

НОВЫЕ ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ПО
ВОССТАНОВЛЕНИЮ ПАЛЕОГЕОГРАФИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ В АНЗЕРСКОЙ
ЛАГУНЕ (СОЛОВЕЦКИЕ ОСТРОВА)

NEW GEOLOGICAL AND GEOPHYSICAL MATERIALS ON THE RESTORATION OF
PALEOGEOGRAPHICAL CONDITIONS IN THE ANZERSKAYA LAGOON
(SOLOVETSKY ISLANDS)

Рыбалко Александр Евменьевич^{1,2,3}, Репкина Татьяна Юрьевна⁴, Зарецкая Наталья Евгеньевна⁴, Токарев Михаил Юрьевич⁵, Котов Сергей Робертович¹, Алешин Михаил Игоревич⁶, Беляев Павел Юрьевич¹, Рябчук Дарья Владимировна⁷, Жамойда Владимир Александрович⁷, Дронь Олег Викторович⁷, Савельева Лариса Анатольевна², Корост Светлана Радиковна⁵, Аксенов Алексей Олегович^{2,7}, Кудинов Артем Анатольевич²

¹ ФГБУ «ВНИИОкеангеология», Санкт-Петербург

² Институт наук о Земле СПбГУ, Санкт-Петербург

³ ООО «Морской центр», Москва

⁴ Институт географии РАН, Москва

⁵ Геологический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва

⁶ Научная компания «Сплит», Москва

⁷ ФГБУ «Институт Карпинского», Санкт-Петербург

Rybalko Alexander Evmenievich^{1,2,3}, Repkina Tatyana Yuryevna⁴, Zaretskaya Natalya Evgenievna⁴, Tokarev Mikhail Yuryevich⁵, Kotov Sergey Robertovich¹, Aleshin Mikhail Igorevich⁶, Belyaev Pavel Yuryevich¹, Ryabchuk Daria Vladimirovna⁷, Zhamoida Vladimir Alexandrovich⁷, Dron Oleg Viktorovich⁷, Savelyeva Larisa Anatolyevna², Korost Svetlana Radikovna⁵, Aksenov Alexey Olegovich^{2,7}, Kudinov Artem Anatolyevich²

¹ Federal State Budgetary Institution “VNIIOkeangeologiya”, Saint Petersburg

² Institute of Earth Sciences of Saint Petersburg State University, Saint Petersburg

³ ООО “Marine Center”, Moscow

⁴ Institute of Geography of the Russian Academy of Sciences, Moscow

⁵ Geological Faculty of Lomonosov Moscow State University, Moscow

⁶ Scientific Company “Split”, Moscow

⁷ Federal State Budgetary Institution “Karpinsky Institute”, Saint Petersburg

Введение.

Район Соловецкого архипелага и прилежащего к нему шельфа является принципиальным для палеогеографических исследований в рамках позднего неоплейстоцена – голоцена не только для окружающего региона, но и для всего Белого моря. Соловецкие острова представляют своеобразный барьер между Онежским заливом и открытым бассейном Белого моря, Это приводит к формированию с южной стороны этих островов своеобразного теплового «оазиса», где температура воды в атлантическое время голоцена превышала современную на 2-3 градуса и где, начиная с бореального времени, был зафиксирован расцвет малакофауны [Невесский и др., 1977, Рыбалко и др., 2017], Поэтому данный район давно привлекает внимание исследователей, но относительно затрудненные условия плавания здесь, завершение в Белом море геологической съемки масштаба 1:1000000, а также отсутствие в последнее время литолого-стратиграфических и палеогеографических проектов в этом районе привело к тому, что с начала века здесь не проводились соответствующие исследования

Первые сведения об Анзерском межостровье (лагуне) были получены, как уже упоминалось, комплексной экспедицией ИО РАН под руководством Е.Н. Невесского в 1964-1968г, которая охватывала все районы Белого моря. В районе Анзерского плеса этой экспедицией были отобраны 2 трубки, которые выявили наличие скоплений ракушки в песчано-илистых грунтах, подстилающих пески субатлантического времени. Ракушечные грунты были обнаружены и в окрестностях Соловецкого архипелага. Здесь были выполнены биостратиграфические исследования, сделаны первые определения абсолютного возраста, которые позволили сопоставить расцвет малакофауны в осадках со временем климатического оптимума голоцена (атлантический период), а также провести изотопные исследования, которые показали, что воды в этом районе в атлантический период голоцена были значительно теплее современных [Невесский и др., 1977] .

Следующий этап изучения четвертичных отложений вокруг Соловецкого архипелага связан с опытно-методическими геологосъемочными работами среднего масштаба ВСЕГЕИ (ныне институт Карпинского), которые в 1984-1986 году проводились в северной части Онежского залива и частично в глубоководном Бассейне. На Анзерском плесе была отобрана трубка длиной 2,0 м в которой по данным палинологического анализа последовательно выделялись осадки аллереда, верхнего дриаса, пребореала, бореала, атлантики, суббореала и субатлантики. При этом в осадках относимых к бореальному времени (слегка песчанистых алевропелитах) начали появляться раковины морских моллюсков, а для атлантического времени голоцена характерно появление ракушечных илов, в которых преобладают створки хляμισов (гребешков). Анализ диатомовых показал, что для этого времени характерны морские тепловодные виды. [Мануйлов и др., 1981]. Выполненные на раковинах хляμισов изотопные исследования показали, что начиная с бореального времени в районе Соловецких островов существовал тепловодный бассейн, а в Анзерской лагуне прогревание воды в период климатического оптимума было выше современной на 2-3 градуса (Дорофеева и др., 1991). Л.В Поляк провел послойное описание малакофауны, которое показало, что комплексы раковин морских моллюсков начали развиваться в бореале, и максимума достигли в атлантическое время голоцена. При этом комплексы доминантных моллюсков менялись во времени (неопубликованные данные)

В рамках программы «Мировой океан» с подпрограммой по Белому морю, которую возглавлял акад. А.П. Лисицин, в этом районе была отобрана колонка 6062, которая была подвергнута подробному биостратиграфическому анализу и где были выполнены радиоуглеродные датировки. Эти датировки позволили установить кратковременный интервал очень теплого времени (атлантический период голоцена между 8800 и 5570 кал. годами, но резкое прогревание бассейна началось уже в бореале [Полякова и др. 2014]



Все эти данные опирались на анализы единичных колонок. Структура осадочного покрова на Анзерском плесе была неизвестна, т.к сейсмоакустические исследования здесь не проводились из-за сложности рельефа.

Все это побудило в рамках гранта РФФИ, в котором участвовали ученые из ВНИИОкеанологии, Института географии РАН и Геологического института Кольского НЦ РАН, было решено провести комплексные наземные и морские работы в районе Соловецкого архипелага для восстановления палеогеографических условий смены позднеледникового времени послеледниковым, которое происходило на рубеже смены неоплейстоцена голоценом. В этих работах приняли участие также представители «Института Карпинского».

Морские геолого-геофизические исследования на Анзерском плесе были проведены в июне месяце 2023 г. (под этим названием подразумевается акватория между островами Большой Соловецкий, Анзерский и Муксалма) (рис.1).

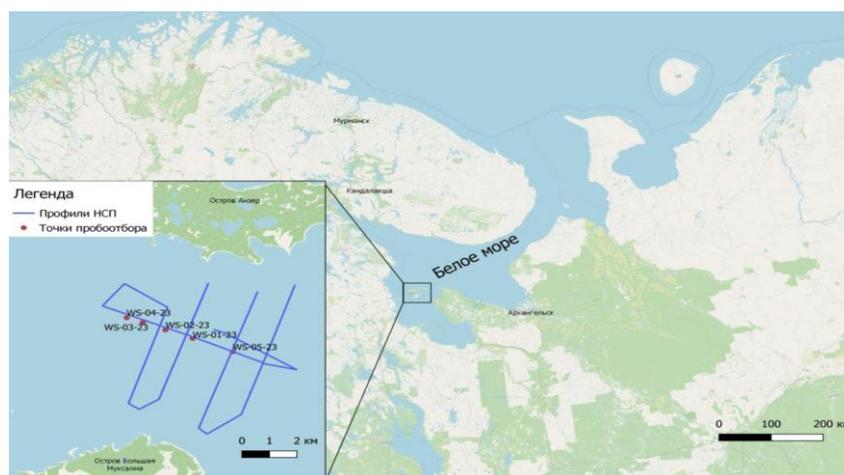


Рис.1 Карта фактического материала морских работ на Анзерском плесе в июне месяце 2023 г.

Работы проводились в период с 3 по 13 июня 2023 г на НИС «Профессор Зенкович», принадлежащего ББС МГУ им. М.В. Ломоносова, расположенной в пос. Приморский в проливе Великая Салма Кандалакшского залива. Именно с этой базы судно ушло в рейс и там же была проведена демобилизация работ.

Методы работ и полученные результаты.

Геолого-геофизические работы выполнялись с борта НИС «Профессор Зенкевич». Средняя скорость движения судна во время выполнения НСП составляла 4 узла. За один проход судна был выполнен комплекс геофизических методов:

- сейсмозазведка сверхвысокого разрешения (ССВР).
- гидролокация бокового обзора (ГЛБО).

Для проведения работ методом ССВР использовался аппаратно-программный комплекс SplitMultiSeis, включающий в себя многоканальную аналоговую сейсмическую косу SplitMultiSeisstreamer 16ch, электроискровой источник упругих волн SplitMultiSeisSparker. Синхронизация осуществлялась с помощью блока синхронизации SplitMultiSeisSyncroBox 5.0. Время на устройствах синхронизировалась с помощью GPSустройства и ПО QINCY. Синхронизация осуществлялась с помощью блока синхронизации SplitMultiSeisSyncroBox 5.0. Время на устройствах синхронизировалась с помощью GPSустройства и ПО QINCY. Для обеспечения работы электроискрового источника использовался накопитель энергии



SplitMultiSeisSource 5000HP. Сбор данных осуществлялся в программном пакете SborEx, позволяющем оператору производить визуальный контроль качества данных непосредственно в процессе съемки (целостность записи, форму импульса, спектральные характеристики шума и сигнала). Навигационное сопровождение метода ССВР осуществлялось с использованием программного пакета Qincy

Грунтовый пробоотбор выполнялся гравитационной трубкой (ТГ). Спуск и подъем трубки осуществлялся с П-рамы. Использовалась стальная труба с внешним диаметром 127 мм и длиной 3 м. Общий вес устройства 300 кг. Для обеспечения сохранности керна в грунтовой трубке использовались пластиковые. Пробоотбор велся на малом ходу (скорость хода в момент пробоотбора снижалась ниже 0,5 узла – практически в направленном дрейфе) т.к. попытки выйти на точку в дрейфе не всегда приводят к прохождению судна через заданную точку. Судно выходило в заданные координаты по судовому навигационному приемнику GPS, грунтовая трубка заранее вывешивалась за борт и стабилизировалась в воде. При проходе выбранной точки по команде гидрографа производился сброс и быстрая выемка керна. Координаты точки фиксировались на момент касания трубки дна, т.е. точка координат совпадала с внедрением трубки в грунт.

Всего грунтовый пробоотбор был выполнен на 5 станциях. На каждой из них (за исключением трубки WS-05 из-за сильного ветра) производилось два отбора трубы: один документировался на борту, второй крепился в пластиковых вкладышах и отправлялся в Москву для производства томографии. Место отбора трубок задавалось по результатам предварительной интерпретации сейсмозаписей.

Окончательная разрезка кернов проводилась в Санкт-Петербурге. Отбирались пробы на биостратиграфию, гранулометрический анализ, для каждой из труб проводилось томографическое просвечивание керна.

В результате проведенных сейсмоакустических работ было установлено, что большая часть дна Анзерского плеса представляет собой грядовую наклонную равнину преимущественно ледникового генезиса (рис.2).

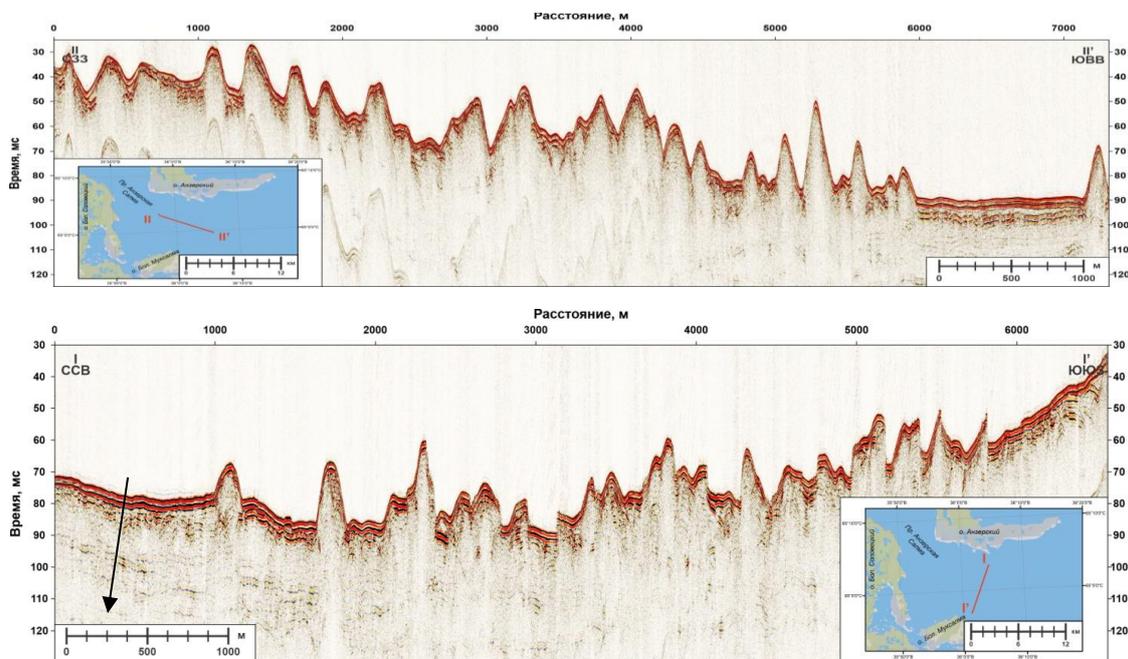


Рис.2 Сейсмограммы дна акватории Анзерского плеса. Вверху, профиль: продольный, внизу-профиль 3 – поперечный/ Стрелкой показана кровля пород венда.

На продольном профиле отчетливо прослеживается грядовая равнина, слабо наклоненная к востоку. Высота гряд -10-15м, в межгрядовых пространствах накапливаются осадки от неоплейстоценовых до голоценовых, что подтверждено геологическим пробоотбором (Мануйлов и др.,1981). В самой восточной части профиль входит во внутриледниковую впадину с полным надледниковым разрезом, которая, в свою очередь, отгораживается от открытой части Восточной Соловецкой Салмы краевой ледниковой грядой. Поперечный профиль характеризуется километровым отрезком, сложенным плотными породами, скорее всего ледникового генезиса, который ближе к центру переходит в грядовую (холмисто-западинную) ледниковую равнину, описанную на продольном профиле. Подводный склон о-ва Анзерский довольно крутой, абразионный, видимо образованный поверхностью денудированной моренной гряды, которая нашими наблюдениями выделена по оси острова.

Проведенный грунтовый пробоотбор (было отобрано три трубки) показал, что во всех кернах отмечается наличие скоплений ракуши, как в виде гнезд, так и в виде отдельных створок. При этом в нижней части кернов в толще серых с гидротроилитовыми полосами алевропелитах встречаются преимущественно рассеянные крупные раковины морских моллюсков. В приповерхностной части практически всех колонок отмечен относительно маломощный прослой с резко увеличенным количеством ракуши. Во всех продатированных колонках именно этот слой отвечает средней части климатического оптимума, где ранее был установлен максимальный прогрев воды. Как в самой колонке, так и в раковинах, собранных на литорали п-ва Печак (самой южной точки о-ва Большой Соловецкий), этому соответствует возраст около 7000 кал. лет. Подобные даты были получены как Е.И Поляковой [Полякова и др., 2014], так и ранее С.Д. Николаевым, работавшим в экспедиции Е.Н. Невесского [Невесский и др., 1977]. Таким образом, можно представить, что барьерное положение Соловецкого архипелага, отделяющего воды мелководного Онежского залива от холодных вод к северу от Соловков [Мануйлов и др.,1981] привели уже в бореальное время к интенсивному прогреву вод на Соловецко-Анзерском мелководье. С этим связан первый пик развития малакофауны, преимущественно брахиопод, зафиксированный в свое время Л.В. Поляком (неопубликованные данные). Далее прогрев привел к развитию фауны моллюсков в атлантическое время на Анзерском плесе. Именно в это время в южной части Белого моря установился окончательно морской режим. На суше, в это время, возможно было отставание в развитии северной тайги, которая сохраняла еще характеристики бореального времени, что и привело к некоторому несоответствию радиоуглеродных и палинологических данных.

Таким образом, проведенные морские исследования позволили существенно уточнить палеогеографические особенности развития ледниково-морского- морского режима на севере Онежского залива в позднем неоплейстоцене и раннем-среднем голоцене

Благодарность. Авторы благодарят научную компанию «Сплит», которая обеспечила проведение сейсмоакустических работ и коллектив ББС МГУ им. М.В. Ломоносова, на базе и судах которого мы проводили наши исследования.

Финансирование. Исследования в прибрежной золе Соловецкого архипелага были проведены при финансовой поддержке РФФ (грант РФФ №22-17-00081)

Список литературы:

1. Дорофеева Л.А., Прилуцкий Р.Е., Бадинова В.П. Рыбалко А.Е. Метод определения изотопного состава кислорода палеовод (на примере Белого



моря в атлантическое время) // Методы изотопной геологии, Санкт-Петербург – 1991 – С57-59

2. Мануйлов С.Ф., Рыбалко А.Е., Спиридонов М.А., Джиноридзе Р.Н., Калугина А.В., Кириенко Е.А., Спиридонова Е.А. Стратотип позднеплейстоценовых и голоценовых отложений Соловецкого шельфа Белого моря // Палинология плейстоцена и голоцена / отв. ред. Ю.П. Селиверстов. Л.: - Изд. ЛГУ, - 1981 - С. 116–134
3. Невеский Е.Н., Медведев В.С., Калинин В.В. Белое море. Седиментогенез и история развития в голоцене. М.: Наука, - 1976. - 240 с
4. 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.
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.