

Результаты выполнения НИР будут использованы при подготовке рекомендаций для государственных органов по стратегическому планированию деятельности в морской Арктике, в частности при планировании государственной программы «Социально-экономическое развитие АЗРФ», которые позволят повысить экономическую эффективность инвестиций с учетом проблематики НИР.

Полученные результаты будут способствовать выполнению международных обязательств РФ, включая обязательства в рамках Среднесрочной стратегии Межправительственной океанографической комиссии ЮНЕСКО, Рамочной стратегии Всемирной программы исследования климата и международных наблюдательных программ Глобальной системы наблюдений за океаном и Глобальной системы наблюдений за климатом, а также таких инициатив, как Сеть арктических опорных наблюдений и Программа арктического мониторинга и оценки.

В широком смысле полученные результаты показывают, что существует необходимость решения фундаментальных проблем оценки экологических рисков и требуется проведение целой серии работ по созданию системы комплексного мониторинга гидрометеорологического и экологического состояния Арктики и Субарктики.

Решением жюри десятого юбилейного Конкурса «Национальная экологическая премия имени В.И.Вернадского» проект «Гидрометеорологическое обеспечение рационального природопользования и экологической безопасности Арктической зоны Российской Федерации» признан победителем в номинации «Наука для экологии» в 2013 г. Надо сказать, что в 2013 г. этот конкурс был приурочен к Году охраны окружающей среды в РФ.

Более детально результаты изложены в отчете о научно-исследовательской работе «Гидрометеорологическое обеспечение рационального природопользования и экологической безопасности АЗРФ» по теме «Выбор направления исследований. Теоретические исследования поставленных перед НИР задач» (промежуточный) (СПб.: ААНИИ, 2013. 851 с.) и отчете о научно-исследовательской работе «Гидрометеорологическое обеспечение рационального природопользования и экологической безопасности Арктической зоны Российской Федерации» по теме «Теоретические исследования поставленных перед НИР задач. Обобщение и оценка результатов исследований» (заключительный) (СПб.: ААНИИ, 2013. 446 с.)

*В.Г. Дмитриев (ААНИИ).
Фото автора*

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ ШЕЛЬФА НА ПРИМЕРЕ ЕГО ПРОВЕДЕНИЯ В КАНДАЛАКШСКОМ ЗАЛИВЕ БЕЛОГО МОРЯ

Под государственным мониторингом состояния недр (ГМСН) понимается система регулярного сбора, накопления, обработки и анализа информации, оценки состояния геологической среды и прогноза ее изменений под влиянием естественных природных факторов, недропользования и других видов антропогенной деятельности.

В 1995–1999 гг. ГНПП «Севморгео» осуществляло геоэкологические работы в Баренцевом и Белом морях, ставшие основой для дальнейшей постановки мониторинга геологической среды континентального шельфа Северо-Запада России. В этот период по заданию Департамента региональной геологии, гидрогеологии и мониторинга геологической среды Роскомнедра ГНПП «Севморгео» с привлечением ведущих геологических организаций страны разработало первый документ в России по ГМСН континентального шельфа «Концепция государственного мониторинга геологической среды (ГМГС) арктических акваторий», который был утвержден заместителем председателя Роскомнедра 16.05.1996 г.

Тем не менее реальные работы по организации и ведению Государственного мониторинга геологической среды шельфа начались только в конце 1990-х гг., когда Приказом Министерства природных ресурсов № 126 от 16.06.1999 на ГНПП «Севморгео» были возложены функции Регионального специализированного центра мониторинга и охраны геологической среды в пределах континентального шельфа Балтийского и Арктических морей. С этого времени ежегодно стали проводиться работы по ГМСН на определенных станциях мониторинга

в Белом, Балтийском и Баренцевом морях. В 2001 г. для регламентации работ по осуществлению ГМСН был издан нормативный документ «Положение о порядке осуществления государственного мониторинга состояния недр Российской Федерации» (утверждено Приказом по МПР РФ от 21 мая 2001 г. № 433). В Положении также подтверждается, что ГМСН является составной частью (подсистемой) комплексной системы мониторинга окружающей природной среды.

Необходимо отметить, что выпущенное позже, в 2003 г., «Положение об организации и осуществлению государственного мониторинга окружающей среды (государственного экологического мониторинга)», утвержденное Постановлением Правительством Российской Федерации от 31 марта 2003 г. № 177, постулирует, что частью экологического мониторинга, помимо прочих, является мониторинг состояния недр.

В 2003 г. на основе накопленного опыта проведения ГМГСШ Баренцева и Белого морей ГНПП «Севморгео» по заказу Департамента геологии и использования недр МПР России разработало «Временные методические рекомендации по организации и ведению мониторинга геологической среды Западно-Арктического континентального шельфа России», которые были утверждены Министерством природных ресурсов (протокол № 06-11/0747-пр от 03.12.2003 г.).

В 2005 г. в соответствии с новым подходом Роснедр к ведению ГМГСШ данный мониторинг был перенаправлен с перспективных лицензионных участков на нераспределенный фонд недр континентального шельфа.

Необходимо отметить, что к этому времени уже были определены основные геохимические фоновые показатели для Штокмановского газоконденсатного месторождения в центральной части Баренцева моря и на нефтяных месторождениях «Приразломное» и «Варандей — море» в Печорском море.

Опасные геологические процессы особую актуальность приобрели в связи с прокладкой подводных трубопроводов, в том числе на Черном и Балтийском морях («Голубой поток» и «Норд-Стрим» соответственно), а также различных кабелей и постройки добычных платформ на дне морских бассейнов. В процессе инженерно-геологических изысканий и эксплуатации этих сооружений было установлено, что дно шельфовых морей не является неким стабильным основанием. Различные эндогенные и экзогенные процессы, часто взаимосвязанные, приводят к колебаниям самого дна, в частности, на подводных склонах могут развиваться гравитационные процессы. Все это может приводить к нарушению целостности построенных или проложенных объектов и, как следствие, к возникновению опасных для природной обстановки аварий.

В статье рассматриваются результаты Государственного мониторинга геологической среды в Кандалакшском заливе Белого моря, в той его части, которая пространственно совпадает с кристаллическими породами Балтийского щита, древнейшей геологической структуры, которая заложилась еще в архее, а в кайнозой испытывала устойчивые восходящие движения, прерывавшиеся только в период развития ледниковых покровов.

Само формирование Кандалакшской впадины происходило в позднекайнозойский этап структурной эволюции разломно-трещинной сети северо-запада рифтовой системы Белого моря. Неоген-четвертичная активизация тектонических движений в результате регенерации палеорифта привела к активному опусканию авлакогена. Это, в свою очередь, сопровождалось проявлением очагов землетрясений, которые возникают при подвижках блоков земной коры взбросо-сдвигового характера по плоскостям разрывов северо-западного простирания (Пржиялговский Е.С., Балуев А.С. Основные этапы эволюции разломно-трещинной тектоники Онежско-Кандалакшского палеорифта // Материалы Всероссийской конференции «Геодинамика, магматизм, седиментогенез и минерагения северо-запада России», Петрозаводск, 12—17 ноября 2007 г. Петрозаводск, 2007. С. 317—319).

При изучении современных голоценовых геодинамических движений основное внимание было уделено результатам полевых работ по интерпретации сейсмоакустического профилирования, которое проводилось в двух модификациях: с электроискровым источником типа «Спаркер» (материалы были получены в результате совместных работ с сотрудниками кафедры геофизики геологического факультета МГУ) и магнитострикционным излучателем с линейно-частотной модуляцией сигнала. В обоих случаях частота излучения составляла 1–4 кГц.

Акустический ЛЧМ-профилограф ВР-300, являющийся разработкой ФГУП «Севморгео» и изготовленный в ОАО «Океанприбор» (Санкт-Петербург), состоит из антенной системы и приемно-регистрирующего блока. Он позволяет получить разрез донного грунта с возможностью последующего определения характера и параметров этого грунта с навигационной привязкой. Характеристики комплекса ВР-300:

Тип источника	Пьезоэлектрический
Диапазон рабочих глубин по воде	до 400 м
Центральная частота	7 000 Гц
Глубинность по грунту, не менее:	
песок	от 1 до 2 м
глина	от 5 до 10 м
ил	до 40 м
Разрешающая способность по разрезу	не более 0,2 м
Диапазон рабочих частот	2,5–13,5 кГц
Потребляемая мощность	не более 300 Вт

Сейсмоакустический комплекс «Нильма» разработан в фирме «Дека-Геофизика» (Москва). Аппаратурные возможности данного сейсмоакустического комплекса позволяют проводить зондирование всей толщи четвертичных отложений, включая моренные образования. В качестве источника сигналов использовался электроискровой излучатель типа «Спаркер» с центральной частотой 1 кГц. Характеристики профилографа «Нильма»:

Тип источника	Электроискровой
Диапазон рабочих глубин по воде	до 400 м
Центральная частота	1 000 Гц
Энергия	300 Дж
Число приемных каналов	16
Расстояние между приемниками	2 м
Длина приемной линии	30 м
Вертикальная разрешающая способность в воде	1,5 м
Глубинность по грунту	20–30 м

Использование вышеприведенных комплексов позволило оценить структуру (стратификацию) четвертичного покрова на всю его мощность, а также получить высоко разрешающее изображение верхней части разреза донных осадков на глубину до 20 м.

На дне и побережье в Кандалакшском заливе прослежена мощная сейсмогенная зона, которая располагается вдоль его оси. В кутовой части и в районе Порьей губы зафиксировано пересечение с двумя менее мощными аналогичными зонами северо-восточного пересечения. По данным сейсмологической лаборатории КЦН РАН и наблюдательной станции Оулу (Финляндия), здесь отмечается большое количество землетрясений. Их эпицентры зафиксированы как по инструментальным, так и по историческим данным. Единичные эпицентры с $M = 2,5$ наблюдаются в северной части Центрально-Карельской зоны (Карельского мегаблока), а также на Терском берегу и акватории Белого моря в районе устья р. Чапомы и Стрельны (см. Макаров В.И., Щукин И.К., Юдахин Ф.Н. Позиция Соловецких островов в неотектонической структуре Беломорья, их природа и современная геодинамика // Литосфера. 2007. № 3. С. 86–94).

Вершина Кандалакшского залива имеет типично шхерный характер. Рельеф дна резко расчлененный, глубины колеблются от первых метров до 20–30 м. Однако данные сейсмоакустической съемки позволили установить в этом районе глубокие, узкие, линейно вытянутые впадины, с глубинами до 80 м, четко выделяющиеся на сейсмограммах в условиях предельного мелководья шхерного района. Они трассируются на острова и находят свое продолжение в прямолинейных берегах с прекрасно выраженными зеркалами скольжения и зонами ожелезнения. В другом случае эти зоны прослеживаются в центральных частях крупных островов (Олений, Ряшков), где располагаются осевые депрессии с озерами, происхождение которых имеет тек-

тоническую природу. Одна из таких впадин зафиксирована к северу от острова Глов. Она представляет собой глубокую асимметричную ложбину с глубинами до 60 м. Эта долина трассируется на о. Олений, в его срединную часть, представляющую собой ложбину между двумя скалистыми увалами. Борты этой ложбины крутые, на сейсмоакустических профилях отчетливо просматриваются небольшие оползневые структуры.

Таким образом, проявляется реальная связь между эндогенными геодинамическими и экзогенными гравитационными процессами. В подводных условиях, учитывая насыщенность донных осадков водой и их повышенную тиксотропность, достаточно небольшого сейсмического толчка, чтобы накопившиеся массы осадочного материала приобрели способность к перемещению вниз по склону, что может негативно сказаться и на подводных трубопроводах и кабелях, а также на других сооружениях на дне под склоном.

Так как неотектонические процессы, интенсивность которых периодически усиливалась за счет гляциоизостатических движений, связанных со снятием ледниковой нагрузки, проявлялись, по-видимому, на протяжении всего четвертичного периода, зоны глубинных разломов, непосредственно связанных с зоной Кандалакшко-Ботнического разлома, определяют границы современной неотектонической структуры «Кандалакшский грабен». Она следует непосредственно под Кандалакшским заливом, Белым морем и уходит дальше на юго-восток в сторону Северо-Двинской депрессии. Возраст разлома определяется как иотнийский (Кошечкин Б.И. Голоценовая тектоника восточной части Балтийского щита. Л.: Наука, 1979. 160 с.; Николаева С.Б. Палеосейсмодеформации северо-восточной части Балтийского щита. Автореф. дис. канд. геол.-минерал. наук. СПб.: 2001. 24 с.). По данным С.Б. Николаевой, с этой зоной связаны многочисленные сейсмодислокации, которые приурочены к северному и южному побережьям залива. Как наши наблюдения, так и данные других авторов показывают, что аналогичные сейсмогенные структуры широко представлены по берегам Кандалакшской губы. При этом были зафиксированы и совершенно молодые образования. Так, на северном берегу Кандалакшского залива были установлены тектонические трещины, которые нарушают целостность современной береговой черты (см. рис. 1).

Сейсмические толчки, связанные с геодинамическими (неотектоническими) движениями, приводят к формированию на склонах депрессий специфических ступенчатых тел, генезис которых можно определить как гравитационный (декливиальный). Периодичность их формирования и достаточно длинный временной



Рис. 1. Смещение кровли приливо-отливной зоны по тектонической трещине. Северный берег Кандалакшского залива.

отрезок этих явлений обуславливают необходимость наблюдать их развитие в мониторинговом режиме.

В ходе составления Государственной геологической карты Белого моря (листы Q-35, 36, 37) было показано, что вдоль тектонически предопределенного южного склона Кандалакшской депрессии выделяется зона интенсивного развития гравитационных процессов. Так, у острова Олений, в зоне сочленения Онежского и Кандалакшского заливов (см. рис. 2), были установлены по данным сейсмоакустического профилирования МАГЭ гравитационные отложения большой мощности. На сейсмограммах отчетливо видно чешуйчатое строение присклоновых отложений, возникшее за счет последовательного проявления оползней различного масштаба. Реальную мощность оползней удалось установить только по данным ОГТ (Государственная

геологическая карта Российской Федерации). Местами она может достигать 100 и более метров.

Характерно, что в разных районах северо-запада в зонах таких предполагаемых явлений в кернах донных отложений были обнаружены многочисленные пликативные и дислокационные текстуры, формирование которых возможно в процессе пластичного течения и разрывных нарушений при оползании мощных осадочных толщ.

Хотя шхерный характер рельефа морского дна в кутовой части залива и имеет структурную предопределенность, тем не менее строение гряд, находящихся выражение в цепочках островов, имеет разное происхождение. Одни из них сложены полностью кристаллическими породами. Между этими грядами располагаются локальные, но достаточно мощные моренные холмы, которые иногда выходят на поверхность моря в виде валунных островов.

В целом строение кутовой части Кандалакшского залива можно представить как серию субпараллельных микрограбенов северо-западного простирания, опущенная часть которых, в свою очередь, разбита тектоническими нарушениями, фиксирующими границы блоков фундамента, различающихся дифференцированными скоростями опускания. В этих впадинах происходит накопление постледниковых и морских осадков. При этом зоны накопления относительно мощных голоценовых отложений, представленных алевропелитовыми

* ГГК РФ. Масштаб 1:1 000 000 (третье поколение). Серия Мезенская. Листы Q-38 – Мезень. Объяснительная записка. СПб.: ВСЕГЕИ, 2012. С. 230.

ГГК РФ. Масштаб 1 : 1 000 000 (третье поколение). Листы Q-35, 36 – Мурманск. Объяснительная записка. СПб.: ВСЕГЕИ, 2012. С. 245.

ГГК РФ. Масштаб 1 : 1 000 000 (третье поколение). Листы Q-37 – Архангельск. Объяснительная записка. СПб.: ВСЕГЕИ, 2012. С. 230.

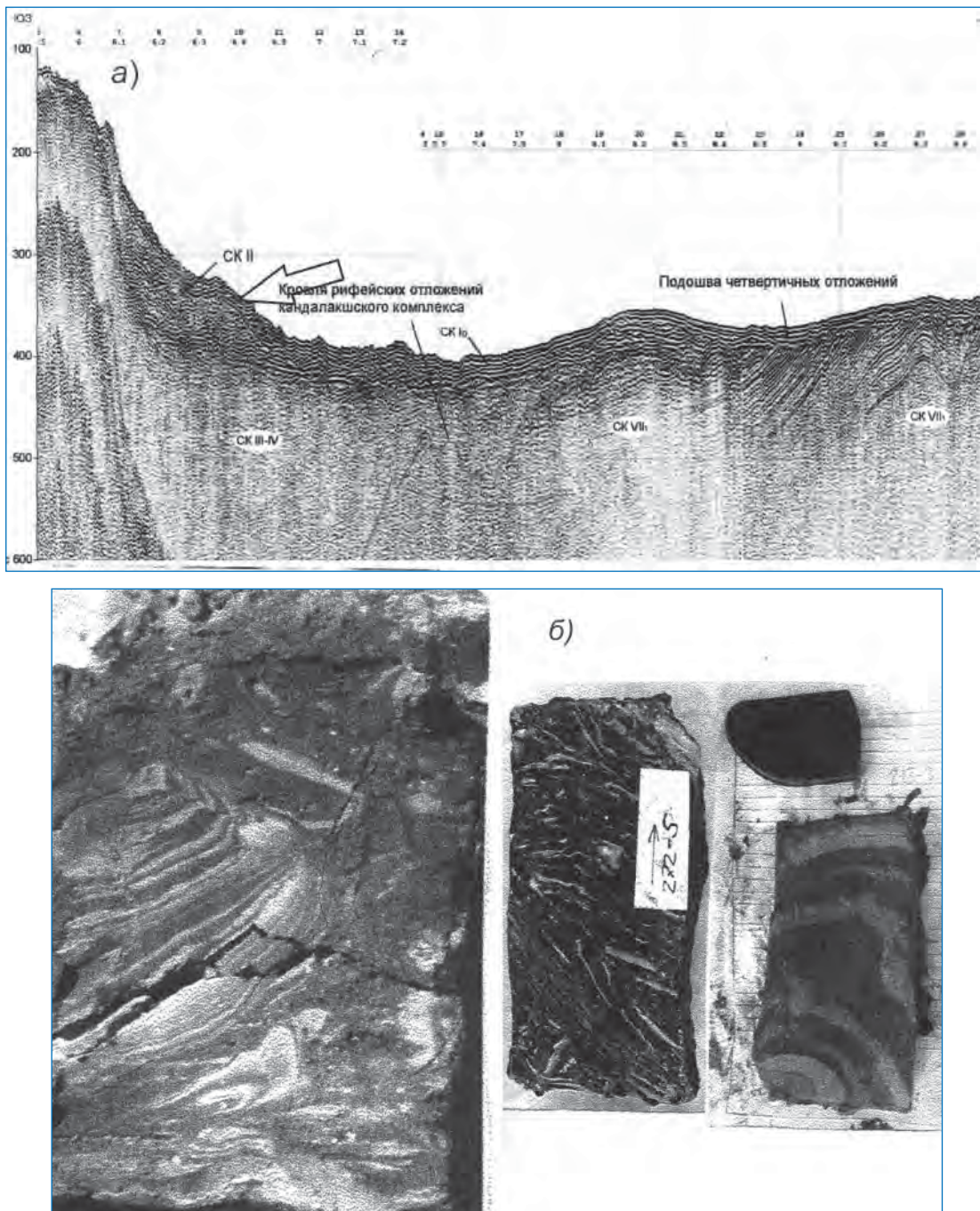


Рис. 2. Мощная зона гравитационных (декливиальных) отложений вдоль южного борта Кандалакшского грабена. Материалы сейсмоакустического профилирования МАГЭ (а). Оползневые текстуры в ядрах донных отложений в зонах современных геодинамических движений (б).

осадками с небольшой примесью песка и отдельными валунами, попадающими сюда в результате ледового разноса (Чувардинский В.Г. Геолого-геоморфологическая деятельность припайных льдов (по исследованиям в Белом море) // Геоморфология. 1985. № 3. С. 70–77), сменяются на незначительном расстоянии участками, где подобные отложения отсутствуют или представлены только неоплейстоценовыми образованиями, перекрытыми с поверхности щебнисто-песчаным перлювием мощностью до 50 см. Это видно и на сейсмограммах, где участки с мощным голоценовым накоплением алевропелитов морского генезиса сменяются толщами ледниково-морских неоплейстоценовых осадков и даже площадными выходами морены, перекрытой с поверхности бронирующим от размыва слоем валунно-галечного перлювия (см. рис. 3).

Неравномерность распределения современных морских донных осадков подчеркивается асимметричным распределением донных отложений в целом по заливу. В южной его части накапливаются достаточно однородные толщи современных илов, а в северной (от Кандалакшского рейда до губы Колвица) на поверхности дна развит тонкий слой песчаных разнозернистых осадков (мощность до 5 см), перекрывающий толщу ледниково-морских глин, возраст которых древнее 10 000 лет. Можно считать, что асимметричное распределение донных отложений отражает тот факт, что в настоящее время северная часть полигона испытывает относительное поднятие. При этом вдоль линии современного берега проходят наиболее активные дизъюнктивные нарушения.

Мощные толщи голоценовых нефелоидов были зафиксированы в средней части Колвицкой губы, где их

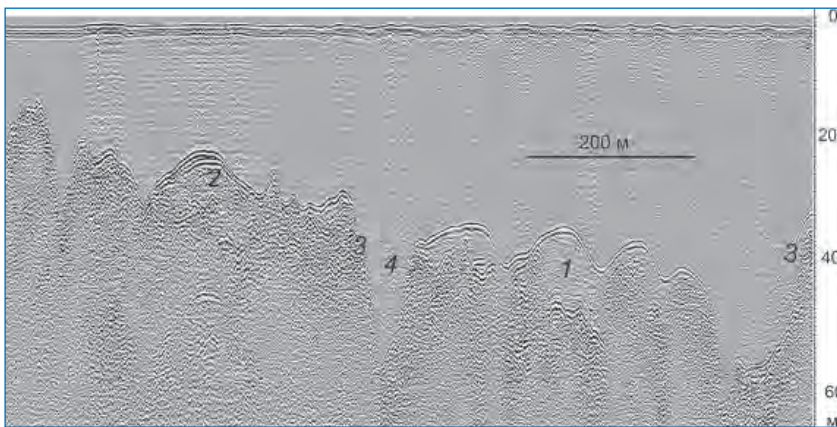


Рис. 3. Сейсмопрофиль вдоль южного побережья Кандалакшского залива. Характерное чередование зон аккумуляции и подводного размыва. Отчетливо прослеживаются две асимметричные ложбины (4), происхождение которых связано с неотектоническими разломами. Склоны ложбин осложнены оползнями (3). В средней части пролива – серия разновысотных блоков кристаллических пород с мощными голоценовыми осадками (1). На межгрядовом поднятии – моренная гряда (2).

мощность может превышать 4–5 м. В устье губы располагается скалистый ригель, который частично подчеркивается входными мысами. Из этого можно сделать вывод, что как сама губа, так и поперечное поднятие в ее устье также имеют структурную природу, хотя сегодня активизация движений здесь проявлена относительно слабо. Характерной чертой здесь является также активное развитие процессов оползания осадков.

Еще одна важная особенность проявления геологических опасностей в описываемом районе — активное выделение газов, которые были обнаружены при акустическом профилировании вкрест выявленных или предполагаемых зон современных геодинамических движений. Иногда интенсивность выделений газа столь велика, что даже приводит к локальным изменениям топографии морского дна (рис. 4).

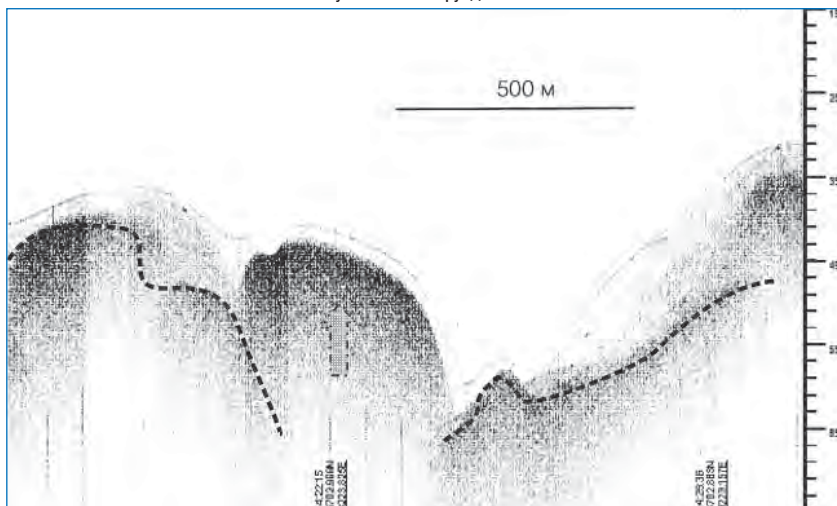
Одним из возможных методов мониторинга геодинамических процессов в Кандалакшском заливе является комплекс гидрохимических и гидрофизических наблюдений за состоянием придонного слоя воды. Впервые эта проблема была поднята в 2004 г., когда при гидрофизических работах в кутовой части залива на большом количестве станций в придонных слоях Д.В. Густовым были зафиксированы распресненные воды (см. Густов Д.В., Рыбалко А.Е. О возможном влиянии аномалий

плотностной стратификации в Кандалакшском заливе Белого моря на биолого-промысловые объекты // Материалы XIII международной конференции по промысловой океанологии (Светлогорск, Калининградская обл., 12–17 сентября 2005 г.) Калининград: Изд-во АТЛАНТИРО, 2005. С. 205–206). Анализ полученных данных позволил впервые поставить вопрос о связи придонных вод с тектоническими разломами.

Работы по мониторингу влияния выходов подземных вод в акватории залива были продолжены «Севморгео» в 2005, 2009–2013 гг.

Кандалакшский залив территориально относится к Балтийской гидрогеологической складчатой области, где подземные воды содержатся в мало-мощном невыдержанном слое четвертичных отложений и в верхней трещиноватой зоне метаморфизованных и кристаллических пород. При отсутствии выдержанных водоупорных слоев и высокой степени трещиноватости кристаллических пород подземные воды четвертичных отложений и коренных пород гидравлически связаны между собой и часто образуют единый водоносный горизонт. Водоносные зоны трещиноватости в коренных породах развиты в основном до глубин 20–50 м. Наибольшая обводненность дочетвертичных пород наблюдается в зонах тектонических разломов. К тектоническим трещинам, преимущественно сбросового типа, приурочены трещинно-жильные воды. Такие трещины прослеживаются до глубин 150–200 м (реже до 300 м) и часто сопровождаются зонами дробления. Источники, приуроченные к ним, характеризуются дебитами свыше 1 л/с. Наиболее высокие дебиты трещинно-жильных вод отмечаются из плагитогранитов и могут достигать 30 и 49 л/с. По минерализации воды являются пресными (0,02–0,3 г/л). Преобладающий состав хлоридно-гидрокарбонатный кальциево-натриевый. В прибрежных районах Белого моря скважинами вскрыты на глубинах 20–100 м воды хлоридного натриевого состава с минерализацией до 4,2 г/л. Местами отмечаются повышенные содержания железа, превышающие ПДК для питьевых вод. В гранитных массивах отмечаются источники радоновых вод. Дебиты колодцев и скважин в них составляют от 0,02 до 0,5 л/с, а дебиты источников от 0,05 до 0,4 л/с. Это пресные гидрокарбонатные кальциевые воды с минерализацией до 0,35 г/л.

Рис. 4. Мощное выделение газов по геодинамической зоне. Внизу графика указаны координаты точек местопредопределения. Условные обозначения: стрелка – зона истечения «ювенильных» газов, пунктир – кровля «акустического» фундамента.



В 2005 г. на основе морфоструктурного анализа с использованием космических снимков в пределах Кандалакшского залива была намечена сеть линеаментов, определяющих характер рельефа дна в заливе, а также закономерности площадного распространения донных осадков. Морфологическим выражением этой сети являются вытянутые вдоль оси залива гряды островов, которые часто характеризуются крутыми скалистыми склонами с прекрасным выражением тектоническими «зеркалами скольжения». Крутые склоны продолжаются и под водой, до глубин 4–5 м.

В 2011 г. по данным гидрофизического зондирования было установлено, что формирование придонных вод в кутовой части Кандалакшского залива носит явные черты распреснения, а соленость в придонном слое колебалась от 17,93 до 21,14 ‰. При этом наиболее соленые воды наблюдались у Кандалакши, а распресненные — в Палкиной губе. Именно здесь, а точнее, на плесе между островом Олений и островом Глов, сотрудниками РГГМУ в 2004 г. было зафиксировано большое количество аномалий плотностной стратификации. По данным гидрофизического профилирования было выделено три типа аномалий: придонного слоя, промежуточного слоя и придонного и промежуточного слоев.

Аномальная стратификация в придонном слое наблюдалась на 48 % площади акватории, а градиенты условной плотности достигали 4 условных единиц на метр. На отдельных станциях полигона толщина слоя, занятого распресненными водами, составляла до 60 % от общей глубины места. По данным гидрофизического зондирования, значения, солености в придонном слое иногда опускались до 2–3 ‰ при норме 20 ‰. Пониженные значения солености (до 6–10 ‰) наблюдались также на поверхности моря в участках, сопредельных с предполагаемым местом выхода распресненных вод.

Аномально низкая плотность придонных и промежуточных вод подразумевает неустойчивую стратификацию. В этой ситуации объемы распресненной воды напоминают воздушный шар. Процесс проникновения распресненных придонных вод протекает достаточно быстро и по истечении определенного времени в некоторых местах достигает поверхности. Об этом говорят неоднократно устанавливаемые в кутовой части Кандалакшского залива по данным гидрофизического зондирования пятна воды с пониженной соленостью. Подобное возможно только в том случае, когда существует подпитка придонного участка акватории распресненными водами.

В период с 2004 по 2013 г. удалось выявить ряд станций, на которых соленость вод в придонном горизонте составляла всего несколько промилле. В ряде случаев удалось установить и промежуточные слои распресненных вод, что указывает на высокую неоднородность

водной массы. Все аномалии носили пульсирующий характер и, как правило, при работах в последующие годы не фиксировались. Совокупность этих фактов, а также приуроченность станций с аномалиями придонного слоя к линейным структурам позволили интерпретировать эти распресненные горизонты как результат инфильтрации подземных вод в акваторию Кандалакшского залива по ослабленным зонам тектонических разломов.

Так, в 2009 г. были получены вертикальные профили температуры, солености и условной плотности морской воды с вертикальным разрешением 0,5 м (рис. 5). При этом на большинстве станций были выявлены локальные аномалии температуры, солености и плотности морской воды. На ряде станций (350/09, 358/09, 368/09, 370/09) в вертикальном распределении в придонном слое наблюдалось уменьшение солености на 1–2‰ и, как следствие, возникновение неустойчивой стратификации вод. Данные аномалии могут говорить о выходе грунтовых вод непосредственно на уровне дна.

На станциях 365/09, 367/09 и 372/09 в придонном распределении температуры, солености и плотности при устойчивой стратификации вод наблюдалось U-образное искривление профиля плотности. Это может быть объяснено процессами перемешивания морских и грунтовых вод с разными плотностными характеристиками и на некотором расстоянии от источника инфильтрации. С другой стороны, данное распределение могло быть вызвано структурой придонных течений в исследуемом районе. Несомненно, что для наиболее точной идентификации инфильтрации грунтовых вод необходимо не только измерение температуры, солености и плотности в придонном слое воды, но и одновременные наблюдения полей придонных течений.

Выявление гидравлической связи между грунтовыми и придонными водами позволило понять и суть происшедшего на нефтяном терминале Витино в 2010 г. Произошедший разлив нефти на территории самого терминала был жестко локализован. Однако весной 2011 г. нефтяные пленки появились и на акватории Кандалакшского залива. Единственный путь для распространения этих нефтепродуктов — просачивание по трещинам скалистых пород и диффузное проникновение в придонные слои воды, а далее — подъем загрязняющих веществ на поверхность.

Гидрохимические исследования в 2009 г. показали, что при общем невысоком уровне концентраций тяжелых металлов в придонных водах, структура которых хорошо отражает металлогенические особенности региона, были выявлены отдельные контрастные аномалии по разным металлам, но в первую очередь по подвижному в геохимическом плане цинку. Скачкообразное и достаточно редкое формирование столь контрастных аномалий в перемешиваемой водной толще проще всего объяснить за счет инфильтрации подземных вод либо выходом газофлюидов по тектоническим трещинам.

В 2011 г. для выявления возможных зон инфильтрации был проведен отбор проб иловой и придонной воды в зонах предполагаемых тектонических нарушений. На пяти станциях содержание меди превысило 10 мкг/л в придонной воде, а в иловой воде составляло до 42,7 мкг/л (ПДК = 5 мкг/л). Здесь же отмечались и высокие концентрации цинка, которые превышали уровень рыбохозяйственного ПДК почти в 4–7 раз. При

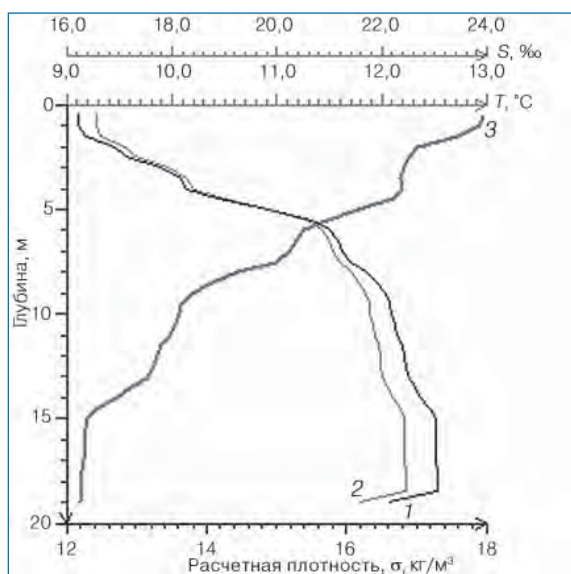


Рис. 5. Типичные графики результатов гидрофизического зондирования на т.н. 358/09. Измеряемые параметры: плотность (1), соленость (2), температура (3). У дна отчетливо просматривается горизонт распресненных вод с низкой плотностью воды.

этом и в 2009 г. на этих станциях были зафиксированы гидрохимические аномалии опресненных вод в придонном слое. Там же, по данным геофизического профилирования, располагаются зоны проявления геодинамических движений. На одной из станций было выявлено высокое содержание ртути (0,29 мкг/л, что в три раза превышает ПДК). Также обращает на себя внимание и пространственная связь хлорорганических ингредиентов в составе стойких органических соединений в придонных водах Кандалакшского залива с линиями предполагаемых активных геодинамических зон или с узкими линейными впадинами, отражающими положение этих зон. Так, по данным съемки 2011 г., максимальные концентрации хлорорганических соединений в придонных водах Кандалакшского залива были обнаружены на выходе из Колвицкой губы, которая расположена в зоне рельефоформирующего разлома вдоль северного берега залива. На этой же станции были зафиксированы повышенные концентрации ряда тяжелых металлов и полиароматические углеводороды (ПАУ). Все это позволило сделать обоснованное предположение о ювенильном источнике хлорорганических соединений (ХОС).

В 2013 г. в Кандалакшском заливе в ходе продолжения Государственного мониторинга его состояния было выполнено 70 станций пробоотбора донных отложений и придонных вод, 60 гидрофизических зондирований водной толщи, 80 пог. км сейсмоакустического профилирования и гидролокационной съемки поверхности дна. Полученные данные в настоящее время находятся в обработке.

В результате комплексного использования геологических и геофизических методов при проведении Государственного мониторинга состояния геологической среды шельфа в Кандалакшском заливе Белого моря были получены документальные подтверждения признаков геодинамической активности его недр по линиям проявившихся в позднем голоцене разломов. Боль-

шинство их было заложено еще в докембрии (возраст менее 4,5 млрд лет), но затем они резко активизировались на рубеже неоплейстоцена и плиоцена (возраст 2–3 млн лет). К таким признакам относятся:

- узкие линейные ложбины с интенсивным развитием эрозионных процессов;
- сопряженное развитие гравитационных процессов в этих ложбинах и на других, даже достаточно пологих склонах доголоценового возраста;
- выделение газофлюидов из трещин кристаллического субстрата.

В результате выполнения работ и последующего анализа были выявлены сопряженные с этими разломами локальные геохимические и гидрохимические аномалии.

Сравнение с данными мониторинга прошлых лет и анализ данных по сейсмостанциям позволили составить условную кривую геодинамической активности в период с 2004 по 2011 г. Из этой кривой следует, что максимальные активности приходились на 2004 и 2010 гг. Минимальная же активность геодинамических движений была в 2009 г. К сожалению, имеющиеся данные по сейсмологии не дают возможности прямых корреляций. Тем не менее использование данных по распреснению придонных вод в результате водообмена между грунтовыми и морскими водами по тектоническим трещинам может привести к появлению косвенных признаков такого увеличения активности. Это, в свою очередь, важно для оценок экологической безопасности строящихся на шельфе объектов. Важным седиментологическим приложением к ранее сделанным выводам является то, что наиболее мощные толщи донных отложений в глубоких депрессиях Колвицкой губы, а также в южной части полигона могут быть связаны с накоплением гравититов (оползней).

*А.Е. Рыбалко, О.Ю. Корнеев
(ОАО «Севморгео»)*

КОМПЛЕКСНЫЕ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ ОБСКОЙ ГУБЫ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ГАЗОКОНДЕНСАТНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА ЯМАЛЕ

В планах ближайшего развития нефтегазового комплекса России большое внимание уделяется газоконденсатным месторождениям, расположенным по обоим берегам северной части Обской губы, лицензии на которые принадлежат дочерним компаниям ОАО «НОВАТЭК». Об этом, в частности, свидетельствуют беспрецедентные налоговые и таможенные льготы, которые были предоставлены распоряжением Правительства РФ № 1713-р компаниям, организующим производство и морской вывоз сжиженного природного газа (СПГ) п-ова Ямал.

Наиболее известным проектом освоения ямальских месторождений является строительство завода СПГ в поселке Сабетта и связанного с ним одноименного морского порта, рассчитанного на круглогодичную навигацию. Компанией-оператором строительства завода и связанной с ним инфраструктуры (помимо морского порта планируется создание в Сабетте международно-го аэропорта) является ОАО «Ямал СПГ», совладельцы

которой ОАО «НОВАТЭК», французская компания Total и китайская CNPC. Параллельно с этим проектом другая дочерняя компания второго по значению российского газового концерна — ОАО «НОВАТЭК Юрхаровнефтегаз» — осуществляет освоение месторождений на противоположном (гыданском) берегу Обской губы. Одно из них (Салмановское) расположено в нескольких десятках километров южнее Сабетты. Расстояние до второго (Геофизического) — около 200 км.

ААНИИ в течение нескольких последних лет выполнял инженерные гидрометеорологические изыскания и специальные исследования в районе Сабетты, на Салмановском и Геофизическом месторождениях. Главным подразделением в этих работах выступала лаборатория «Арктик-шельф» ААНИИ, также были задействованы специалисты других подразделений института. Существующий в РФ порядок производства инженерных изысканий предполагает, что под каждый проект