

Техническое обеспечение морских геологоразведочных работ по освоению минеральных и энергетических ресурсов континентального шельфа и Мирового океана — современное состояние и перспективы



Геологоразведочные работы являются необходимой стадией процесса недропользования, от качества их проведения зависит будущее состояние сырьевой и энергетической базы России. Качество современной геологоразведки определяется состоянием технического и технологического обеспечения.

Освоение минеральных ресурсов недр Мирового океана и континентальных окраин требует совершенствования научно-технической базы, разработки новых методов и средств поиска, разведки и добычи полезных ископаемых.

Основными принципами технического перевооружения являются:

- выбор направлений технического перевооружения с учетом актуальности решаемых геологических задач и по государственным приоритетам;
- выбор экономически оправданного способа технического перевооружения - приобретение готовых зарубежных образцов, либо разработка силами отечественных производителей импортозамещающих технологий;
- внедрение новых технологий и стремление к рентабельному использованию судового транспорта;
- многоцелевое применение современных технических средств и научно-исследовательских судов за счет их модульного построения;
- концентрация на борту судна широкого комплекса технических средств, позволяющих получить максимум информации в рамках единого технологического процесса, и оптимальное комплексирование различных видов исследований с позиций их технической совместимости, т.е. создание судовых геологоразведочных комплексов целевого назначения;
- метрология и стандартизация всех технических средств и методик их применения.

В организациях МПР РФ накоплен большой опыт в создании технических средств и технологического обеспечения геологоразведочных работ на шельфе и в Мировом океане. Некоторые отечественные разработки не имеют аналогов за рубежом. В то же время, имеющиеся в настоящее время на вооружении в ведущих организациях МПР РФ технико-технологическое обеспечение устаревает, необходима его срочная модернизация. Для иллюстрации сказанного был проведен соответствующий анализ существующей техники и технологий по основным направлениям морских геологоразведочных работ, затрагивающих федеральные нужды.

- Морские сейсмические работы и сейсмические работы в транзитной зоне (в переходной зоне море-суша) — поиск и разведка углеводородов.
- Морские работы с донными станциями различного типа — региональные геофизические исследования.
- Дистанционные методы геофизических исследований — морская гравимагнитная съемка;
- Мониторинг состояния геологической среды континентального шельфа в местах техногенного воздействия, в том числе при разработке месторождений.
- Геологоразведочные работы в Мировом океане направленные на поиск и разведку твердых полезных ископаемых.



Морские сейсмические работы

Морские сейсмические работы выполняются в основном на лицензионных участках силами нефтегазодобывающих компаний. При этом, как правило, объемы исследований проводимых компаниями значительно превышают объемы работ, проводимых за федеральные средства.

В настоящее время на мировом рынке присутствует более 75 зарубежных судов, занятых в морской геологоразведке, отечественных — 12. Что касается российских геофизических фирм, все сейсмические суда оснащены, в основном, иностранной аппаратурой и оборудованием для производства морских работ 2D и 3D. Причем в России только два судна могут производить работы 3D с 4-мя косами и одно судно может работать с 2-мя косами. Для Российских шельфовых зон это явно недостаточно. Необходимо в кратчайший срок построить или переоборудовать как минимум два судна для работ 3D с 8-ю или хотя бы с 6-ю косами.

Сейсмические работы в транзитной зоне

Сейсмические работы в транзитной зоне являются относительно новым направлением (с 1999 года), требующим специального технического обеспечения. Большая часть исследований (примерно 75 %) проводится с использованием цифровых кабельных телеметрических систем, в которых разложенные по дну датчики сейсмосигнала кабелями соединяются с регистрирующей станцией. Однако с течением времени, все большее распространение получают радиотелеметрические системы, в которых связь датчиков с регистрирующей станцией осуществляется по радиоканалу. К настоящему моменту зарубежные компании-производители предлагают целый ряд радиотелеметрических систем нового поколения. Для работы в транзитной зоне ФГУНПП «Севморгео» использует радиотелеметрические системы «BOX» производства «Fairfield Industries», США. В качестве источника сейсмосигнала использует пневмоисточник «Bolt» («Bolt Technology Corporation», США).

К сожалению российская разработка телеметрической кабельной системы (ГНЦ «Южморгеология» и СО РАН), находится на уровне экспериментального образца и существенно уступает используемым радиотелеметрическим системам. Поэтому в настоящее время для выполнения сейсмических работ в транзитной зоне считается целесообразным использование зарубежной аппаратуры, поскольку в России пока нет достойных внедрения технических предпосылок для разработки отечественных комплексов (отсутствует надежный радиоканал).

Геолого-геофизические исследования с применением донных станций

Геолого-геофизические исследования с применением донных станций проводятся с целью построения морской части государственной сети опорных профилей. Эта задача — Федерального уровня. Ее решение обеспечивает получение представлений о перспективности регионов с точки зрения наличия полезных ископаемых и, в том числе углеводородных ресурсов.

Глубинное сейсмическое зондирование (КМПВ-ГСЗ)

На мировом рынке (в том числе и Российском) в настоящее время известно более десяти фирм, занимающихся разработкой донных сейсмических станций. В России создан и эксплуатируется аппаратно-методический комплекс «Граница-3К», интегрирующий оригинальные аппаратно-технические средства и программное обеспечение для проведения морских региональных наблюдений ГСЗ и последующей обработки и интерпретации полученных данных. Наблюдения обеспечиваются 4-компонентными автономными донными сейсмическими станциями (АДСС) с цифровой регистрацией.

Геолого-экологический мониторинг (мониторинг месторождений, прогноз сейсмических опасностей)

Последнее время бурно развиваются системы мониторинга эксплуатируемых месторождений на основе донных регистрирующих систем — кос или отдельных станций. При осуществлении мониторинга месторождений в процессе добычи компаниями «Sercel» и «Fairfield» разработаны донные станции ARMSS 4C и Z pod для доставки в точки зондирования. Для подъема этих станций используют управляемые подводные аппараты (ROV), что позволяет обеспечить требуемую точность привязки при исследованиях с высокой степенью детальности. Аналогичные российские разработки либо отсутствуют, либо находятся на стадии опытно-конструкторских работ в небольших тиражах.

Магнитотеллурическое зондирование

В настоящее время морские исследования с использованием электроразведочных методов находят все большее применение, в основном за рубежом. Такие фирмы, как Schlumberger имеют в своем арсенале самовсплывающие магнитотеллурические станции, позволяющие проводить наблюдения на глубинах до 6 000 м.

В 2005 году ФГУНПП «Севморгео» впервые в России в Печорском море были выполнены магнитотеллурические зондирования с самовсплывающими станциями в объеме 200 погонных км.

Актуальной задачей является создание нового поколения донных станций, включающих в себя сейсмический канал, электромагнитный канал и, в перспективе, канал измерения теплового потока для обеспечения проблем региональных работ, комплексных геофизических исследований на морских опорных профилях, с целью выявления перспективных на нефть и газ районов. Создание подобной станции резко повысит эффективность работ и снизит их стоимость.

Морская гравиметрия и гидромагнитная съемка.

Наиболее известные фирмы, разрабатывающие и серийно выпускающие **морские магнитометры** это GEOMETRICS, iXSea, Marine Magnetics и НПО «РУДГЕОФИЗИКА».

Если фирма GEOMETRICS находится на одном из первых мест по разработке и серийному выпуску новейших морских магнитометров, то НПО «РУДГЕОФИЗИКА» прекратило свое существование, а от нее образовалась фирма ОАО «ДАЛЬПРИБОР», которая продолжает традиции НПО «РУДГЕОФИЗИКА» и разрабатывает и выпускает современные морские магнитометры, но лишь малыми сериями.

Наиболее предпочтительными для проведения гидромагнитной съемки являются магнитометры G882, Magis, Sea Spy, КМДМ фирм GEOMETRICS, iXSea, Marine Magnetics, филиала ОАО «ДАЛЬПРИБОР» в Санкт-Петербурге, позволяющие выполнять все требования к проведению гидромагнитной съемки.

Стоимость зарубежных морских **гравиметров** фирмы LaCoste достигает миллиона долларов США, в то время, как стоимость хорошо себя зарекомендовавшего Российского гравиметра «Чекан» не превышает 200 тыс. евро. Гравиметры, выпускаемые в России, вполне удовлетворяют запросы отечественной морской гравиметрии.

Мониторинг состояния геологической среды континентального шельфа (ГСШ).

Основной задачей мониторинга ГСШ является оценка состояния и прогноза развития опасных эндогенных, экзогенных геологических и техногенных процессов в геологической среде шельфа, в частности:

Определение уровня и источников загрязнения донных отложений и придонных вод основными поллютантами.

Определение зон проявления опасных геодинамических процессов (оползни, выходы флюидов, современные тектонические движения).

Определение изменений инженерно-геологических свойств донных отложений под влиянием техногенных процессов.

Определение зон инфильтрации подземных вод и оценка их влияния на геологическую среду.

Оценка влияния разведки и эксплуатации морских месторождений и др. видов техногенной деятельности на состояние геологической среды.

В настоящее время вышеперечисленные задачи решаются с использованием отдельных технических средств, таких, как: пробоотборники, седиментационные ловушки, гидрохимические датчики и т.д. Наблюдения проводятся дискретно, в лучшем случае несколько раз в год на одних и тех же точках наблюдения, но с точностью, определяемой качеством навигационных средств. Подобная технология не обеспечивает непрерывности наблюдений, необходимую густоту сети пунктов мониторинга и нуждается в совершенствовании.

Для мониторинга геологических процессов на континентальном шельфе России в непрерывном режиме должна быть разработана и создана Глобальная система мониторинга состояния геологической среды континентального шельфа России. Её базой должны стать автономные донные геоэкологические станции, оснащённые геофизическими датчиками различного назначения, блоком сбора информации и устройством передачи ее на поверхность с дальнейшей трансляцией по спутниковой системе связи, станция оснащена системой самовсплытия.

Геологоразведочные работы в Мировом Океане.

Уже более 20 лет в России проводится разработка технических средств и технологий для производства геологоразведочных работ в Мировом океане. Основные направления работ — поиск и разведка месторождений твердых полезных ископаемых: железо-марганцевых конкреций (ЖМК), кобальто-марганцевых корок (КМК) и глубоководных полиметаллических сульфидов (ГПС).

Выбор технических средств для каждого этапа геологоразведочных работ: поиск, разведка, оценка запасов осуществляется исходя из требований к геологическому материалу на каждом этапе и, как правило, включает в себя различные средства съемки, пробоотбора и наблюдений.

Фактором, ограничивающим возможности приобретения зарубежной техники, является стремление максимально обеспечить себе технологическую независимость. Причиной этому служат три обстоятельства:

- классификация аппаратуры для глубоководных (более 1 км) исследований как техники двойного назначения и, в этой связи, существование эмбарго на ее поставки;
- существенный уровень рыночной стоимости разрешенных к продаже аппаратурно-технических средств, ввиду их уникальности;
- непрерывный прогресс в области разработки элементной базы, требующий постоянной модернизации и обновления технических средств, с периодом порядка 2-3 лет.

За это время в России были созданы и апробированы:

- глубоководный аппаратурно-методический комплекс «Рифт», предназначенный для проведения геологоразведочных работ на ГПС;
- глубоководные буровые установки, предназначенные для отбора проб ГПС на глубину до 6 метров при глубинах моря до 6 км;
- глубоководные буровые установки, предназначенные для отбора кернов кобальто-марганцевых корок длиной до 1м. при глубинах моря до 4 км;
- различные средства пробоотбора;
- инженерно-геологические установки (УГИ), предназначенные для измерения и регистрации физико-механических параметров донных осадков в естественном залегании на полях ЖМК в Мировом океане. Два поколения буксируемых аппаратов серии «Нептун» (цветная фото- и цветная полноформатная видеосъемка дна)
- Телеуправляемые аппараты РТ 4000, РТ 6000, РТМ 500 (осмотровые) и MRV 1000 (рабочего класса),
- Гидроакустическая навигационная система с ультра короткой и длиной базой серии АСМОД.

Все это оборудование активно использовалось при выполнении госзаказов и контрактных работ. Что касается российского уровня в развитии технико-технологического обеспечения задач поиска и разведки минеральных ресурсов на дне океана, то, благодаря усилиям ГНЦ ФГУПП «Южморгеология», ГФУНПП «Севморгео» и ФГУП «Техморгео», он пока соответствует мировому.

Вместе с тем, есть и тревожные моменты, касающиеся перспектив сохранения необходимого уровня технико-технологического обеспечения работ в Мировом океане. В частности, для успешного решения задач разведки Российского месторождения ЖМК, предусмотренных планом второго этапа контракта с МОД ООН, требуется применение нового поколения технических **средств картирования** и обследования дна, а также **систем подводной навигации**, которые в сравнении с предыдущими образцами должны отличаться более высокой информативностью, точностью и надежностью работы.

Закупка необходимого оборудования для глубоководных исследований за рубежом практически невозможна и, если Россия предполагает удерживать позиции в части раздела минеральных ресурсов Международного района

Мирового Океана, то создание соответствующей отечественной конкурентоспособной технико-технологической базы морских глубоководных геологоразведочных работ представляется необходимой и неизбежной.

Отсюда вытекают первоочередные предложения по созданию и развитию судовых аппаратурно-методических комплексов, специализированных на задачи поиска и разведки таких ТПИ на дне океана, как ЖМК, ГПС и КМК:

Глубоководный буровой роботизированный технологический комплекс донного базирования с глубиной бурения до 30 метров для бурения скважины диаметром 95 мм с отбором проб (кернов) твердых донных пород при глубине моря до 4000 м. (Обеспечение разведки ГПС);

Глубоководный роботизированный технологический комплекс (ГБУ-1/8-4000) донного базирования с электропитанием и телеуправлением по грузонесущему кабелю с борта судна. Комплекс предназначен для бурения нескольких скважин за одно погружение (до 8) диаметром 112 мм на глубину до 1 м с отбором проб (кернов) твердых донных пород при глубине моря до 4000 м. Комплекс оснащен многокамерной подводной системой телевизионного контроля для наблюдения дна в режиме реального времени при выборе места постановки и перестановки подводной части комплекса, а также для контроля рабочего процесса действия рабочих органов и систем. (Обеспечение разведки КМК);

Роботизированный донный технологический комплекс для опытной добычи ТПИ — твердых полезных ископаемых (ЖМК, КМК);

Установка бороздowego опробования (УБО-4/5000) с кассетным накопителем, с телеуправлением и питанием по грузонесущему трос-кабелю с борта судна, для получения бороздовой пробы КМК в горном рельефе дна Мирового океана. УБ обеспечит отбор бороздовой пробы на рудном проявлении КМК по линии, получение до 6 кассетных проб из борозды протяженностью 4м, позволит пройти через всё рудное поле с шагом, необходимым для получения данных об изменчивости состава руды на объекте геологоразведочных исследований;

Многочелюстной грейферный пробоотборник (ДГ-М-6000) с активным теленаведением для работ на глубинах до 6000 м, с гидравлическим приводом, телерегистрацией дна и двумя реверсивными винтовыми группами для прицельного наведения и захвата объекта исследований. Предназначен для отбора проб скальных пород, а также для захвата и наведения на интересующий объект весом до двух тонн объемом до двух кубометров на глубинах до 6000м.(ГПС)

Глубоководный автоматизированный буксируемый на кабель-тросе фототелевизионный комплекс универсального назначения, обеспечивающий как наблюдение и телефотопрофилирование на удалениях от дна до 15 м.с площадью захвата до 225 м.кв., так и высокоразрешающую фотосъемку мелких объектов на малых удалениях, оснащенный системой мощного освещения, системой передачи данных на обеспечивающее судно и системой управления теле и фотокамерами.

Глубоководный необитаемый буксируемый аппаратурно-методический комплекс (Рифт 3М), обеспечивающий профильные измерения гидрохимических параметров (рН, рNa, рS, Eh), естественного электрического поля, естественного магнитного поля; обнаружение и локализация источников аномалий указанных параметров (в частности, рудопоявлений полиметаллических сульфидов); детальное изучение рельефа морского дна (применение гидролокатора бокового обзора и сейсмопрофилографа); дистанционное изучение электрического сопротивления донных пород на глубину не менее 15 м; построение трехмерных моделей залежей полиметаллических сульфидов.

Глубоководная телеуправляемая зондирующая установка (УГЗ-6/4000) с электропитанием и управлением с борта обеспечивающего судна для исследования физических, инженерно-геологических свойств донных осадков в местах их залегания при глубине моря 6000 м с глубиной зондирования до 6 м с измерениями лобового сопротивления, сопротивления срезу и других физико-механических свойств.

Навигационно-гидрографическое обеспечение морских геологоразведочных работ.

В настоящее время основными средствами навигационного обеспечения являются спутниковые навигационные системы (СНС) и гидроакустические навигационные системы (ГАНС).

Спутниковые навигационные системы в океане обеспечивают точность порядка 10-15м. Повышение их точности до единиц метров обеспечивается с помощью дифференциальных систем, а повышение надежности — полномасштабное развертывание отечественной системы ГЛОНАСС. СНС используются на всех стадиях морских работ как для определения местоположения обеспечивающего судна, так и для определения координат заглубляемых объектов, например для определения координат донных сейсмических станций на малых глубинах в транзитной зоне. При проведении сейсмических исследований спутниковые приемники могут устанавливаться на отдельных участках буксируемой сейсмокоды, а координаты каждого приемника передаются на судно по радиомодему.

В настоящее время выпускаются единицы типов отечественных приемников СНС, в то время как, за рубежом выпускаются сотни различных типов приемников.

Гидроакустические навигационные системы незаменимы при проведении глубоководных исследований для определения координат пробоотборников, буровых станков, буксируемых и автономных подводных аппаратов и др.

К настоящему времени существующие классические гидроакустические навигационные системы с длинной базой (LBL), короткой базой (SBL), сверхкороткой базой (USBL) и методики их применения не всегда удовлетворяют возросшим требованиям в отношении их дальности действия, точности и экономической эффективности.

За последнее десятилетие в России не разработано ни одной новой гидроакустической навигационной системы, а ГАНС «Сигма» стремительно морально и физически стареет. В то же время, за рубежом классические гидроакустические навигационные системы получили свое дальнейшее развитие. В настоящее время в ФГУНПП «Севморгео» начата работа по созданию современной мобильной гидроакустической навигационной системы, обладающей высокой точностью определения координат подводного объекта с использованием GIB — технологий.

Вопрос точного судовождения при выполнении морских геологоразведочных работ на судах МПР России успешно решается автоматической системой управления движением судна АСУД «МОРЕХОД», созданной ФГУПНН «Севморгео». Эта система решает задачу автоматического удержания судна на профиле и позиционирования в заданной точке, обеспечивая заданную требуемую точность, при этом исключается человеческий фактор в обеспечении качества судовождения.

В целом, можно говорить о серьезном отставании отрасли от мирового уровня технической оснащенности, используемых технологий и масштабов выполняемых исследований и работ. Необходимо продолжить НИОКР по следующим разработкам в области навигационно-гидрографического обеспечения:

Мобильная гидроакустическая навигационная система с использованием свободноплавающих по поверхности моря буев на базе GIB-технологии для определения текущих координат глубоководных технических средств и геологических объектов с точностью до 5 м. при глубине моря до 6 000 м. на акватории с любым рельефом дна. Содержит систему плавающих буев с телеметрическими каналами передачи на судно собственных спутниковых координат и наклонных дальностей до акустического излучателя, размещенного на подводном объекте.

Автоматическая система управления движением судна, обеспечивающая стабилизацию судна в заданной точке с помощью выдвижных поворотных колонок, а также удержание судна на траектории, заданной отрезками прямых и окружностями с допустимыми радиусами, с помощью руля.

Продолжение многолетних исследований в Мировом океане и континентальном шельфе требует переоснащения технико-технологического обеспечения морских геологоразведочных работ на базе внедрения современных зарубежных технических средств и технологий, а также внедрения собственных разработок, что диктует необходимость проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по созданию технико-технологических комплексов освоения ресурсов шельфа и Мирового океана.