

## I. Изучение и освоение природных ресурсов

## Перспективы донной сейсморазведки в Российской Федерации

*Н.П. Лаверов*, академик, вице-президент РАН

*Ю.В. Рослов*, к.ф.-м.н.,

ООО «Сейсмошельф»

*Л.И. Лобковский*, член-корреспондент РАН,

Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН

*А.В. Тулупов*, д.ф.-м.н., *М.А. Воронов*,

ООО «Сейсмошельф»

*О.Ю. Ганжа*, к.ф.-м.н.,

Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН

*Арктика является уникальной сокровищницей полезных ископаемых, в первую очередь, нефти и газа. Россия, благодаря стараниям многих поколений своих сограждан, имеет выгодное географическое и геополитическое положение в арктическом секторе, и исключительная важность развития данного региона неоднократно подчеркивается руководством страны. Основной вопрос состоит в концепции освоения богатств северных морей, в частности в технико-технологической реализации геологоразведочных работ. Настоящая статья посвящена обсуждению инновационных решений, которые могут быть востребованы при освоении Арктики и более широко – всего российского шельфа. Речь идет о технологии донной сейсморазведки, которая предполагает размещение регистрирующей аппаратуры на морском дне и имеет ряд очевидных преимуществ перед стандартными работами с плавающими косами. Реализация методики донной сейсморазведки в российской Арктике может быть осуществлена за счет привлечения зарубежных технологий или путем развития российских интеллектуальных продуктов и соответствующих материально-технических решений. Положительные и отрицательные стороны каждого из вариантов подробно рассмотрены в публикации. Приведены исторические примеры и текущий уровень развития отечественных разработок в области донной сейсморазведки.*

**А**рктический шельф наряду с Антарктидой остаются последними слабоизученными регионами планеты, при этом Арктика является уникальной сокровищницей полезных ископаемых, в первую очередь, нефти и газа. Россия, благодаря стараниям многих поколений своих сограждан, имеет выгодное географическое и геополитическое положение в арктическом секторе, которое может быть использовано как локомотив развития страны в 21 веке. Об этом уже много сказано, в том числе и

на самом высоком уровне руководства Российской Федерации, и в дополнительном обосновании данный тезис не нуждается. Основной вопрос состоит в концепции освоения богатств северных морей, в частности, в технико-технологической реализации геологоразведочных работ. В работе [1] были рассмотрены традиционные геофизические подходы, направленные на освоение нефтегазовых ресурсов арктического шельфа. Настоящая статья посвящена инновационным решениям, прежде всего отече-

ственным при освоении Арктики и более широко – российского шельфа.

К сожалению, необходимо признать, что основные технологические достижения России в освоении арктических территорий находятся в прошлом или в далеком прошлом. В настоящее время наши соседи по арктическому региону, в первую очередь Норвегия, демонстрируют семимильные шаги в развитии геологических исследований и эффективного использования своих ресурсов. Северное море, по сути дела, превратилось в лабораторию тестирования и коммерциализации самых современных технологических решений в области геологоразведки и мониторинга разрабатываемых месторождений. Это и донные оптоволоконные системы для сбора сейсмической информации в процессе добычи, и широкоазимутальные работы МОВ-ОГТ 3D, в том числе с использованием донных станций кос, электроразведочные работы и так далее. В данной работе не рассматриваются вопросы, стоящие за пределами геолого-геофизических приложений, как то строительства добычных платформ, трубопроводов, специализированных судов ледового класса и т.д., но все они имеют ту же самую основную проблему, что и российская геологоразведочная отрасль. Способна ли Российская Федерация разрабатывать, предлагать и коммерциализовать собственные технологические решения, или ее удел состоит в закупке зарубежных технологий, часто не самых современных, в обмен на свои природные богатства?

Использование зарубежных технологий для освоения Арктики в краткосрочном, тактическом плане выглядит очень заманчивым. Проверенные решения, ответственность за работоспособность которых лежит на плечах западных партнеров, не могут не привлекать российских управленцев среднего и высшего звена, особенно, если они отвечают за количественные показатели приращения минералогической базы своей компании или отрасли в целом. Разработка же альтернативных российских технологий потребует рискованных финансовых затрат, времени на все фазы технологической реализации, без стопроцентной гарантии конечного успеха.

Оборотная сторона вопроса состоит в том, что миллионы долларов, которые ежегодно тратятся российскими сервисными компаниями на закупки зарубежных технологий, ведут к созданию новых рабочих мест в западных компаниях, используются там же на передовые научно-технические исследования, в том числе с привлечением академических структур, университетов. Соответственно аналогич-

ные направления в российском обществе прозябают. Сокращается количество рабочих мест инженерно-технического состава, отсутствуют инвестиции в собственные разработки, помощь Высшей школе. С каждым годом технологическая пропасть между Россией и передовыми западными странами расширяется все больше и больше, и пределом российской инженерно-технической мысли становится способность освоения и штатного использования зарубежного оборудования. Также стоит отметить, что Россия не имеет свободного доступа ко всем зарубежным технологиям. Некоторые системы попадают под действие эмбарго или требуют длительного периода лицензирования.

Устраивает ли Российскую Федерацию с точки зрения выбора стратегического направления развития страны такая ситуация? Судя по официальным заявлениям высших лиц государства о необходимости технологической модернизации страны – нет, не устраивает. Судя по конкретно принимаемым решениям, например, когда государственная организация для работ в Арктике отказывается от использования современной российской инновационной технологии исключительно в пользу старого списанного американского оборудования – да, такое положение дел устраивает.

Какие геофизические технологии востребованы в Арктике? Очевидно, что основная цель любых геофизических исследований – это снижение последующих геологических рисков на этапе разработки месторождений, при строительстве инженерных сооружений и других процессов, ради которых эти исследования выполнялись. Соответственно объем заказываемых геофизических работ есть функция оценочной величины предполагаемого риска. И чем больше эта величина, тем достовернее и надежнее должна быть построена геолого-геофизическая модель изучаемого объекта. Свои максимальные оценки геологические риски достигают при разработке морских месторождений, особенно если они располагаются в глубоководных или удаленных от развитой инфраструктуры районах мира, например, в Арктике. Стоимость бурения одной морской скважины имеет порядок 100 миллионов долларов, что грубо определяет величины возможных потерь в случае, если эта скважина окажется непродуктивной. Неудивительно, что морские геофизические технологии в последние годы развиваются семимильными шагами в поисках любой возможности повышения достоверности геологических построений и, тем самым, снижения соответствующих рисков. Ярким примером, иллюстрирующим данную тенденцию,

является бум морских электроразведочных работ, достигший своего максимума в 2008 году.

Если обратиться к сейсмическим исследованиям, то основная тенденция развития морской модификации этого метода в настоящее время состоит в переносе системы регистрации сейсмических сигналов с поверхности моря на морское дно. «Будущее на морском дне!» – слоган компании Reservoir Exploration Technologies, специализирующейся исключительно на выполнении донных геофизических исследований, лучшим образом отражает данную тенденцию. В чем же преимущества использования донных систем регистрации сейсмических сигналов («донной сейсморазведки») в сравнении со стандартным, хорошо апробированным способом проведения работ с плавающими косами? Отметим две основные позиции:

*1. Получение качественного многокомпонентного сейсмического материала.* В связи с тем, что в водном слое могут распространяться только волны давления, волновое поле, регистрируемое плавающими косами, уже изначально обделено отсутствием записей поперечных волн, которые в ряде случаев, например, в так называемых газовых трубках, являются единственным источником информации об изучаемом объекте. При расположении четырех компонентных (три геофона и гидрофон) сейсмических датчиков на морском дне данная проблема снимается, а это, в свою очередь, дает возможность рассчитать скорости распространения поперечных волн, выявить эффекты анизотропии, получить широкий набор дополнительных динамических атрибутов, оценить фациальный состав вещества и т.д. Корректная обработка и интерпретация всего дополнительного объема сейсмической информации, несомненно, приводит к построению более достоверной геолого-геофизической модели среды и, соответственно, к снижению последующих геологических рисков. Расположение регистрирующей аппаратуры на морском дне также улучшает качества приема сейсмической информации, свободного от влияний волнения моря, колебаний косы и так далее. Донные системы, как правило, обеспечивают непрерывную регистрацию, то есть, с одной стороны, отсутствует ограничение на длину записи сигналов, вызванных активными источниками – пневмопушками, а, с другой стороны, в ходе полевых работ есть возможность собрать значительные объемы сейсмических шумов естественного и техногенного происхождения, обработка которых также сделала огромный шаг вперед за последнее десятилетие.

*2. Реализация широкого спектра систем наблюдений.* Современные морские сейсмические работы 3D с плавающими косами подошли к своему технологическому пределу. В настоящее время реализуются схемы наблюдений с использованием двадцати 10-ти километровых кос с разносом между крайними косами более 1 км. Можно предположить, что в недалеком будущем могут быть построены суда, несущие сорок 15-ти километровых кос с разносом между крайними косами 2 км, но представить себе косу длиной 50 км или разнос между косами в односудовом варианте 10 км в настоящее время невозможно. Данные технологические ограничения не позволяют говорить о полноценных 3D сейсмических исследованиях, так как азимутальное покрытие единичного бина в таких системах наблюдений крайне неравномерное. Имеется выделенный хорошо освещенный узкий диапазон азимутов вдоль направления косы и зона тени в перпендикулярном направлении. С целью устранения данного недостатка предлагается проводить отстрел одной площади несколько раз, проходя ее под разным углом, использовать дополнительные суда-источники,двигающиеся параллельно в стороне от судна-буксировщика кос, или выполнять работы по криволинейным траекториям (coil seismic), при которых, благодаря инерционному принципу движения кос, также улучшается азимутальное покрытие. Все эти подходы, несомненно, расширяют возможности стандартной морской сейсморазведки, причемкратноувеличиваястоимость работ, но все равно не дают той свободы реализации систем наблюдений, которая возможна при проведении донных сейсмических наблюдений. Немаловажным фактором, говорящим в пользу донной сейсморазведки, являются и ограничения, налагаемые требованиями безопасности судовождения на буксировку плавающих сейсмических кос, особенно в районах с наличием естественных и искусственных препятствий в виде узких проливов, отмелей, буровых платформ, районов с интенсивным судоходством и рыболовством и так далее.

Историю развития морской донной сейсморазведки условно можно разделить на три основных этапа:

1960 — 1990 гг.

Единичные разработки донных сейсмических регистраторов выполнялись различными зарубежными академическими учреждениями и университетами для решения фундаментальных научных проблем. В СССР буйковые автономные аналоговые

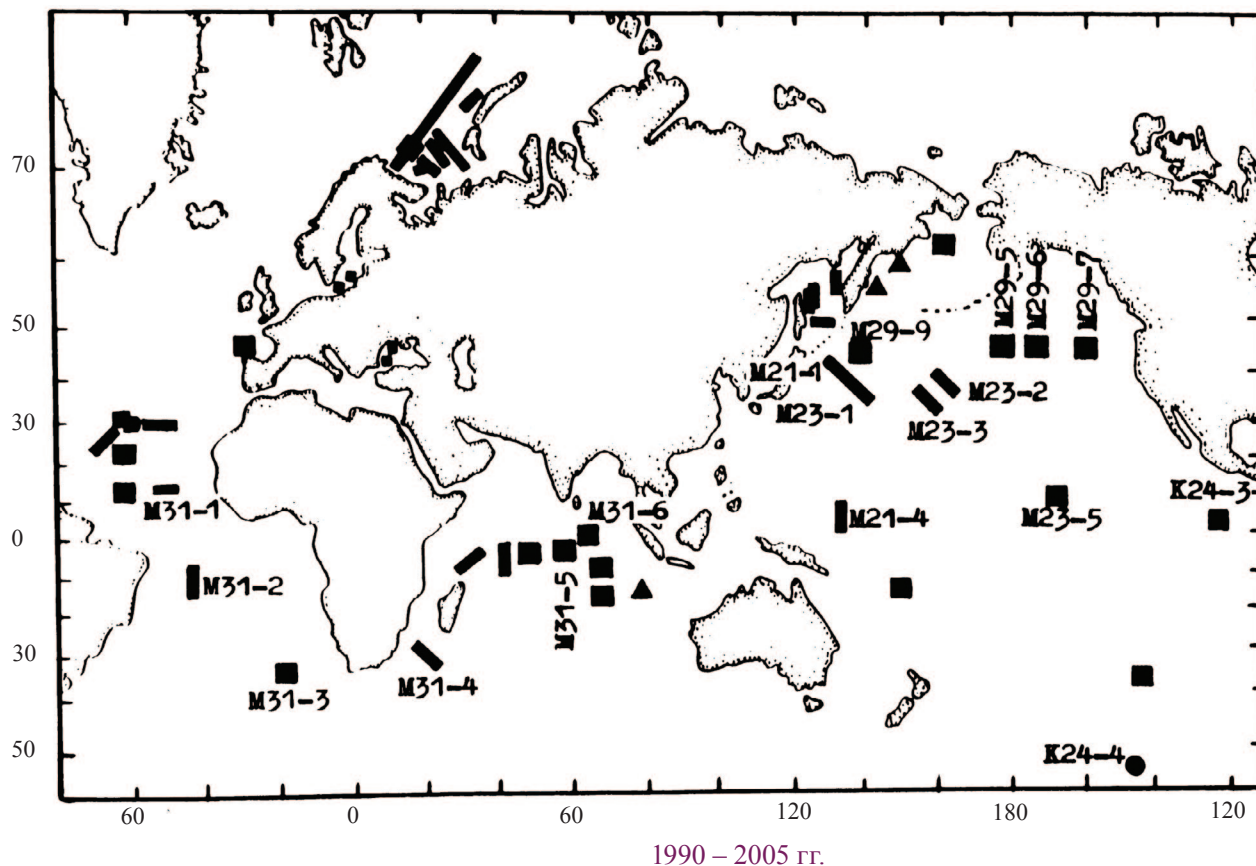
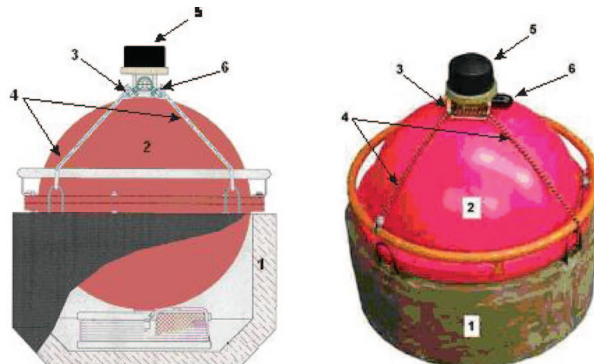


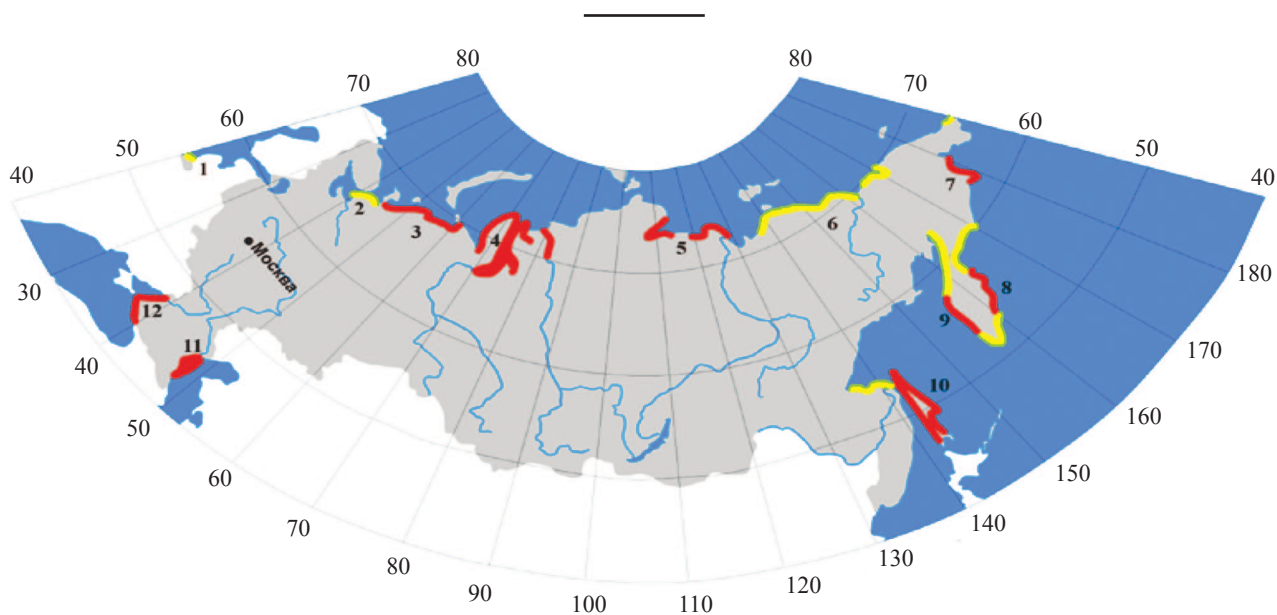
Рис. 1  
Профили глубинного сейсмического зондирования  
ИО АН СССР

донные 4-х компонентные сейсмометры были созданы в системе Академии наук СССР, в Институте океанологии им. П.П. Ширшова (ИО АН СССР) и в Институте физики Земли им. О.Ю. Шмидта (ИФЗ АН СССР). С использованием этих донных станций СССР провел масштабные работы по исследованию земной коры в Мировом океане. ИФЗ АН СССР сделал Анголо-Бразильский геотраверс, состоящий из 8-ми профилей общей протяженностью более 6 тысяч километров [2]. ИО АН СССР выполнил большое число профилей в различных районах Мирового океана (рис. 1), в том числе впервые в мире было сделано несколько площадных наблюдений. Благодаря высокой надежности аналоговые донные станции использовались и в 90-х годах прошлого века в проектах исследования Вала Шатского в Черном море, профилей глубинного сейсмического зондирования (ГСЗ) в Баренцевом море и в работах по оценке сейсмической безопасности Бушерской атомной станции в Персидском заливе.



- 1 – цементный якорь;
- 2 – сфера носитель аппаратуры;
- 3 – электрохимический размыкатель;
- 4 – стропы;
- 5 – антенна гидроакустической связи;
- 6 – гидрофон.

Рис. 2  
Самовсплывающий автономный донный сейсмометр



Высокоперспективные (красная линия) и ограниченно-перспективные (зеленая линия) транзитные зоны шельфа России:

1. Балтийская, 2. Мезенская, 3. Колгуевско-Печорская, 4. Ямало-Гыданская, 5. Южно-Лаптевская (Усть-хатангская и Усть-ленская), 6. Яно-Индигирская, 7. Анадырская, 8. Восточно-Камчатская, 9. Западно-Камчатская, 10. Сахалинская, 11. Западно-Каспийская, 12. Азово-Таманская

Рис. 3

Мелководные и транзитные зоны российского шельфа

Происходит бурное развитие современной электронной материально-технической базы и оборудования для регистрации сейсмического материала на морском дне. В мире появляются первые частные компании, специализирующиеся в данном сегменте рынка и решающие не только научные, но и практические задачи: GeoPRO, GEOMAR (Германия). Важно отметить, что успехи в разработке и применении донных станций за рубежом в эти годы частично обусловлены отъездом из России научно-инженерных кадров и использованием российских технологий.

В России в 2002 году по заказу компании LARGE Ltd началась разработка самовсплывающей цифровой донной станции (научный руководитель проф. Ю.П.Непрочнов, технический руководитель О.Ю.Ганжа) [3,4]. Используя мировую практику, а также богатый опыт конструирования морской аппаратуры, Опытно-конструкторское бюро океанологической техники РАН (ОКБ ОТ РАН) в тесной кооперации с ИО РАН за 8 месяцев разработало самовсплывающий автономный донный сейсмометр

(АДСС) и изготовило 25 экземпляров станций (рис. 2).

По заказу Индийского правительства в 2003-2004 годах станции применялись в Индийском океане для оценки типа океанической коры с целью определения внешней границы континентального шельфа Индии.

ФГУ НПП «Севморгео» в этот же период разработало собственную буйковую донную станцию и модернизировало АДСС ОКБ ОТ РАН, применив более современный цифровой регистратор. Создав парк из 100 АДСС, ФГУ НПП «Севморгео» широко применяло их для выполнения региональных исследований по сети опорных профилей на шельфе Северного Ледовитого океана и Охотского моря, общий объем которых составил более 10 тыс. погонных километров [5,6].

Таким образом, несмотря на отсутствие специализированного финансирования опытно-конструкторских работ со стороны государства, в России было создано конкурентноспособное оборудование, которое заняло свое место на мировом рынке морских сейсмических услуг.

2005 г. – настоящее время

Этот период характеризуется формированием морской донной сейсмозазведки в отдельный вид исследований. Появляются крупные транснациональные компании, специализирующиеся в данном сегменте рынка: RXT, FairfieldNodal, SeaBird Exploration и выполняющие проекты для ведущих нефтегазовых компаний. Рост рынка донной сейсмозазведки для решения задач поиска углеводородов и мониторинга их добычи достигает объемов, измеряемых сотнями миллионов долларов в год.

Таким образом видно, что ведущие западные нефтяные компании уже осознали значение донной сейсмозазведки при поисках, разведке морских месторождений углеводородов и мониторинге процесса их добычи. Стоит отдельно выделить две нефтяные компании, которые являются настоящими локомотивами в данном направлении, BP и Statoil. Именно эти компании выполнили эпохальные проекты, изменившие отношение общества к морской донной сейсмозазведке. Несмотря на имеющиеся технологические проблемы в разработке морских месторождений, ожидается, что в будущем потребность в таких работах будет увеличиваться, в частности, для мониторинга процесса добычи.

Какие основные геолого-геофизические задачи могут быть решены с помощью донной сейсмозазведки?

*1. Исследование мелководных и транзитных зон российского шельфа.* Показанные на рис.3 [7] участки нужно дополнить многочисленными внутренними водоемами, изучение которых очень актуально в настоящее время. Как правило, эти территории представляют собой слабоизученные геофизическими методами площади, в основном близкие к существующим элементам нефтегазовой инфраструктуры, что делает их последующую разработку рентабельной, даже при относительно небольших ценах на нефть. Учитывая специфику транзитных и мелководных зон, серьезных альтернатив донной сейсмозазведке на этих территориях нет.

*2. Проведение площадных многокомпонентных сейсмических работ для определения места закладки морских скважин.* Существует несколько факторов, определяющих актуальность использования многокомпонентных наблюдений. Применительно к конкретной геологической ситуации на российском шельфе, наиважнейшей задачей является изучение нефтяных залежей, экранируемых менее глубокими газовыми месторождениями. В частности, с данной проблемой в ближайшее время столкнутся недропользователи в Обско-Баренцево-Карском регионе. В мировой геофизической практике уже есть ряд показательных примеров, когда донная сейсмозазведка позволила построить глубинные сейсмические

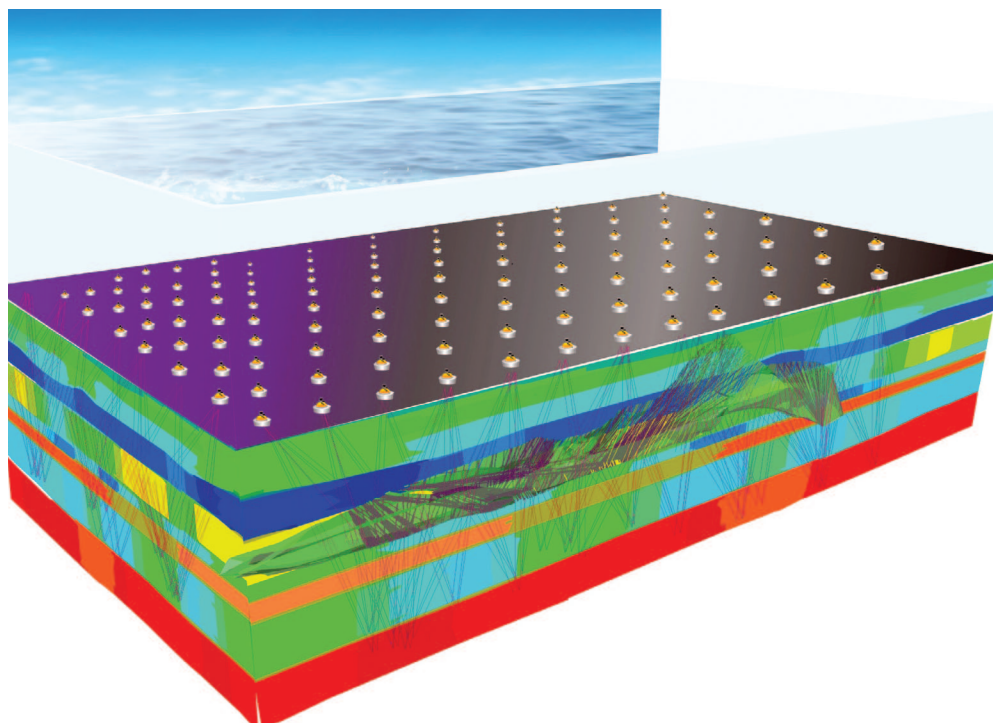


Рис. 4  
Площадные многокомпонентные сейсмические работы с донными станциями

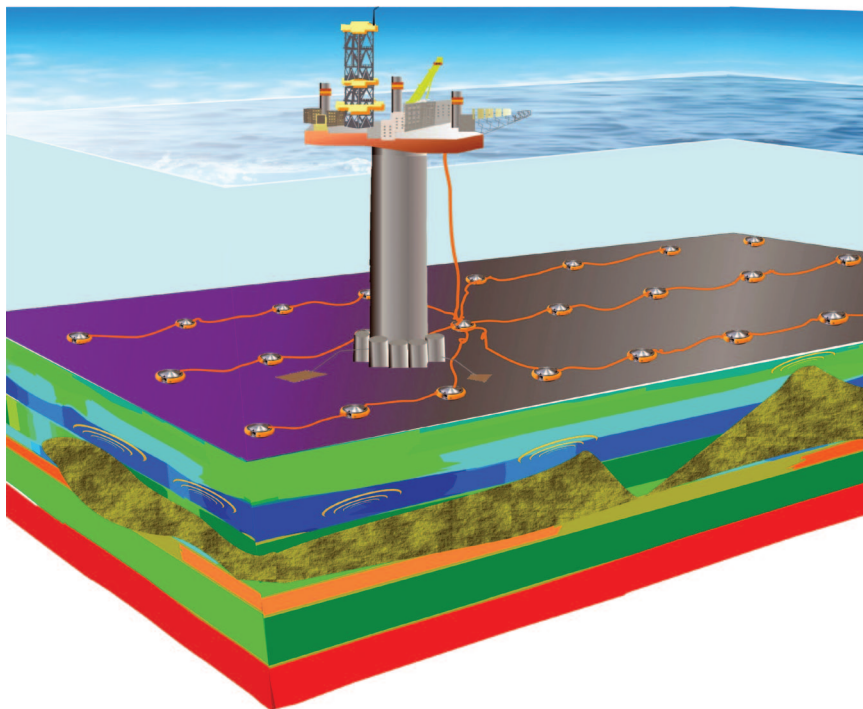
изображения под газовыми шапками, в то время как стандартная морская сейсмика с этой задачей справиться не смогла. Схема возможных площадных многокомпонентных сейсмических работ с донными станциями представлена на *рис.4*.

*3. Изучение глубинного геологического строения российского шельфа.* Проведение глубинных исследований, как правило, не имеет непосредственного выхода на приращение базы углеводородных ресурсов. С другой стороны, оно дает бесценную информацию для понимания геодинамической модели развития нефтегазовых бассейнов, без которой в настоящее время ни одна крупная компания не принимает стратегических решений по выходу в тот или иной регион мира. Типичным примером, стоящим на повестке дня, является Каспийский нефтегазоносный регион. Согласно современным представлениям, развиваемым геологами и геофизиками РАН (Ю.А.Волож, А.Н.Дмитриевский, Л.И.Лобковский и др.), имеются веские основания предполагать наличие второго нефтегазоносного этажа на Каспии. Перспективные объекты могут присутствовать в нижних горизонтах осадочного чехла в интервале 5,5 – 8 км и глубже и относиться к категории гигантов и супергигантов (более 300 млн т.т.). Провести морские исследования с использованием стандартных технологий в районах предельного мелководья Северного Каспия не представляется возможным, а применение технологий

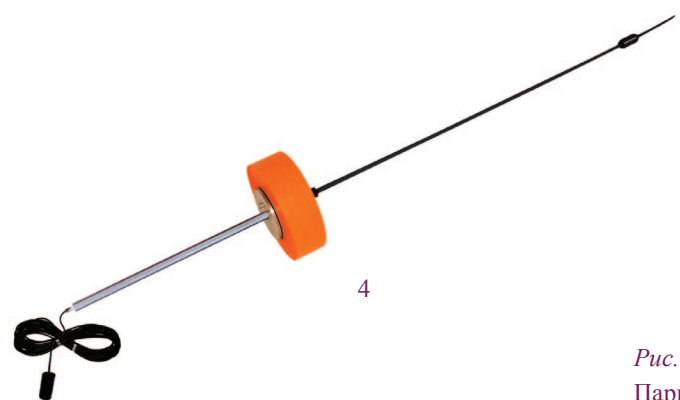
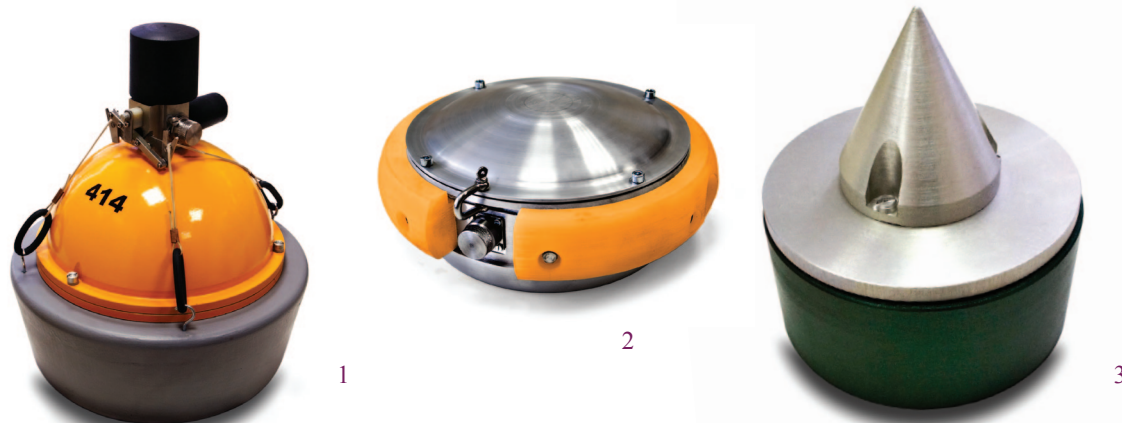
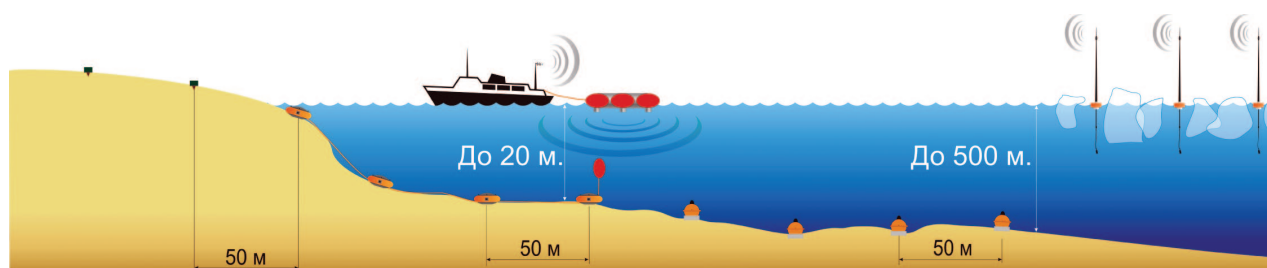
морской донной сейсморазведки позволит получить информацию обо всей толще осадочного чехла. К этому же виду деятельности можно отнести и работы по определению внешней границы континентального шельфа.

*4. Выполнение сейсмического мониторинга на морских месторождениях.* Задача, которая уже не первое десятилетие решается за рубежом, встала уже на повестку дня в Российской Федерации. Первые три 4С донные станции были установлены в июне 2010 года Институтом океанологии им. П.П. Ширшова РАН в северной части Каспийского моря на месторождении им. Ю. Корчагина НК «Лукойл» (научный руководитель Л.И.Лобковский, ответственный исполнитель С.А.Ковачев). Схема сейсмического мониторинга в реальном времени с массивным использованием донных станций выглядит так, как показано на *рис.5*.

*5. Проведение морских инженерно-геологических изысканий.* Рост объемов морских буровых работ, прокладки трубопроводов и развитие иной подводной инфраструктуры разработки морских нефтегазовых месторождений предполагает соответствующее увеличение инженерно-геологических изысканий. Глубинность исследований варьируется от первых десятков метров, необходимых для принятия решений о



*Рис. 5*  
Схема донного сейсмического мониторинга



1. Морская четырехкомпонентная станция второго поколения
2. Морская самовсплывающая четырехкомпонентная станция
3. Сухопутная трехкомпонентная станция
4. Плавающий сейсмический буй

Рис. 6  
Парк сейсмического оборудования  
ООО «Сейсмо-Шельф»

закладке инженерных сооружений, до нескольких сотен метров – километра, определяющих возможность поиска «газовых карманов», наличие или отсутствие которых имеет принципиальное значение для выработки схемы разработки месторождения. Применение донной сейсморазведки, позволяющей осуществлять многокомпонентную регистрацию сейсмических колебаний в широком диапазоне частот, может оказаться экономически целесообразным и в этих исследованиях.

По какому пути будет развиваться российская донная сейсморазведка дальше? Если рассмотреть парк геофизического оборудования российских компаний, выполняющих стандартные морские и сухопутные работы, то необходимо признать

тотальное превосходство западных производителей ION и Sercel. По сути дела в морской сейсмике только СИ Технолоджи продолжает продвигать отечественные технологии. В донной сейсморазведке лидирующее положение в настоящее время занимают компании FairfieldNodal, Seabird, CGGVeritas. Из российских организаций стоит отметить компанию «Сейсмо-Шельф», которая позже других вышла на рынок донной сейсморазведки, но при этом в процессе разработки своего оборудования сумела максимизировать преимущества и минимизировать недостатки технологии донной сейсморазведки. Передовой научный уровень компании определяется высококвалифицированным штатом ООО «Сейсмо-Шельф», включающим двух док-





Рис. 7

Проведение полевых работ с четырехкомпонентными сейсмическими донными станциями.

а – Научно-исследовательское судно «Геофизик»,  
б – донные станции на палубе

торов и пятерых кандидатов наук и работающим под руководством Научного наблюдательного Совета, возглавляемого членом-корреспондентом РАН Л.И. Лобковским. Использование отдельных самовсплывающих станций, известных еще по академическим проектам, реализовано на совершенно новом уровне, включающим следующие технологические элементы:

- наличием парка станций в сотни штук, технологий их расстановки и сбора, позволяющих осуществлять сейсмические наблюдения с высокой плотностью в относительно сжатые сроки;
- возможностью применения в широком диапазоне глубин, начиная от шельфа и заканчивая мелководьем и транзитными зонами;
- отказом от применения дорогостоящей специализированной техники для выполнения работ (специализированные суда-поставщики, подводные роботы), исполнение оборудования в контейнерном варианте;
- возможностью расстановки станций как в единичном варианте, так и в виде гирлянды;
- легкой адаптацией к рельефу дна, в том числе и в местах наличия подводной инфраструктуры.

Кроме донной самовсплывающей станции для получения непрерывных сейсмических данных по профилю «суша – транзитная зона – мелководье – шельф – арктические льды» ООО «Сейсмо-Шельф» разработало следующее сейсмическое оборудование (рис. 6.):

- сухопутная трехкомпонентная станция, пригодная для работ до глубин воды 10 метров;
- четырехкомпонентная донная сейсмическая станция второго поколения для работ в переходных зонах и на мелководье;
- плавающий сейсмический буй для выполнения отдельных зондирований в ледовых условиях.

Комплекс сейсмического оборудования ООО «Сейсмо-Шельф» пригоден для решения всех пяти основных задач донной сейсморазведки, перечисленных выше.

Разработанный и изготовленный комплекс донных сейсмических регистраторов уже начал использоваться при проведении полевых работ. В 2010 году были выполнены производственные 2D/4C МПВ-ГСЗ и опытно-методические 2D/4C МОВ-ОГТ работы в Баренцевом море в сотрудничестве с ОАО «МАГЭ» на борту НИС «Геофизик» (рис. 7).

Будут ли востребованы данные российские разработки или российскую донную сейсморазведку ждет та же участь эксплуатации западных технологий? Как было сказано выше, Россия уже практически потеряла свое технологическое присутствие на рынке современных сейсмических кабельных систем, как впрочем, и во многих других высокотехнологичных отраслях промышленности – автомобилестроении, производстве бытовой и компьютерной техники и т.д. В тоже время, в традиционных, исторически сложившихся видах деятельности, например, космических технологиях, вооружении мы еще сохраняем свой приоритет. По аналогии можно сказать, что производство оборудования для донной сейсморазведки – это своего рода российские космические технологии в геофизике. Мы были одной из первых стран, которые стали активно использовать донные станции для региональных исследований, и наша история богата проектами ИО РАН, ИФЗ РАН, Севморгео, МАГЭ и других организаций, которые до сих пор являются классикой геофизических исследований. Сейчас, по сути дела, у России остается последний шанс сохранить свое высокотехнологичное присутствие в этом сегменте рынка. Если за ближайшие

2-3 года российские технологии донной сейсморазведки не смогут выйти на международный уровень, то наша инженерно-техническая мысль будет обречена на освоение и штатное использование зарубежного оборудования. Если же эта негативная тенденция будет преодолена, то Россия сможет не только использовать на своем арктическом шельфе собственные технологии поиска, разведки морских месторождений углеводородов и мониторинга процесса их добычи, но и экспортировать их на зарубежные рынки.

#### Литература

1. Лаверов Н.П., Дмитриевский А.Н., Богоявленский В.И. Фундаментальные аспекты освоения нефтегазовых ресурсов арктического шельфа России. Арктика: экология и экономика. № 1, 2011.
2. Зверев С.М. ГСЗ на океанах за 30 лет экспедиций: методика и волновые поля. Физика Земли. 1999. № 7–8. С. 143–163.
3. Непрочнов Ю.П. Морские геофизические исследования в Академии наук. Океанология. 1999. том 39, № 5. С. 702-711.
4. Непрочнов Ю.П., Ганжа О.Ю., Ильин И.А. Методика обработки и интерпретации записей донных сейсмографов при глубинном сейсмическом зондировании в океане. Океанология.-2005. том 45, №3. С.458-467
5. Воронов М.А., Матвеев Ю.И., Рослов Ю.В. Технология морских работ ГСЗ с автономными донными сейсмическими станциями (АДСС) на примере опорных профилей AP-1, AP-2. Третьи геофизические чтения имени В.В.Федынского, 22-24 февраля, 2001 г. Москва, ГЕОН.
6. Roslov Yu.V., Sakoulina T.S., Pavlenkova N.I. Deep seismic investigations in the Barents and Kara Sea. Tectonophysics. – № 472 – 2009. P. 301-308.
7. Транзитные зоны акваторий России/Верба М.Л., Герман Е.В., Григоренко Ю.Н., и др. СПб.: «Недра», 2005.