскрытая береговым уступом на современной абсолютной высоте 6,6–7,5 м в останце поверхности высотой 11 м (разрез 249/920, рис. 16). В слоистых опесчаненных суглинках содержатся пресноводные бентосные виды диатомовых водорослей: *Gyrosigma attenuatum* (Kützing) Rabenhorst, *Amphora copulata* (Kützing) Schoeman & Archibald, *Navicula oblonga* (Kützing) Kützing, *Anomoeoneis*

shaerophora (Ehrenberg) Pfitzer, *Staurosirella pinnata* (Ehrenberg) D.M. Williams & Round и др. Высокие скорости осадконакопления, низкие концентрации диатомей и наличие переотложенных плейстоценовых диатомей *Pseudotriceratium* sp., *Pyxidicula* cf. *turris* f. *cylindrus* (Ehrenberg) N.I.Strelnikova & V.A.Nikolajev, *Paralia* sp. и силикофлагеллят говорят об обстановках размыва на водосборе и поступлении в водоём большого количества терригенного материала. В это время, в период развития раннеголоценовой регрессии, по-видимому, формировались горизонты, по структуре отложений и составу диатомовых ассоциаций интерпретируемые как палеопочвы. Они встречены в разрезах высоких поверхностей (6–7 и 10–11 м) под озёрными и болотными отложениями. В разрезе поверхности высотой 11 м этот слой залегает на абсолютной высоте ~6,6 м и подстилает линзу озёрно-болотных отложений. Он представляет собой тёмно-бурый мягкий суглинок с зернистой структурой, насыщенный органическим веществом, и содержит растительный детрит и единичные створки *Hantzschia abundans* Lange-Bertalot, *Eunotia curtagrunowii* Nörpel-Schempp & Lange-Bertalot, *Pinnularia* spp. – пресноводных аэрофильных видов. Из него получена ^{14}C -дата возраста 9470 ± 55 (ГИН-15545). В разрезе поверхности высотой 6–7 м (разрез 262/925, рис. 16) на абсолютной высоте 5 м в опесчаненной суглинке основу диатомовых ассоциаций составляют *Pinnularia borealis* Ehrenberg и *H. abundans*, виды-аэрофилы, характерные для влажных почв. Выше залегают маломощные болотные и эоловые отложения позднеголоценового возраста. Таким образом, в районе мыса Инцы террасовидные уровни высотой 6–7 м и 10–11 м по данным радиоуглеродного датирования и ДА сформировались ранее 9500–8500 (^{14}C) л.н. (возможно, в позднеледниковье) и позднее не затапливались морем. Вскрытые в основании разрезов под голоценовыми озёрно-болотными отложениями серые и сизо-серые плотные суглинки и глины, как правило, с включением грубообломочного материала, не содержат диатомей, поэтому не представляется возможным подтвердить или опровергнуть их морское происхождение, опираясь на данные ДА. Формирование торфяников на осушенных ранее поверхностях происходило в периоды 8700–8300, ~6800 и 2700–2000 (^{14}C) л.н. Заболачивание поверхностей может быть связано с подъёмом уровня грунтовых вод во время морских трансгрессий и увлажнением климата.

Морские отложения голоценового возраста по данным ДА распространены до абсолютных отметок 4 м и слагают две нижние террасы высотой 4–5 и

Таблица 1. Радиоуглеродное датирование отложений юго-восточного побережья Горла Белого моря

Номер разреза	Абс. высота, м	Глубина отбора, м	Лабораторный номер	Материал для датирования	Радиоуглеродный возраст	Северная широта	Восточная долгота
231/922	2,4	1,00–1,02	ГИН-15551	Торф	1780±70	65,96186	40,69785
		1,32–1,39	ГИН-15552	Растительный детрит	4190±40		
335	2,6	1,9–2,0	ГИН-15568	Торф	8450±110	65,96519	40,71373
285/927	4,5	1,15–1,17	ГИН-15559	Суглинок оторфованный	6290±80	65,94516	40,66918
317	4,8	0,75–0,85	ГИН-15563	Суглинок оторфованный	2760±60	65,97143	40,81804
262/925	6,0	0,55–0,57	ГИН-15555	Торф	820±30	65,94021	40,65759
		0,88–0,90	ГИН-15556	Торф	2750±40		
249/920	11,0	0,62–0,64	ГИН-15548	Торф	1550±40	65,96966	40,71472
		0,70–0,72	ГИН-15547	Торф	1680±50		
		3,46–3,48	ГИН-15543	Торф	8760±40		
		3,70–3,72	ГИН-15446	Торф	9180±70		
		4,40–4,42	ГИН-15545	Торф	9470±55		
		4,55–4,57	ГИН-15544	Торф	9560±80		
092/847	4,6	1,36–1,40	ГИН-15259	Суглинок оторфованный	2690±40	65,69581	40,21083
155/850	6,5	3,1–3,2	ГИН-15261	Сапрпель оторфованный	3160±110	65,57845	39,79139
140/856	6,8	1,1–1,2	ГИН-15263	Торф	9180±40	65,58536	39,79527

2,5–3 м над уровнем моря. Они представлены слоистыми песками и опесчаненными суглинками, содержащими морские и солоноватоводные виды диатомей, типичные для литорали: *Scolioneis tumida* (Brébisson ex Kützing) D.G. Mann, *Delphineis surirella* (Ehrenberg) G. Andreus, *Odontella aurita* (Lyngbye) Agardh, *Paralia sulcata* (Ehrenberg) Cleve, *Diploneis interrupta* (Kützing) Cleve, *Tryblionella acuminata* W. Smith и др. Повышение относительного уровня моря происходило на протяжении бореального и первой половины атлантического периода. Уровень моря достиг современного не ранее 8450 ± 110 (¹⁴C) л.н. (ГИН-15568). Около 6290 ± 80 (¹⁴C) л.н. (ГИН-15559), вероятно, произошла его стабилизация на абсолютных отметках 3,5–4 м. В пределах верхней террасы (4–5 м) высота кровли морских отложений, подтвержденная данными ДА, составляет 3,6–4,0 м, в пределах нижней (2,5–3 м) – 1,2–1,3 м. Переход от морских к континентальным обстановкам наблюдается в изученных разрезах как в верхней части слоистых песков и суглинков, часто оторфованных, так и в нижней части перекрывающего их торфа. Состав диатомовых ассоциаций смешанный и, как правило, включает:

1) типичные маршевые виды *Cosmioneis pusilla* (W. Smith) D.G. Mann & Stickle и *Pinnularia lagerstedtii* (Cleve) Cleve-Euler;

2) пресноводные виды *Eunotia* spp. и *Pinnularia* spp., обычные для торфяников;

3) аллохтонные прибрежно-морские грубопанцирные виды *P. sulcata* и *Cocconeis scutellum* Ehrenberg, являющиеся характерным компонентом вдольберегового разноса.

В устье р. Зимняя Золотица и у мыса Вепревский морские отложения вскрыты в разрезах террас абсолютной высотой 5–5,5 м и 6–7 м соответственно (рис. 16). В устье р. Зимняя Золотица под торфом на абсолютной высоте 2,1–3,2 м залегает пачка разнозернистых песков, переслаивающихся с сизо-серыми средними суглинками, в которых в составе диатомовых ассоциаций доминируют морские и солоноватоводные литоральные виды: *Planothidium hauckianum* (Grunow) Round & Bukhtiyarova, *D. surirella*, *P. sulcata*, *Opephora minuta* (Cleve-Euler) Witkowski, Lange-Bertalot & Metzeltin, *Biremis lucens* (Hustedt) Sabbe, Witkowski & Vyverman. Выше в оторфованных суглинках возрастом 2960 ± 40 (¹⁴C лет) (ГИН-15259) и в подошве торфа основу диатомовых ассоциаций составляют солоноватоводные *D. interrupta* и *Navicula kefvigensis* (Ehrenberg) Kützing и пресноводно-солоноватоводные (галофилы) *Diploneis ovalis* (Hilse) Cleve, *C. pusilla*, *Pinnularia distinguenda*

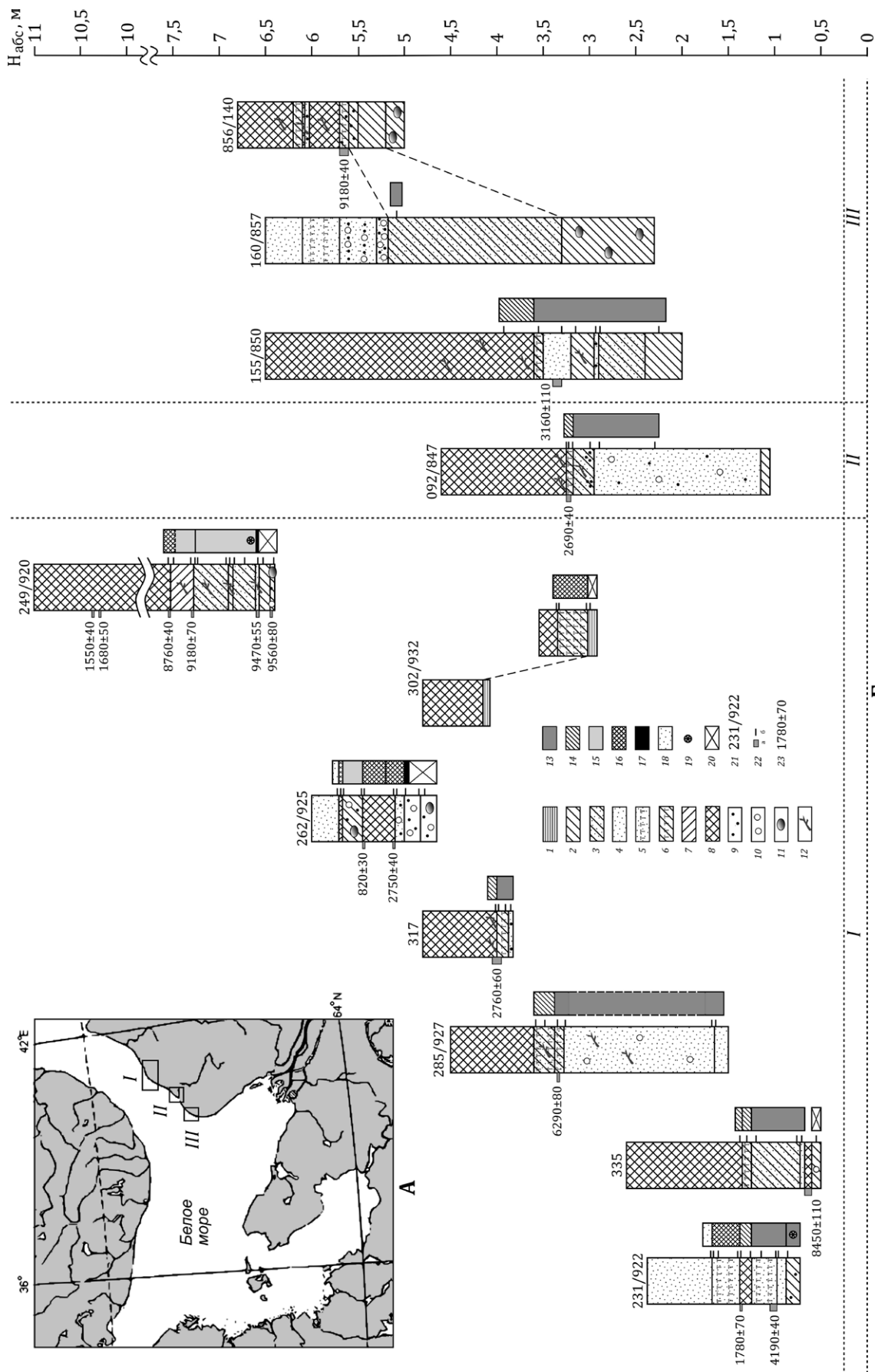


Рис. 1. А – схема расположения изученных участков юго-восточного побережья Горла Белого моря. Б – изученные разрезы. Условные обозначения: районы исследования: I – мыс Иншы, II – устье р. Зимняя Золотитца, III – мыс Вепревский; литология: 1 – глины, 2 – суглинки, 3 – опесчаненные суглинки, переслаивание песков и суглинков, 4 – песок, 5 – песок оторфованный, переслаивание песка и торфа, 6 – суглинки оторфованные, переслаивание суглинка и торфа, 7 – сапропель, 8 – торф, 9 – гравий, 10 – галька, 11 – валуны, 12 – растительный детрит; обстановки осадконакопления по данным диатомового анализа: 13 – морские, 14 – переходные от морских к континентальным, в т.ч. маршевые, 15 – озерные, 16 – болотные, 17 – почвенные, 18 – эоловые, 19 – пероглеженные диатомеи, 20 – нет диатомей, 21 – номера разрезов, 22 – места отбора проб; а – на радиоуглеродный анализ, б – на диатомовый анализ, 23 – радиоуглеродные даты.

Cleve. Изменения состава диатомовых ассоциаций отражают смену условий осадконакопления от песчаной осушки до лайды (марша).

В разрезе террасы высотой 6,5 м на участке м. Никольский—м. Вепревский под торфом мощностью 2,5 м вскрыты пески и суглинки, для верхней оторфованной части которых получена радиоуглеродная дата 3160 ± 110 (ГИН-15261). Они содержат диатомовые ассоциации смешанного состава: морские, солоноватоводные и пресноводные, в том числе галофильные формы. В составе последних доминируют аэрофильные виды, характерные для марша: *C. pusilla*, *P. lagerstedtii*, *Navicula cincta* (Ehrenberg) Ralfs in Pritchard. Выше в сизо-сером суглинке с остатками растений доминирует пресноводный планктонный вид *Aulacoseira lyrata* (Ehrenberg) R. Ross in Hartley. Таким образом, на обоих участках кровля морских отложений находится на абсолютной высоте около 3 м. Переход от морского к континентальному осадконакоплению произошёл около 3000 (^{14}C) л.н.

Морские отложения предположительно позднеледниковой—раннеголоценовой трансгрессии вскрыты в районе м. Вепревский. В разрезе поверхности высотой 8–9 м в верхней части линзы сизо-серого опесчаненного неявнослоистого суглинка на абсолютной высоте ~5,5 м (разрез 160/857, рис. 16) содержатся створки разнообразных солоноватоводных и морских бентосных видов диатомей: *T. acuminata*, *P. sulcata*, *D. surirella*, *Petronis marina* (Ralfs) D.G. Mann, что говорит об осадконакоплении в мелководной прибрежной зоне моря на сублиторали или в нижней части литорали. Линза суглинка в краевой части перекрыта торфом возрастом 9180 ± 40 (^{14}C) лет (ГИН-15263).

ВЫВОДЫ

Таким образом, на юго-восточном побережье Горла Белого моря (участок м. Вепревский—м. Инцы) голоценовые морские отложения по данным диатомового анализа прослежены до абсолютной высоты 4 м. Они формировались в интервале времени 8500–2700 (^{14}C) л.н. в гидродинамических обстановках, близких современным. Повышение уровня моря происходило на протяжении бореального и первой половины атлантического периода. Уровень моря достиг современного не ранее 8500 (^{14}C) л.н. Около 6300 (^{14}C) л.н., вероятно, произошла его стабилизация на отметках 3,5–4 м. Начало регрессии и переход от морского к континентальному осадконакоплению на этих уровнях датируется на всех участках ~3000 (^{14}C) лет. В то же время различная высота верхней морской границы у м. Инцы и

м. Вепревского, установленная по морфологическим данным, позволяет предполагать не полную идентичность динамики относительного уровня моря вдоль контура берега.

Более высокие уровни сформировались ранее 9500–8500 (^{14}C) л.н. и позднее не затоплялись морем. Вскрытые в основании разрезов серые и сизо-серые плотные суглинки и глины с включением грубообломочного материала, как правило, не содержат диатомей и биогенных остатков, пригодных для датирования радиоуглеродным методом, и имеют предположительно позднеплейстоценовый—раннеголоценовый возраст [3, 4]. В одном разрезе в районе мыса Вепревский на абсолютной высоте 5,5 м в суглинках возрастом более 9200 (^{14}C) лет отмечены прибрежно-морские виды диатомей. Перекрывающие их отложения во всех изученных разрезах — континентального (озёрного, болотного, эолового) генезиса.

Источники финансирования. Работы выполнены при поддержке проекта РФФИ 19–05–00966 по теме ГЗ АААА–А16–116032810055–0. Геохронометрические исследования выполнены в рамках ГЗ ГИН РАН (№ 0135-2019-0059) и ИГ РАН (№ 0127-2019-0008).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Демидов И. Н., Ларсен Э., Кйяер К. Х., Хоумарк-Нильсен М. // Региональная геология и металлогения. 2007. № 30/31. С. 179–190.
2. Соболев В.М. В кн.: Проблемы палеогеографии и стратиграфии плейстоцена. М.: Изд-во МГУ, 2008. С. 144–156.
3. Государственная геологическая карта 1 : 200 000. Лист Q-37-XXII, XXIII, XXIV. Объяснительная записка. СПб.: ВСЕГЕИ, 1993. 38 с.
4. Государственная геологическая карта РФ 1 : 1 000 000. Третье поколение. Балтийская сер. листов. Лист Q-37 с акваторией (Архангельск). Объясн. записка. СПб.: МАГЭ, ВСЕГЕИ, 2012. 338 с.
5. Барановская О.Ф., Плишивцева Э.С., Травина М.А. В кн.: Стратиграфия и палеогеография четвертичного периода Севера европейской части СССР. Петрозаводск: Карел. филиал. АН СССР, 1977. С. 111–118.
6. Плишивцева Э.С. В кн.: Природа и хозяйство Севера. М., 1977. В. 6. С. 39–47.
7. Джиноридзе Р.Н. Диатомовые водоросли из донных осадков Белого моря в связи с его историей в голоцене. Автореф. дис. канд. биол. наук. Л., 1971. 23 с.
8. Соболев В.М., Алешинская З.В., Полякова Е.И. В кн.: Корреляция палеогеографических событий: континент-шельф-океан. М.: Изд-во МГУ, 1995. С. 120–129.
9. Полякова Е.И., Новичкова Е.А., Лисицын А.П. и др. // ДАН. 2014. Т. 454. № 4. С. 467–473.

10. Репкина Т.Ю., Зарецкая Н.Е., Шилова О.С. // Геоморфология. 2018. № 2. С. 71–87.
11. Репкина Т.Ю., Шилова О.С., Зарецкая Н.Е. и др. В кн.: Вопросы геоморфологии и палеогеографии морских побережий и шельфа: Материалы научной конференции памяти Павла Алексеевича Каплина. М., 2017. С. 121–124.
12. Репкина Т.Ю., Зарецкая Н.Е., Шилова О.С. и др. В кн.: Геология морей и океанов: Материалы XXII Международной научной конференции (Школы) по морской геологии. М., 2017. Т. 3. С. 274–278.
13. Hughes A.L.C., Gyllencreutz R., Lohne Ø.S., et al. // *Boreas*. 2015. V. 45. № 1. P. 1–45.
14. Диатомовые водоросли СССР (ископаемые и современные). Л.: Наука, 1974. Т. 1. 403 с.

HOLOCENE DEPOSITS OF THE SOUTH-EAST COAST OF GORLO STRAIT (WHITE SEA): NEW DATA OF DIATOM AND RADIOCARBON ANALYSES

O. S. Shilova¹, N. E. Zaretskaya^{2,3}, T. Yu. Repkina¹

¹*Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russian Federation*

²*Geological Institute, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation*

³*Institute of Geography, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation*

Presented by Academician of the RAS M.A. Fedonkin March 6, 2019

Received April 17, 2019

Diatom analysis and radiocarbon dating of the sedimentary cover of the terraces on the South-East coast of Gorlo Strait (White Sea) from Cape Veprevsky to Cape Intsy were carried out for the first time. The Holocene marine sediments traced to 4 m a.s.l. The rise in relative sea level occurred during Boreal and first half of Atlantic. The sea level reached the present value not earlier than 8500 ¹⁴C yrs BP and probably stabilized at 3,5–4,0 m a.s.l. about 6300 ¹⁴C yrs BP. The regression of the sea dates approximately 3000 ¹⁴C yrs BP when coastal sedimentation changed to sediment formation in land environments. Higher levels were formed earlier 9500–8500 ¹⁴C yrs BP and were not later flooded by the sea according to the diatom analysis data. During the Early Holocene regression assumptive paleosoil horizons were formed there. They are covered by lacustrine, peaty and aeolian sediments.

Keywords: Holocene, sea level, diatom analysis, radiocarbon dating, White Sea.