

## РАЗВИТИЕ ЗИМНЕГО БЕРЕГА БЕЛОГО МОРЯ В ПОЗДНЕЛЕДНИКОВЬЕ - ГОЛОЦЕНЕ ПО ДАННЫМ ДИАТОМОВОГО И РАДИОУГЛЕРОДНОГО АНАЛИЗОВ И ГЕОРАДАРНОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

**Репкина Т.Ю.<sup>1</sup>, Шилова О.С.<sup>1</sup>, Зарецкая Н.Е.<sup>2</sup>, Садков С.А.<sup>3</sup>, Кунгаа М.Ч.<sup>1</sup>**

*1 – Московский государственный университет им. М.В.Ломоносова, географический факультет, Москва, t-repkina@yandex.ru, o.olyunina@mail.ru, mkungaa@gmail.com; 2 – Геологический институт РАН, Москва, n\_zaretskaya@inbox.ru; 3 – Институт геоэкологии РАН, Москва, sergsadkov@gmail.com*

Палеогеографии Белого моря в позднеледниковье и голоцене посвящено большое количество исследований, опирающихся на изучение отложений акватории и побережья. Исследование и датирование морских отложений, в том числе микропалеонтологические [Соболев и др., 1995, Полякова и др., 2014], позволяют реконструировать изменения интенсивности поступления баренцевоморских вод и ледовитости Белого моря, а морских террас и каскадов изолированных озер [Колька и др., 2012, 2013а,б, 2015, Романенко, Шилова, 2012, Субетто и др., 2012] - изменения уровня моря и положения береговой линии (БЛ) в результате совокупного действия комплекса факторов: эвстатических изменений уровня моря, тектонических и гляциоизостатических движений земной коры. В западном Беломорье интенсивные восходящие неотектонические движения, усиленные гляциоизостазией, привели к образованию четкой последовательности изолированных озер, изучение донных отложений которых позволило построить детальные кривые перемещения БЛ в голоцене [Колька и др., 2012, 2013а,б, 2015, Романенко, Шилова, 2012]. Максимальная амплитуда последнего в кутовой части Кандакшского залива превышала 100 м [Колька и др., 2012, 2013а,б]. В восточном Беломорье, где перемещения БЛ не превышали 20-25 м [Победоносцев, Розанов, 1971, Никонов, 1977, Кошечкин, 1979], наиболее информативными палеогеографическими объектами остаются разрезы морских террас. Наименее изучен Зимний берег, где до недавнего времени [Репкина и др., 2016] отсутствовали радиоуглеродные определения возраста террас; не решен вопрос о характере голоценовых движений берегов, которые оценивают как слабо положительные [Авенариус, 2004] или отрицательные. Разброс расчетных скоростей современных вертикальных движений по уровнемерным данным (ГМС Инцы) превышает 4 мм/год: от +0.01 мм/год [Гидрометеорология..., 1991] до -4 мм/год [Победоносцев, Розанов, 1971]. Данное исследование позволило установить возраст террас Зимнего берега Белого моря, определить темпы постгляциальных вертикальных движений и реконструировать этапы развития берегов в позднеледниковье-голоцене.

Материалы получены в ходе полевых исследований 2014-15 гг. на Зимнем берегу Белого моря от р. Нижняя Золотица до р. Куя. Работы включали изучение современной морфодинамики берегов, геоморфологическое и георадарное профилирование приморских террас, литостратиграфическое описание, радиоуглеродное датирование (24 даты) и диатомовый анализ (40 образцов из 8 разрезов) отложений террас. Высота террас и разрезов определена с помощью уровня CST Berger 17-632, увязана с Балтийской системой высот и приливными колебаниями.

Облик рельефа Зимнего берега формируют вытянутые вдоль БЛ кулисообразно расположенные моренные гряды - постройки краевой зоны ледника, которые относят к невской стадии оледенения [Ekman, Пjin, 1995, Государственная..., 2010] или ее осцилляции в позднем дриасе [Demidov et al., 2006]. 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 полого грядовые или уплощенные заболоченные поверхности - палеопроливы и заливы, расположенные в понижениях между моренными грядами на высотах 8-20 м. На георадарных профилях виден грядовый рельеф понижений кровли морены. Типичный разрез включает 4 горизонта: 1) маломощный суглинистый перлювий, с размывом залегающий на морене; 2) сизо-серые плотные суглинки, алевроиты и глины, накапливавшиеся в бассейне с ослабленной гидродинамикой; 3) сортированные пески с гравием и галькой, характерные для прибрежной зоны с относительно активными гидродинамическими условиями; 4) озерно-болотные оторфованные суглинки и торф. Подошва перекрывающих озерно-болотных отложений имеет возраст  $9180 \pm 40$  (ГИН- 15263) –  $8250 \pm 60$  (ГИН-

15266)  $^{14}\text{C}$  лет, что позволяет установить верхний временной предел существования проливов и заливов. В разрезе палеопролива на высоте 8-9 м, из верхней пачки сизо-серого опесчаненного неяснослоистого суглинка (абс. высота ~5.5 м) обнаружены таксономически разнообразные солоноватоводные и морские диатомовые. Доминируют бентосные виды: *Tryblionella acuminata*, *Paralia sulcata*, *Delphineis surirella*, *Petroneis marina*, что говорит об осадконакоплении в мелководной прибрежной зоне моря (на сублиторали или в нижней части литорали).

Поверхность высотой 6-7 м - наиболее древняя в Горле Белого моря морская терраса, сформировавшаяся в обстановках, близких современным. Она окаймляет передовые моренные гряды от м. Вепревский до м. Никольский, и существенно изменена крупными котловинами выдувания и дюнами. Террасы высотой до 5.5 м морфологически сходны с современными берегами, сложены сортированными песками, перевеянными до глубины 0.8-1.5 м. На георадарных профилях под наносами прослеживается полого наклоненный к берегу цоколь. В разрезах вскрыта регрессивная серия морских осадков, что подтверждается данными диатомового анализа. В разрезе террасы высотой 5-5.5 м в устье р. Зим. Золотица под торфом вскрыта пачка разнозернистых песков, переслаивающихся с сизо-серыми средними суглинками, мощностью 2.1 м. В песках (1.6-2.32 м) доминируют полигалобные и мезогалобные литоральные виды: *Planothidium hauckianum*, *Delphineis surirella*, *Paralia sulcata*, *Opephora minuta*, *Biremis lucens*. Выше (1.34-1.42 м) в торфянистых суглинках и торфе основу диатомовых ассоциаций составляют мезогалобы *Diploneis interrupta* и *Navicula kefvigensis* и олигалобы-галофилы *Diploneis ovalis*, *Cosmioneis pusilla*, *Pinnularia distinguenda*, характерные для верхней части литорали (марша). Для торфянистого суглинка в интервале глубин 1.36-1.40 м получена радиоуглеродная дата 2960±40 (ГИН-15259). 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 (4.95-2.95 м), содержащие разнообразные диатомовые водоросли. Отмечены флуктуации видового состава и концентрации диатомей, хорошо коррелирующие с фациальной неоднородностью разреза. По количеству видов доминирует группа олигогалобов: *Pinnularia* spp., *Eunotia* spp., *Gomphonema* spp., *Aulacoseira* spp. и др. В песках полигалобы и мезогалобы суммарно составляют 3-9 % от всех створок, на долю олигогалобов-галофилов приходится 5-16% створок. Среди последних доминируют *Cosmioneis pusilla*, *Pinnularia lagerstedtii*, *Navicula cincta* – аэрофильные виды, характерные для марша. Для интервала глубин 3.1-3.2 м получена радиоуглеродная дата: 3160±110 лет (ГИН-15261). Выше в суглинке сизо-сером с остатками растений на глубине 2.56-2.60 м доминирует пресноводный планктонный вид *Aulacoseira lyrata*. Количество и разнообразие морских, солоноватоводных и галофильных форм сокращается до минимума по разрезу, исчезают характерные маршевые виды, что говорит об осадконакоплении в пресноводной или очень слабо осолоненной супралиторальной ванне.

На берегах Двинского залива в открытых бухтах между моренными мысами и на бортах долин в ледниковых отложениях выработаны абразионные и цокольные террасы высотой 19-20, 14-15, 9-10, 5-6 м и шириной 20-700 м. Два нижних уровня встречаются чаще. Уступы террас отчетливы, иногда осложнены ступенями. Строение разрезов указывает на обстановки размыва. Кровля морены перемыта, прикрыта суглинистым перлювием и/или валунными отмостками, сходными с отложениям современных бенчей. Чехол террас представлен мелкими песками (до 1-1.5 м), а в понижениях кровли морены - осадками, указывающими на постепенный переход от накопления в бассейне с умеренно активной гидродинамикой к затишным условиям и заболачиванию водоема. Высота днищ понижений - от 1.5 до 17 м, контакта минерального и органогенного горизонтов – от 3.2 до 18.1 м. Минеральные горизонты не содержат диатомей, что сближает их с кареловскими слоями в устье р. Сев. Двины, накапливавшимися, по палинологическим данным, в аллерёде [Барановская и др., 1977]. Перекрывающие органогенные отложения содержат пресноводную диатомовую флору. Несмотря на большой разброс абсолютных высот подошвы этого горизонты для всех скважин и разрезов получен близкий возраст в интервале 9100-8500  $^{14}\text{C}$  лет (~10.2-9.4 тыс. кал. лет) [Репкина и др., 2016]. Состав отложений межгрядовых ложбин указывает на низкую гидродинамическую активность бассейна. Однако она была достаточна для частичной нивелировки относительно широких и, вероятно, изначально пологих поверхностей, образования маломощного суглинистого перлювия и валунно-обломочных отмосток. Такие условия существуют сейчас на берегах ледовитых приливных мо-

рей, где важную роль в денудации суглинистых бенчей играют льды припая [Романенко и др., 2012]. Отсутствие в отложениях диатомей не позволяет оценить соленость бассейна.

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 правом берегу р. Куица в разрезе террасы высотой 2 м из подошвы торфа, перекрывающего аллювиально-морские мелкие пески с остатками растений, получена дата  $5000 \pm 40$  (ГИН-15244). Их формирование можно соотнести со среднеголоценовой трансгрессией тапес.

Таким образом, наличие бенчей и комплекса поднятых террас позволяет считать как современные, так и голоценовые движения берегов восходящими. Как на побережье Двинского залива, так и в районе Горла выявлены два морфологически различных комплекса террас. В Горле верхний комплекс представлен на абс. высотах 8-20 м палеопротоклами и заливами, расположенные в понижениях между моренными грядами и заполненными сизо-серыми суглинками и супесями, содержащими морскую диатомовую флору, состав которой указывает на то, что осадки формировались в более глубоководных условиях, чем на сходных гипсометрических отметках при формировании нижнего комплекса террас, т.е. относительный уровень моря был выше. В пределах Двинского залива на высотах 5-20 м отмечены абразионные и цокольные террасы, отложения которых не содержат диатомей, и, вероятно, формировались в условиях сильно распресненного бассейна. Проникновение баренцевоморских вод в беломорскую депрессию и осолонение существовавшего в ней бассейна относят ко времени 13-11.5 тыс. кал. л.н. [Колька и др., 2013а, 2015]). На Соловецком шельфе в тот же период «существовал опресненный, холодноводный морской бассейн, осадконакопление в котором происходило в непосредственной близости от края ледникового щита; трансформированные баренцевоморские воды уже поступали во внешнюю часть Двинского залива» [Полякова и др., 2014]. При этом воды внутренней акватории залива какое-то время были распреснены, и достигли нормальной морской солености позже, чем в районе Горла Белого моря. В устье р. Северная Двина в ингрессионных заливах [Zaretskaya et al., 2011] идентифицируются солоноватоводные условия, накапливаются кареловские пески и глины, весьма бедные диатомовыми водорослями и фауной [Барановская и др. 1977, Плешивцева, 1977]. Возможно, причиной этого был сток р. Северная Двина, как и в настоящее время, концентрировавшийся у северного берега залива.

Позднеледниковая трансгрессия сменилась раннеголоценовой регрессией 10-8.5 тыс.  $^{14}\text{C}$  лет, характеризовавшейся быстрым понижением уровня моря. В западном Беломорье это выражается «вертикальными» участками кривых перемещения БЛ, когда озера с разницей абс. высот порога стока до 40 м имеют практически одинаковое время изоляции от морского бассейна [Колька и др., 2012, 2013б, 2015, Романенко, Шилова, 2012]. В период регрессии комплекс береговых форм на высотах 5-20 м был перекрыт маломощными озерными отложениями и торфом возрастом 9100-8500  $^{14}\text{C}$  лет, имеющим широкое площадное распространение не только на Зимнем берегу, но и в устье Сев. Двины [Барановская и др., 1977, Zaretskaya et al., 2011], в Онежском заливе [Кошечкин, 1979] и на о. Бол. Соловецкий [Субетто и др., 2012].

Отложения низкого комплекса террас в пределах обоих исследованных участков очевидно связано со среднеголоценовой трансгрессией. При этом более молодой возраст отложений террас в районе Горла Белого моря на тех же гипсометрических уровнях, что и на северном берегу Двинского залива, может свидетельствовать о больших темпах поднятия.

Отсутствие диатомей в разрезах террас высотой 5-20 м на северном берегу Двинского залива не позволяют рассчитать скорости вертикальных движений для первой половины голоцена. В Горле Белого моря, где смена обстановок подтверждена диатомовым анализом, средние темпы относительного поднятия берега за последние 10 тыс. лет, составляли, согласно полученным датам,  $\sim 0.5-0.6$  мм/год. В последние 4-5 тыс. лет они увеличились до  $\sim 1$  мм/год, в то же время северные берега Двинского залива поднимались со скоростью не более 0.2-0.5 мм/год.

Работа выполнена при поддержке ГЗ по темам АААА-А16-116032810089-5, АААА-А16-116032810055-0, темы ГИН РАН № 0135-2014-0068.

#### Литература:

Авенариус И.Г. Морфоструктура Беломорского региона // Геоморфология. № 3. 2004. С. 48-56.  
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

- палеогеография четвертичного периода Севера европейской части СССР. Петрозаводск: Карельский филиал АН СССР, 1977. С. 111-118.
- Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Т. II. Белое море. Л.: Гидрометеиздат, 1991. 240 с.
- Государственная геологическая карта РФ масштаба 1 : 1 000 000. Третье поколение. Балтийская серия листов. Лист Q-37 с акваторией (Архангельск). Объяснительная записка. МАГЭ, ВСЕ-ГЕИ. Спб, 2010. 338 с.
- Колька В.В., Евзеров В.Я., Мёллер Я.Й., Корнер Г.Д. Перемещение уровня моря в позднем плейстоцене-голоцене и стратиграфия донных осадков изолированных озер на южном берегу Кольского полуострова, в районе поселка Умба // Изв. РАН. Серия геогр. 2013а. № 1. С. 73–88.
- Колька В.В., Корсакова О.П., Шелехова Т.С. и др. Реконструкция относительного положения уровня Белого моря в голоцене на Карельском берегу (район пос. Энгозеро, северная Карелия). ДАН. 2013б. Т. 449, № 5. С. 587-592.
- 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., Шелехова Т.С., Толстоброва А.Н. Восстановление относительного положения уровня Белого моря в позднеледниковье и голоцене по данным литологического, диатомового анализов и радиоуглеродного датирования донных отложений малых озер в районе пос. Чупа (северная Карелия) // Вестн. МГТУ. 2015. Т. 18. № 2. С. 255-268.
- Кошечкин Б.И. Голоценовая тектоника восточной части Балйского щита. Л.: Наука, 1979. 157 с.
- Никонов А.А. Голоценовые и современные движения земной коры: геолого-геоморфологические и сеймотектонические вопросы. М.: Наука, 1977. 240 с.
- Плешивцева Э.С. Изменение палеогеографических условий Северо-Двинской впадины в поздне-последледниковое время // Природа и хозяйство Севера. Вып. 6. 1977. С. 39-47.
- Победоносцев С.В., Розанов Л.Л. Современные вертикальные движения берегов Белого и Баренцева морей // Геоморфология. 1971. № 3. С. 57-62.
- 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., Зарецкая Н.Е., Шилова О.С. Двинский залив Белого моря в раннем голоцене. Новые данные // Пути эволюционной географии. М.: Ин-т географии РАН, 2016. С. 257-263.
- 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. Последледниковое 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.
- 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.
- Субетто Д.А., Шевченко В.П., Лудикова А.В., Кузнецов Д.Д., Сапелко Т.В., Лисицын А.П., Евзеров В.Я., Беек П. ван, Суо М., Субетто Г.Д. Хронология изоляции озер Соловецкого архипелага и скорости современного озерного осадконакопления // ДАН. 2012. Т. 446, № 2. С.183-190.
- Demidov I.N., Houmark-Nielsen M., Kjaer K.H., Larsen E., The last Scandinavian Ice Sheet in north-western 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.
- 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. V. 38. N. 2. P. 116-127.

УДК 551.41 (210.5)

ББК 26.82

**Вопросы геоморфологии и палеогеографии морских побережий и шельфа:** Материалы научной конференции памяти Павла Алексеевича Каплина (Москва, 2–3 февраля 2017 г.) / под ред. Т.А. Яниной, Т.С. Ключиткиной. – М.: Географический факультет МГУ, 2017. – 211 с.

Сборник включает материалы научной конференции «Вопросы геоморфологии и палеогеографии морских побережий и шельфа», организованной коллективом НИЛ новейших отложений и палеогеографии плейстоцена географического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова в память о Павле Алексеевиче Каплине, докторе географических наук, профессоре, заслуженном деятеле науки Российской Федерации, одном из ведущих геоморфологов и палеогеографов России.

Сборник будет интересен широкому кругу специалистов в области наук о Земле: географам, геологам, океанологам, а также лицам, интересующимся историей развития природы Земли.

Рецензенты:

доктор географических наук Е.И. Игнатов  
доктор географических наук Л.А. Жиндарев

ISBN 978-5-89118-733-7

© Географический факультет МГУ, 2017