

ИЗМЕНЕНИЯ УРОВНЯ МОРЯ НА ЗИМНЕМ БЕРЕГУ БЕЛОГО МОРЯ В ГОЛОЦЕНЕ ПО ДАННЫМ ДИАТОМОВОГО АНАЛИЗА

Шилова О.С.¹, Репкина Т.Ю.¹, Зарецкая Н.Е.²

Зимний берег расположен вблизи восточной границы распространения последнего скандинавского ледникового щита. По современным представлениям [Hughes et al., 2015] 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. Прибрежная суша до 66° с.ш. охвачена геологической съемкой масштаба 1:200000 [Государственная..., 1993]; севернее — масштаба 1:1000000 [Государственная..., 2012]. По результатам геологической съемки прослежено распространение голоценовых морских отложений до высоты 4–5 и позднелепистоценовых морских отложений, отнесенных к трансгрессии портландия (поздний дриас) до высот 14–20 м. Гипсометрически выше выделены области распространения позднелепистоценовых озерно-ледниковых отложений ошашковского возраста. Однако геологическая изученность неравномерна, а данные микропалеонтологических анализов фрагментарны. Данные диатомового анализа позднелепистоценовых и голоценовых отложений побережья ранее были получены только для дельты р. С. Двина [Барановская и др., 1977, Плешивцева, 1977]. Более полно изучены диатомовые комплексы в донных осадках Белого моря. Первое систематическое исследование комплексов диатомей в толще донных осадков было сделано Р.Н. Джиноридзе [1971] для Онежского, Двинского, Кандалакшского заливов и бассейна Белого моря. Позднее диатомовым анализом были охвачены отложения Горла Белого моря: серия колонок донных осадков была изучена З.В. Алешинской и Е.И. Поляковой в рамках подготовки стратиграфической схемы четвертичных отложений к листам геологической карты шельфа Белого моря масштаба 1:200000 [Соболев и др., 1995, Соболев, 2008]. До недавнего времени стратиграфическое расчленение опорных разрезов верхнего плейстоцена-голоцена и их корреляция проводили, опираясь на данные спорово-пыльцевого анализа. Первые датированные радиоизотопными методами колонки донных осадков Белого моря получены во внешней части Двинского и Онежского заливов

¹ Шилова О.С., Репкина Т.Ю. — МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва.

² Зарецкая Н.Е. — Геологический институт РАН, Москва.

[Полякова и др., 2014]. Реконструированная последовательность и временные интервалы палеогеографических событий, приводимые в данных работах, зачастую не совпадают. Особенно сильно отличаются построения в работах В.М. Соболева с соавторами [Соболев и др., 1995, Соболев, 2008] для Горла Белого моря: формирование ледниково-морских отложений по данным авторов происходило вплоть до бореального периода, а на границе атлантического и бореального периодов реконструируется регрессия.

С 2014 г. ведутся системные работы по изучению геоморфологии и строения толщи четвертичных отложений Зимнего берега Белого моря. К настоящему времени получен большой массив данных, включая описание строения голоценовых отложений в разрезах береговых уступов и скважинах ручного бурения, данные геоморфологического и георадарного профилирования приморских террас, радиоуглеродные датировки и диатомовый анализ отложений, по 4 районам: р. Куя — м. Керец, изба Спасская — м. Вепревский, устье р. Зимняя Золотица, м. Инцы — р. Ручьи [Репкина и др., 2017а, б, 2018]. Для определения генезиса отложений и верхней границы распространения голоценовых морских трансгрессий отложения в датированных разрезах изучены методом диатомового анализа (ДА).

Как в Горле, так и в Двинском заливе выделяются 2 уровня террас, различных по морфологии и обстановкам осадконакопления. Строение и гипсометрическое положение таких уровней в Горле Белого моря и Двинском заливе не одинаковы.

На берегах Горла Белого моря верхний уровень занимают пологие грядовые или уплощенные заболоченные поверхности, расположенные в понижениях между моренными грядами на высотах 6–20 м. Террасы высотой до 5,5 м морфологически сходны с современными берегами, сложены сортированными песками, перевейными до глубины 0,8–1,5 м. Современные прибрежно-морские формы занимают абс. отметки до 1–2 м.

Наиболее детальные данные ДА получены для района м. Инцы. Диатомеи содержатся в семи из изученных разрезов, вскрывающих строение поверхностей высотой от 2,5 до 11 м. Абс. отметки 2,5–3 м на участке от избы Спенская до р. Бол. Инцы занимают широкие (до 4 км) морские и аллювиально-морские аккумулятивные террасы, вложенные между моренными грядами. Терраса высотой 4–5 м отделена от нижележащих отчетливым абразионным уступом, в устьях рек имеет мощный аккумулятивный чехол, на склонах моренных гряд в районе избы Спенская — цокольная, представляет собой серию заболоченных ванн, разделенных перевейными песчаными грядами, возможно — бе-

реговыми валами. Террасовидные поверхности на абс. отметках 6–20 м образуют на открытых берегах серии разделенных уступами ступеней, примыкающих, постепенно повышаясь, к моренным грядам, а на удалении от моря занимают понижения между ними. На георадарных профилях виден грядовый рельеф понижений кровли морены.

Наиболее древние датированные голоценовые отложения возрастом 9500–8700 C¹⁴ л.н. — линза озерных отложений, вскрытая береговым уступом в останце поверхности высотой 11 м над у.м. на соврем. абс. высоте 6,6–7,5 м. 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 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. В это время, в период развития раннего-лоценовой регрессии, по-видимому, формировались горизонты, интерпретируемые как палеопочвы. Они встречаются в разрезах высоких поверхностей (6–7 и 10–11 м) под озерными и болотными отложениями. В разрезе поверхности высотой 11 м этот слой подстилает линзу озерно-болотных отложений и представляет собой темно-бурый мягкий суглинок с зернистой структурой, насыщенный органическим веществом, и содержат растительный детрит и единичные створки *Hantzschia abundans* Lange-Bertalot, *Eunotia curtagrunowii* Nörpel-Schempp & Lange-Bertalot, *Pinnularia* spp. — пресноводных аэрофильных видов. Его возраст по данным радиоуглеродного датирования составляет 9470±55 C¹⁴ лет (ГИН-15545). В разрезе поверхности высотой 6–7 на абс. высоте 5 м в опесчаненном суглинке основу диатомовых ассоциаций составляют *Pinnularia borealis* Ehrenberg и *H. abundans*, виды-аэрофилы, характерные для влажных почв. Выше залегают маломощные болотные и эоловые отложения позднего-лоценового возраста. Таким образом, высокие уровни (высотой 6–7 м и 10–11 м) по данным радиоуглеродного датирования и ДА сформировались ранее 9500-8500 C¹⁴ л.н. (вероятно в конце позднего неоплейстоцена) и позднее не затапливались морем. Отложения, вскрытые в основании разрезов под голоценовыми озерно-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 С¹⁴ л.н. Заболачивание поверхностей может быть связано с подъемом уровня грунтовых вод во время морских трансгрессий и увлажнением климата.

Морские отложения голоценового возраста по данным ДА распространены до абс. отметок 4 м и слагают две нижние террасы высотой 4–5 и 2,5–3 м над у.м. 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 уровня моря происходило на протяжении бореального и первой половины атлантического периода. Уровень моря достиг современного не ранее 8450±110 С¹⁴ лет (ГИН-15568) л.н. Около 6290±80 С¹⁴ лет (ГИН-15559), вероятно, произошла стабилизация уровня. В пределах верхней террасы (4–5 м) высота кровли морских отложений, подтвержденная данными ДА составляет 3,6–4,0 м, в пределах нижней террасы (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.

Для районов устья р. Зимняя Золотица и м. Бепревский в строении поверхностей высотой 5–5,5 м и 6–7 м соответственно вскрыты отложения среднеголоценовой трансгрессии. В устье р. Зимняя Золотица под торфом на абс. высоте 2,1–3,2 м вскрыта пачка разнотерристых песков, переслаивающихся с сизо-серыми средними суглинками, в которых в составе диатомовых ассоциаций доминируют полигалобные и мезогалобные 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 торфянистых суглинках возрастом 2960±40 С¹⁴ лет (ГИН-15259) и подосле торфа основу диатомовых ассоциаций составляют мезогалобы

D. interrupta и *Navicula kefvigensis* (Ehrenberg) Kützing и олигалобы-галофилы *Diploneis ovalis* (Hilse) Cleve, *C. pusilla*, *Pinnularia distinguenda* 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. Вепревский — м. Никольский под торфом мощностью 2,5 м вскрыты пески и суглинки, для верхней части которых получена радиоуглеродная дата 3160 ± 110 C¹⁴ лет (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 суглинке сизо-сером с остатками растений доминирует пресноводный планктонный вид *Aulacoseira lyrata* (Ehrenberg) R. Ross in Hartley. Таким образом, в обоих районах кровля морских отложений находится на абс. высоте около 3 м. Переход от морского к континентальному осадконакоплению произошел около 3000 C¹⁴ лет.

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 абс. высоте ~5,5 м содержатся створки разнообразных солоноватоводных и морских бентосных видов диатомей: *T. acuminata*, *P. sulcata*, *D. surirella*, *Petronella 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 C¹⁴ лет (ГИН- 15263).

В пределах Двинского залива на высотах 5–20 м отмечены абразионные и цокольные террасы. Низкие террасы (2,5–3 и 1,5–2 м) имеют как абразионо-аккумулятивный, так и аккумулятивный облик, свидетельствующий о резкой смене обстановок в береговой зоне. На восточном берегу Двинского залива (участок м. Керец — р. Куя) на абс. высотах 3,5–5 м в отложениях возрастом 8500 C¹⁴ лет по данным ДА отложения имеют континентальный генезис.

Работы выполнены по темам ГЗ АААА-А16-116032810055-0, АА-АА-А16-116032810089-5, ГЗ ГИН РАН №0135-2018-0037.

Литература

- [1] Барановская О.Ф., Плешивцева Э.С., Травина М.А. Стратиграфия морских отложений позднего плейстоцена и голоцена низовьев р. Северной Двины (по опорным разрезам) // Стратиграфия и палео-

- география четвертичного периода Севера европейской части СССР. Петрозаводск: Карельский фил. АН СССР, 1977. — С. 111–118.
- [2] Государственная геологическая карта РФ м-ба 1 : 1 000 000. Третье поколение. Балтийская сер. листов. Лист Q-37 с акваторией (Архангельск). Объяснит. записка. СПб.: МАГЭ, ВСЕГЕИ, 2012. 338 с.
- [3] Государственная геологическая карта масштаба 1 : 200 000. Лист Q-37-XXII, XXIII, XXIV 1993.
- [4] *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.
- [5] *Плешивецкая Э.С.* Изменение палеогеографических условий Северо-Двинской впадины в поздне-последлениковое время // *Природа и хозяйство Севера*. 1977. Вып. 6. — С. 39–47.
- [6] *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.
- [7] *Репкина Т.Ю., Зарецкая Н.Е., Шилова О.С.* Двинский залив Белого моря в позднеледниковье — раннем голоцене // *Геоморфология*. 2018. №2. — С. 71–87.
- [8] *Репкина Т.Ю., Зарецкая Н.Е., Шилова О.С., Луговой Н.Н., Садков С.А., Зверев А.В., Воловинский И.В., Гурбич В.А.* Морфодинамика берегов Горла Белого моря в районе м. Инцы в голоцене // *Геология морей и океанов: Материалы XXII Международной научной конференции (Школы) по морской геологии*. М., 2017а. Т. 3. — С. 274–278.
- [9] *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 научной конференции памяти Павла Алексеевича Каплина*. — М., 2017б. — С. 121–124.
- [10] *Соболев В.М.* Состав, стратиграфия позднечетвертичных отложений Горла Белого моря и основные черты его палеогеографии // *Проблемы палеогеографии и стратиграфии плейстоцена*. — М.: Изд-во МГУ, 2008. — С. 144–156.
- [11] *Соболев В.М., Алешинская З.В., Полякова Е.И.* Новые данные о палеогеографии Белого моря в позднем плейстоцене-голоцене // *Корреляция палеогеографических событий: континент-шельф-океан*. — М.: Изд-во МГУ, 1995. — С. 120–129.
- [12] *Hughes, A.L.C., Gyllencreutz, R., Lohne, Ø.S., Mangerud, J., Svendsen, J.I.* The last Eurasian ice sheets — a chronological database and time-slice reconstruction, DATED-1 // *Boreas*. 2015. 45 (1). — P. 1–45.