

ИСТОРИЯ ФОРМИРОВАНИЯ БЕЛОМОРСКОЙ КОТЛОВИНЫ И ЧЕТВЕРТИЧНОГО ПОКРОВА БЕЛОГО МОРЯ ПО ДАННЫМ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО КАРТИРОВАНИЯ

Рыбалко А.Е.¹, Токарев М.Ю.², Семенова Л.Р.³,
Журавлев В.А.⁴, Барымова А.В.⁵, Старовойтов А.В.²

Белое море является одним из трех существующих в мире внутренних морей гляциального шельфа. Другими такими водными бассейнами являются Балтийское море и Гудзонов залив. Их общими чертами являются расположение по периферии древних кристаллических щитов, которые в четвертичное время неоднократно служили ареной для развития ледниковых щитов. Белое море приурочено к восточной окраине Балтийского кристаллического щита и является самым северным водным бассейном из 4-х, имеющих такое же расположение и близкое происхождение: два моря (Балтийское и Белое) и два Великих озера Европы (Ладожское и Онежское).

История изучения геологического строения Белого моря началась с описания берегов, которое проводили русские гидрографы. Работы непосредственно в море стали проводиться в начале XX века (М.В. Кленова, Т.И. Горшкова, В.П. Зенкевич и др.). Первая стратиграфо-палеогеографическая схема развития беломорского бассейна по данным геологического пробоотбора в самом море была опубликована в 1951 году И.К. Авиловым [Рыбалко и др., 2017]. Первым, наиболее полным, этапом изучения четвертичных отложений Белого моря была комплексная экспедиция ИО АН СССР в 60-х годах прошлого века, в ходе которой изучались берега, отбирались колонки донных отложений, которые подвергались биостратиграфическим и литологическим исследованиям. Результаты этой экспедиции были обобщены в известной монографии Е.Н. Невесского и В.С. Медведева [Невесский и др., 1977]. Второй крупный этап изучения четвертичных отложений беломорского бассейна связан с работами ВСЕГЕИ, который проводил здесь одни из первых в стране

¹ *Рыбалко А.Е.* – Институт наук о Земле СПбГУ, Санкт-Петербург; ЦАСД МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва.

² *Токарев М.Ю., Старовойтов А.В.* – МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва.

³ *Семенова Л.Р.* – ВСЕГЕИ, Санкт-Петербург.

⁴ *Журавлев В.А.* – МАГЭ, Мурманск.

⁵ *Барымова А.В.* – ЦМИ МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва.

опытно-методические и опытно-производственные морские геологосъемочные работы среднего масштаба. Они включали в себя кроме массового геологического пробоотбора сейсмоакустические исследования (МГУ) и другие виды геофизических работ. Результаты были подведены в целой сети статей [Спиридонов и др.1980], а также послужили основой для первой карты четвертичных отложений [Государственная..., 2004]. В XXI веке продолжались исследования четвертичных отложений как в рамках национальной программы «Мировой океан» (академик А.П. Лисицин), так и морских картосоставительских работ (МАГЭ, ВСЕГЕИ и др.), результаты которых нашли отражение в издании серии листов геологической карты масштаба 1:1000000 [Государственная..., 2012а, 2012в, 2012в], а также в серии монографий «Система Белого моря» [Рыбалко и др., 2017].

Формирование Белого моря или точнее котловины, которую в настоящее время занимает Белое море, началось давно – в верхнем протерозое, когда был заложен Кандалакшский рифт (авлакоген), в котором накопилось более 2-х км терригенных песчано-глинистых отложений [Балуев, Журавлев, 2017]. Структурная предопределенность заложения беломорского бассейна отчетливо проявляется в современном рельефе морского дна, значительную часть которого составляет глубоководная впадина северо-западного простирания. Именно это направление большинства структур, характерное для Балтийского кристаллического щита [Балуев, Журавлев, 2017; Балуев и др., 2012] также подчеркивает структурную предопределенность формирования беломорской котловины.

Следующий этап развития Белого моря уже связан с четвертичным временем. Несомненно, что морские и озерные бассейны существовали в пределах беломорской впадины и в более ранние этапы четвертичной истории, о чем свидетельствуют результаты изучения береговых разрезов [Стрелков и др., 1976], а также обнаружение миккулинских отложений в Горле Белого моря [Соболев и др. 1995]. Но современное Белое море – это продукт последнего этапа валдайского оледенения (Осташковское время), когда вся беломорская котловина представляла собой обширный ледоём. Свидетельством тому служит структурно-экзарационный рельеф в северо-западной и западной части моря и экзарационно-аккумулятивный рельеф в южной части его. Об этом же говорят и обширные заливы (Онежский, Двинский и др.,) которых связано с продвижением ледниковых языков в мягких породах платформенного чехла. Именно экзарационная деятельность ледников обусловила новое морфологическое обновление впадины Кандалакшского грабена, глубина днища которого по данным МОВ ОГТ

достигает отметок –480 м ниже уровня моря [Рыбалко и др., 2017]. С аккумулятивной деятельностью ледников связан грядовый рельеф, столь характерный для этого морского бассейна. Мощность четвертичных отложений в грядах может достигать 100 и более метров. Они отчетливо очерчивают направление движения ледниковых лопастей, а также участки стабилизации края ледника при его деградации.

В период максимальной стадии лопасти Скандинавского ледника, двигавшиеся через впадину Белого моря, огибали глыбу Кольского массива и взаимодействовали с покровным ледником (Новоземельским ?), распространявшемся с северо-востока (в пределах современной акватории Баренцева моря и в районе Горла Белого моря). Как это происходило, мы не знаем до сих пор, так как интенсивный гидродинамический режим в Горле и Воронке уничтожил большинство следов как ледниковой, так и послеледниковой деятельности. Однако, как на акватории, так и на окружающих берегах можно с высокой степенью достоверности установить границы максимального распространения Скандинавского ледника, граница оледенения в невскую стадию и в стадию Сальпаусселька I. Возраст остальных гряд во впадине Белого моря устанавливается в значительной степени условно [Семенова и др., 2011]. По видимому в последний раз, ледник оккупировал впадину Белого моря в среднедриасовое похолодание (от 12,2–12,3 до 11,8–12,0 тыс. л. н.). С этим временем возможно связано формирование крупных гряд в Белом море, протягивающихся от мыса Воронов к о-ву Моржовец, в которых мощность ледниковых отложений достигает 60 – 80 м. Более поздняя фаза наступления ледника, называемая Невской, привела к образованию двух осцилляторных гряд, протягивающихся от устья реки Оленицы и упирающихся в Зимний берег. Мощность ледниковых отложений, слагающих эти гряды, достигает по сейсмоакустическим данным 60–80 м. Они асимметричны с крутым северным и относительно пологим южным склонами. Внутри гряд отмечаются протяженные отражающие горизонты, которые могут разделять разновозрастные морены [Семенова и др., 211, Рыбалко и др., 2017]. Южная граница ледника поздней подстадии Невской стадии проходила в Южной части Онежского залива (Лямецкой краевой комплекс), а также вдоль восточного берега в Двинском заливе. Условно к этому возрасту относится и сложно построенный комплекс ледниковых гряд в районе о-ва Жижгин, причем разрушение ледника здесь происходило стремительно, сопровождалось интенсивным заполнением межморенных впадин, где мощность осадков позднего, послеледникового возраста превышает 35 м [Рыбалко и др., 2017].

В позднедриасовое похолодание (от 11,3–11,2 до 10 тыс. л. н.) произошло последнее крупное наступление льдов, в пределах Кольского полуострова (различаются три его подстадии – Сальпауселья I, II, III.) Именно с этим периодом связано формирование локальных ледниковых гряд как в Кандалакшском заливе, так и оперяющих его губах. Это две осцилляторные гряды в устье Порьей губы и в северо-западной части Кандалакшского залива (Столбовые луды). Очевидно, с этим временем связаны и радиальные ледниковые гряды в ледосборной воронке Кандалакшского залива, которые сформированы на кристаллическом цоколе (современные Кандалакшские шхеры). Мощность ледниковых образований здесь невелика и не превышает первых десятков метров [Семенова и др., 2011].

Позднеледниковый этап развития Белого моря, который по времени совпадает с поздним неоплейстоценом- ранним голоценом, является исключительно важным для формирования покрова рыхлых (четвертичных) отложений. Именно в это время в отдельных местах беломорской впадины начали формироваться первые приледниковые бассейны. В настоящее время можно считать установленным, что около 13 000 лет тому назад (ВС) пресноводный бассейн существовал в южной части современного Онежского залива, а край ледника (Невская стадия) располагался у села Лямцы на Онежском полуострове [Рыбалко и др. 2017]. Данные палинологического и диатомового анализов, хоть и косвенно, позволяют считать что, по крайней мере, с белинга, водный бассейн существовал и в Кандалакшском заливе (см. нашу статью в этом же сборнике). Среднедриасовые датировки получены в Кандалакшском заливе и к северу от Соловецкого архипелага [Рыбалко и др., 2017]. Именно с этим периодом (в палеогеографическом смысле – позднеледниковом) связано накопление мощной толщи ленточнослоистых осадков. Сам приледниковый бассейн был ледовитым, о чем говорит большая примесь в этих отложениях грубообломочного материала и относительная бедность диатомовой флоры, что подтверждается и минимальными значениями в донных осадках как карбоната кальция, так и SiO_2 _{2 ауг.}. Но главное – именно в этот период, во впадину Белого моря поступила основная масса обломочного материала вместе с тальми водами. Данные высокочастотного профилирования, как и материалы сейсмоакустических съемок современной аппаратурой убедительно свидетельствуют, что в позднем неоплейстоцене происходил главный этап выравнивания донного постледникового рельефа. Господствующим процессом седиментации в это время было отложение и переотложение обломочного материала из-за пульсационного по-

ступления кластического материала и неустойчивой гидродинамики приледниковых бассейнов. Об этом же свидетельствуют и данные палинологического анализа, при котором были установлены признаки массового переотложения спор и зерен пыльцы, что сильно затрудняет реконструкцию развития палеорастительности [Рыбалко и др., 2017]. Следует отметить, что ледник, стоящий тогда и в южной Карелии, был основным ландшафтноконтролирующим фактором, в результате чего спорово-пыльцевые спектры, полученные в Финском заливе, где формирование приледникового бассейна также началось около 13000 лет т.н., практически идентичны (данные Е.А. Спиридоновой и других палинологов).

Приледниковый этап развития беломорского бассейна закончился в аллереде, когда из-за потепления воды Баренцева моря (в том числе и атлантические воды) начали поступать в беломорский бассейн. Край тающего ледника в это время отодвинулся и обломочного материала стало меньше, в результате чего резко сократилась и мощность соответствующих осадков. Учитывая, что в раннем голоцене по данным Б.И. Кошечкина с коллегами [Стрелков и др., 1976], а также по данным морских геологосъемочных работ [Рыбалко и др., 2017] в Белом море была регрессия, мощность раннеголоценовых осадков редко превышает 1 м. Только в Онежском заливе в это время активно накапливались уже типично морские нефелоиды, а в лагуне между Соловецким и Анзерским островами начала активно селиться морская малакофауна.

Позднеледниковый (средне- и позднеголоценовый) этап развития Белого моря широко освещен в литературе и мы не будем на этом останавливаться. Укажем только, что это было время развития морского бассейна в условиях активно поднимающихся берегов. С этим были связаны проявление геодинамических процессов и тесно связанных с ними в условиях пересеченного рельефа гравитационных явлений.

В заключение авторы благодарят многочисленных определителей микрофауны и флоры, особенно Е.А Спиридонову и ушедшую от нас Р.Н. Джиноридзе, без которых просто не было бы рассказанной истории. Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ №18-05-03303 от 2018 года, а также в рамках темы: «Разработка аппаратно-программных систем для поиска, разведки, геофизического и геохимического мониторинга эксплуатации углеводородных резервуаров, в том числе отдаленных регионов и сложных климатических условий», при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации, грантового соглашения №14.607.21.0187 от 26 сентября 2017 года (уникальный идентификатор соглашения: RFMEFI60717X0187).

Литература

- [1] *Балуев А.С., Журавлев В.А.* Геологическое строение и тектоническая эволюция дочетвертичного ложа Белого моря и прилегающих территорий // Система Белого моря, т.IV, Процессы осадкообразования, геология и история. — М.: Научный мир, 2017. — С. 9—16.
- [2] *Балуев А.С., Журавлев В.А., Колодяжный С.Ю. и др.* Тектоническая карта Белого моря и прилегающих территорий, масштаб 1:500000. — М.: ИПП «Куна», 2012, —104 с.
- [3] Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1000000 (новая серия). Лист Q-(35)-37 — Кировск. Объяснительная записка / К.Я. Якобсон, Ю.Б. Богданов и др. — СПб.: Карт.ф-ка ВСЕГЕИ, 2004. — 268 с.
- [4] Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1000000 (третье поколение). Серия Балтийская. Лист Q-37-Архангельск. Объяснительная записка. — СПб.: Карт.ф-ка ВСЕГЕИ, 2012б. — 302 с.
- [5] Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1000000 (третье поколение). Серия Мезенская. Лист Q-38-Мезень. Объяснительная записка. — СПб.: Карт.ф-ка ВСЕГЕИ, 2012в. —350 с.
- [6] *Невеский Е.Н., Медведев В.С., Калинин В.В.* Белое море. Седиментогенез и история развития в голоцене. — М.: Наука, 1977. — 246 с.
- [7] *Рыбалко А.Е., Журавлев В.А., Семенова Л.Р., Токарев М.Ю.* Четвертичные отложения Белого моря и история развития современного беломорского бассейна в позднем неоплейстоцене-голоцене // Система Белого моря, т.IV, Процессы осадкообразования, геология и история. — М.: Научный мир, 2017. — С. 16—84.
- [8] *Семёнова Л.Р., Рыбалко А.Е., Журавлев В.А.* Стадии оледенений позднего неоплейстоцена Кольского полуострова и Беломорья // Материалы VII всероссийского совещания по изучению четвертичного периода Апатиты, 12—17 сентября 2011 г. Т.2. — Апатиты: Геологический ин-т КНЦ РАН, 2011. — С. 232—233.
- [9] *Соболев В.М., Алешинская З.Ю., Полякова Е.И.* Новые данные о палеогеографии Белого моря в позднем плейстоцене-голоцене. // Корреляция палеогеографических событий: материк-шельф-океан. — М.: МГУ, 1995. — С. 120—129.
- [10] *Спиридонов М.А., Девдариани Н.А., Калинин А.В. и др.* Геология Белого моря. Советская геология, 1980. №4. — С. 45—55.
- [11] *Стрелков С.А., Евзеров В.Я., Кошечкин Б.И. и др.* История формирования рельефа и рыхлых отложений северо-восточной части Балтийского шита. — Л.: Наука, 1976, — 164 с.