

**Репкина Т.Ю.^{1,2,3}, Леонтьев П.А.², Крехов А.К.⁴,
Луговой Н.Н.^{1,5}, Вяткин Е.Г.², Орлов А.В.², Корсакова О.П.⁶**

(¹МГУ имени М.В.Ломоносова, географический факультет, г. Москва, e-mail: t-gerkina@yandex.ru; ²РГПУ им. А.И. Герцена, г. Санкт-Петербург; ³Институт океанологии РАН, г. Москва; ⁴СПбГУ, физический факультет, г. Санкт-Петербург; ⁵Институт географии РАН, г. Москва; ⁶Геологический институт Кольского НЦ РАН, г. Апатиты)

Новые данные о динамике Зимнего и Абрамовского берегов Белого моря в голоцене

Repkina T.Yu.^{1,2,3}, Leontiev P.A.², Krekhov A.K.⁴,

Lugovoy N.N.^{1,5}, Vyatkin E.G.², Orlov A.V.², Korsakova O.P.⁶

(¹Lomonosov Moscow State University, Faculty of geography, Moscow; ²Herzen State Pedagogical University of Russia, St. Petersburg; ³Shirshov Institute of Oceanology RAS, Moscow; ⁴SPBU, Faculty of Physics, St. Petersburg; ⁵Institute of Geography of RAS, Moscow; ⁶Geological Institute of the Kola Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, Apatity)

New data on the dynamics of the Zimniy and Abramovskiy coasts of the White Sea in the Holocene

Ключевые слова: морские берега, морфодинамика, уровень моря, голоцен, Белое море, Зимний берег, Абрамовский берег

Проведены геолого-геоморфологические и геофизические исследования побережья Белого моря на границе Зимнего и Абрамовского берегов. По предварительным данным, на северо-востоке пролива Горло относительный уровень моря поднимался в среднем-позднем голоцене на 1–2.5 м, а в эстуарии р. Койды – не более чем на 0.5 м выше современного уровня полной воды сизигии.

Северо-восточное побережье пролива Горло и западное побережье Мезенского залива Белого моря расположены между краевыми образованиями невиской и лужской стадий деградации последнего оледенения [1]. Полагают, что на северо-востоке Зимнего берега послеледниковое поднятие затухает [2], сменяясь компенсационным гляциоизостатическим или тектоническим погружением [3]. Однако фактических данных о динамике относительного уровня моря (ОУМ) этого района крайне мало. Чутким индикатором положения ОУМ являются формы берегового рельефа и осадки прибрежных водоемов. Из-за быстрого отступления берегов, продолжающегося со среднего голоцена [4], аккумулятивные береговые формы сохранились преимущественно в устьевых областях рек. Поэтому основными объектами наших исследований были приустьевые косы и низкие террасы в эстуариях рек Майды (пролив Горло) и Койды (Мезенский залив). Изучен также безымянный палеозалив в 13 км к СВ от р. Майды, в районе избы Половинной (рисунок).

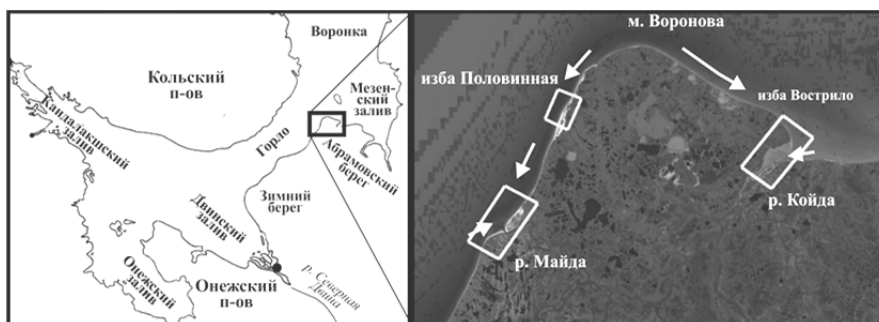


Рисунок. Положение ключевых участков. Стрелками показано направление потоков наносов

Полевые работы включали геоморфологическое и тахеометрическое профилирование, съемку БПЛА, георадиолокационные исследования, а также литолого-фациальный анализ отложений в разрезах и скважинах ручного бурения с отбором образцов на диатомовый, геохимический и радиоуглеродный анализы. Тахеометрическое профилирование выполнено с помощью DGPS PrinCe i50, аэрофотосъемка – квадрокоптером DJI Phantom 4 Pro v2.0. Георадиолокационные исследования проведены с помощью георадара ОКО (антенные блоки 150 и 400 МГц). Для определения диэлектрической проницаемости отложений на каждом из ключевых участков было выполнено вертикальное зондирование. Ручное бурение осуществлялось с помощью русского торфяного бура. Морфодинамика современных берегов изучена в ходе вдольбереговых маршрутов, а также по разновременным картам и космическим снимкам.

Современные берега района развиваются в условиях высокой волновой активности, большей в проливе Горло, и значительных приливных и сгонно-нагонных колебаний уровня моря, величина которых увеличивается от устья р. Майды до устья р. Койды с ~ 3 до ~ 6.2 и с ~ 5.5 до ~ 7.5 м соответственно [5]. Преобладание волн северных румбов [5] определяет генеральное направление потоков наносов – к ЮЗ и ЮВ от м. Воронов (рис. 1). Благодаря конфигурации береговой линии (БЛ) и подводного берегового склона возникают локальные потоки наносов встречных направлений.

Эстуарий р. Майды – область устойчивой приустьевой аккумуляции. Приливные колебания распространяются на ~ 13 км выше устья. В эстуарии развиты песчаные и илстые осушки (абс. отметки $-1.2 \div 1.5$ м¹) и современные аллювиально-морские террасы – лайды и поймы, осложненные гривами и каналами стока (абс. отметки 1.5–2.2–2.5 м). Лайды сложены тонко- и мелкозернистыми алевритистыми песками, перекрытыми

¹ Здесь и далее высоты приведены в Балтийской системе высот (БСВ).

алевритами с органическими остатками.

Лайды и поймы отделены эрозионными уступами от заболоченных, плоских сегментов аллювиально-морской террасы (абс. отметки 2.5–4.0 м), сформировавшейся, вероятно, в среднем–позднем голоцене. Терраса примыкает к отчетливому уступу, выработанному в отложениях ледникового комплекса, и заполняет днище долины на участке ~20 км от устья. В тыловом шве ближайшего к устью сегмента террасы эрозией вскрыто лагунное понижение, ограниченное перевеянной песчаной косой. Террасы сложены торфом мощностью 0.6–2.0 м, сменяющимся вниз по разрезу оторфованными, а затем – сизо-серыми опесчаненными алевритами с примазками гидротроилита и остатками растений. Контакт болотных отложений с осадками палеоэстуария фиксируется на высотах 1.6–2.1 м, т.е. на уровне современных приливных колебаний.

На открытом побережье к абразионным уступам и моренным грядам высотой 7–30 м примыкают приустьевые косы. На левом берегу реки коса узкая (200–300 м), ее корень активно размывается, а в дисталь нарастает, отклоняя к СВ устье р. Майдицы. Коса состоит из трех параллельных БЛ перевеянных валов (абс. отметки 2.1–2.5 м), сложенных песками с наклонной слоистостью. Понижения между валами (абс. отметки 1.1–1.5 м) заливаются в приливы и штормы. На отметках 2.5–4 м подножие абразионного уступа окаймлено узкой (2–6 м) ступенью, сложенной горизонтально слоистыми песками, – сохранившимся от размыва останцом террасы, сформированной при более высоком положении ОУМ. Морские и эоловые пески мощностью до 4–6 м залегают на неровной кровле морены.

Коса на правом берегу р. Майды – крупный (длина ~3 км, ширина до ~1.5 км) комплекс перевеянных береговых валов, авандюн и дюн. В ее дистали берег выдвигается за счет накопления на осушке и пляже песков, поступающих со стоком реки и с вдольбереговым потоком наносов. Корень косы примыкает к холмам, сложенным с поверхности мореной. Пляжи и абразионные уступы окаймлены авандюнами высотой от 1–2 м в корне до 4–5 м в дистали косы. Бережнее современной авандюны от корня косы субпараллельно или под углом к БЛ протягиваются четыре гряды дюн (абс. отметки 7–22 м), наложенных на «фоновую» поверхность (абс. отметки 2.0–4.5 м, в основном, – 2.5–3.5 м) со сглаженными дефляцией песчаными береговыми валами. В тылу некоторых из них сохранились засыпанные песком остаточные озёра. На георадарных профилях выделяются: эоловые пески (мощность 1–20 м), 2) морские пески (мощность 15–20 м) и неровная кровля морены, иногда бронированная каменными отморстками. Между 1-ой и 3-ей от современной БЛ грядами дюн морские пески наклонно-слоистые, мощностью 15–20 м. Далее вглубь суши строение горизонта меняется. Между 3-ей и 4-ой грядами пески приобретают горизонтальную слоистость, а их мощность сокращается до 15 м. Восточнее 4-ой гряды видны две пачки горизонтально-слоистых песков, разделенных эрозионным контактом.

Верхняя (2 м) образует линзы; нижняя (10 м) прослеживается непрерывно, залегает на кровле морены и содержит обломки.

Коса отделяет от коренного берега заболоченную палеолагуну (высоты 2.5–5.4 м). Ее отложения, вскрытые на отметках ~3 м, практически аналогичны осадками аллювиально-морской террасы с теми же высотами. Болотные отложения сменяются лагунными на абс. отметках ~ 2 м. В тыловой части лагуны (высоты 4.0–4.4 м), вскрытой береговым уступом, под золовыми песками и торфом залегают две пачки сизо-серых алевритов и песков, разделенных торфяным прослоем. Постепенная смена лагунных осадков болотными фиксируется на абс. отметках 2.7–2.9 и 1.4–1.5 м.

Таким образом, в устьевой области р. Майды предварительно, до получения результатов аналитических исследований, можно выделить не менее двух этапов формирования приустьевых кос и заполнения эстуария, сопровождавшихся незначительными колебаниями ОУМ. На первом этапе (ОУМ на отметках до ~2.5 м), который, вероятно, можно соотнести с трансгрессией тапес, на правом берегу реки сформировались 4-ая и 3-я генерации кос и дюнных гряд, а в эстуарии – обширная аллювиально-морская терраса. На втором (ОУМ на отметках до ~3 м), вероятно, в позднем голоцене, образовались 2-ая и 1-ая дюнные гряды на правобережье реки и приустьевая коса на ее левом берегу, а аллювиально-морские террасы были частично перестроены. Максимальный зафиксированный подъем ОУМ всего на 1.5 м превышает современный уровень полной воды сизигия (ПВС). На бóльших высотах (до ~5.5 м) пески, сформировавшиеся, вероятно, в прибрежно-морских условиях, выполняют днища ложбин, и могут быть предварительно соотнесены с позднеледниковой трансгрессией.

В районе избы Половинной строение прибрежных форм подтверждает, выводы о наличии двух этапов развития берега и незначительных колебаниях ОУМ. К абразионному уступу высотой 20–25 м, выработанному в отложениях ледникового комплекса [1] и перекрытому золовыми песками мощностью до 2 м, с мористой стороны примыкает аккумулятивная терраса с перевейными береговыми валами (абс. отметки 2.5–4 м). По строению она близка к левобережной косе р. Майды. На заболоченном днище безымянного палелозалив (длина ~5 км, ширина до 1 км) выделяются две ступени с отметками ~5 м, и ~7.5 м, разделенные уступом. Контакт болотных и лагунных отложений зафиксирован в нескольких скважинах на отметках 4.2–4.5 м, т.е. не более чем на 2 м выше современного уровня ПВС.

Характерные черты берегов Мезенского залива – чрезвычайно высокая скорость размыва и присутствие на осушке пластов торфа, залегающих на плотных сизо-серых суглинках с растительными остатками. Аналогичные отложения заполняют многочисленные ложбины, вскрытые в береговых уступах. Поэтому присутствие торфа ниже современного уреза может быть связано как с понижением ОУМ, так и с быстрым отступанием берега.

Современные аккумулятивные формы низкие (до 3.3–3.5 м при положении ПВС ~3.0 м), плоские, заливаются в нагоны и штормы. На правом берегу эстуария р. Койды на абс. отметках 4.5–7.5 м развита терраса, формирование которой может быть предварительно соотнесено с трансгрессией тапес. Она сложена мелко- и среднезернистыми песками с гравием и галькой, залегающими на сизо-серых суглинках и перекрытыми торфом. На контакте торфа и песков (абс. отметки 3.4–3.5 м) развиты криотурбации. Тыловой шов террасы примыкает к абразионному уступу, выработанному в моренной гряде (абс. отметки 12.5–15 м). На георадарных профилях в подошве чехла террасы видны эрозионные врезы. Таким образом, ОУМ в голоцене, возможно, превышал современный, но не более чем на 0.5 м; в это время в эстуарии р. Койды накапливались пески.

Выводы. Строение прибрежного рельефа и отложений на северо-востоке пролива Горло позволяет выделить не менее двух этапов развития берега после раннеголоценовой регрессии. Они незначительно отличались положением относительного уровня моря (до 1–2.5 м выше современного) и гидродинамическими условиями в береговой зоне. В эстуарии р. Койды формы берегового рельефа сохранились значительно хуже; относительный уровень моря колебался, вероятно, около современных отметок.

Исследования выполнены в рамках тем ГЗ № 121040100323-5, ГЗ при финансовой поддержке Минпросвещения России (проект № FSZN-2020-0016), ГЗ № 0128-2021-0016, при поддержке проектов РФФИ 19-05-00966 и 20-05-00613.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Государственная геологическая карта РФ масштаба 1:1000 000. Лист Q-37 с акваторией (Архангельск). Объяснительная записка. СПб.: МАГЭ, ВСЕГЕИ, 2010. 338 с.
2. Ramsay W. Über die geologische Entwicklung der Halbinsel Kola in der Quartärzeit. Fennia, 1898. Bd. XVI. N 1. P. 1–151.
3. Победоносцев С.В., Розанов Л.Л. Современные вертикальные движения берегов Белого и Баренцева морей // Геоморфология. 1971. № 3. С. 57–62.
4. Невесский Е.Н., Медведев В.С., Калинин В.В. Белое море. Седиментогенез и история развития в голоцене. М.: Наука, 1977. 236 с.
5. Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Т. II. Белое море. Л.: Гидрометеоиздат, 1991. 240 с.

According to preliminary data, the relative sea level in the northwest of the Gorlo Strait in the Holocene was 1–2.5 m, and in the estuary of the river Koyda – ≤0.5 m higher than the average modern Mean High Water Springs (MHWS).