

ЧЕТВЕРТИЧНАЯ ГЕОЛОГИЯ И ДОННЫЕ ОСАДКИ КАНДАЛАКШСКОГО ЗАЛИВА

Рыбалко А.Е.¹

Четвертичные отложения Кандалакшского залива представлены отложениями последнего гляциоседиментационного цикла: ледниковыми образованиями осташковской (поздневалдайской) стадии и толщей поздне-последнеледниковых осадков неоплейстоценового и голоценового возраста [Невеский и др., 1977, Спиридонов и др., 1980]. Они образуют сплошной покров, отделенный от коренного цоколя четкой сейсмической границей. Ниже располагается «акустический фундамент», представленный на большей части дна залива кристаллическими породами Балтийского щита. Однако, в глубоководной впадине залива под рыхлым покровом вскрываются слоистые породы, представленные песчаниками терской свиты рифея [Рыбалко и др., 2017, Старовойтов и др., 2018].

Рельеф дна в Кандалакшском заливе — сложный, обусловлен блоковыми дифференцированными неотектоническими движениями кристаллического субстрата и экзарационными процессами, связанными с развитием покровных ледников Скандинавского оледенения. В целом, он представляет грабенообразный ров северо-западного простирания, который замыкается у группы островов (Средние луды) напротив Порьей губы. Далее он сильно сужается, глубоководная часть превращается в узкую извилистую ложбину, которая простирается до самой кутовой части. Мощность четвертичного покрова чрезвычайно изменчива, может в осевой части залива достигать 60м, но обычно составляет 20–50м.

В основании разреза рыхлых отложений залегает морена (тилл), представленная отложениями осташковского горизонта валдайского надгоризонта. Отложения подпорожского горизонта были условно нами выделены во внешней части Кандалакшского залива по данным сейсмоакустического профилирования [Рыбалко и др., 2017]. Ледниковые образования выделяются, прежде всего, на основании данных интерпретации сейсмоакустического профилирования и отделяются от подстилающих пород коренного цоколя и перекрывающих неоплейстоценовых отложений четко выраженными

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

поверхностями несогласий. На сейсмограммах они характеризуются нерегулярным, хаотическим типом записи с отдельными, довольно протяженными (до 10–20 км) отражающими границами. В целом, ледниковые образования облекают неровности дочетвертичного рельефа, хотя и образуют иногда грядообразные формы рельефа. Мощность ледниковых отложений варьирует от 15 до 25 м.

Описываемый горизонт вскрыт только в самой его верхней части вибротрубками [Невесский и др., 1977, Алявдин и др., 1977]. Он сложен плотными сухими, серыми глинистыми песками с постоянным присутствием валунно-галечного материала, количество которого может достигать 50% всего объема осадков. По данным гранулометрического состава данные осадки представлены типичными миктитами.

Выполненные Е.А Спиридоновой спорово-пыльцевые анализы показали отсутствие закономерных палинологических спектров. Пыльца минерализована, деформирована, много переотложенных зерен мезозойских растений. Диатомовые водоросли в изученных образцах были не найдены [Алявдин и др., 1977].

Нерасчлененные ледниково-морские и ледниково-озерные отложения непосредственно перекрывают морену поздневалдайского оледенения и представлены толщей пепельно-серых песчанистых алевроглин с характерной ленточноподобной слоистостью и примесью гравия и гальки кристаллических пород. Мощность слоев вверх по разрезу постепенно уменьшается и они переходят в тонкие серые слабопесчанистые алевроглины. Общая мощность вскрытого пробпобором горизонта обычно составляет первые метры, но может возрастать по геофизическим данным до 15–20 м. Описываемые отложения образуют обширные выходы на поверхности морского дна, прикрытые маломощным чехлом подводного перлювия, на глубинах менее 60 м.

Появление данного горизонта в основании надледникового разреза явилось основанием для утверждения, что дегляциация началась в беломорской впадине, в условиях частично покрытого льдами приледникового бассейна за счет таяния края ледника [Рыбалко и др., 2017], и что глыба мертвого льда, о существовании которой вплоть до бореала настаивали Е.Н. Невесский и В.С. Медведев [Невесский и др., 1977] не существовала.

В геохимическом отношении описываемые отложения бескарбонатны, характеризуются низким содержанием Сорг. ($<0,1\%$) и аутигенного кремнезема ($<1\%$).

Стратиграфическая привязка описываемых отложений производилась, преимущественно, по данным спорово-пыльцевого анализа.

По своему положению эта толща сопоставляется с толщей «серых» илов», выделенных Е.Н. Невесским с соавторами [Невесский и др., 1977], но существенно отличается по литологии и характеру описанных разрезов.

Определение возраста данных отложений опирается на результаты спорово-пыльцевого анализа, выполненного Е.А. Спиридоновой в 1974 году. Она выделила 5 палинокомплексов. В трех из них преобладают перигляциальные элементы флоры, которые разделены двумя толщами с преобладанием древесной пыльцы, главным образом сосны и ели. По данным диатомового анализа, выполненного Т.Е. Лодышкиной в тех же разрезах, были выявлены в незначительных количествах морские и солоноватоводно-морских сублиторальных формы диатомей, пики развития которых четко коррелировались с периодами преобладания древесных растений. Это позволило сопоставить слои с господством пыльцы перигляциальных элементов со стадиями раннего, среднего и позднего дриаса, а разделяющие их горизонты — с межстадиями беллинг и аллеред [Алявдин и др., 1977]. Несмотря на дискуссионность этих данных и отсутствие более поздних исследований можно утверждать, что уже в позднем неоплейстоцене в Кандалашском заливе существовал приледниковый водный бассейн с сезонным ледовым покровом.

Наиболее верхний сейсмоакустический горизонт, хорошо выделяемый по данным высокочастотного сейсмопрофилирования [Рыбалко и др., 2017], уверенно сопоставляется с толщей голоценовых нефеловидных отложений.

В геологическом отношении они делятся на две неравные пачки. Нижняя из них, встречающаяся, только в наиболее полных разрезах, представлена тонкоотмученными глинами (плотными илами) коричневого цвета. Максимальная вскрытая мощность этих отложений составляет 1,2 м. Характерными литологическими признаками являются тонкий гранулометрический состав и присутствие аутигенных микроконкреций сульфидов, а также появление четких черных стяжений гидротроилита и редких обломков раковин морских моллюсков. Характерно почти полное отсутствие псаммитовых фракций. Все это указывает на крайне низкий уровень гидродинамической активности бассейна, его относительную глубоководность и отсутствие посторонних источников поставки крупно- и грубообломочного материала, что можно связать с отсутствием или незначительным развитием ледовой транспортировки. Для химического состава осадков описываемого горизонта характерно увеличение содержаний SiO_2 (до 1,06%), $\text{C}_{\text{орг}}$ — (до 0,4%).

В осадках описываемого горизонта выделено два палинологических комплекса (определения Е.А. Спиридоновой). В составе первого по сравнению с подстилающими отложениями увеличивается содержание пыльцы древесных, среди которых доминируют пыльца сосны и кустарничковой березы. Выше лежащий спорово-пыльцевой комплекс характеризуется господством пыльцы древесных пород с абсолютным доминированием сосны и единичным присутствием пыльцы травянистых растений. Сопоставление описанных палинокомплексов с результатами палинологических исследований Северо-Запада Европейской части России позволило Е.А. Сельному и бореальному времени [Алявдин и др., 1977].

Верхняя пачка покровного сейсмостратиграфического комплекса [Рыбалко и др., 2017] представлена фациально разнообразными отложениями, которые все без исключения авторы относят к среднему и верхнему голоцену. В открытой части моря – это типичные нефелоидные осадки, сложенные мягкими зеленовато-серые пелитами и алевропелитами с постоянным присутствием песчаных зерен и характерной пятнистостью, обусловленной стяжениями гидротроилита. В них нередко отмечаются раковины морских моллюсков или их обломки. Средняя мощность описываемой толщи составляет 4–5 метров, но может достигать по геофизическим данным 10–15 м [Рыбалко и др., 2017]. Осадки описываемого горизонта в настоящее время покрывают 45–55% площади морского дна, причем зона современного (субатлантического) осадкообразования еще более сокращена. В изолированных впадинах синхронно с зеленовато-серыми илами накапливаются черные алевропелиты и алевролиты с отчетливым запахом сероводорода, которые фиксируют зоны анаэробного седиментогенеза. В прибрежной зоне (до глубин 10м) этим осадкам соответствуют толщи песков и песчано-галечных образований, формирование которых связано с волновыми процессами. Мощность прибрежных песчаных тел может достигать 10 и более метров [Рыбалко и др., 2017].

Отложения данного горизонта в Кандалакшском заливе получили наиболее полную характеристику, т.к. содержат большое количество зерен пыльцы и панцирей диатомей, а также редкие обломки мелких раковин морских моллюсков. По данным спорово-пыльцевого анализа в их составе выделяются четыре последовательно сменяющих друг друга по разрезу палинокомплекса. Первый спорово-пыльцевой комплекс выделяется по доминированию в спектрах споровых растений, а пыльца древесных встречается в подчиненном количестве. В составе последней господствует сосна, а пыльца ши-

роколиственных полностью отсутствует. По мнению Е.А. Спиридоновой возраст вмещающих осадков можно соотнести со второй половиной бореального времени голоцен [Алявдин и др. 1977]. Данному палинокомплексу соответствует возрастание содержания диатомей, развитие которых связано с трансгрессией Тапес I [Джиноридзе и др. 1979].

Во втором спорово-пыльцевом спектре по сравнению с первым возрастает роль пыльцы древесных пород в составе которой преобладает сосна, а субдоминантами являются береза и ель. Характерно постоянное присутствие пыльцы широколиственных пород - дуба, вяза, лещины. С выделенным спорово-пыльцевым комплексом хорошо сопоставляется пик интенсивного развития диатомовых (Трансгрессия Тапес II). Характерно присутствие большого количества фораминифер. Сопоставление полученных микрофаунистических данных позволило соотнести вмещающие осадки с атлантическим пиком голоцена, который приходится на климатический оптимум [Джиноридзе и др. 1979].

Третий спорово-пыльцевой комплекс характеризуется главным образом, изменениями в составе пыльцы древесных растений. При сохранении ведущей роли сосны в качестве субдоминанта сохраняется лишь ель. Пыльца широколиственных полностью пропадает, а среди березы появляется *Betula nana*. Происходит также резкое уменьшение общего количества диатомовых, внутри них практическое исчезновение теплолюбивых форм. Среди фораминифер возрастает относительное количество песчанистых форм, что указывает на некоторое обмеление бассейна. Приведенные данные позволяют датировать вмещающие осадки суббореальным временем.

Четвертый спорово-пыльцевой комплекс развит в наиболее верхних горизонтах осадков характеризуется возрастанием роли споровых растений сохранением господства пыльцы древесных растений (до 74%), в составе которых абсолютно преобладает сосна. Эти спектры, по мнению Е.А. Спиридоновой, характерны для субатлантического периода голоцена. В составе диатомовой флоры возрастает роль холодолюбивых форм, что полностью соответствует современной диатомовой флоре Белого моря [Джиноридзе и др. 1979]. Таким образом, микропалеонтологические исследования донных отложений Кандалакшского залива позволили выделить в составе отложений верхнего сейсмокомплекса бореальные атлантические, суббореальные и субатлантические слои голоцена [Рыбалко и др., 2017]. Это хорошо сопоставляется как с материалами Е.Н. Невес-

ского и В.С. Медведева [Невесский и др., 1977], так и с новейшими стратиграфическими данными, полученными при выполнении программы «Мировой океан» в 2004–2007 г.г. [Полякова и др., 2014].

Таким образом, полученные в ходе морских геологосъемочных работ материалы по биостратиграфии четвертичных отложений Кандалакшского залива позволили создать надежную основу для составления стратиграфической схемы и выпуска геологических карт Белого моря в 2013 году, показали, сложный режим формирования этих осадков и смену пульсационного седиментационного режима в позднеледниковое время типичным нефелоидным, характерным для всех внутренних бассейнов восточной периферии Балтийского кристаллического щита.

Данный проект выполнен при поддержке гранта РФФИ № 18-05-03303.

Литература

- [1] *Алявдин Ф.А., Мануйлов С.Ф., Рыбалко А.Е. др.* Новые данные по геологии северо-западной части Белого моря // *Природа и хозяйство Севера*. — Мурманск, 1977. Вып. 6. — С. 30–38.
- [2] *Джиноридзе Р.Н., Кириенко Е.А., Калугина Л.В. и др.* Стратиграфия верхнечетвертичных отложений северной части Белого моря // *Позднечетвертичная история и седиментогенез окраинных и внутренних морей*. — М.: Наука, 1979. — С. 34–39.
- [3] *Невесский Е.Н., Медведев В.С., Калинин В.В.* Белое море. Седиментогенез и история развития в голоцене. — М.: Наука, 1977. — 246 с.
- [4] *Полякова Е.И., Новичкова Е.А., Лисицын А.П. и др.* Современные данные по биостратиграфии и геохронологии донных осадков Белого моря. ДАН, 2014, т. 454, №4. — С. 467–472
- [5] *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
- [6] *Спиридонов М.А., Девдариани Н.А., Калинин А.В. и др.* Геология Белого моря. Советская геология, 1980. №4. — С. 45–55
- [7] *Старовойтов А.В., Токарев М.Ю., Терехина Я.Е.* Атлас по интерпретации геофизических данных для морской практики на Белом море: учебное пособие. — М.: «КДУ», «Университетская книга», 2018. — 110 с.