

КОМПЛЕКСНОЕ
ПРИМЕНЕНИЕ
ГЕОЛОГИЧЕСКИХ
МЕТОДОВ
ИССЛЕДОВАНИЯ
МОРСКОГО ДНА



Южно-Сахалинск
1978

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР
САХАЛИНСКИЙ КОМПЛЕКСНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ

551.35+550.8

КОМПЛЕКСНОЕ ПРИМЕНЕНИЕ
ГЕОЛОГИЧЕСКИХ МЕТОДОВ
ИССЛЕДОВАНИЯ МОРСКОГО ДНА

2758

ЮЖНО-САХАЛИНСК
1978



УДК 551.35 : 550.8.012

Материалы сборника состоят из двух частей: морские и лабораторные исследования.

В первой части сборника рассматриваются вопросы применения методов подводных геологических исследований с помощью легководолазного комплекса и обитаемых аппаратов, глубоководного драгирования (до глубин 9300 м), отбора керна грунта новыми моделями буровых установок, геолокации бокового обзора в геологическом картировании.

Вторая часть содержит материалы исследований морских осадков путем спектрального и люминесцентного анализов, данные статистической обработки палеонтологической коллекции; описываются некоторые особенности интерпретации эхограмм при изучении рельефа дна, приводится новая система перфокартного кодирования геолого-геофизической информации при изучении морских осадков.

Ответственный редактор к. г.-м. н. О. С. Корнев
Ответственный секретарь Г. Н. Шереметьева

Издано по решению ученого совета Сахалинского комплексного научно-исследовательского института Дальневосточного научного центра АН СССР

ПРЕДИСЛОВИЕ

Большой и быстрорастущий интерес к минеральным богатствам морского дна вызывает потребность в интенсивном развитии морских геологических и геофизических исследований. При этом объем геофизических работ значительно преобладает, что объясняется их большей мобильностью и сравнительно меньшей трудоемкостью на рекогносцировочной стадии исследования региона. Однако для более глубокого и детального изучения геологии морского дна, равно как и суши, необходимы результаты комплекса геологических методов исследования. Без геологической информации пока не представляется возможным однозначно интерпретировать накопившийся и систематически растущий геофизический материал.

Таким образом, возникает необходимость скорейшего развития и широкого применения геологических методов исследования морского дна.

В настоящем сборнике помещены материалы целого ряда методов исследования, которые применяются при изучении геологического строения морского дна. Первая часть сборника посвящена морским методам исследования, вторая — лабораторным.

Подводное геологическое картирование в легководолазном комплексе рассматривается как способ эффективного исследования прибрежной части морского дна, особенно при современном интенсивном освоении морских побережий. Большое значение в морской геологии придается подводным исследованиям с помощью обитаемых глубоководных аппаратов. Геологическое драгирование — простой и мобильный метод исследования — эффективно может быть использован в массовом масштабе при изучении склонов и днища глубоководных желобов. Математические обоснования ряда рабочих параметров глубоководного драгирования облегчают его постановку.

Предлагается новая, но уже испытанная модель виброударной установки для отбора колонок грунта. Она имеет более высокие эксплуатационные качества по сравнению с существующими вибропоршневыми конструкциями подобного назначения. Для увеличения длины колонки грунта и представительности кернового материала предлагается метод посекционного отбора кассетой буровых труб.

Геолокация бокового обзора делает первые шаги в деле исследования геологии морского дна. Но полученные результаты работ уже говорят о большой перспективе этого метода в исследовании рельефа морского дна и его геологическом картировании. Наибольшая эффективность в изучении морского дна видится в возможно полном комплексировании геологических и геофизических методов, в возможно полном геологическом обеспечении геофизических исследований. Геофизи-

ческие методы при изучении геологии морского дна рассматриваются как средство сокращения объема трудоемких геологических работ.

Правильность представления о геологическом строении региона во многом зависит от того, как выполнен анализ полевых материалов.

Вопросам лабораторных исследований посвящена вторая часть сборника. Описан опыт исследования морских осадков различными методами. Применение люминесцентного анализа осадков рассматривается как метод обнаружения битумоидных аномалий (возможный индикатор нефтегазовых месторождений). Статистический анализ палеонтологических признаков используется как прием, обеспечивающий более уверенное определение ископаемых форм в осадках.

При изучении рельефа морского дна по материалам эхолотирования существует целый ряд особенностей интерпретации. В этой связи рассматривается способ учета явлений акустического сноса и дифракции, который избавляет нас при интерпретации эхограмм от значительных ошибок.

Исходя из технических характеристик и геологической эффективности методов, предлагается схема возможно полного комплексирования методов.

Интенсивно растущий объем информации по вопросам геологического строения морского дна рождает проблему хранения и рационального использования этой информации. С этой точки зрения предлагается новая система перфокартного кодирования геолого-геофизических данных в изучении морских осадков. В отличие от известных систем она охватывает и систематизирует более широкий круг информации.

Авторы сознают, что круг вопросов по методам геологических исследований морского дна, затронутых в статьях сборника, далеко не исчерпывает всех проблем этой тематики, и надеются, что настоящий сборник явится началом систематического обмена подобной информацией на страницах изданий ДВНЦ АН СССР.

ПОДВОДНОЕ ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ КАРТИРОВАНИЕ МЕЛКОВОДЬЯ В ЛЕГКОВОДОЛАЗНОМ СНАРЯЖЕНИИ

О. С. Корнев

Внимание специалистов все больше привлекают вопросы геологического строения морского дна и особенно его мелководья¹. Оно осваивается наиболее интенсивно — проводятся поиски и добыча нефти и газа, черных, редких и благородных металлов, алмазов, залежей строительных материалов; при этом возводятся различные гидротехнические сооружения.

Малые глубины, сложный рельеф дна и сложная гидродинамическая обстановка мелководий ограничивают использование существующего арсенала методов, применяемых обычно с судов, и вызывают необходимость исследования подводных объектов непосредственно человеком.

В течение ряда лет (1968—1974 гг.) автором проводились опытно-методические работы по комплексной геологической съемке шельфа, где метод подводного геологического картирования играл одну из ведущих ролей (Корнев, 1963). В результате была разработана методика подводного геологического картирования с помощью легководолазного снаряжения; впоследствии она использовалась в постановке производственных работ.

Подводные геологические и геоморфологические наблюдения в легководолажном снаряжении в прибрежной зоне шельфа проводились и ранее (Зенкович, 1940; Петров, 1975; Каплин, Ионин, 1960; Буданов, 1964; Ионин и др., 1965; Гурьев и др., 1968; Леонтьев, Мякокин, 1969; Иванов, Беляев, 1969; Menard et al., 1954; Dangeard et al., 1969). Однако в публикациях, посвященных этим работам, обычно рассматривались только результаты исследований; информация же о технике и методике работ занимала незначительный объем и не могла служить основой для постановки геологического картирования.

С учетом этого пробела наши работы нацелены на создание методики подводного геологического картирования с использованием простых технических средств, выпускаемых серийно нашей промышленностью (их можно изготовить и в специальных мастерских). При этом цикл рабочих легководолазных погружений должен происходить в режиме частичного насыщения, чтобы исключить необходимость систематической декомпрессии подводных исследователей. В основу техники безопасности подводных работ, профилактики и эксплуатации подводного снаряжения, а также организации погружений положены «Единые правила труда на водолазных работах» (1965).

Рабочая группа. Состав и численность ее определяют ус-

¹ Под мелководьем нами понимается глубина до 30—40 м.

ловиями работы, но в любом случае минимум составляют 4 человека, трое из которых должны иметь навыки работы под водой. Как и в сухопутном геологическом картировании, ведущим специалистом группы является геолог. Кроме этого, в нее могут входить гидрограф, геофизик-оператор, подсобный рабочий. В зависимости от необходимости и возможности состав может меняться во всех вариантах, но, как мы уже говорили, с обязательным присутствием геолога. Например, если подводных геофизических измерений нет, минимальную съемочную группу можно составить из двух геологов, гидрографа и рабочего или из трех геологов и гидрографа и т. д. Но группа из четырех человек, выполняя подводные маршруты, непрерывно работать в течение рабочего дня не сможет; после каждого маршрута работавшим под водой необходим систематический отдых. Поэтому для непрерывной работы на акватории с глубинами не более 20 м минимальная численность группы должна составить 6 человек: геолог (2), техник-оператор (2), гидрограф (1), подсобный рабочий (1). Первые (4), образуя две маршрутные пары, должны иметь водолазную квалификацию.

Средства легководолазного комплекса. В основе легководолазного снаряжения, обеспечивающего эффективную работу под водой, следует использовать отечественные акваланги АВМ-1, АВМ-1М, АВМ-3, АВМ-7, АВМ-8, «Украина-2». Среди них наиболее удобными представляются АВМ-1 и АВМ-1М. Они снабжены выносным показателем минимального давления, дающим возможность систематического контроля за расходом воздуха в процессе работы под водой. Другие аппараты такого приспособления не имеют, поэтому ими следует пользоваться при подводных работах на глубинах не более 10 м. На больших глубинах можно эксплуатировать и АВМ-3, но при условии постоянного взаимоконтроля.

В условиях работы при низкой температуре или при долгом пребывании под водой с нормальной температурой необходимо пользоваться гидрокостюмами проницаемого и непроницаемого типа марок «Нептун» и «Садко-2». В проницаемых костюмах значительно удобнее, чем в непроницаемых, — менее скованы движения, исключено явление обжима тела тканью костюма, уменьшается случайное баротравмы уха, к тому же случайный порыв ткани проницаемого гидрокостюма не влечет за собой нежелательных последствий.

Зарядка аквалангов возможна различными типами стационарных (ЭК-200; ВК-25-Д1; 1-ВУ-В-45/150) и переносных (ПЗУС-2, 1ЭКВ-1, 17/200, 1МКВ-0, 17/200) компрессоров высокого давления, которым придается соответствующее устройство очистки воздуха от воды, масла и вредных газов-примесей (Буленков и др., 1968).

Погружения и сопровождение подводных маршрутов проводятся со шлюпок или маломерных катеров с предохранительной насадкой на гребном винте и съёмным водолазным трапом. В качестве обеспечивающего средства гребного типа хорошо себя зарекомендовала шлюпка ЯЛ-4. Естественно, что комплекс оборудования (компрессор, воздухофильтры, запасное легководолазное снаряжение, средства профилактики и контроля и т. п.) наиболее рационально базировать на водолазном боте. Однако при обработке отдельных разобщенных участков прибрежного шельфа с хорошими подъездными путями может быть использована самоходная водолазная станция ПРС-В (например, автоташсы ЗИЛ-131). В этом случае на каждом участке работ необходима специально доставленная шлюпка обеспечения.

Геологическое снаряжение. Как и в сухопутных маршрутах, в подводных исследованиях геолог должен иметь средства ориентировки в пространстве, средства отбора образцов горных пород и воды и принадлежности для регистрации результатов наблюдений. Желательно иметь универсальное снаряжение: оно сократило бы количество предметов снаряжения и облегчило подводный маршрут.

Одним из универсальных и основных предметов геологического снаряжения является акваплан геолога (рис. 1). Это прибор, совмещающий в себе компас, гидродинамический лаг, глубиномер, инклинометр, мерную линейку, мерную сетку и средство записи информации. Все это смонтировано на одной текстолитовой панели. Наиболее важная часть акваплана — компас. Вместо компаса переднего обзора типа «КИ», выпускаемого авиационной промышленностью, которым обычно пользуются спортсмены-подводники, нами был предложен компас² переднего верхнего обзора. Картушка этого компаса смонтирована на кардане и заключена в водонепроницаемый корпус с прозрачной полусферой. В этот же корпус встроены инклинометр.

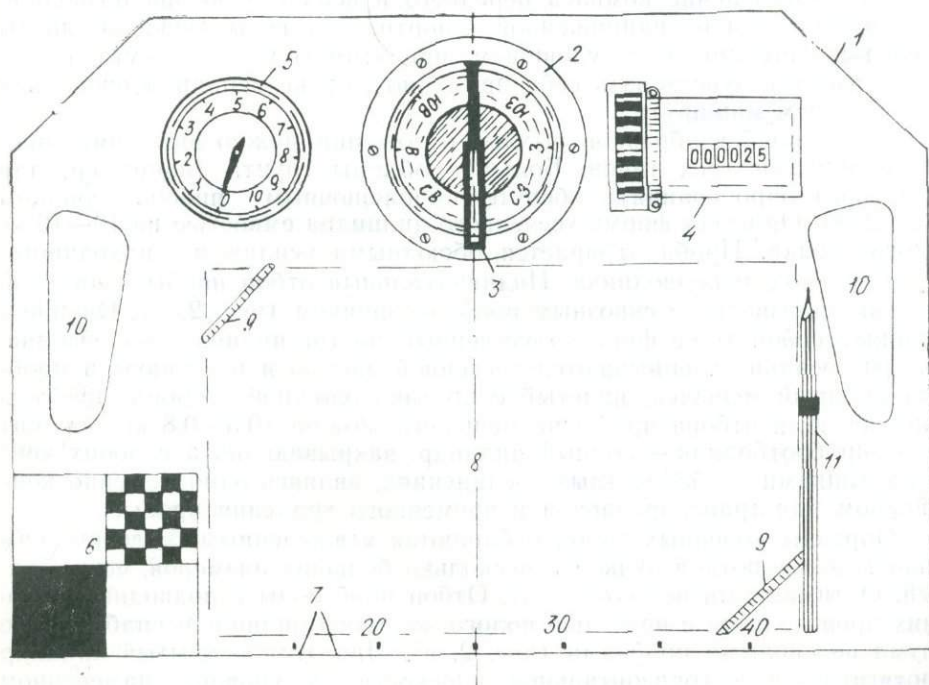


Рис. 1. Акваплан геолога: 1 — панель акваплана; 2 — прозрачная полусфера компаса, через которую видны картушка компаса и шкала инклинометра (в разработке компаса и лага принимал участие Б. И. Татаринов); 3 — шкала инклинометра; 4 — гидромеханический лаг; 5 — глубиномер; 6 — мерная сетка с 5-сантиметровой и сантиметровой разграфкой для определения размеров гальки и щебня; 7 — 5-сантиметровая разбивка полуметровой линейки акваплана; 8 — место для записи информации; 9 — пружины для крепления пластмассовых пластинок для дополнительной записи; 10 — сквозные проемы-рукоятки; 11 — карандаш с графитовым грифелем в резиновом держателе (в маршруте карандаш обычно привязывается капроновой нитью к панели акваплана)

² Имеются рабочие чертежи этого компаса.

Гидромеханический лаг состоит из крыльчатки и счетчика, смонтированного в корпусе из оргстекла. Регулировка шага крыльчатки при тарировке лага производится заслонкой, изменяющей сечение канала водной струи, поступающей на крыльчатку в процессе движения. Корпусы компаса и лага заполняются веретенным маслом (можно использовать смесь спирта с глицерином, трансформаторное масло, автол и др.) и снабжаются простейшим компенсатором давления. Компенсатор разгружает корпус от действия изменяющихся внешнего и внутреннего давлений.

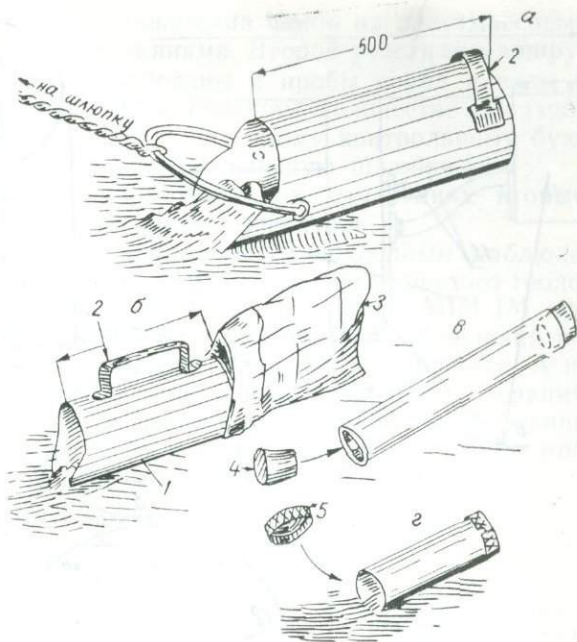
Таким образом, универсальный акваплан геолога дает возможность держать заданный курс при подводных исследованиях, измерять пройденное расстояние, определять элементы залегания горных пород и ориентировку форм рельефа, определять мощность слоев пород, размеры отдельных обломков, размеры текстурных элементов пород и микроформ рельефа дна, производить запись сделанных наблюдений. Кроме этого, сама панель акваплана играет роль стабилизатора, или руля глубины, при движении по маршруту. Нужно заметить, что применение компаса переднего и верхнего обзора позволило избавить геолога от напряженной «спортивной» позы (руки вытянуты вперед в одну линию с туловищем, при этом голова отогнута до отказа назад) и чувствовать себя примерно так же непринужденно, как в сухопутном маршруте.

Отбор проб и образцов рыхлых отложений можно выполнять пробоотборниками трех типов. Большие объемы грунта (например, для шлюхового опробования) берутся шлюпочным пробоотборником (рис. 2, а). Он имеет форму усеченного цилиндра емкостью на 10—12 кг сухого осадка. Проба отбирается обоюдными усилиями — находящимися на шлюпке и подводника. Индивидуальный отбор пробы величиной 1—3 кг производится сквозным пробоотборником (рис. 2, б). Он представляет собой тоже фигурно усеченный полый цилиндр, но без дна. Рыхлые осадки зачерпываются усеченной частью и поступают в пробный сменный мешочек, надетый с противоположной стороны пробоотборника. Для отбора проб еще меньшего объема (0,5—0,8 кг) служит пенал-пробоотборник — полный цилиндр, закрывающийся с обоих концов крышками на байонетных соединениях, являясь одновременно контейнером для транспортировки и временного хранения пробы.

Образцы коренных пород отбираются утяжеленным геологическим молотком с короткой ручкой и несколько больших размеров, чем обычный. Оптимальный вес его 3,5 кг. Отбор проб воды в подводных условиях производится с помощью полого жесткого цилиндра, снабженного двумя резиновыми пробками (рис. 2, в). При этом открытый цилиндр протягивается в горизонтальной плоскости на уровне, намеченном для опробования, и закрывается пробками. Подводное опробование дает возможность составить очень подробный гидрологический разрез придонного слоя воды и детально откартировать выходы подземных и грунтовых вод на морском дне.

В подводных геологических исследованиях ценную информацию можно получить с помощью фото- и киносъемки. Однако часто эффективность их невысока, что связано с трудностями герметизации аппаратуры, с освещенностью объекта исследований и прозрачностью воды. Научно-технической литературы по подводной киносъемке и подводному фотографированию (Рогов, 1965) достаточно много, поэтому нет необходимости рассматривать этот вопрос более детально.

Рис. 2. Средства отбора проб рыхлых осадков и воды: а — совок-дночерпатель; б — сквозной пробоотборник; в — цилиндр для отбора проб воды; г — пинал-пробоотборник с крышками на байонетном соединении; 1 — корпус пробоотборника, 2 — рукоятка для аквалангиста, 3 — пробный съемный мешочек; 4 — металлическая крышка с вырезами для байонетного соединения; 5 — резиновая пробка



При подводных исследованиях часто возникает необходимость фиксировать точки наблюдения на акватории, что можно выполнить с помощью гантельных буйв. Буй сваривается из двух рыбацких шарообразных металлических кухтылей в виде спортивной гантели. На перекладину между кухтылями наматывается тонкий буйреп длиной чуть больше, чем максимальная глубина участка съемки; к наружному концу крепится груз-якорь. Буй маркируется номером, а длина буйрепа наносится в метрах. Фиксирование точки наблюдения производится как на станции, так и на ходу судна путем сброса гантельного буйа за борт, где буйреп разматывается и буй становится на якорь.

В качестве геологического снаряжения в подводных исследованиях используется также контрольный буй, который постоянно буксируется на тонком фале каждым из участников погружения. С помощью контрольного буйа аквалангист подает обеспечивающим на шлюпке сигналы: о положении точки фиксированного наблюдения (для ее привязки), о необходимости подачи инструмента со шлюпки, а также о полье проб на шлюпку.

Как известно, в сухопутных геологических маршрутах нашли широкое применение измерения естественной радиоактивности и магнитной восприимчивости пород. Не представляет особого труда проводить эти исследования и под водой. Нами была предложена погружная схема герметизации серийных портативных приборов СРП-2 и ИМВ-2 (рис. 3), получившая название «Карад» (Корнев, Детков, 1974). Схемы этих приборов механически совмещены и заключены в корпус из нержавеющей стали. В основе герметизации использованы резиновые трубки и сальники. Вес прибора в водонепроницаемом корпусе с электропитанием (батарея 11,5-ПМЦ, Г-У-1,3) около 2,5 кг. Конструкция испытана до глубины 20 м; она транспортабельна и удобна в обращении.

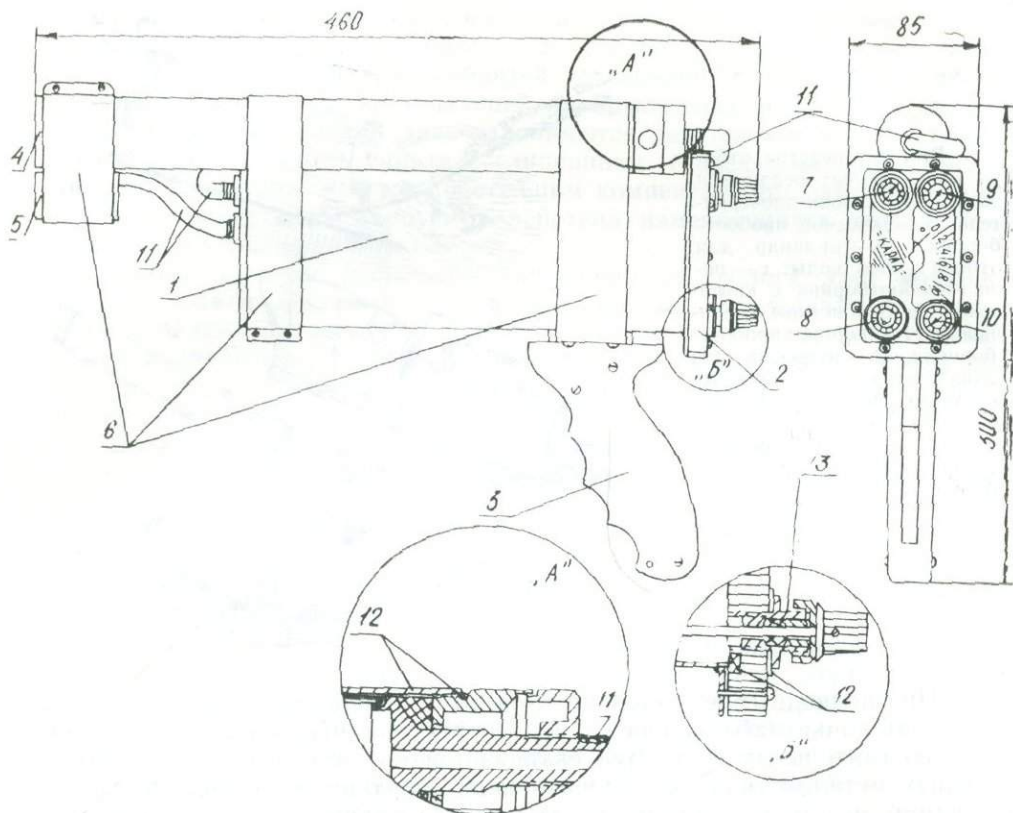


Рис. 3. Общий вид прибора «Карад» и схема его герметизации (разработаны О. С. Корневым, В. И. Прохоровым, Я. Е. Ячником): 1 — корпус прибора из нержавеющей стали; 2 — крышка из оргстекла; 3 — рукоятка пластмассовая; 4 — датчик СРП-2 стандартный в алюминиевой гильзе, 5 — датчик типа ИМВ-2, залитый эпоксидной смолой; 6 — бандаж дюралевый; 7 — ручка диапазонов измерения капнометра; 8 — ручка установки «О» капнометра; 9 — ручка диапазонов измерений радиометра; 10 — ручка включения прибора; 11 — резиновый шланг для герметизации электровыводов; 12 — прокладки резиновые; 13 — салыник второпластовый

Методика исследований. При выборе методики работ следует исходить из требований, предъявляемых к геологическому картированию суши: проложение линий наблюдения вкрест простирания основных геологических структур, равномерное распределение точек наблюдений и комплексность наблюдений. Поэтому основной формой исследования должны быть геологические маршруты, ориентированные по возможности вкрест простирания региональных элементов тектоники и рельефа. Маршруты можно выполнять в трех вариантах: с непрерывными наблюдениями, с «точечными» наблюдениями и комбинированные.

Маршруты первого типа проводятся двумя подводными исследователями, среди которых ведущим является геолог. Используя подводный универсальный акваплан, он прокладывает маршрут по заранее намеченному курсу, выполняет наблюдения за характером рельефа, определяет размеры и ориентировку его форм, выполняет диагностику коренных пород, измеряет их элементы залегания. Результаты наблю-

дений записываются на панели акваплана либо на пластмассовые пластины, крепящиеся на панели пружинами. Второй участник маршрута по указанию геолога отбирает образцы и пробы пород и воды и осуществляет их транспортировку. При большом количестве образцов и проб последние привязываются к притопленному контрольному бую; буй всплывает, его разгружают в обеспечивающую шлюпку.

При радиометрических и капнометрических измерениях вторым из маршрутной пары назначают геофизика-оператора.

Систематические маршруты с непрерывным подводным наблюдением — довольно трудоемкая работа. Даже в условиях простого геологического строения с полной зарядкой одного аппарата АВМ-1М при средней глубине моря 8 м с фиксированными точками наблюдений через 100 м удается пройти всего лишь 500—600 пог. м маршрута. А на погонный километр маршрута со всеми вспомогательными операциями затрачивается около 2 ч. На прибрежных участках исследований, с глубинами моря от 0 до 40—50 м, при одной зарядке акваплана протяженность маршрутов в 2—3 раза меньше (см. таблицу).

Средние значения рабочих параметров подводных геологических маршрутов

Общ. колич. маршру.	Средние значения по маршруту					
	длина, м	макс. сред. глуб.	колич. чел. в маршрут.	колич. чел. обеспеч.	колич. точек наблюд.	затраты времени, мин.
1. 66	173	32,4	1,75	3,8	5,3	30,8
2. Неск. десят.	389	20,5	2,0	2,5	9,38	44,7

Примечание. 1 — серия маршрутов, выполненных в прибрежной зоне шельфа с приглубым берегом на глубинах от 0 до 50—55 м; 2 — серия маршрутов, выполненных на шельфе с ровным дном и максимальными глубинами, достигающими 28 м. Дробное число участников съемочной группы связано с изменением состава группы в разных маршрутах.

Маршруты с «точечными» подводными наблюдениями выполняются со шлюпки. Намеченное направление выдерживается по компасу, а заданные интервалы определяются шлюпочным лагом. В точке наблюдения шлюпка ставится на якорь. Погружается, как правило, один исследователь, выполняющий операции, аналогичные операциям при непрерывных наблюдениях. Для отбора проб грунта применяется донно-шлюпочный пробоотборник, который задавливается в грунт подводником, затем частично драгируется со шлюпки и поднимается на поверхность обеспечивающим. Местоположение точек наблюдения определяется их привязкой к ориентирам берега.

Способ ведения геологических маршрутов путем точечных наблюдений исключает ряд затруднений предыдущего способа. Он более мобилен и имеет большую производительность.

Цикл одного наблюдения при средней глубине 8,5 м без гидрокостюма составил 2,5 мин; с использованием гидрокостюма при средней глубине 7 м длительность этого цикла увеличивается вдвое. На 1 пог. км маршрута (8 точек наблюдения) без применения гидрокостюма уходит около 30 мин, 1/3 времени расходуется на собственное погружение.

Опыт показывает, что подводные маршруты с непрерывным наблю-

днем наиболее рациональны в зоне развития обнажений коренных пород, где, как правило, наиболее сложное геологическое строение. В области же широкого развития донных осадков, обычно представленных однообразными песками, илами и т. п., на непрерывные маршруты затрачивается заметно больше времени по сравнению с периодическими погружениями без заметного увеличения геологической эффективности. На этой основе была применена комбинированная методика съемки. В этом случае маршруты с непрерывным наблюдением в подавляющем большинстве следуют через часть шельфа, характеризующуюся сложной геологией и рельефом. По выходе из этой зоны в область широкого развития донных осадков непрерывные наблюдения по маршруту сменяются периодическими. Отдельные же рекогносцировочные или контрольные маршруты с непрерывным наблюдением проводятся через всю исследуемую площадь.

В настоящее время пока очень мало данных, чтобы ввести средние значения затрат времени на выполнение маршрутной съемки для всего спектра многообразных условий и работ различного масштаба. Можно лишь дать характеристику производительности работ на отдельных участках шельфа с простым геологическим строением и различными батиметрическими условиями.

Из таблицы видно, что затраты времени на подводные маршруты резко возрастают с увеличением рабочей глубины; это объясняется повышением расхода воздуха с глубиной, особенно при движении аквалангиста. Следовательно, чем больше рабочая глубина картирования, тем меньший объем исследований будет сделан. Причем резкий скачок производительности труда будет при переходе за 20-метровый рубеж, где по условиям техники безопасности (Единые правила, 1965) можно сделать только один маршрут в день.

Плановая привязка. Большое значение во всяких геологических исследованиях, а особенно при геокартировании, имеет плановая привязка маршрутов и отдельных точек исследования геологических объектов. В подводном картировании, в зависимости от масштаба работ и наличия технических средств, можно использовать несколько методов плановой привязки.

Подводнонавигационная привязка применяется при прокладке подводных маршрутов без использования каких-либо наземных геодезических средств. Выполняется она комплексом приборов (компас, механический лаг, глубиномер), которыми в процессе маршрута определяются его азимут, протяженность (расстояние между точками наблюдений) и глубина. Когда движение по маршруту осложняется остановками и отклонениями от линии пути, для геологических наблюдений и взятия пробы на трассе маршрута остается либо один из подводников, либо оставляется заметный предмет (камень, пробоотборник и т. п.); это помогает вернуться в точку прерванного маршрута. Точность привязки таким способом при выполнении коротких маршрутов достаточно высока — отклонения от конечной точки маршрута составляют несколько процентов, но не превышают 5—8.

Метод обратных засечек по ориентирам берега с помощью секстанта применяется при привязке маршрутов с точечными погружениями, а также при определении местоположения обеспечивающей шлюпки в месте всплытия и в месте погружения в маршрутах с непрерывными наблюдениями.

Плановая привязка с разбивкой полигона проводится

ся в случае необходимости неоднократного исследования дна по одним и тем же маршрутам и выполняется в два этапа — подготовительный и рабочий. В первый этап маршруты полигона разбиваются шлюпочной плавмагистралью: по заданной линии разбрасываются гантельные буй через заданные интервалы с помощью буксируемого плавучего мерного кабеля, у которого на свободном конце крепится индуктивный датчик электросигнальной сети. Буй накоротко связан с кабелем свободно скользящим кольцом; после того как он будет выброшен за борт на ходу судна, кабель, продолжая двигаться, проходит через кольцо весы. В момент прохождения через кольцо датчика индуцируется ЭДС и на шлюпку поступает сигнал. «отсекая» пройденное расстояние, равное длине кабеля; тут же за борт бросают другой буй, прикрепленный за следующее кольцо. Этот способ разбивки похож на определение дистанции подрыва заряда на судне-сейсмостанции (Гагельганц, Коган, 1965). Между буйами маршрут прокладывается подводнонавигационным способом. Каждый буй стоит на якоре и имеет номер.

Радиогеодезический способ привязки очень удобен при отсутствии или малом количестве ориентиров на берегу, а также в случае работ, требующих большой точности. В комплексе радиогеодезической системы входят два радиодальномера типа «Теллурометр» и один теодолит (Глумов, 1970). Привязка осуществляется по станции — в точке погружения (всплытия) — или по сигналу участников маршрута — над точкой подводного наблюдения. Система действует следующим образом. Ведущий радиодальномер и теодолит устанавливаются на берегу, ведомый — на шлюпке обеспечения. По требованию со шлюпки, которая находится в точке привязки, берется азимут и определяется расстояние. Точность определения последнего $\pm 0,1$ м. Однако сама точность привязки в большей степени зависит от того, насколько отклоняется шлюпка обеспечения от точки наблюдения.

Каковы же возможности подводного геологического картирования мелководной части шельфа?

Путем подводного геологического картирования, используя самые простые предметы технического снаряжения, представляется возможным проводить поиски полезных ископаемых, исследовать геологические условия для гидротехнических сооружений, изучать динамику наносов, без знания которой невозможно вести рациональное освоение побережья. Подводные геологические маршруты очень эффективно могут быть использованы в широком комплексе методов геологической съемки шельфа.

Для дальнейшего развития этого метода необходимо применение специального снаряжения и оборудования, основными из которых являются транспортные средства. Ведь большая часть энергии подводника и запас воздуха, необходимые для проведения маршрута, расходуются на передвижение. Простые расчеты показывают, что производительность метода за счет механизации процесса передвижения можно увеличить в 3—5 раз. Транспортные средства позволяют одновременно использовать в маршруте целый ряд приборов, которые расширят круг наблюдений при исследованиях и этим самым повысят эффективность работ. Здесь могли бы быть применены подводные буксировщики типа подводных скаттеров и мини-лодки «морского типа».

Большую службу в деле развития геологического картирования должна сыграть гидроакустическая аппаратура индивидуального поль-

зования. С ее помощью можно решить вопрос создания системы речевой связи по схеме «вода — вода» и «вода — воздух», создать модели приборов для точной привязки и распознавания некоторых объектов исследования (обрывы, каньоны, отдельные скалы и т. д.). В водном пространстве, например, одним из таких приборов является портативный подводный гидролокатор, предложенный Ан. Сергеевым (1970).

По требованиям к геологическому картированию на площади с широким развитием покрова рыхлых отложений необходимо проводить бурение. Поскольку на мелководной части шельфа мощность чехла рыхлых осадков невелика, то достаточно будет легких электробуровых установок с трубами малого диаметра, «сухопутным» аналогом которых могут быть мотобуры типа М¹ с приводом от мотора бензопилы «Дружба». Эти установки не требуют больших судов, их может обслужить рабочая группа; в то же время при помощи их можно вскрыть 10—12-метровую толщу осадков, используя малотоннажные плавсредства.

Таким образом, для дальнейшего развития и широкого использования метода подводной геологической съемки мелководных участков морского дна необходимо решить вопрос о технических средствах подводных исследований и особенно средствах передвижения под водой.

ЛИТЕРАТУРА

- Буданов В. И. Методика экспедиционных исследований береговой зоны моря. М., «Наука», 1964.
- Буленков С. Е., Тюрин В. П., Самойлов Б. П., Рослан О. Н., Чиршианов Э. В. Справочник пловца-подводника (аквалангиста). Изд. Мин-ва обороны СССР. М., 1968, 222 с.
- Гагельганц А. А., Коган Л. И. Методика и техника взрывных работ с борта судна-сейсмостанции при морских сейсмических работах. — Прикладная геофиз., в. 43 М., «Недра», 1965, с. 18—28.
- Глузов В. П. Методика радиодальномерных измерений при морских геофизических работах. — Сб. Ин-та физ. Земли, 1969. Сб. деп. рук., № 20, М., 1970.
- Гурьев З. И., Петров К. М., Рамм Н. С., Шарков В. В. Геолого-геоморфологическое изучение морских мелководий и берегов по материалам аэрофотосъемки (методическое руководство). Л., «Наука», 1968.
- Единые правила охраны труда на водолазных работах. М., Изд-во «Транспорт», 1965, 222 с.
- Зенкович В. П. О подводных геологических работах в водолазном аппарате. «Природа», № 5, 1940.
- Иванов Ю. А., Беляев В. А. Подводные геологические исследования в прибрежных водах Южного берега Крыма. — Морские подводные исследования. М., «Наука» 1969, с. 237—242.
- Ионин А. С., Каплин П. А., Медведев В. С. Подводные исследования осадков Шхерного района. — Развитие морск. подв. иссл. М., «Наука», 1965, с. 60—68.
- Каплин П. А., Ионин А. С. Методика подводных геолого-геоморфологических исследований. — Изв. АН СССР, сер. геол., № 11, 1960, с. 103—112.
- Каплин Н. А., Ионин А. С. Результаты непосредственного изучения рельефа дна прибрежной зоны моря и некоторые задачи подводных геоморфологических исследований. — Труды Океанограф. комиссии АН СССР, т. XIV (Методы и результаты подвод. иссл.). М., 1962, с. 45—61.
- Корнев О. С. О результатах подводного геологического картирования на отдельных участках Черноморского побережья Кавказа применительно к изучению динамики наносов. — Тез. докл. на Совещ. по метод. технике и результ. инж.-геол. и береговых иссл., Одесса, 1963, с. 88.
- Корнев О. С., Детков М. А. Результаты опытно-методических работ по геологической съемке шельфа. — Картирование шельфов. Л., 1974, с. 106—115.
- Леонтьев О. Н., Мякони В. С. Подводные исследования в районе острова Песчаный и некоторые вопросы новейшей истории Каспия. — Морск. подвод. иссл. М., «Наука», 1969, с. 229—236.

Петров К. М. Методика ландшафтного картирования для морских мелководий на основе дешифрирования аэрофотоснимков.— Картирование шельфов. 1975, с. 81—90.

Рогов А. А. Подводная фотоаппаратура.— Развитие морских подводных исследований.— М., «Наука», 1965, с. 106—119.

Сергеев Ан. Радиоэлектроника под водой. Л., «Энергия», 1971, 141 с.

Dangeard L., Lamboy M., Lemosquety Y., Froget C. Observation geologique dans le canon de Planier et dans le «petit canon». «Thys», 1969, 1, № 1.

Menard H. W., Dill R. F., Hamilton E. L., Moore D. G., Shumway Geo., Silverman M., Stewart H. B. Underwater mepping by diving geologist.— Bull. of the Americ. Assoc. of petrol. geologists., 1954, v. 38, № 1.

О МЕТОДИКЕ И ПЕРСПЕКТИВАХ ПРИМЕНЕНИЯ ПОДВОДНЫХ АППАРАТОВ ДЛЯ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Б. И. Васильев

В последние годы в ряде зарубежных стран для геологических исследований морского дна все шире применяются обитаемые подводные аппараты (Уо, 1976; Шепард, Дилл, 1972), что значительно повышает эффективность и качество этих исследований. При помощи подводных аппаратов возможно непосредственное изучение геологических объектов и их картирование, являющееся одной из первоочередных задач геологического изучения морского дна, особенно шельфа. Однако методика таких исследований еще не разработана, в связи с чем и перспективы использования подводных аппаратов для геологических целей не вполне определены. Существует мнение о нецелесообразности их применения в силу сложности и высокой стоимости как самих аппаратов, так и их эксплуатации.

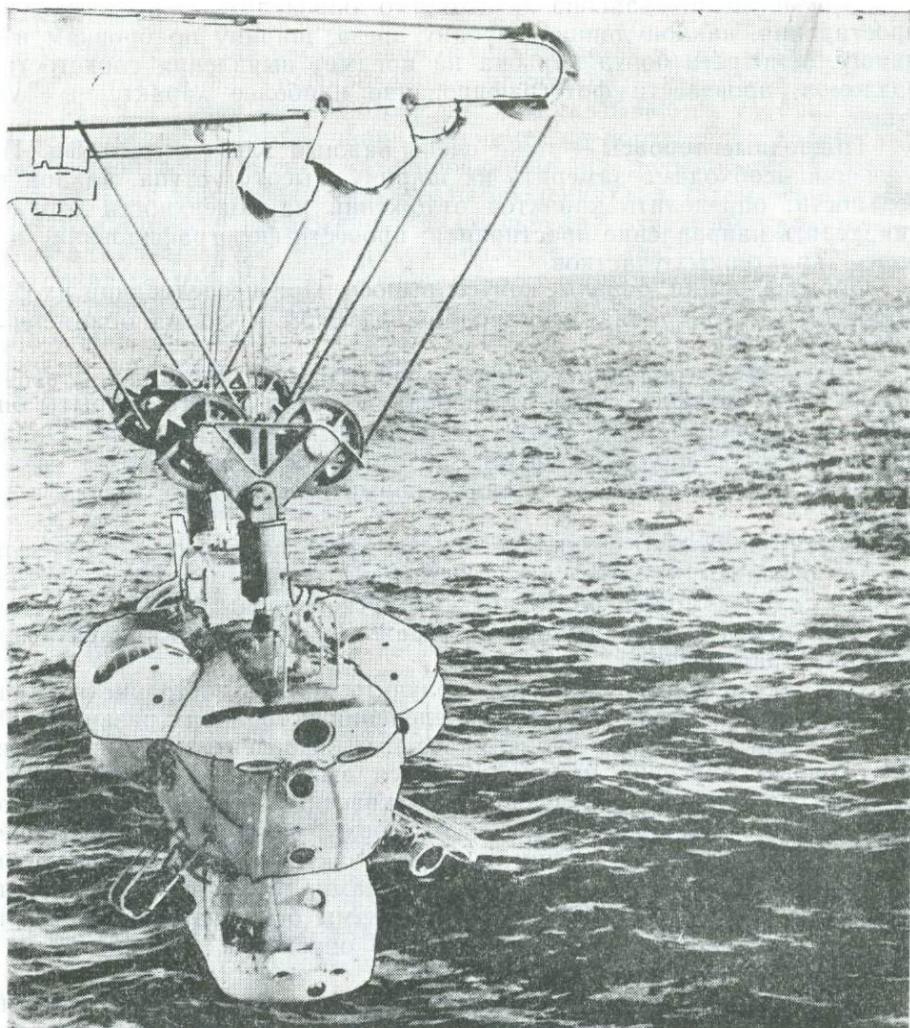
В конце 1975 — начале 1976 г. автор принял участие во 2-м атлантическом рейсе научно-промыслового судна «Ихтиандр», служившего судном-носителем подводного аппарата «ТИНРО-2» (см. рисунок). Этот аппарат, разработанный и построенный институтом Гипро-рыбфлот Министерства рыбного хозяйства СССР, представляет собой автономную двухместную подводную лодку с максимальной глубиной погружения 400 м (Аронов, Выхребенцев, 1975). Он имеет 9 иллюминаторов, обеспечивающих широкий обзор, а также светильники и импульсные лампы для фотографирования и киносъемки. Связь с судном-носителем осуществляется при помощи звукоподобной системы.

Автором было выполнено рабочее погружение на банке Дасия (Центральная Атлантика), результаты которого опубликованы (Васильев, 1977). На опыте этого погружения, а также по материалам других погружений «ТИНРО-2», выполненных в 1-м и 2-м атлантических рейсах НПС «Ихтиандр», автором разработаны некоторые методические приемы геологических исследований, изложенных ниже.

В связи с отсутствием манипулятора геологические исследования с помощью подводного аппарата «ТИНРО-2» ограничиваются визуальными наблюдениями и фотографированием геологических объектов. Цель этих наблюдений — изучение форм микро- и мезорельефа, выяснение условий залегания геологических объектов и прослеживание их по простирацию, а также приближенная диагностика пород и осадков.

Представления об условиях залегания горных пород могут дать и наблюдения за рельефом.

Скалистые гребни, прослеживающиеся часто на большие расстояния, могут быть либо дайками, либо головами пластов крепких пород, залегающих среди более слабых. При обнаружении таких греб-



Подводный аппарат «ТИНРО-2» (общий вид)

ней и гривок определяются их направление, высота, характер расчлененности. В ряде случаев можно наблюдать наклон слоев, даек и зон разломов в определенном направлении.

Зоны разломов на морском дне часто выражаются в виде крупных трещин, расселин, уступов и других линейно-вытянутых форм. В таких зонах в ряде случаев можно наблюдать передробленные породы с прожилками халцедона или кальцита.

В случае смещений по разлому породы по обоям его бортам могут быть разными.

Подводные долины и каньоны — наиболее благоприятные объекты для геологического изучения. Как правило, они врезаются на значительную глубину в коренные породы, которые обнажаются на крутых стенках. Днища каньонов обычно приурочены к разломам.



При изучении каньона необходимо определить направление его простирания, наклон днища, глубину вреза, ширину по бровкам и по днищу, осмотреть борта каньона на предмет выявления слоистости и разломов, произвести фотографирование наиболее характерных участков.

Подводные террасы — тоже очень важный элемент рельефа. При изучении необходимо замерить их ширину, высоту уступа, наклон поверхности; определить характер отложений на поверхности террасы; определить направление простирания; провести фотографирование наиболее характерных участков.

Обрывы, осыпи, обвалы, конусы выноса. При исследовании их фиксируются высота, длина, простирание, размеры и форма обломочного материала.

Диагностика пород посредством визуальных наблюдений весьма трудна. Это связано с тем, что породы под водой часто покрыты биогермами, водорослями и прочими бентосными организмами. Однако диагностика их вполне возможна в тех местах, где имеются свежие сколы (в бортах каньонов, стенках обрывов, в свежих осыпях и обвалах).

Достаточно легко визуально определяются подушечные лавы и пористые базальты, органогенные известняки, конгломераты и брекчии. В ряде случаев можно определить и другие породы: песчаники, сланцы, кварциты и др., особенно если в районе погружения аппарата проводились драгирования.

Важную информацию можно получить, изучая состояние и характер поверхности пород с целью определения истории их развития. Одним из таких критериев являются следы жизнедеятельности организмов. При их изучении надо попытаться выяснить, являются ли они следами современных или ископаемых животных (по состоянию стенок нор и ходов), а также определить их форму, размеры, распространенность. Следует обращать внимание на характер обрастания поверхности коренных пород бентосными организмами. Нами наблюдались случаи, когда мелководные отмершие организмы были найдены на значительной глубине, что свидетельствует об опускании морского дна в данном месте.

Исследование рыхлых морских осадков посредством подводных аппаратов имеет второстепенное значение, поскольку для их изучения необходима работа на значительной площади с отбором большого количества проб.

При изучении осадков подводные исследования дают возможность выяснить условия их залегания (сплошным чехлом, в понижениях между скальными грядками, у подножия склона и т. д.), тип осадков (по размеру частиц, по взмучиваемости), их текстуры и развитие на них микроформы рельефа.

Важную информацию дают также наблюдения за придонными течениями, температурой и соленостью придонного слоя. Эти наблюдения в ряде случаев могут выявить активные разломы, по которым происходит циркуляция вод.

Участки погружений выбираются по данным сейсмического профилирования. Перед погружением на этих участках проводятся детальные промерные работы, гидрология, драгирование и отбор проб осадков. По результатам этих работ намечается маршрут подводного аппарата вкрест простирания морфоструктур, в местах с наиболее хорошей

обнаженностью. Поскольку управление аппаратом «ТИНРО-2» производится наблюдателем, последний должен пройти специальную подготовку. Документация наблюдений осуществляется путем записи на магнитную ленту и фотографирования с привязкой к характерным точкам рельефа. Эти точки нумеруются, для них указываются глубина и время исследования. По окончании маршрута на борту судна информация с магнитной ленты в систематизированном виде переносится в полевой дневник (как при аэровизуальных наблюдениях), а затем оформляется в виде протокола погружения, являющегося отчетным документом. Прокладка маршрута подводного аппарата с нанесением на карту точек привязки наблюдений осуществляется гидрографом на борту судна-носителя по информации, передаваемой наблюдателем. Эта информация включает данные о времени начала и конца движения между точками и глубине. По окончании маршрута фиксируются координаты точки всплытия аппарата и производится корректировка прокладки. При наличии на судне спутниковой навигационной системы может быть достигнута точность привязки наблюдений до нескольких десятков метров, что обеспечивает составление среднemasштабных, а в ряде случаев и крупномасштабных карт.

Наблюдения по маршруту производятся непрерывно при движении аппарата над дном на расстояниях 1—3 м со скоростью от 0,5 до 2 узлов. На участках с однообразным строением скорость увеличивается, на сложных — замедляется. В точках привязки наблюдений осуществляется прокладка аппарата на грунт или зависание на минимальной глубине с применением гайдропа.

Простираение геологических объектов (гребней, обрывов, трещин и др.) измеряется по гирокомпасу при ориентировке длинной оси аппарата вдоль этих объектов. Таким же образом производится и прослеживание этих объектов по простиранию. Азимут падения измеряется при ориентировке аппарата вкрест простирания, угол падения определяется визуально. Размеры протяженных объектов высчитываются по скорости и времени движения вдоль них, размеры мелких объектов определяются путем сравнения с мерной планкой, помещенной на ограждении светильника, в поле зрения наблюдателя. Высота объектов определяется по глубиномеру при всплытии аппарата от подошвы до бровки этих объектов.

Диагностика пород производится путем визуальных наблюдений с близкого расстояния при покладах аппарата на грунт по цвету, структурным и текстурным особенностям и их сравнению с образцами, поднятыми при драгированиях.

Продолжительность одного погружения обычно составляет 4—5 ч. За это время можно выполнить 8—12 км маршрута, при отлаженной работе за световой день — два погружения. Стоимость эксплуатации судна-носителя типа БМРТ в среднем составляет 3000 руб. в сутки.

Учитывая, что в свободное от погружений время судно выполняет другие научные исследования, для определения стоимости одного километра маршрута нужно принимать только затраты времени на собственно погружение. При этом стоимость составит ориентировочно 60—70 руб. за 1 пог. км подводного маршрута.

Чтобы повысить эффективность использования подводных аппаратов, наблюдения должны быть комплексными.

Для примера приведем описание участка маршрута, выполненного автором в подводном аппарате «ТИНРО-2» на банке Дасия.

Точка 1: глубина 100 м; горизонтальная видимость при естественном освещении 60 м; дно ровное, песчаное, испещренное рябью придонных течений. Оно представляет собой длинные (3—5 м) пологие песчаные гряды шириной от 0,5 до 1,5 м и высотой 30—40 см, разделенные узкими (10—20 см) длинными пересекающимися бороздами, на дне которых находится крупный материал — дресва и щебень темных скальных пород, очевидно, базальтов. Среди песка встречаются отдельные глыбы (от 1—1,5 до 5—7 м в поперечнике), вокруг которых в песке образовались ямы глубиной 0,5—0,7 м (видимо, эффект завихрения течений вокруг препятствий). Иногда встречаются также конусовидные воронки диаметром от 0,3—0,5 до 3—5 м и глубиной до 5 м с бруствером в виде валика высотой 0,1—0,2 м. В песке много вертикальных норок диаметром 0,5—1 см, вокруг которых кучки белого песка. Плотность норок — 20—30 штук на 1 м².

Точка 2 (0,8 км юго-восточнее точки 1): глубина 110 м; от точки 1 до точки 2 маршрут проходил на расстоянии 1—3 м от дна со скоростью 1 узел. Дно ровное, покрыто белым органично-детритусовым песком с рифелями, отдельными глыбами и воронками, аналогичными описанным выше. Встречаются также овраги длиной 3—5 м, шириной 1,5—2 м и глубиной до 1 м; в точке 2 обрыв (высота 5 м), за которым начинается ровное скальное плато. Простираение обрыва 40°. В породах четко выражена подушечная отдельность. Размер «подушек» 20—40 см. Поверхность скал покрыта лиловой коркой карбонатных водорослей.

В 50 м от первого обрыва расположен второй (высота 3—5 м) того же простираения, сложенный подушечными лавами (очевидно, базальтов). В основании обрыва — нагромождение глыб, под которыми прячутся одиночные окуни. Много черных ежей с длинными иглами, встречаются мелкие (30—40 штук) стайки ставриды и бекаса.

Опыт показывает, что наблюдения из подводного аппарата, даже при отсутствии манипуляторов, дают качественно новую информацию, которую нельзя получить никакими другими средствами. Применение же аппаратов, снабженных манипуляторами, кассетами для сбора образцов и портативными буровыми установками, открывает возможность геологического картирования морского дна в любом масштабе.

Незаменимую научную информацию дают наблюдения из глубоководных аппаратов, способных погружаться на максимальные глубины Мирового океана (Уо, 1976). Применение таких аппаратов дает возможность изучать строение любых структур на дне океана, в том числе таких загадочных, как глубоководные желоба и срединные хребты, выяснение природы которых является злободневной задачей современной геологии.

Подводные аппараты должны занять важное место в арсенале технических средств для изучения геологии морского дна.

ЛИТЕРАТУРА

Аронов М. П., Выскребенцев В. В. «ТИПРО-2» исследует жизнь моря. «Природа», № 1, 1975, с. 109—110.

Васильев Б. И. О методике геологических исследований с помощью обитаемых подводных аппаратов (на примере банки Дасия, Атлантический океан). — «Геология и геофизика», № 3, 1977, с. 145—147.

Уо Ж. Двадцать лет в батискафе. Л., Гидрометиздат, 1976, 176 с.

Шепард Ф., Дилл Р. Подводные морские каньоны. Л., Гидрометиздат, 1972.

ОПЫТ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ДРАГИРОВАНИЯ В КУРИЛО-КАМЧАТСКОМ ЖЕЛОБЕ

Б. И. Васильев, А. В. Лысенко

Летом 1976 г. во время Курильской экспедиции на НИС «Пегас» было выполнено 89 драгирований на склонах Курило-Камчатского желоба с максимальной глубиной драгирования 4000—9300 м. Драгирование выполнялось цилиндрическими драгами (диаметр 1000 мм, длина 1500 мм, вес 150 кг) с зубчатой рабочей кромкой. Драги снабжены двойным мешком для сбора образцов пород. Внутренний мешок выполнен из капроновой сети, внешний — из стального троса (диаметр 6 мм) или металлической сетки (ячей 2×2 см). Рымы у драг вращающиеся — для предотвращения наматывания на них поводков, длина которых 5 м; крепление поводков к рабочему тросу осуществлялось такелажными скобами через вертлюг. На внешней поверхности драг у передней кромки приварены три «кармана» из стального профилированного уголка для отбора проб осадков, которые обычно при подъеме драги с больших глубин из мешка для сбора образцов промываются (зубья драги короткие, с углом при вершине 60°).

Драгирование проводилось посредством штатной траловой лебедки (максимальное тяговое усилие 24 т), снабженной ленточным тормозом с гидروпроводом, обеспечивающим усилие удержания 12 т. Спуск и подъем драги проходил с кормового слипа судна с помощью грузовой лебедки. При драгировании пользовались тросом, составленным из отрезков: 3000 м — $d=26,5$ мм; 3000 — $d=21,0$ мм и 5000 м — $d=19,5$ мм. Это выравнивало растягивающие напряжения, вызванные увеличением веса троса по длине.

Трос маркировался через 100 м. Для оператора ориентирами служили места соединения отрезков троса.

Драгирование выполнялось с двух барабанов траловой лебедки. Последовательно вытравливался трос с правого, затем с левого барабанов. Пересоединение троса с одного барабана на другой осуществлялось посредством такелажных скоб и вертлюгов.

Места для драгирования выбирались на основании анализа данных непрерывного сейсмопрофилирования (НСП) и эхолотного промера. Нужно было получить каменный материал для характеристики всех комплексов пород, выявленных НСП в пределах различных тектонических структур. По опыту прошлых лет для драгирования выбирались преимущественно крутые участки склонов, борта каньонов, уступы, склоны холмов и другие формы рельефа, лишенные покрова рыхлых отложений. Выход к месту драгирования, а также привязка начальной и конечной точек драгирования определялись с точностью до 130 м при помощи спутниковой навигационной системы «MagNavox»-702 А-3.

Следует отметить, что при работе в океане без надежных ориентиров наличие такой системы для целенаправленного драгирования совершенно необходимо, ибо в противном случае выйти в заданную точку, а также выдержать направление драгирования и определить его интервал практически невозможно. Постоянно меняющиеся направление и скорость дрейфа, достигающая иногда 1,5—2 узлов, исключают возможность «прицельного» драгирования, особенно в пределах малых объектов — холмов, небольших уступов, каньонов и др.

В Курильской экспедиции драгирование проводилось на каждом третьем региональном геофизическом профиле, а также на детальных полигонах для выбора мест заложения скважин по международной программе океанского бурения (ИРОД).

Выход судна на станцию драгирования производился в направлении предстоящего драгирования, преимущественно снизу вверх по склону. Курс и скорость судна корректировались по данным спутниковой навигационной системы. Спуск драги начинался на некотором расстоянии от намеченной точки начала драгирования (рис. 1, 2). Это

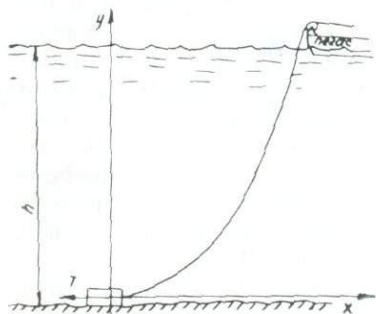


Рис. 1. Схема драгирования

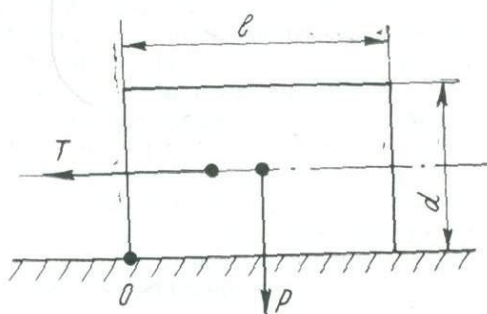


Рис. 2. Схема сил, действующих на драгу

расстояние определялось из расчета времени, потребного на спуск драги с учетом скорости судна (1,5—2 узла). Длина вытравленного троса определялась с учетом линии троса, представляющего собой уравнение ценной линии:

$$I = \frac{a}{2} \left(e^{\frac{x}{a}} + e^{-\frac{x}{a}} \right) - a, \quad (1)$$

где a — длина отрезка троса, вес которого равен величине растягивающего усилия T , вызванного сопротивлением движения драги по дну;

$$a = \frac{T}{q},$$

где q — вес 1 пог. м. троса.

При этом считалось, что гидродинамическое сопротивление троса R , определяемое в общем виде по формуле (2), составляет при наблюдаемых скоростях величину второго порядка по сравнению с растягивающим усилием T :

$$R = 0,48\beta v^2 dl, \quad (2)$$

где β — массовая плотность воды; v — скорость движения судна; d — диаметр троса; l — длина участка троса.

Длина дуги кривой рассчитывалась по формуле

$$s = \frac{a}{2} \left(1 - \frac{x}{a} - 1 - \frac{x}{a} \right). \quad (3)$$

Максимальным растягивающее усилие T , очевидно, будет в момент зацепа передней кромки драги и начала ее переворота вокруг этой кромки.

$$\text{Из статики } T = \frac{P \cdot l}{d},$$

где P — приведенная масса драги с породой.

Очевидно, что расстояние от передней кромки драги до места закрепления рыма (t) на максимальное растягивающее усилие не влияет.

При компоновке троса, используемой в Курильской экспедиции, длина вытравленного троса (s) составляла: при глубине (h) до 4000 м $s = 1,5 h$; при глубине свыше 4000 м $s = h + 1000$ м.

Функция (1) позволяет определить расстояние от судна до драги (x) в зависимости от глубины драгирования (y) и может служить для определения времени начала спуска драги при выходе на точку начала драгирования.

Собственно драгирование (волочение драги по дну) велось со скоростью 1—2 узла.

Путь, который проходила драга по дну, и время драгирования определялись в зависимости от длины драгируемого участка и составляли обычно 0,5—1 милю (0,5—1 ч).

Время, затраченное на спуск и подъем драги при различной глубине драгирования, определенное по результатам работ Курильской экспедиции 1976 г., приведено в таблице.

Время спуско-подъемных операций при разных параметрах драгирования

Глубина, м	Длина вытравленного троса, м	Время на спуск, ч	Время на подъем, ч.	Суммарное время, затраченное на драгирование, ч
1000	1500	45 мин	45 мин	2,0
2000	3000	1,5	1,5	3,5
4000	6000	2,0	2,0	5,0
6000	7000	3,5	3,0	7,5
8000÷9000	9000÷10 000	4,5	3,5	9,0

Драгирование велось круглосуточно при волнении моря до 6 баллов. Работы обеспечивали три человека.

В состав работ входило: управление лебедкой; наблюдение за спуском, подъемом драги и за процессом драгирования; осуществление навигационного обеспечения и выдача данных по курсу и скорости вахтенному штурману.

Заблаговременно, после анализа данных НСП и эхолотирования, командованию судна выдавалось задание на драгирование, где указывались координаты станции драгирования, время, необходимое на

операции драгирования, необходимая длина вытравленного троса, курс и скорость судна.

Первичная обработка поднятого каменного материала проводилась сразу же после подъема драги. Она включала отбор образцов на различные виды анализа, их полевую диагностику и описание.

Количество и качество поднятого материала по его информативности были различны. Чаще всего это угловатые обломки размером 5—15 см, реже удавалось поднять глыбы размерами до 50—60 см в поперечнике и более.

Часто обломочный материал имел поверхность свежего скола, что позволяло определенно судить о его коренном происхождении.

С некоторых станций островного склона Курильского желоба с глубин более 4000 м подняты остатки отмерших губок и глыбы плотных алевритов с норами роющих животных, характерных для малых глубин.

В ряде случаев в драге, наряду с обломками, поднимался окатанный материал — гравий, галька и валуны.

Полученный в результате драгирования материал оказался весьма информативным.

С вала Зенкевича в трех местах (ст. 1089, 1090, 1112) поднято большое количество (до 1000 кг) глыб и щебня шаровых лав щелочных базальтов, а также отдельные обломки экзотических пород — гранитов, диоритов, роговиков, антитов и др.

С нижней части внешнего склона желоба (глубина 9300 м) подняты красные алевриты с обломками кристаллов плагиоклаза, пироксена и зернами оливина (возможно, разложенные породы основного состава).

На внутреннем склоне желоба установлены: а) метаморфизованные осадочные и эффузивные образования и прорывающие их гранитоиды и сиениты, развитые в приосевых частях Малокурильской и Фронтальной антиклиналей; б) верхнемеловые вулканогенно-осадочные отложения; в) неогеновые отложения, представленные толщами — диагомитовой (нижний миоцен), вулканогенной (нижний — средний миоцен), песчано-конгломератовой (средний миоцен) и туфодиамитовой (верхний миоцен — нижний плиоцен); г) верхнеплиоценовые — плейстоценовые отложения (алевритовая толща).

Таким образом, работы Курильской экспедиции 1976 г. еще раз подтвердили высокую эффективность драгирования при геологических исследованиях морского дна, что уже отмечалось ранее (Васильев, Марков, 1973). В силу сложности, трудоемкости и высокой стоимости таких методов, как глубоководное бурение и использование подводных аппаратов, драгирование является и, видимо, еще долго будет являться основным методом геологического изучения морского дна на всех этапах исследований — от рекогносцировочных до детальных.

Несмотря на то что драгирование как метод применяется в исследованиях морского дна очень давно, его техническое оснащение не претерпело сколько-нибудь существенных изменений.

Проведение определенных методических работ позволило бы ввести целый ряд усовершенствований как в методику драгирования, так и в его техническую оснастку.

В настоящее время в лаборатории геологии морского дна СахКНИИ ведется работа по усовершенствованию конструкции драг.

Представляется целесообразным объединение усилий всех органи-

заний, проводящих геологическое драгирование, с целью дальнейшего совершенствования методики и техники этого старейшего и испытанного метода.

ЛИТЕРАТУРА

Васильев Б. И., Марков Ю. Д. О геологическом строении континентального склона залива Петра Великого (Японское море).— ДАН СССР, т. 210, № 1, 1973, с. 169—171.

Сысоев Н. Н. О методике траления донными глубоководными тралями.— Труды Ин-та океанологии АН СССР, т. XVII, 1961, с. 119—124.

Когин Н. Е., Кибель И. А., Розе Н. В. Теоретическая гидромеханика. М., Изд-во физ.-мат. литературы, 1963, т. 1, с. 583.

ПОГРУЖНАЯ БУРОВАЯ УСТАНОВКА ПБВ-5

Д. А. Лещев¹

В НПО ЮЖМОРГЕО в 1974 г. разработана, изготовлена и применена установка для неглубокого бурения на акваториях. По результатам применения в производственных условиях установка ПБВ-5 принята Центральной геолого-геофизической экспедицией ЮЖМОРГЕО для внедрения.

Назначение. Установка ПБВ-5 предназначена для виброударного бурения со дна моря неглубоких скважин «одним рейсом» заранее собранным буровым снарядами. Применение ПБВ-5 возможно на всех глубинах шельфа с обслуживающих судов, имеющих водоизмещение от 120 т (СЧС) и более.

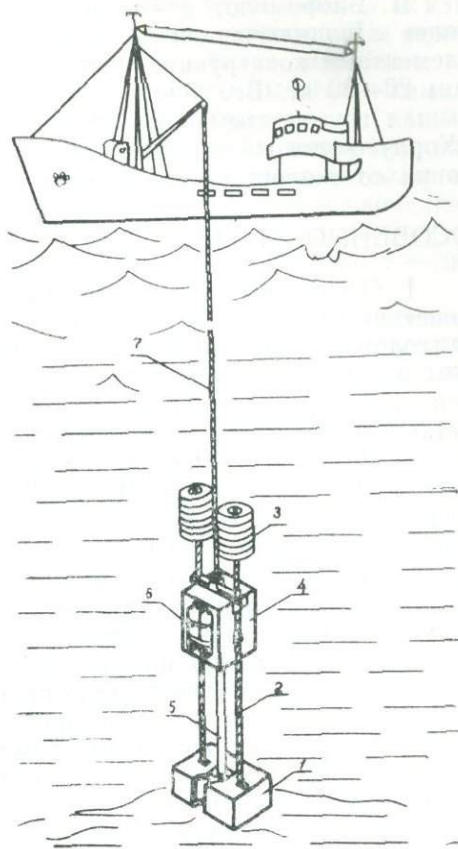
Компоновка. Установка ПБВ-5 имеет направляющее устройство из тросов, растянутых (под водой) между утяжеленным основанием и поплавками. В направляющих тросах помещен вибромолот в подводном исполнении с буровым инструментом. Установка спускается с борта обслуживающего судна на дно моря на кабель-тросе или тросе. Питание электроэнергией и управление процессом бурения производятся с помощью кабель-троса или кабеля (рис. 1).

ТЕХНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

1. Тип установки с направляющими из тросов, растянутых под водой между поплавками, и утяжеленным основанием.
2. Тип основания коробчатой конструкции с боковым вырезом.
3. Поплавки из пенопласта в форме дисков, наплавленных на стержень.
4. Тип подводного вибромолота с размещением вибромассы в воздухозаполненном «корпусе-колоколе», открытом снизу, с независимым перемещением вибромассы и наковальни относительно корпуса.
5. Вибромолот пружинный, дебалансный В-33 (С-833).
6. Мощность электродвигателей вибромолота 1×2 кВт.
7. Диаметр колонковых труб: основной — 89 мм, дополнительных — от 73 до 127 мм.
8. Длина колонковых труб: номинальная 6 м (возможно изменение длины колонковых труб и направляющих тросов).
9. Переходник с наковальни вибромолота на колонковую трубу с широким проходным отверстием и с обратным клапаном в форме шайбы.

¹ Сотрудник НПО ЮЖМОРГЕО, Геленджик

Рис. 1. Установка ПБВ-5 в море: 1 — основание; 2 — тросы направляющие; 3 — поплавки; 4 — подводный вибромолот; 5 — колонковая труба; 6 — баллоны со сжатым воздухом; 7 — кабель-трос



10. Коронка («башмак») с пружинным многолепестковым кернорвателем.

11. Угол заострения коронки $50-60^\circ$.

12. Соединения в колонковом наборе: безрезьбовые, на винтах, «глухарях» и на болтах.

13. Подача воздуха автоматическая, из баллонов, навешенных снаружи на «корпусе-колоколе» (возможна подача воздуха через кислородный шланг от баллонов с палубы судна).

14. Система сигнализации трехпроводная.

15. Напряжение в системе сигнализации от 6 до 30 В.

16. Датчик сигнализатора критического уровня воды в «корпусе-колоколе» с замыканием контактов через морскую воду.

17. Датчик сигнализатора об окончании бурения или этапа бурения с подпружиненными разомкнутыми контактами и со штоком-толкателем, выступающим за нижнюю кромку корпуса.

18. Глубина бурения в породах II—III категории по буримости 6 м.

19. Глубины моря: 1 — по условиям подачи воздуха (с одной парой баллонов АВМ (14 л) — 190, с двумя парами баллонов (28 л) — 350, с подачей воздуха через шланг — 80 м; 2 — по прочности поплавков, изготовленных из «буйкового» пенопласта (ПХА) — 80 м; 3 — при использовании пенопласта прочностью на сжатие более 30 кг/см^2 (ППУ-305А, ПП4-314 в оболочках) — 300 м; 4 — при использовании пенопласта из синтактовых пен — 350 м.

20. Габаритные размеры и вес установки.

Габариты установки в сборе $700 \times 500 \times 800$ мм; ее вес: в воздухе — 598, в воде — 203 кг.

Вибромолот в корпусе с колонковой трубой. Размер и вес соответственно 440×460 мм и 260 и 170 кг.

Основание $700 \times 500 \times 300$, 270 и 235 кг.

Поплавки 500×900 мм при весе воздуха 68 кг имеют положительную плавучесть 200 кг.

21. Вибромолот с «критическим» уровнем воды в «корпусе-колоколе» с подключенной колонковой трубой, с баллонами и другими элементами конструкции удерживался поплавками «на плаву» с запасом 20—30 кг. Вес в воде основания с направляющими тросами превышал грузоподъемность (плавучесть) поплавков примерно на 30 кг. «Корпус-колокол» с оптимальным уровнем воды и без вибромолота тонул со скоростью, превышающей возможную скорость бурения.

ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИИ

1. Основание изготовлено из листовой стали, имеет коробчатую конструкцию и боковой вырез. В секциях основания размещаются металлолом-балласт и концы направляющих тросов. Боковой вырез служит для ввода колонковой трубы в центральный направляющий колодец основания сбоку извне, что позволяет проводить обслуживание установки способом «с подвеской утяжеленного основания за бортом».

2. Подводный вибромолот установки ПБВ-5 представляет собой вибромолот пружинный В-33 (С-833), помещенный под «воздушный колокол» вместе с наковальней и с переходником от наковальни на колонковую трубу. Применена система подвески, обеспечивающая свободу независимых колебаний вибромассы и наковальни с колонковой трубой относительно корпуса, в котором автоматически поддерживается давление воздуха, равное гидростатическому. «Корпус-колокол» имеет отрицательную плавучесть и опирается сверху на наковальню. Благодаря такому исполнению вибромолот имеет под водой такую же производительность, как на суше.

3. Поплавки с направляющими тросами отличаются от аналогичных элементов ПБВ-4 тем, что верхние концы тросов не связаны между собой специальной траверсой и в подвешенном состоянии опираются своими верхними канатными замками о концы жесткости (швеллера), приваренной к днищу «корпуса-колокола». Благодаря этому отпадает необходимость пропускать подъемный трос (кабель-трос) через отверстие в траверсе, упрощается конструкция, повышается надежность.

Поплавки изготавливаются из «буйкового» пенопласта (ПХА) соединением отдельных дисков на центральном стальном прутке. Прочность такого пенопласта допускает применение его на глубинах до 70—80 м. Для работы на глубине 100—300 м могут применяться пенопласты с закрытыми ячейками и прочностью на сжатие более 25—30 кг/см², например ППУ-305, ППУ-314, из синтактовых пен и др.

4. Колонковый набор собирается на полумуфтовых соединениях без резьб с закреплением работающими на срез специальными винтами «глухарями» (т. е. спецболтами, не пересекающими полость трубы) и болтами.

Безрезьбовые соединения облегчают обслуживание, подгонку элементов набора в полевых условиях, снижают его стоимость. Безрезьбовые соединения в колонковых наборах при подводном отборе проб применяются нами с 1968 г. и вполне себя оправдывают.

5. Переходник с наковальни вибромолота на колонковую трубу оригинальной конструкции имеет широкое проходное отверстие, открытое обратным клапаном в форме шайбы. Конструкция переходника и его клапана способствует полному отбору керна и его сохранению.

6. Воздушная система — из баллонов от акваланга АВМ, закреп-

ленных на наружной стенке «корпуса-колокола», трубопровода и клапана впуска, закрепленного в нижней части стенки корпуса. На конце корпуса клапана впуска в полости «корпуса-колокола» шарнирно установлен рычаг с поплавком из пенопласта. Колено рычага отжимает клапан при повышении уровня воды в «корпусе-колоколе».

7. Система сигнализации трехпроводная, с одной питающей жилой и двумя жилами, подающими на пульт управления сигналы от датчиков указателей критического уровня воды в корпусе и окончания бурения (или этапов бурения).

Датчик указателя уровня воды в корпусе предельно прост — два контакта, замыкающиеся через морскую воду.

Датчик окончания бурения выполнен в форме подпружиненного разомкнутого контакта, размещенного в верхнем сухом углу корпуса, снабженного штоком-толкателем, пружинная петля которого вышущена за нижний срез «корпуса-колокола».

8. Заводская траверса вибромолота В-33 не рассчитана на большие нагрузки, а в конструкции ПБВ-5 усилия от подъемного троса передаются колонковой трубе через эту траверсу. Усилия при извлечении трубы из скважины глубиной 5—6 м могут достигать 3—4 т.

Опыт работ в 1974 г. подтвердил необходимость усиления заводской конструкции. Поэтому при модернизации установки траверса была изменена и получила жесткое соединение с «корпусом-колоколом». Наконечник разместилась в муфте траверсы со свободным ходом 18 мм.

Соотношение перемещающихся масс изменилось в лучшую сторону, облегчилась регулировка вибромолота.

9. В комплект включены спаренные переходники, коронки и «башмак» для «ступенчатого отбора керна».

10. Для выдавливания керна из колонковых труб водой в комплект включен универсальный оголовник, рассчитанный на подключение к гладким (без резьбы) трубам диаметром 75, 89, 108 и 127 мм.

11. Из перечисленных элементов конструкции в 1973 г. автором применялись в Приморском ТГУ следующие: общая компоновка с направляющими тросами, с поплавками из пенопласта и с утяжеленным основанием, а также безрезьбовые соединения и обратный «клапан-шайба».

Система сигнализации, автоматическая поддувка корпуса воздухом из навешенных баллонов и «способ обслуживания с подвеской основания за бортом» применялись впервые.

ПРОИЗВОДСТВО РАБОТ

Условия работ. Бурение проводилось в зоне Таманского шельфа по профилям с расстоянием между точками не менее 4 км при глубине моря от 8 до 45 м.

Обслуживающее судно «Морской геолог» было переоборудовано из ТХС водоизмещением 312 т со стрелой грузоподъемностью 0,9 т и с траловой двухбарабанной лебедкой, имеющей выключающуюся шестеренчатую связь с реверсивным электродвигателем. Применялись два троса одновременно — на одном спуск и подъем установки со стрелы, на втором, пропущенном через роульс в фальшборте, — извлечение колонковой трубы из грунта. Работы проводились при волне до 3 баллов и при ветре до 7 баллов. Во всех случаях судно стояло

на одном якорю. Непосредственно для бурения использовался неполный рабочий день по условиям работы радиогодезической системы привязки.

Технология работ. При выходе в зону работ основание установки с помощью стрелы подвешивалось за бортом на специальных крюках и до окончания дневных работ на палубу не поднималось.

Для освобождения от керна или для замены колонковой трубы на палубу поднимались только подводный вибромолот с колонковой трубой (рис. 2). Извлекаемые на палубу элементы установки по весу и габаритам сходны с прямооточной грунтоотборной трубой и требовали для обслуживания примерно таких же затрат труда.

Спуск за борт производился с «выносом» колонковой трубы и с вводом ее в колодец основания сбоку (рис. 3). При спуске «корпуса-

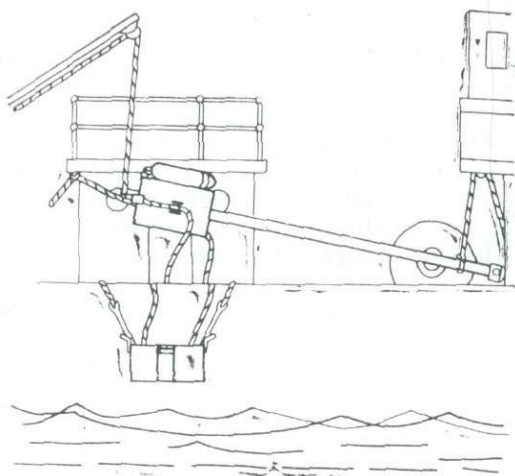


Рис. 2. Обслуживание установки (основание за бортом, подводный вибромолот с колонковой трубой над палубой)

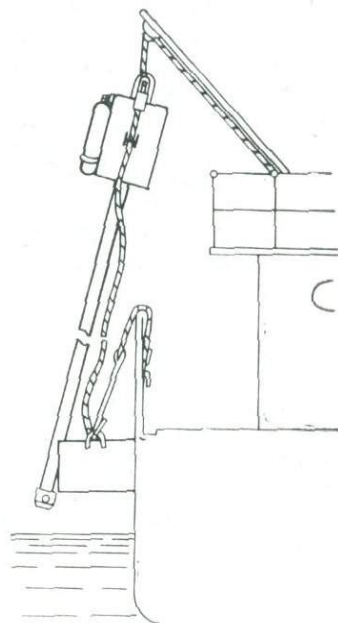


Рис. 3. Сборка (колонковая труба вводится в колодец основания)

колокола» до уровня планширя открывался вентиль баллонов и подсоединялись поводки поплавков (рис. 4).

Спуск на дно проходил на большой скорости с наблюдением за уровнем воды в корпусе. При поступлении сигнала (включалась лампочка или звонок) о достижении водой в корпусе критического уровня скорость спуска замедлялась на несколько секунд. После включения сигнала скорость спуска опять увеличивалась до оптимальной.

При постановке устройства на дно (что определялось по натяжению каната) вибромолот немедленно включался на бурение.

При заглублении колонковой трубы на всю длину срабатывал датчик сигналов окончания бурения. Параллельно бурение контролировалось по натяжке троса и по времени (более 3 мин бурение проводилось только в особых случаях).

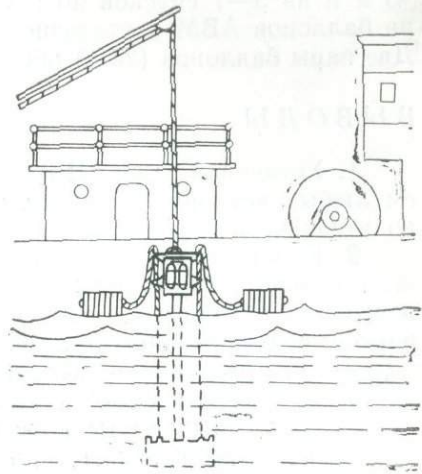


Рис. 4. Вибромолот на уровне плавширя.

Извлечение бурового инструмента из скважины начиналось сразу же после окончания бурения на максимальной скорости (в воде), допустимой по условиям, но с осторожностью на подъемном тросе или на страховочном усиленном. На уровне плавширя закрывался воздушный вентиль и отсоединялись поводки поплавков. При подъеме основания за бортом до уровня палубы или несколько ниже за скобы основания зацеплялись крюки, соединенные с закрепленными на утках канатами. После небольшого расслабления рабочего троса основание повисало на крюках, а колонковая труба выводилась из основания и заносилась на палубу вручную или с помощью талей.

Бурили трубами Д-89 мм. Керн извлекался либо обстукиванием колонковой трубы (песок, супеси, суглинки, «сухие» глины, гравий, галька извлекались без затруднений), либо выдавливанием водой с помощью универсального оголовника и ручного скалочного насоса («жирные» глины, вязкие илы).

Результаты. В конце лета 1974 г. было пробурено 42 скважины по породам II—III категории глубиной до 5,6 м на всю длину колонковой трубы, в более крепких породах — до глубины 2—3 м. Пройдены и извлечены: илы, ракушечник, пески (тонко-, средне- и крупнозернистые) с гравием и галькой (гравий, галька до крупной), глины различной плотности, прослойки плотного цементированного ракушечника. Выход керна около 100%. Искажения или перемешивания керна материала не наблюдалось. Отказов в работе вибромолота, воздушной системы и системы сигнализации не было.

Затраты времени в среднем составили:

- а) на бурение скважины глубиной 5 м — 2—3 мин (от 0,5 до 4,5 мин);
- б) на цикл работ на одной скважине от сборки колонковой трубы до укладки керна в ящики — 20 мин;
- в) на одну скважину с переходом судна и с постановкой на якорь — от 30 до 55 мин;
- г) на замену баллонов — 7 мин.

Одной пары баллонов от акваланга АВМ (14 л) с начальным давлением воздуха 140 кг/см² хватало на 3 спуска до глубины 43—

15 м и на 5—7 спусков до глубины 25 м. Запаса воздуха в одной паре баллонов АВМ достаточно для одного спуска на глубину до 200 м. Две пары баллонов (28 л) обеспечивают спуск на 350 м.

ВЫВОДЫ

1. Установки типа ПБВ-5 могут изготавливаться с использованием любых «сухопутных» вибраторов с полным сохранением их производительности под водой.

2. Конструкция с гибкими направляющими и с основанием, имеющим боковой вырез, позволяет проводить обслуживание с подвеской основания за бортом, снижает затраты труда при повышении безопасности и позволяет применять колонковые трубы, длина которых больше расстояния от блока стрелы до фальшборта.

3. Кинематика самой установки, системы питания воздухом и сигнальные системы просты конструктивно и надежны в работе.

4. Для эффективного применения погружаемых установок необходимо оснащение обслуживающего судна лебедкой с фрикционным включением на подъем, например типа буровых с планетарной передачей, а также наличие динамометра, показывающего усилие в подъемном тросе.

5. Установка типа ПБВ-5 может успешно применяться для неглубокого бурения со дна моря на всей акватории шельфа и верхней части континентального склона.

ОТБОР КЕРНА ПРИ ПОДВОДНОМ БУРЕНИИ «ОДНИМ РЕЙСОМ»

Д. А. Лещев

Обычно бурение с отбором керна ведется сравнительно короткими рейсами с последовательными спусками в ствол скважины бурового инструмента из ряда свинченных труб с кernoприемной (колонковой) трубой на нижнем конце.

На акваториях возможно бурение как с поверхности воды, так и со дна моря с помощью погружных полуавтономных установок. Бурение неглубоких скважин с помощью погружных установок дешевле бурения буровыми установками, смонтированными на плавсредствах.

Используя полуавтономные установки, можно проводить спуско-подъемные операции с буровым инструментом, состоящим из труб, не говоря уже о шлангокабеле. Но при работе в породах до IV категории на дне моря практически невозможна полная сохранность ствола скважины без применения предохраняющей колонны. Применение глинистых растворов несовместимо с требованиями предельного упрощения погружных установок и кратковременности бурения скважин.

В то же время на море достаточно удобно применение погружных установок длиной (высотой) до 8—10 м при работе с палубы и более 20 м — с буксируемых «ныряющих» установок. Такие конструкции могут надежно устанавливаться на дне моря и иметь достаточно мощный привод для быстрого (1—3 мин) заглубления бурового инструмента на всю длину (высоту) установки за «один рейс». Причем 10-метровая глубина практически достигается, 15—20-метровая тоже не вызывает особых сомнений благодаря возможности значительного увеличения мощности привода.

Однако при возможности быстрого бурения за «один рейс» (одной трубой) скважин глубиной 10 м и более длина керна, который можно отобрать за «один рейс» без существенных повреждений, ограничивается 4—5 м. Возможно вынужденное ограничение рейса для сохранности керна до 2—3 м. Создание каких-то устройств, обеспечивающих надежный непрерывный отбор керна длиной 10—15 м, весьма проблематично.

Для восполнения выявившегося пробела и для полного использования возможностей погружных буровых установок автор предложил способ ступенчатого (поинтервального) отбора керна по всему стволу неглубокой скважины. Суть способа заключается в отборе керна несколькими колонковыми трубами в отдельных интервалах по глубине, вместе составляющими полную колонку керна по всей скважине. Для этого «бшмаки» (коронки) колонковых труб перекрываются заглушками, препятствующими отбору керна до определенной глубины. Колонковая труба при этом заглубляется, как своя, сплошным забоем.

На заданной глубине заглушка освобождается и начинается отбор керна, а саму заглушку можно использовать как поршень, остановившийся на определенной глубине при продолжающемся движении колонковой трубы.

Устройство для интервального отбора керна при виброударном бурении, простое в изготовлении и надежно срабатывающее, успешно применялось с виброударными установками отдела технических средств подводной геологоразведки ГО ВНИИМОРГЕО в 1970 г. Известны аналогичные устройства для вращающейся колонковой трубы, предназначенные для отбора керна в призабойной зоне.

Возможен поинтервальный отбор керна в одном стволе скважины или в разных стволах, расположенных рядом:

1) одним инструментом (одной колонковой трубой) с последующими спусками и проходками с добавлением глубины скважины на длину заданного интервала отбора керна;

2) пачкой соединенных вместе колонковых труб (двух, трех и более) разной длины («ступенчатый снаряд»), частростенных на последовательный отбор керна поинтервально по всей скважине (рис. 1);

3) несколькими колонковыми трубами, снабженными автономными погружателями (вибромоторами или вращателями) и установленными на одном погружном основании (рис. 2);

4) несколькими колонковыми трубами, внедряемыми в породу и извлекаемыми последовательно одним бурящим устройством.

В первом случае производится столько спусков погружной установки на дно, на сколько интервалов отбора керна разделена вся достижимая для данной установки глубина скважины. При первом спуске бурение ведется на глубину, допустимую по сохранности керна. Отбор керна ведется от поверхности дна. При втором спуске программируется начало отбора керна с глубины, достигнутой при первом бурении, и т. д. При втором и последующих спусках возможно случайное попадание в пробуренный ствол или бурение рядом самостоятельного ствола, что не играет существенной роли ни по затратам времени, ни по результатам структурных исследований.

Затраты времени на такой каждый отбор керна примерно такие же, как на бурение «одним рейсом» всей скважины. Кроме того, при неблагоприятных условиях за время работ возможно смещение судна.

Способ можно рекомендовать как «выход из положения» при наличии только установки с одинарной трубой.

Во втором случае отбор керна из всех интервалов скважины может производиться за один спуск и за одно бурение на всю глубину скважины. Ступенчато установленные колонковые трубы настраиваются на отбор керна одинаковой длины: самая короткая — от поверхности дна; вторая по длине — от глубины, равной длине первой (короткой) трубы; следующая — от глубины, равной длине, т. е. предельной глубине бурения предыдущей трубой. Таким образом, сначала ступенчатая пачка труб внедряется без отбора керна на глубину, меньшую предельной глубины бурения на длину интервала отбора керна, затем одновременно все трубы пачки начинают углубляться далее с отбором керна (самая короткая труба при этом начинает внедряться от поверхности дна).

В этом случае требуется увеличение мощности бурящего устройства, что не представляет принципиальных трудностей и оправдывается

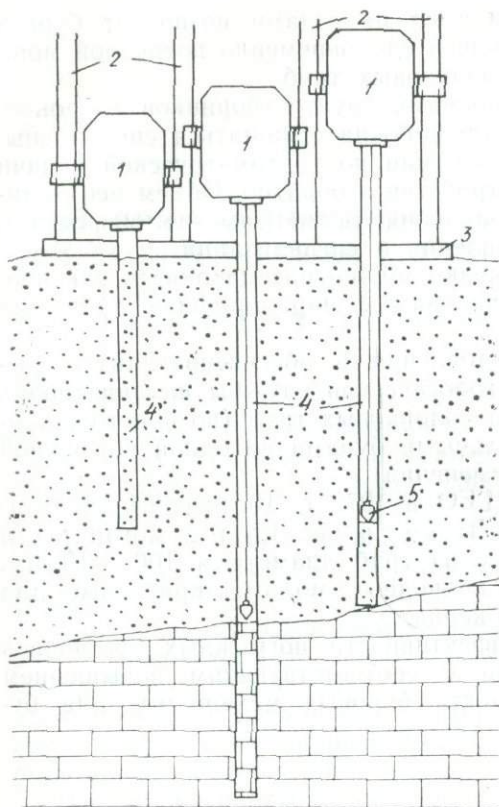
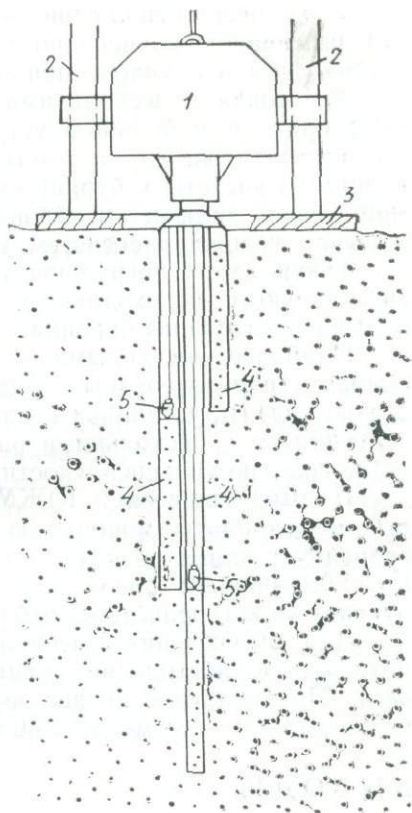


Рис. 1. Установка для отбора керна пачкой колонковых труб, соединенных вместе с общим приводом: 1 — привод; 2 — направляющая; 3 — основание; 4 — колонковая труба; 5 — заглушка

Рис. 2. Установка для отбора керна пачкой колонковых труб при отдельных приводах на едином основании (усл. обознач. см. на рис. 1)



экономически. Применение «пачки колонковых» наиболее приемлемо при виброударном бурении.

Бурение «одним рейсом» пачкой колонковых труб, оборудованных для отбора керна с заданной глубины, является наиболее простым технически, экономичным и надежным способом бурения неглубоких скважин на дне моря со сплошным отбором керна.

Однако у этого способа есть слабая сторона: в случае встречи крепких пород на глубине, меньше предельной (запрограммированной) глубины бурения, керн во всех интервалах будет отбираться не полностью. При наличии сведений о глубине залегания подстилающих плотных пород этот недостаток не проявляется.

Применение нескольких независимых подводных буров на одной погружной установке заметно повышает ее эксплуатационные качества. Возможно применение наряду с подводными вибромолотами бура (или буров) вращательного бурения.

При наличии действенной сигнализации такая система позволяет производить качественный отбор керна по всему стволу в рыхлых отложениях и в подстилающих крепких породах.

Раздельное исполнение буров с их приводами позволяет бурить стволы скважин поочередно с меньшей единовременно потребной мощностью, чем в случае с пачкой колонковых труб.

Установка с несколькими колоннами грунтоотборников (колонковых) при одном бурящем устройстве должна оснащаться специальными механизмами для автоматической или полуавтоматической подачи колонн из кассеты к бурящему устройству и обратно. Объем необходимой информации и сигналов управления также заметно возрастает, вызывая усложнение систем управления и сигнализации.

Такую схему погружной установки можно рассматривать как перспективную и переходную к установкам с наращиванием труб для повышения глубины бурения.

Наиболее доступными в изготовлении и обеспечивающими выполнение первоочередных задач геологической службы на акваториях можно считать установки с пачкой колонковых труб (по простоте конструкции) и с несколькими раздельными бурами на одной погружной установке (по универсальности применения).

Изготовлявшиеся в ЮЖМОРГЕО в 1972 г. 10-метровые подводные вибромолоты мощностью 7 кВт имели вес 1,5 т и могли нести спаренную или строенную колонку из труб диаметром 100—115 мм. Разрабатываются более мощные подводные молоты, пригодные для бурения со «ступенчатым» отбором керна.

Для обеспечения высокой эффективности погружных установок потребуется повышение мощности с соответствующим повышением веса. Предполагаемый вес комплекта буровых механизмов для бурения до 20 м — не менее 3—6 т.

ВЫВОДЫ

1. Бурение неглубоких скважин «одним рейсом» может производиться как с поверхности воды, так и погружными полуавтономными установками со дна моря. Причем стоимость работ с применением погружных установок ниже благодаря малым затратам времени на бурение каждой скважины.

2. При использовании погружных буровых установок рационально проводить бурение неглубоких скважин на всю глубину за «один рейс».— одной трубой (колонной).

3. При бурении «одним рейсом» скважин на глубину, превышающую допустимую длину керна (по сохранности), может успешно применяться «способ ступенчатого (поинтервального) отбора керна по всему стволу неглубокой скважины».

4. Максимальное сокращение времени бурения одной скважины (т. е. времени нахождения судна на точке бурения) обеспечивается применением «многоствольных» погружных установок с колонковыми в «одной пачке» или с автономными погружателями.

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ГИДРОЛОКАТОРА БОКОВОГО ОБЗОРА ПРИ ГЕОЛОГИЧЕСКОМ КАРТИРОВАНИИ ШЕЛЬФА

Д. Ф. Такки, Е. В. Буйволенко¹

Одной из основных задач геологических исследований на шельфе является поиск и картирование подводных геологических образований, вмещающих полезные ископаемые, а также выявление структурных особенностей строения морского дна, часто отражающихся в его рельефе. Для решения этих задач необходимо иметь детальные карты рельефа дна и вещественного состава субстрата, образующего рельеф, которые можно получить оперативно при использовании специальной аппаратуры и методики.

Наиболее существенной особенностью изучения геологического строения морского дна является мощный слой воды, затрудняющий необходимую информацию об интересующем нас районе. В связи с этим проблема детального картирования подводного рельефа при производстве поисково-разведочных геолого-геофизических работ приобретает особое значение.

Самый распространенный метод изучения донного рельефа — эхолотирование — не может дать исчерпывающей информации о строении и расчлененности поверхности морского дна, несмотря на относительно высокую аппаратную точность измерений, поскольку, как бы часто мы ни располагали промерные галсы, всегда остается какой-то промежуток между ними, о котором нет никаких сведений. Площадное изображение подводного ландшафта можно получить и при помощи методов аэрокосмической фотосъемки. Но пределы применения фотометодов ограничены прозрачностью воды и обычно эффективны для глубин не более 20—25 м. Картирование рельефа дна в широком масштабе может быть выполнено пока только с помощью гидролокации.

В настоящее время при изучении морского дна используются различные модификации гидролокаторов (сонаров), позволяющие получать акустические фотографии деталей подводного рельефа на значительных площадях. Для районов относительно небольших глубин, на шельфе, наиболее эффективными являются гидролокаторы бокового обзора, позволяющие вести исследования в широкой полусе вдоль пути движения геофизического судна.

Рассмотрим принцип действия гидролокатора бокового обзора на примере конкретного прибора («Transit Sonar» MS-43 (Mudie a. o., 1970)). Гидролокатор состоит из двух основных частей: забортного устройства (приемно-излучающей антенны) и регистратора-самописца с генератором ультразвуковых импульсов и усилителем отраженных

¹ Сотрудники НПО ЮЖМОРГЕО, Геленджик.

сигналов; автономный источник питания (аккумулятор 24 В), небольшой вес (самописец 18,1 кг, забортное устройство 69,3 кг) и малые габариты гидролокатора позволяют эксплуатировать его на любых типах судов и катеров.

Магнитострикционная антенна излучает ультразвуковые импульсы веерообразным пучком, направленным перпендикулярно диаметральной плоскости судна (в секторе $1,5^\circ$ по горизонтали, 51° по вертикали), и как бы «освещает» узкую полосу дна (рис. 1). Излучая аку-

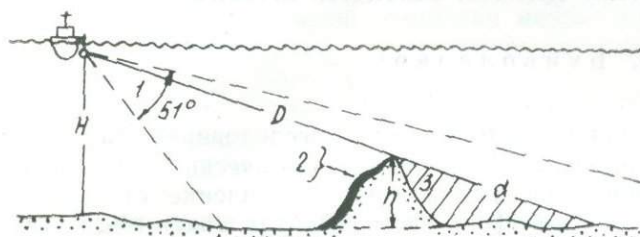


Рис. 1. Схема гидролокатора бокового обзора: 1 — угол сектора излучения; 2 — поверхность сильного отражателя; 3 — зона акустической тени

стическую энергию в процессе движения судна, с некоторым интервалом можно «освещать» каждый раз соседнюю полосу и производить построчный обзор поверхности дна вдоль маршрута. Отраженные от дна сигналы принимаются той же антенной и после усиления регистрируются на самописце в виде строк переменной плотности, причем каждая строка соответствует облучаемой полосе дна. Выбрав оптимальное соотношение скорости движения судна и скорости регистрации отраженных сигналов, можно получить почти неискаженную картину подводного ландшафта.

Интенсивность отраженных сигналов зависит от акустических свойств донных грунтов, расчлененности рельефа дна, наличия на дне растительности, искусственных объектов и т. п. Все эти факторы оказывают влияние на характер отраженного сигнала при его регистрации на ленте записи в виде более или менее темных и светлых участков. Получаемые тоново-штриховые рисунки эхограмм (сонограмм) воспринимаются наблюдателем как плано-перспективное изображение участка дна в полосе локации. Располагая съемочные гидролокационные маршруты таким образом, чтобы имелось некоторое перекрытие, можно добиться полного покрытия картируемой площади, на которой затем с достаточной уверенностью выделяются площадные и линейные формы подводного ландшафта и опознаются естественные и искусственные объекты, а при геологической проверке и состав грунта (субстрата). Таким образом, гидролокатор бокового обзора позволяет оперативно получать объективное представление о площадном распределении и характере донного рельефа, производить его количественную оценку и изучать геологическое строение дна по акустическим контрастам.

Несмотря на большой эффект, который могут дать гидролокаторы, применение их в отечественной геологической практике пока весьма ограничено. Это объясняется прежде всего отсутствием аппаратуры отечественного производства и отработанной методики интерпретации сонограмм. Некоторый опыт работы с гидролокатором «Transit Sonar» MS-43, накопленный геологами ВСЕГЕИ (Спиридонов и др., 1974, 1975), свидетельствует о перспективности его использования при гео-

логических съемках, однако многие вопросы методики исследований до сих пор не получили однозначного решения.

Для определения реальных технических характеристик гидролокаторов MS-43 и разработки методики интерпретации сонограмм в условиях шельфа Черного моря на специальном полигоне в районе города Геленджика были проведены опытно-методические исследования, результаты которых позволили ответить на некоторые вопросы, возникающие при обработке материалов гидролокационной съемки. Рельеф дна опытного полигона был подробно изучен по стандартной методике детальным эхолотным промером в масштабе 1:10 000 и отображен на батиметрической карте с сечением изобат через 1 м. Эта карта в комплексе с данными о грунтах служила эталоном при сопоставлении результатов гидролокационной съемки.

Первым этапом работы с гидролокатором явилось изучение возможности обнаружения подводных объектов и определения их форм и размеров. В качестве целей-мишеней использовались сваи и «быки» причалов, железобетонные якоря швартовых бочек, скальные выступы и отмели с известными линейными размерами и с четко обозначенными контурами на геологической карте. Было выполнено в среднем по 10 проходов на различных удалениях от объектов, находящихся на глубинах от 3 до 20 м. После статистической обработки результатов установлено, что объекты, имеющие линейные размеры менее 1×1 м, на расстоянии более 100 м практически не обнаруживаются, а на расстоянии менее 100 м фиксируются недостаточно уверенно. Объекты размером от 1 до 5 м обнаруживаются и фиксируются на дистанции до 200 м, однако опознание и дешифрирование этих объектов при расстояниях свыше 100—150 м затруднительно. Более крупные объекты (подводные скалы, песчаные отмели, плоские выходы коренных пород и т. п.) хорошо опознаются и прослеживаются практически на всем регистрируемом диапазоне до предельной дальности.

Определение высоты объекта, возвышающегося над региональной поверхностью дна (рис. 1), производится по формуле

$$h = \frac{dH}{d+D},$$

где h — высота объекта над дном моря; H — глубина моря; D — расстояние до объекта; d — величина «акустической тени».

Величины H , D , d определяются в метрах по сонограммам (рис. 2) при помощи масштабной шкалы. Сравнение фактической высоты объектов с результатами ее определения при помощи гидролокатора показало, что в зависимости от формы объекта и расстояния до него отклонения колеблются от ± 10 до $\pm 25\%$ в ближней зоне и от ± 30 до $\pm 60\%$ в дальней.

Приведенные результаты показывают, что уверенное опознавание объекта с измеряемой акустической тенью начинается примерно с 150 м. При больших расстояниях контуры объекта становятся размытыми, что сильно затрудняет определение его размеров. Таким образом, только около половины полосы захвата гидролокатора MS-43 содержит информацию, пригодную для практического использования. Это обстоятельство важно учитывать при планировании съемочных галсов, особенно для участков перекрытия.

Качество сонограмм в значительной степени зависит от скорости

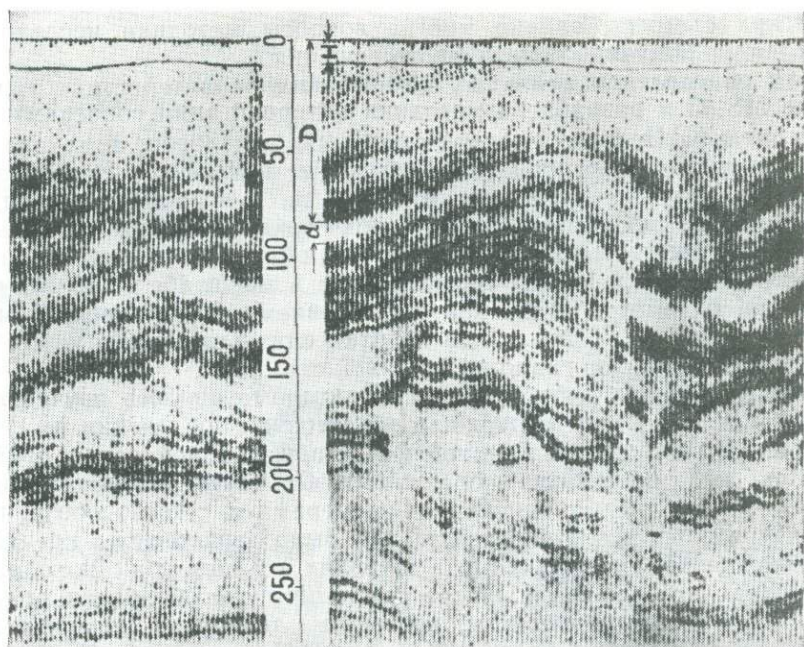


Рис. 2. Сонограмма с линейными значениями элементов отражения

судна, поэтому необходимо как можно точнее выдерживать неизменную скорость и направление движения судна. Нестабильность хода и «рыскание» судна влияют на правильность регистрации очертаний контуров подводных объектов в плоскости и нарушают подобие форм. На большой скорости отраженный сигнал от сравнительно малого объекта оставит какую-то отметку на ленте, но даже на слабом фоне помех его очень трудно выделить и уверенно опознать. В результате проведенных экспериментов оптимальный режим записи был получен при скорости судна 4,5—5 км/ч, когда на диапазоне регистрации 0—275 м обнаруживались объекты с линейными размерами 2—3 м.

Поскольку амплитуда отраженных сигналов является функцией размера, формы и акустической жесткости изучаемого объекта, разрешающая способность гидролокатора зависит от возможности различать изменения в уровне сигнала при изменении как наклона дна, так и плотности донных осадков. Эта практически одинаковая реакция системы на изменение рельефа или плотности грунта является самым сложным вопросом, возникающим при дешифрировании сонограмм.

Воспроизведение на бумаге каждой строки в виде светлых и темных участков в конечном счете регламентируется коэффициентом отражения облучаемой поверхности, который зависит как от угла отражения, так и от акустической жесткости этой поверхности. Как правило, сторона подводного склона или какого-либо объекта на дне, обращенная к излучателю, дает на записи темные участки, а теневая сторона отображается на сонограмме в виде более светлых участков, величина которых характеризует высоту этих объектов. Однако следует иметь в виду, что теневой эффект сильно зависит от того, с какой стороны и под каким углом будет направлен сигнал. Поэтому при производстве сонарной съемки нужно располагать съемочные

галсы с таким расчетом, чтобы исследуемый участок был снят по крайней мере с двух противоположных направлений, т. е. предусматривать не менее 100% перекрытий.

Похожая картина изменений плотности записи наблюдается и при изменении характера поверхности дна, т. е. на интенсивность отраженного сигнала существенно влияет также качественный состав грунта, что сильно осложняет интерпретацию сонограмм. Поэтому в каждом конкретном районе необходимо предварительно проводить опытные работы с отбором грунтов для идентификации записи на сонограммах этого грунта. Примером может служить рис. 3, з, где на практически

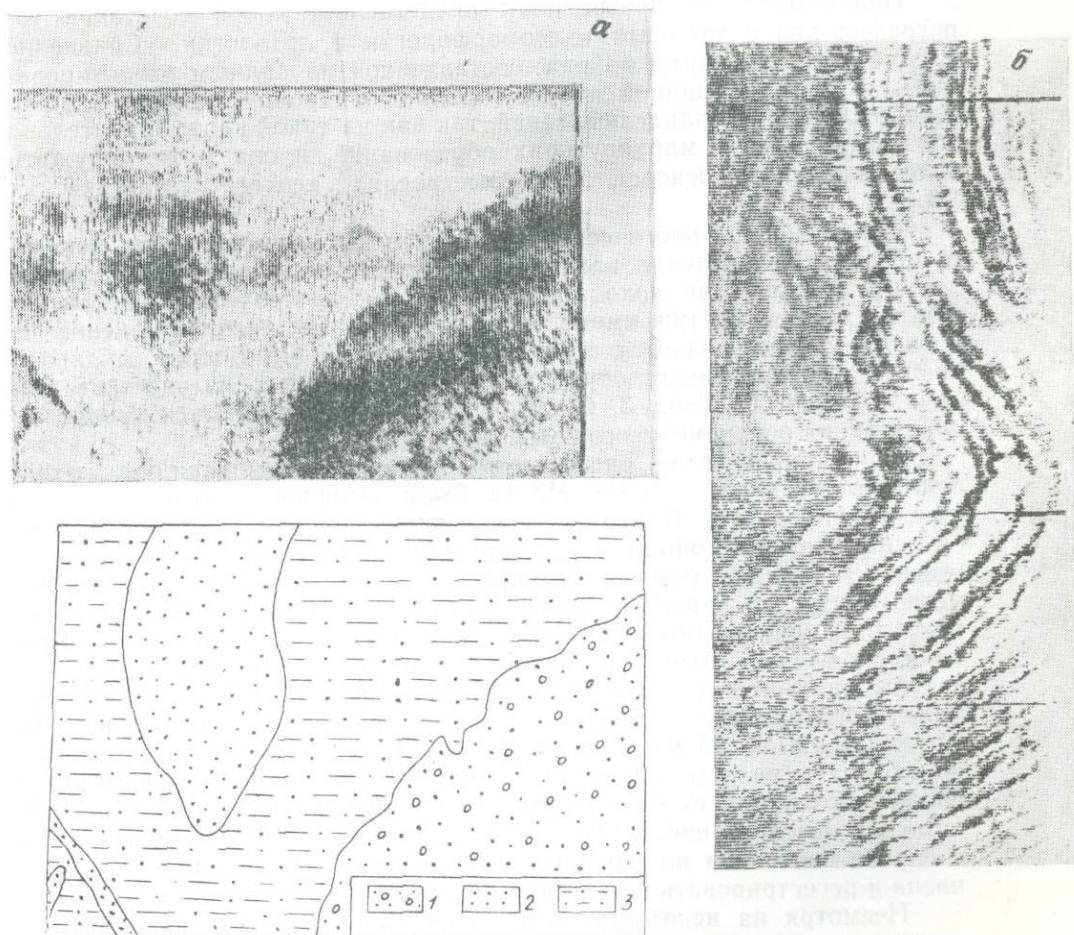


Рис. 3. Части сонограммы, отражающие дно (а — сложное рыхлыми осадками, б — коренными породами верхнемелового флиша): 1 — песок с гравием; 2 — песок; 3 — плитный песок

равной субгоризонтальной поверхности дна с перепадами глубин не более 0,2—0,5 м характер записи изменялся только за счет состава грунта, что было подтверждено отбором проб на этом участке.

Дешифрирование сонограмм и составление карт по данным гидролокационной съемки производилось в следующем порядке.

1. Выявление зон распределения однотипных записей и идентификации их с определенными формами рельефа дна или грунта.

2. Выделение на основе теневого эффекта элементов рельефа, дна, определение их формы и размеров.

3. Перенос на кальку особенностей, выявленных на сонограммах по пунктам 1 и 2, и составление полосовых схем.

4. Трансформирование полосовых схем и приведение их к единому масштабу карты.

5. Ориентирование трансформированных схем на картографическую основу по точкам радиогодезических определений координат и монтаж мозаичного плана дна исследуемого района.

Полученный мозаичный план представляет собой сочетание топографии дна с элементами геоморфологии и литологии. Сравнение батиметрической карты района, составленной по данным эхолотирования, с картой, созданной по результатам гидролокационной съемки, свидетельствует в пользу последней, так как на такой карте значительно облегчается выбор маркирующих образований, и она может служить более надежной основой для построения геолого-литологических карт.

Наибольшая геологическая эффективность гидролокатора бокового обзора достигается в районах с пестрым литологическим составом донных осадков, где ярко подчеркиваются акустические контрасты. Обычно такие участки имеют довольно широкое распространение на шельфе, где наблюдается резкая смена фаций и хорошая обнаженность. Примером может служить сонограмма одного из участков эталонного полигона (рис. 3, б), где очень четко выделяются флишевые образования верхнемелового возраста.

При производстве опытно-методических исследований с гидролокатором «Transit Sonar» MS-43 были выявлены некоторые недостатки аппаратуры. В первую очередь, это сложная настройка, требующая большого опыта и квалификации оператора. Даже незначительное изменение (иногда самопроизвольное) настройки прибора заметно влияет на характер записи, причем отделить аппаратурную помеху от изменения объективных условий весьма затруднительно. Кроме того, следует отметить низкую разрешающую способность аппаратуры, связанную с системой регистрации на электротермическую бумагу, и ограничение глубины моря, до которой возможно производство работ (не свыше 40 м). Существенным замечанием при работе с гидролокатором является фиксация помех от плавающих предметов и близкопроходящих судов. Оператору при производстве работ необходимо внимательно наблюдать за окружающей водной поверхностью и в случае появления плавающих объектов отмечать их на ленте самописца и регистрировать в бортовом журнале.

Несмотря на некоторые недостатки аппаратуры и трудности интерпретации результатов, применение гидролокатора бокового обзора для решения задач морской геологии представляется весьма перспективным. Высокая производительность (4—5 км² в день при 100%-ном перекрытии) и сравнительно низкая стоимость гидролокационной съемки открывают широкие возможности применения гидролокаторов для детального геологического картирования отдельных участков шельфа. Включение гидролокационной съемки в комплекс любых видов морских геофизических работ практически не вызовет их удорожания и даст дополнительно ценную геологическую информацию.

ЛИТЕРАТУРА

Спиридонов М. А., Алявдин Ф. А. Основные проблемы геологического картирования шельфа — Проблемы геологии шельфа. М., «Наука», 1975, с. 29—33.

Спиридонов М. А., Наумов Е. А., Рыбалко А. Е., Алявдин Ф. А., Эйхгорн Г. Л. Геологическая съемка прибрежного шельфа с применением гидролокатора бокового обзора.— ДАН СССР, т. 219, № 2, 1974, с. 462—465.

Mudie J. D., Normark W. R., Cray F. J. Direct mapping of the sea floor using side-scanning sonar and transponder navigation — Geol. Soc. Amer. Bull., 1970, v. 81, № 5, p. 1547—1554.

К МЕТОДИКЕ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ ШЕЛЬФА

О. С. Корнев, В. Н. Соловьев

Шельф — слабоизученная часть континента, однако так же, как и последний, таит в себе большие запасы минерального сырья. Поэтому не случаен большой интерес к геологическому строению этой области морского дна, вызывающий интенсивное развитие методов ее исследования. Основным и всесторонним методом изучения геологического строения любого региона является геологическая съемка. Геологическая съемка шельфа в настоящее время находится в стадии становления, требуя решения целого ряда вопросов технического и методического характера. В связи с этой проблемой авторами в течение ряда лет (1968—1974 гг.) проводились опытно-методические работы по геологической съемке шельфа на различных участках Азово-Черноморского бассейна. В геологосъемочный комплекс вошли геологические и геофизические методы исследования: непрерывное сейсмоакустическое профилирование, морская магниторазведка, электроразведка, радиометрия, капнометрия, отбор образцов и колонок грунта различными способами, мелкое картировочное бурение и подводные работы в легководолазном снаряжении. Кроме этого, изучался опыт подобных работ, проводившихся целым рядом организаций на шельфах Каспия, Балтики и дальневосточных морей. Эти работы позволили оценить геологическую эффективность существующих методов применительно к геологической съемке шельфа и подойти к решению вопроса рационального их комплексирования.

Несмотря на небольшой вклад каждого из геофизических методов в геологосъемочный комплекс, в целом они обеспечивают высокую геологическую эффективность; с помощью геофизической группы методов мы получаем обширный спектр часто перекрывающейся информации о геометрии геологических образований и некоторых физических свойствах этих образований. Корреляция этой информации с данными геологических методов исследования дает возможность осветить геологическое строение региона в соответствии с требованиями геологической съемки.

Следует подчеркнуть, что в геологосъемочном комплексе методов геофизические исследования являются лишь необходимой основой рационального проведения трудоемких геологических наблюдений, без которых не может быть решена проблема геологической съемки шельфа.

Непрерывное сейсмоакустическое профилирование (НСАП) является одноканальным методом высокочастотной (200—1500 Гц) морской сейморазведки. Применение групповых электроискровых излучателей позволяет легко использовать в широком диапазоне энергию

упругих колебаний за счет изменения емкости накопительных конденсаторов при незначительной амплитуде повторного удара. Причем увеличение числа электродов сдвигает спектр сигнала в область высоких частот. По результатам экспериментальных исследований (Калинин и др., 1972) выявлено соотношение между мощностью взрыва, глубиной погружения датчика и периодом колебаний, которое позволяет обоснованно подходить к выбору методики морских работ, поыскивая оптимальное соотношение между длительностью и разрешенностью записи. При этом диаграмма направленности акустического сигнала определяется конструкцией излучателя.

При НСАП на малых глубинах отрицательное значение имеет помеха, обусловленная прямой волной, запись которой на ленте регистратора, как правило, закрывает полезную информацию до глубины 15—20 м записи. Поэтому для работы на глубинах 10—20 м излучатель и косу с сейсмоприемниками следует располагать по противоположным бортам судна, корпус которого будет играть роль экрана и значительно снизит помеху от прямой волны. В существующих моделях аппаратуры НСАП регистрация информации производится на электрохимическую бумагу, которая дает оперативную (видимую) информацию или фотопленку. Внедрение магнитной записи может обеспечить регистрацию полного спектра отраженных волн (Левин, Мирянов, 1972), что значительно повысит возможность этого метода.

Сущность интерпретации НСАП записи заключается в выделении любых особенностей в характере записи отраженных волн, их корреляции. На ленте записи обычно выделяются области развития различных кратных волн, зоны различной продолжительности записи, участки интерференционных и хаотических колебаний и т. п., которые позволяют индивидуализировать и выделять геологические объекты.

НСАП дает основную информацию о геометрии геологических образований, главным образом осадочного происхождения, их взаимоотношениях, абсолютных размерах по протяженности и относительных по мощности. Для определения истинного положения границ отражения необходимо использование параметрических данных суши или морских скважин. Кроме этого, путем применения радиобуев, аналогично морской сейсморазведке, можно оценить распределение эффективных скоростей исследуемой толщи, а значит, получить информацию об истинном положении границ.

Использование акустического спектра частот обеспечивает длительность записи информации порядка 2—2,5 с. Это значит, что, например, при средней скорости в литифицированных породах осадочной толщи 2 км/с максимальная глубина отражения составит 4—5 км.

Повышенная разрешающая способность (до 2—2,5 мс) дает возможность получить детальный разрез осадочной толщи, особенно верхней ее части.

Геологическая эффективность НСАП при картировании шельфа во многом зависит от геологической проверки характерных отражений. Особенно часто это связано с появлением в разрезе образований, обладающих резко аномальными скоростными характеристиками, зачастую ведущими к потере корреляции либо кажущемуся искажению геометрии отражающих границ. Как правило, такое явление принято связывать с зоной тектонических нарушений. Однако этот эффект может иметь и другую природу. Так, при геологической проверке подобной записи на одном из участков шельфа Таманского полуострова бы-

ло установлено, что потеря корреляции связана с линзами илов, вытянутых вдоль побережья, сильно насыщенных раковинами моллюсков. Эти образования имеют малые скорости (300—500 м/с) и дают хаотическую запись, ниже которой полезный сигнал отсутствует. Иначе говоря, насыщенные ракушкой илы играют роль акустического экрана. Звукоэкранирующие свойства отмечались также у газонасыщенных илов верхней части континентального склона вблизи между-речья Шахе — Псезуапсе (Черноморское побережье).

В целом НСАП надо рассматривать как обязательный метод исследования в геологической съемке шельфа.

Производительность НСАП связана с уровнем судовых помех и гидродинамических шумов. При постановке работ на судах типа СРТ, ТХС и т. п. рациональная скорость не должна превышать 3,5—4,0 узла, а волнение моря должно быть не выше 2—2,5 балла.

Гидролокация бокового обзора (ГБО) пока еще не получила широкого применения в морских геологических исследованиях. По принципу действия ГБО занимает среднее положение между обычным гидролокатором дальнего действия, но с низкой разрешающей способностью и светооптической (телевизионной) системой с высокой разрешающей способностью, но ограниченной дальностью действия. Более подробно метод описан Д. Ф. Такки и Е. В. Буйволенко в наст. сб.

Метод ГБО дает информацию о поверхности морского дна. Запись сигнала производится, как и у эхолота, на электрохимическую бумагу. Интерпретация графического изображения на ленте записи позволяет составить детальную карту рельефа дна с отражением на ней аккумулятивных и эрозионных форм, а также зафиксировать отдельные элементы тектоники. Сравнительный анализ различных полей графического изображения с данными геологической проверки позволяет установить характер грунта (коренные породы, валунно-галечный материал, песок и т. д.) и оконтурить участки распространения этих разновидностей. Глубинность метода связана с величиной заглабления приемно-передаточного устройства и варьирует от 15 м до глубин, выходящих далеко за пределы шельфа. Разрешающая способность метода — 0,25—15,0 м (Moody, Van Reenan, 1967).

Производительность ГБО при рациональном для него ходе судна 1—4 узла составит 0,1—1 кв. мили/ч (Moody, Van Reenan, 1967; Laing, Nelking, 1966).

Морская магниторазведка (ММР) — мобильный метод исследования аномального геомагнитного поля региона. Для морской магнито-разведки используются протонные магнитометры (МПМ-4, АПМ-3, М-20, М-30 и др.), точность измерения которых достигает 0,1—2 гамм. Датчик магнитометра буксируется за кормой с интервалом, равным примерно трем корпусам судна. Это является отрицательным моментом в технике эксплуатации прибора, ограничивающим применение метода на сугубом мелководье и в узкостях, а также затрудняет маневр при детальном работах.

ММР позволяет устанавливать простирание геоструктурных элементов, ориентировочно определять плановые, а при соответствующих условиях и вертикальные размеры магнитовозмущающих объектов и их глубину залегания. Следует отметить также, что в отдельных случаях независимый расчет глубин верхних кромок магнитовозмущающих масс в сопоставлении с временными разрезами НСАП позволяет оценивать скорости акустических волн.

При наличии параметрических данных или экстраполяции проверенных магнитных аномалий возможна общая вещественная характеристика магнитоактивных пород. Естественно, что наиболее эффективным применением ММР будет в области резкой дифференциации намагниченности кристаллических образований. Однако высокие эксплуатационные качества современной аппаратуры позволяют изучать малоамплитудные поля, отражающие магнитовозмущающие образования осадочного чехла, содержащие в незначительных количествах ферромагнитные или такие слабомагнитные минералы, как гематит, ильменит, сидерит и др. (Пискаров, Незвестнов, 1971; Углов и др., 1976). Поэтому гидромагнитные исследования при геокартировании требуют высокой точности, в связи с чем особенно важен учет всех возможных помех: вариации геомагнитного поля, девиации судна, аномалий, возбуждаемых гидродинамикой морской среды и всевозможных полей, связанных с одновременным производством других геофизических методов.

Производительность метода определяется максимальной скоростью судна. Если учесть его относительную дешевизну аппаратуры и техническую простоту эксплуатации, то ММР можно рекомендовать в качестве обязательного метода в комплексе исследований на шельфе.

Морская электроразведка по сравнению с НСАП и ММР в настоящее время имеет более ограниченное применение в геологических исследованиях. Основной методической особенностью морской электроразведки является учет влияния слоя морской воды по его мощности и удельному сопротивлению. С одной стороны, слой воды обеспечивает простоту заземления электродов, дает возможность непрерывных измерений на ходу судна, возможность использования мощных источников питания и больших питающих и измерительных линий. С другой стороны, он экранирует нижележащие породы, а гидродинамические процессы в нем приводят к появлению дополнительных помех. Наибольшее значение при картировании шельфа должны занять методы непрерывного профилирования (НП) с одного судна. Глубинность исследования этой группы методов относительно невелика, она составляет несколько сот метров и сопоставима с глубиной НСАП. Как показал опыт электроразведочных работ на Азово-Черноморском шельфе, высокой эффективностью обладает электропрофилирование установкой ВЭЗ-ВП, позволяющей оценить кажущееся сопротивление (КС), продольную проводимость (S) и поляризуемость (η_k) пород верхней части разреза. Конфигурация установки, число используемых диполей и комплектов регистрирующей аппаратуры целиком определяются геологическими особенностями исследуемого участка. Карты графиков КС дают возможность судить о пространственном положении высокоомных образований и их структурных особенностях.

Данные по НП в определенных случаях целесообразно дополнять данными дипольного электроразведочного зондирования, которым можно уточнить положение и характер залегания (в случае крутопадающих тел) в разрезе высокоомных образований.

Исследования на Азово-Черноморском, Каспийском и Балтийском шельфах показывают, что по данным морских электроразведочных работ можно получить информацию о геометрии и косвенные данные о литологии при больших мощностях осадочной толщи, в том числе и под акустическим экраном (Кондрашова, Кругляков, 1968; Маловицкий и др., 1969).

По картам графиков η возможно выделение областей повышенной концентрации электропроводящих минералов, в частности зон сульфидной минерализации, как правило, связанных с определенным комплексом пород. Так, при картировании шельфа Тамани в монотонной песчано-глинистой толще неогена методом вызванной поляризации нами успешно выделен так называемый «рудный горизонт» с повышенным содержанием бурого железняка; горизонт в дальнейшем выбран опорным при стратиграфической увязке результатов сейсмоакустики.

Производительность методов ИП определяется скоростью судна. При скорости 4,5—6,5 узла она составит 60—80 пог. км в день (Шапировский, Саркисов, 1965).

Морская радиометрия (МР) может быть использована в двух модификациях: измерение общего гамма-излучения и изучение спектрального состава естественного излучения (Асадов, Куликов, 1967; Шацов, 1969; Алексеев, Емельянов, 1968; Bowie, Clayton, 1972). Техническая особенность исполнения метода заключается в том, что датчик прибора буксируется по дну (прибор МОРС-68). Это ограничивает применение метода; положительным моментом является малая энергоемкость аппаратуры. Глубинность исследования охватывает самую верхнюю часть донных осадков. С помощью радиометров интегрального счета фиксируются повышенные содержания урано-ториевых минералов, что можно использовать при картировании россыпей, где эти минералы являются сопутствующими. Несравненно большую информацию приносит использование гамма-спектрометрической аппаратуры, позволяющей по измерениям в соответствующих энергетических окнах гамма-спектра определять концентрации урана, тория и калия (изотопа K^{40}) в самых верхних частях донных отложений. Особое значение для целей геокартирования имеет изучение распределения по площади радиоактивного изотопа калия, входящего в состав основных породообразующих минералов. Различие в счете на калиевом диапазоне энергетического спектра гамма-излучения отражает различие в вещественном составе осадочных пород. Этот метод позволяет картировать рыхлые осадки, а также получать косвенную информацию о новейшей тектонике (Алексеев, Шацов, 1968).

В морских исследованиях, кроме изучения естественной радиоактивности, применяются ядерные методы, заключающиеся в анализе вторичного гамма-излучения. Последнее вызывается в исследуемом веществе искусственным источником излучения. Особенно результативно этот метод может быть использован при поисках мономинеральных залежей (россыпей) многих металлов (Detecting minerals..., 1970).

Морская капнометрия (МК) заключается в измерении магнитной восприимчивости пород под водой. Как и в радиометрической аппаратуре, датчик капнометра буксируется по дну, поэтому область исследования также ограничивается рыхлыми осадками. Широкого применения МК еще не получила, однако испытания скважинной установки (Мамедов, 1972) и специального опытного прибора (Корнев, Детков, 1974), приспособленных для морских работ, показали перспективность этого метода. Большую эффективность МК можно ожидать при поисках и изучении россыпей редких и драгоценных металлов, которые, как правило, сопровождаются магнитными минералами.

Методы МР и МК должны выполняться на минимальном ходу судна, и при самой удачной конструкции буксируемого устройства скорость буксировки не должна превышать 2 узлов.

Картировочное бурение — один из главных методов познания геологического строения шельфа при геосъемочных работах. Основные технические требования к буровым установкам для таких работ определяются глубиной моря и мощностью чехла рыхлых отложений, перекрывающих коренные породы. Необходимо, чтобы установка такого рода обеспечивала бурение на глубине моря не менее 200 м и примерно такую же глубину проходки по рыхлым осадкам и возможность проникнуть в литифицированные породы на несколько метров. Промышленных образцов установок для картировочного бурения пока не существует, и в практике морских работ используются «сухопутные» модели станков, смонтированные на судах водоизмещением более 200—250 т. При фиксировании судна над точкой бурения с помощью якорей работа возможна на глубинах моря до 30—40 м (Корнев, Детков, 1974; Распопов и др., 1974). Увеличивая водоизмещение бурового судна (следовательно, и запас якорного троса), можно увеличить глубину жесткой постановки на якорь. Например, при картировочном бурении на шельфе Великобритании с судна водоизмещением 3500 т глубина постановки на якорь достигала 100 м (Barton, 1971). Опыт морского разведочного и глубинного бурения свидетельствует о том, что наиболее эффективным методом фиксирования судна-буровой над устьем скважины является электронно-механическая система стабилизации. Она заключается в удержании судна в заданной точке с помощью подруливающих устройств, автоматически управляемых ЭВМ, на которую через гидролокатор поступает информация о смещении (дрейфе) судна по отношению к неподвижному гидроакустическому источнику на дне.

Производительность картировочного бурения при якорной системе фиксирования судна составляет примерно от 20—40 и до 100 м проходки по рыхлым породам в день.

Отбор колонок грунта (отбор керна) из самой верхней части чехла рыхлых отложений выполняется путем внедрения трубы в грунт с помощью различных видов источников. В зависимости от источника внедрения керноотборники бывают инерционные, поршневые, прямоточные, механические забивные, вибрационные, виброударные, пороховые, вакуумные, роторные. Самое широкое применение нашла инерционная трубка, которая заглубляется в осадки за счет энергии свободного падения. Этой конструкцией можно работать на глубине моря не менее 10—15 м. Величина заглубления зависит от рыхлости осадков. В области распространения глубоководных осадков она достигает 3—5 м. По более плотным осадкам работу эффективнее вести при помощи трубок с вибрационным способом внедрения. Наиболее отработанной моделью такого типа, по нашему мнению, является ПБВТ-65 конструкции Кудинова (Едигарян, 1969). Длина колонка грунта не превышает 4—4,5 м. Имеются новые, уже испытанные, конструкции с виброударным источником заглубления, обеспечивающие проходку до 7—8 м (Лещев, Матвеев, 1974). Существуют и другие довольно эффективные установки и методики для отбора колонок грунта, пока еще не получившие широкого применения. Некоторые из них описаны в настоящем сборнике (см. статьи Д. А. Лещева).

Производительность метода при хорошо налаженном извлечении керна и локализации площади отбора может составить до 15—20 станций в смену.

Отбор образцов грунта с поверхности морского дна — самый рас-

пространенный способ исследования горных пород, слагающих морское дно. Существуют два (разные по исполнению) способа отбора образцов — отбор дночерпателем и драгой.

Самой популярной конструкцией является грейферный дночерпатель марки «Океан». Промышленные образцы его выпускаются с различной емкостью ковша, в эксплуатации они просты и удобны.

Драгирование заключается в буксировке судном по дну на самом малом ходу драги, представляющей собой полый цилиндр (параллелепипед, призму) с захватывающей (передней) и задерживающей (задней) грунт частями. В геологических исследованиях наибольшее применение получили цилиндрические драги (Филиппов и др., 1971; Васильев, Марков, 1973; Васильев, Лысенко, см. наст. сб.). Обычно драгирование применяется при изучении континентального склона и отдельных возвышенностей глубоководных впадин. Однако оно также эффективно может быть использовано при картировании «открытого» шельфа, т. е. лишенного чехла рыхлых отложений. Существуют точки приложения драгирования и на «закрытом» шельфе — это мелкие выступы коренных пород, уступы подводных террас, подводные эрозионные долины, вершины каньонов и особенно самая верхняя часть континентального склона, где часто обнажаются породы консолидированного основания шельфа. Производительность метода на шельфовых глубинах достаточно высока. В среднем, при небольших переходах, она составляет примерно 8—12 станций в день.

Подводные работы, выполняемые путем непосредственного исследования геологического объекта человеком, по типу используемой системы жизнеобеспечения ведутся при помощи легководолазного снаряжения (до глубин 40—60 м) и в подводных обитаемых аппаратах закрытого типа (на всех шельфовых глубинах).

В легководолазных геологических исследованиях, как и на суше, изучаются рельеф местности, выходы коренных пород, их элементы залегания, отбираются образцы и пробы, производятся запись наблюдений, фотография объектов. Кроме этого, в маршрутах могут проводиться простейшие геофизические измерения — радиометрия и каплометрия рыхлых осадков и коренных выходов пород. Для этой цели можно использовать совмещенные и боксированные серийные приборы СРП-2 и ИМВ-2. Для легководолазного варианта исследований разработана методика подводного геологического картирования (Корнев, Корсаков, 1972), которая заключается в проведении маршрутов с непрерывными и периодическими наблюдениями. Более подробно метод подводного геологического картирования и его эффективность описаны выше (см. ст. О. С. Корнева).

Не следует считать, что подводное геологическое картирование в легководолажном снаряжении должно проводиться на всей доступной для этого площади. В этом нет необходимости, особенно при проведении среднемасштабных работ. На основании предварительного анализа имеющихся материалов по геологическому строению региона всегда можно наметить участки наиболее эффективного применения этого метода. Подводные геологические наблюдения могут быть выполнены также в виде отдельных маршрутов или отдельных погружений при рекогносцировке, проверке геофизических аномалий, дополнительных наблюдений и т. п.

С помощью подводных аппаратов исследователь может проводить

визуальные наблюдения, фото- и кино съемку объекта исследования, отбор образцов грунта и проб воды. Наблюдения из аппарата можно проводить не только на шельфе, но и в каньонах, и на верхней части континентального склона, несущих интересную информацию о внутреннем строении шельфа. Шельф изучено слабо, и поэтому, как бы ни казался нам однообразным чехол рыхлых отложений, мы вправе ожидать в этой обширной области существование геологических образований, подлежащих визуальному изучению при геологическом картировании.

В комплексе с геологическими методами с помощью подводных аппаратов возможно проведение радиометрии, капнометрии, термометрии, от которых следует ожидать более детальной информации по сравнению с результатами этих же исследований в «напалубном» варианте.

Основные требования к технической характеристике аппаратов для подводных геологических исследований следующие: экипаж — три человека: пилот, геофизик-оператор, геолог-наблюдатель; это рациональный минимум, необходимый при комплексных исследованиях; энергозапас — не менее чем на 5—6 ч непрерывной работы; круговой обзор, большая маневренность, возможность максимальной вариации изменения скорости хода. Очень важным для конструкции является универсальность монтажно-крепежных устройств и выводов для заборных коммуникаций.

Этот метод пока еще не нашел широкого применения, однако известные нам примеры подобных работ свидетельствуют о большой перспективе этого метода (Гершанович, 1962; Шепард, 1969; Васильев, см. наст. сб.).

Другие средства исследования, которые могут конкурировать с подводными обитаемыми аппаратами, представляются нам подводными автоматическими конструкциями с дистанционным управлением (подводные роботы). Они оснащены телевизионной установкой, киноили фотокамерой, манипулятором для отбора проб грунта и батометром (Ястребов, 1969).

Таким образом, к настоящему времени практикой морских работ накоплен большой арсенал методов, который может рассматриваться как научно-техническая основа для всестороннего изучения геологического строения шельфа, для постановки комплексных исследований геологии шельфа.

Комплексирование методов. Специфика морских исследований (сложность эксплуатации плавсредств, сложность гидрографического обеспечения, ограниченность полезного рабочего времени из-за погодных условий и т. п.) делает их очень трудоемкими, что влияет не только на экономичность работ, но и на их геологическую эффективность (Туголесов и др., 1975). Часто геологическое строение шельфа какого-либо региона исследуется целым рядом методов, проводимых в разное время. За этим скрываются два отрицательных момента. Во-первых, в случае возможности комплексирования методов раздельное их применение крайне неэкономично. Во-вторых, в настоящее время отсутствуют простые и надежные способы плановой привязки, позволившие бы сделать в любой точке исследования повторные или дополнительные наблюдения, необходимые, например, при геологосъемочных работах на материке. В целом это не дает возможности проводить всестороннее исследование в единой системе (сети) профилей или

точек, возможности сопоставления информации разных методов, тем более что размеры объектов исследования часто меньше величины точности привязки.

Таким образом, все это вызывает необходимость увеличения комплекса и одновременной информации в каждой точке (линии) исследования, т. е. необходимо максимально возможное комплексирование методов.

Постановка любого морского метода, как правило, связана прежде всего с особенностями технического использования плавсредств. По этому признаку приведенный выше комплекс методов можно разбить на три группы: 1) методы, выполняемые на ходу судна, 2) методы, требующие остановки судна или сложного его маневра, 3) подводные исследования, которые кроме основного судна обеспечения требуют эксплуатации дополнительных плавсредств.

В соответствии с характеристикой методов, изложенной выше, совершенно очевидно, что в первую группу могут быть скомплексированы только геофизические методы: ГБО, НСАП, ММР, НП, РМ и КМ. Рассмотрим возможность технической совместимости названных методов для постановки одновременного комплексного исследования. Будем исходить из того, что работа будет выполняться на судах водоизмещением 250—300 т (суда, которые чаще всего используются при изучении геологии шельфа) и что нужные для работы мощности электроисточников практически могут быть обеспечены на судах такого водоизмещения (см. таблицу).

Из таблицы видно, что в соответствии со скоростью исполнения методов и способом транспортировки датчиков рационально комплексовать первые четыре метода. Два последних нерационально вклю-

Некоторые технические характеристики методов, проводимых на ходу судна

Метод	Рациональная скорость судна, уз.	Глубинность метода от поверхности дна, м	Способ транспортировки датчика	Методы, индуцирующие помехи
НСАП	3,5—4	Несколько сот, первые тысячи	Вдоль борта	ГБО
ГБО	1—4	Поверхность дна, в широкой полосе	На борту или за кормой над дном	НСАП
ММР	Неогранич.	Неогранич.	За кормой 100—150 м	НСАП, НП
НП	Неогранич.	До неск. сот	За кормой до 300 м	НСАП
РМ	Минимальная	Несколько десятых	Буксируется по дну	Нет
КМ	Минимальная	До неск. десятых	Буксируется по дну	Нет

чать в комплекс съемки всей площади, во-первых, потому, что полное комплексирование резко снизило бы производительность более скоростных методов, во-вторых, площадью исследования могла быть только область развития рыхлых осадков, так как буксируемые по дну датчики РМ и КМ не могут эксплуатироваться в условиях расчлененного рельефа и выхода коренных пород. Из таблицы видно также, что пер-

вые четыре метода вызывают друг у друга помехи, связанные с коммутациями различных типов аппаратуры через источник тока и с наведенными электромагнитными и акустическими полями. В первом случае желательно обеспечить автономность в источнике питания аппаратуры каждого метода, во втором — следует добиться синхронности ее работы. Так, обычно требуется согласовать во времени измерительный цикл магнитометра с частотой посылки упругих импульсов при НСАП, что определяется конструктивными возможностями аппаратуры.

Применение группы из четырех «скоростных» методов позволит с достаточно высокой детальностью охарактеризовать структурную обстановку региона. Геологические объекты, не нашедшие отражения на лентах НСАП (крутые складки с углами изгиба более 10—15°, проявления магматизма и метаморфизма), могут отразиться на графиках КС и ΔTa . Сопоставление участков с характерной записью на лентах НСАП («мутность», «прозрачность», тонкая слоистость и т. п.) с аномальными зонами по ρ_k , η , и ΔTa могут помочь выделить неоднородности разреза.

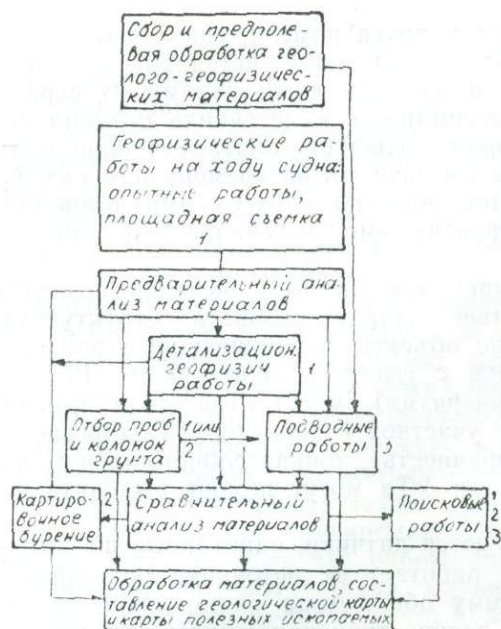
В методах РМ и КМ используются датчики, однотипные по способу транспортировки. Аппаратура работает от источника постоянного тока на низких мощностях, поэтому оба метода рационально совместить для исследования области распространения рыхлых осадков и, как говорилось выше, особенно при изучении россыпей, ибо многие россыпи драгоценных и редких металлов сопутствуют ферромагнитным и радиоактивным компонентам.

Вторая группа комплекса методов (картировочное бурение, отбор колонок и образцов грунта) может быть выполнена в двух вариантах. В первом случае все методы выполняются с одного судна, как это, например, делается при картировании шельфа Великобритании (Barton, 1971). В другом, что чаще бывает, буровые работы производятся на специальном отдельном судне, а методы пробоотбора выполняются попеременно с геофизическими методами с одного и того же судна. Так были изучены нами отдельные участки Черноморского шельфа.

Методы второй группы дают информацию о стратиграфии, вещественном составе и возрасте пород от самых верхних слоев и до первых сотен метров разреза. Весь этот материал используется как параметрические данные для объяснения геофизической информации.

Методы подводных исследований, кроме специального судна-базы или судна-носителя, могут при определенных условиях выполняться на судах первой и второй групп методов (например, подводные наблюдения в легководолазном варианте).

Взаимодействие групп методов выделенного комплекса во многом зависит от геологического строения региона исследований. Однако с учетом дополнительных и промежуточных звеньев всего цикла работ его генеральная схема будет выглядеть следующим образом (см. рисунок). Перед началом полевых работ изучаются материалы предыдущих исследований проектируемой площади и сопредельных районов. Составляется схематическая карта строения района с той детальностью, которую позволяет фактический материал, и намечается план постановки исследований: разбивка сети профилей, предварительный подбор рациональной методики комплексирования, выделение участков наиболее интересных с различных точек зрения, после-



Последовательность и возможное взаимодействие комплекса методов при геологической съемке: 1 — методы, проводимые на ходу судна; 2 — методы, требующие остановки судна; 3 — подводные исследования

довательность постановки методов и т. п. Полевые исследования начинаются с постановки опытных геофизических работ — подбор комплекса методов, выбор рабочих параметров, возможная корректура сети профилей и т. п. Выбранный комплекс и параметры работ служат рабочей канвой, по которой выполняется картирование всей площади. Затем, в зависимости от результатов предварительного анализа геофизических работ, выделяются площади под детализационные работы, выделяются площади и точки для постановки методов второй и третьей групп. В том случае, когда известна площадь развития чехла рыхлых осадков, методы пробоотбора ставятся по заранее намеченной сети профилей, не дожидаясь предварительного анализа геофизических работ, если, конечно, картирование ведется с двух судов. Картировочное бурение — это тот метод, на котором замыкается цикл полевых исследований, и материал поступает на окончательную обработку. Нужно заметить, что отдельные методы или группа методов в определенных условиях могут играть совершенно самостоятельную роль, например, картирование сугубо мелководной части шельфа (0—5 м) только путем подводных работ или отбор проб сгущенной сети профилей на участке поисков россыпей.

Несколько слов о геологическом обеспечении геофизических исследований при геологической съемке. Это очень серьезный вопрос, от которого зависит правильное использование геофизических методов в различных геологических условиях работ, правильность интерпретации геофизической информации. Геологическое обеспечение должно получить все этапы цикла геофизических исследований, начиная от планирования полевых работ и кончая интерпретацией полевых материалов. Особенно важным в этом отношении является изучение геологической природы того или иного геофизического измерения или его аномального значения непосредственно в полевых условиях путем про-

верки ее геологическими методами, путем поисков аналогий с геофизическими данными сопредельных площадей, где они получили геологическую проверку. Недооценка геологической проверки геофизической информации может привести к досадным ошибкам, поскольку существующие способы геофизической интерпретации, как уже было сказано, далеко не всегда дают однозначное решение.

ЛИТЕРАТУРА

- Алексеев И. И., Емельянов А. А. Радиометрические исследования морского дна.— Труды ВНИИЯГ, 1968, вып. 2, с. 204—230.
- Алексеев Ф. А., Шацов А. Н. Использование подводной радиометрии для изучения нестектоники и поисков структур в зоне шельфов.— Труды ВНИИЯГ, 1968, вып. 4.
- Асадов И. Г., Куликов В. И. Возможность изучения геологического строения банок и подводных грязевых вулканов методом радиометрической съемки.— «Азерб. нефт. хоз.», 1967, № 12.
- Васильев Б. И., Марков Ю. Д. О результатах драгирования на континентальном шельфе залива Петра Великого (Японское море).— ДАН СССР, 210, № 1, 1973, с. 169—173.
- Гершанович Д. Е. Наблюдения за поверхностью морского дна в геологических целях.— Труды океанолог. комиссии, т. XIV, 1962.
- Едигарян З. П. Испытание вибропоршневой трубки ПБВГ-65 под контролем аквалангистов и методика отбора колоний дольных отложений.— Морские подводные исследования. М., «Наука», 1969.
- Калинин А. В., Азимин А. И., Калинин В. В. Выбор глубины погружения электроискрового источника давления при сейсмоакустических исследованиях на акваториях.— Прикладная геофизика, в. 65, 1972, с. 85—95.
- Кондрашева Н. В., Кругляков В. В. Строение поверхности палеозойского фундамента в морском Прикарабагасье.— «Нефтегазовая геология и геофизика», № 6, 1968, с. 30—33.
- Корнев О. С., Корсаков О. Д. О проведении геологической съемки на шельфе Кавказского побережья.— Доклады симпоз. по инж.-геол. услов. шельфов. зоны Черного моря. Тбилиси, 1972, с. 111—117.
- Корнев О. С., Детков М. А. Результаты опытно-методических работ по геологической съемке шельфа. Л., Изд. ГО СССР, 1974, с. 106—115.
- Левин А. С., Мирандов В. А. Регистратор с магнитной и плотностной записью для сейсмоакустического профилирования на мелководье.— «Изв. вузов. Геол. и разв.», № 1, 1972, с. 103—108.
- Лещев Д. А., Матвеев Е. Г. Підводні буріння віброролотом.— Геол. узбережжя і дна Чорн. та Азов. морів у межах УРСР. Межвід. респ. наук. зб., в. 7, 1974.
- Маловицкий Я. П., Луцук Е. М., Кондрашева Н. В. Методика комплексного анализа сейсмо- и электроразведочных данных.— «Нефтегаз. геол. и геофиз.», № 3, 1969, с. 35—38.
- Мамедов Э. А. Результаты комплексных геофизических исследований в Сахалинском заливе.— Морская геол. и геоф., вып. 3, Рига, «Зинатне», 1972, с. 88—90.
- Пискаров А. Л., Неизвестнов Я. В. Применение магниторазведки при детальных инженерно-геологических исследованиях морских побережий.— Тезисы докл. симпоз. по инж.-геол. усл. шельф. зоны Черн. моря. Батуми, 1971.
- Расповов В. М., Перминов В. В., Солохин В. Г. О разработке морских буровых установок.— «Изв. вузов. Геол. и разв.», № 1, 1974, с. 128—133.
- Туголесов Д. А., Волкалаков Ф. К., Корнев О. С. Методика комплексного геологического картирования шельфа.— Проблемы геологии шельфа, 44. М., «Наука», 1975.
- Углов Б. Д., Малавицкий Я. П., Федьинский В. В. Новые геологические возможности морской магнитометрии.— ДАН СССР, т. 231, № 1, 1976, с. 64—67.
- Филиппов Л. А., Крауш Н. А., Бараш М. С., Лавров В. М., Дмитриев Л. В. Большая цилиндрическая драга.— Океанология, т. XI, вып. 1, 1971, с. 169—171.
- Шанировский Н. И., Саркисов Г. А. Комплексное геологическое картирование дна моря.— «Разведка и охрана недр», № 1, 1965, с. 44—47.
- Шацов А. Н. Морская радиометрия. М., «Недра», 1969.
- Шелард Ф. П. Подводные каньоны, исследованные с ныряющего блудца Кусто.— Геол. и геоф. морск. дна М., «Мир», 1969.

Ястребов В. С. Глубоководный аппарат для сбора геологических образцов.— «Судостроение», № 1, 1969, с. 19—20.

Barton R. Mapping of Britan's continental shelf.— «Hidrospase», 1971, p. 28—33.

Bowie S., Clayton C. Gamma-spectrometr for sea or jake-botton sersurveing.— «Trans Just, Mining and Met», 1972.

Detecting minerals on the ocean floor.— «Miting mag», № 4, 123, 1970.

— **Laing J. T., Nelking A.** Scing under the sea with Sonar.— «Westigaouse Engineer» 1966, v. 26, № 6, p. 163—168.

Moody D. W., Van Reenan E. D. High-Resolution seismic profiles of the Delawar and by Mouth.— «Geological survey research», 1967, p. 247—252.

ОПЫТ ИССЛЕДОВАНИЯ ФОРМЫ НАХОЖДЕНИЯ МАЛЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В СОВРЕМЕННЫХ МОРСКИХ ОСАДКАХ

А. М. Кропачев, О. С. Корнев, Р. Г. Ибламинов¹

В районе Геленджика вблизи устьев рек (площадь водосбора 20,8 и 240 км²) нами исследовались осадки шельфа Черного моря. В геологическом строении шельфа этого района принимают участие глины и мергели верхнемелового флиша и перекрывающие их современные осадки. Коренные выходы верхнемеловых пород наблюдаются, как правило, вблизи берега и реже прослеживаются до 20-метровой изобаты. Современные осадки в узкой полосе пляжа представлены валунно-галечным материалом, который по мере удаления от берега сменяется песками с разной степенью заиленности, увеличивающейся с глубиной.

Методика. Отбор проб проводился в процессе подводных геологических маршрутов, которые были ориентированы по нормали к линии общего очертания берега, исключая прибрежную полосу грубообломочных осадков. Опробовался верхний слой осадков (до 15 см). Для геохимического анализа бралась навеска 100—200 г, которая сокращалась методом кольца и конуса до 10—15 г, затем растиралась до состояния пудры и после химической обработки исследовалась методом грубоколичественного спектрального анализа. Анализы выполнялись в лаборатории Пермского госуниверситета А. Г. Ермаковой. Определялись 17 элементов, в том числе барий, стронций, кобальт, марганец, свинец, никель, хром, ванадий, титан, молибден, цирконий, серебро, олово, бор, галлий (чувствительность 0,001%), медь и бериллий (чувствительность 0,0001%). Количественные значения «следы» при математических расчетах принимались равными половине чувствительности анализа (Татеева, 1960), а значения «не обнаружено» приравнивались нулю. Валовое содержание малых элементов использовалось для вычисления статистик распределения: среднего арифметического, основного отклонения, коэффициента вариации (Митропольский, 1961) и определения геохимического фона (Инструкция..., 1965). Кроме того, валовые содержания использовались для выяснения статистической связи между парами элементов. Для этого в вычислительном центре Пермского университета на ЭВМ «Арагац» вычислялись показатели корреляции рангов Спирмена по методике Дж. Юла и М. Кендэла (1960).

Формы нахождения малых элементов изучались по методике А. Б. Ронова (Ронов, 1963; Мягков, 1963), частично измененной и до-

¹ А. М. Кропачев, Р. Г. Ибламинов — сотрудники Пермского госуниверситета им. А. М. Горького.

полненной. Сначала определялось содержание водорастворимых форм путем обработки пробы бидистиллированной водой. Для этого проба помещалась в стакан, заливалась с избытком водой и при непрерывном помешивании нагревалась на водяной бане до 60—70° С. После нагрева проба отстаивалась в течение 12 ч, затем фильтровалась через двойной фильтр. Осадок на фильтре промывался горячей водой до исчезновения реакции на хлор. Фильтрат выпаривался и сушился в шкафу при 105—110° С. Высушенный осадок подвергался спектральному анализу. Количество растворимых в воде солей определялось по разности двух взвешиваний: до обработки водой и после удаления растворимых в воде солей. При этом взвешивание производилось после просушивания.

Нерастворимый в воде осадок после взвешивания растворялся последовательно: сначала в уксусной кислоте, а потом в соляной.

Применялись два варианта обработки. По первому варианту нерастворимый в воде осадок сначала растворялся в уксусной кислоте, а затем в соляной, после чего нерастворимый в кислотах осадок рассеивался на фракции 1; 1—0,1; 0,1—0,05 и 0,05 мм. По второму варианту нерастворимый в воде остаток рассеивался на указанные выше фракции, каждая из которых затем растворялась в уксусной и соляной кислотах.

Для получения уксуснокислой вытяжки проба заливалась избытком 7%-ной уксусной кислоты. После полного растворения и отстаивания она фильтровалась через двойной фильтр. Фильтрат выпаривался, высушивался и подвергался спектральному анализу. Количество растворимого в уксусной кислоте карбоната кальция (кальцита, аргонита) определялось по разности двух взвешиваний (до и после растворения) с предварительным высушиванием нерастворимого в уксусной кислоте остатка при 105—110° С.

Солянокислая вытяжка получалась путем обработки нерастворимого в уксусной кислоте остатка 10%-ной соляной кислотой. Величина растворимых в соляной кислоте минеральных образований вычислялась по разности взвешиваний (до и после обработки). После отстаивания и фильтрования через двойной фильтр остаток выпаривался, сушился и подвергался спектральному анализу.

Были проанализированы 33 пробы осадков. Применение описанной методики исследования морских осадков вместе с соответствующими расчетами позволило получить данные о валовом содержании малых элементов в осадках, определить форму их нахождения, а также закономерность их распределения на исследуемой площади. Результаты анализа сведены в табл. 1, в которой отражено процентное содержание малых элементов в сухих остатках водной, уксуснокислой и солянокислой вытяжках и в нерастворимом остатке. Кроме того, в таблице даны рассчитанные процентные содержания элементов для каждой вытяжки и нерастворимого остатка по отношению к весу пробы и, наконец, приведена рассчитанная доля массы элемента по отношению ко всему его количеству в пробе. Последний параметр для наглядности отображен также в диаграмме (см. рисунок).

Водорастворимая форма. В водорастворимом состоянии обнаружены все элементы, за исключением кобальта и олова. В соответствии с уменьшением содержания элементов образуется ряд: Sr > V > Cu > V > Ba, Cr, Mn, Ni > Ti > Mo > Zr > Ag > Pb.

В водном растворе концентрация малых элементов, обнаружен-

Таблица 1

Средние содержания малых элементов (по 33 пробам) во фракциях

Элемент	Водорастворимая (0,26%)			Уксуснокислая (33,30%)			Солянокислая (2,80%)			Нерастворимый остаток (63,64%)		
	$\times 10^{-3}$ % в сухом остатке	$\times 10^{-3}$ % в пробе	доля от всей мас- сы эле- мента, %	$\times 10^{-3}$ % в сухом остатке	$\times 10^{-3}$ % в пробе	доля от всей мас- сы эле- мента, %	$\times 10^{-3}$ % в сухом остатке	$\times 10^{-3}$ % в пробе	доля от всей мас- сы эле- мента, %	$\times 10^{-3}$ % в нераст- воримом остатке	$\times 10^{-3}$ % в пробе	доля мас- сы эле- мента, %
Марганец	3	0,009	0,2	380	126	95,4	110	3	2,2	5	3	2,2
Ванадий	5	0,01	0,4	0	—	—	0,6	0,02	0,6	5	3	99,0
Хром	4	0,01	0,2	2	0,8	19,7	1	0,04	1,2	5	3	78,9
Никель	3	0,07	0,7	0,7	0,2	9,8	6	0,2	8,5	3	2	81,0
Свинец	0,1	0,0003	0,2	0,4	0,1	4,9	1	0,04	1,9	3	2	93,0
Медь	6	0,01	1,9	0,4	0,1	14,6	3	0,1	11,2	1	0,6	72,3
Титан	2	0,005	0,04	0,1	0,03	0,06	0	—	—	100	64	99,8
Кобальт	0	—	—	0,2	0,06	15,0	0,8	0,02	5,0	0,5	0,3	80,0
Цирконий	0,4	0,001	0,1	0	—	—	0	—	—	5	3	99,9
Стронций	9	0,002	0,1	55	18	88,2	17	0,5	2,4	3	2	9,3
Барий	4	0,01	0,3	2	0,6	8,4	5	0,1	1,4	10	6	89,9
Серебро	0,3	0,0008	2,4	0,1	0,03	83,7	0,2	0,005	13,9	—	—	—
Бор	7	0,02	1,7	1	0,5	43,1	0	—	—	1	0,6	55,2
Молибден	0,6	0,001	100	0	—	—	0	—	—	0	—	—
Олово	0	—	—	0	—	—	0	—	—	0,5	—	100

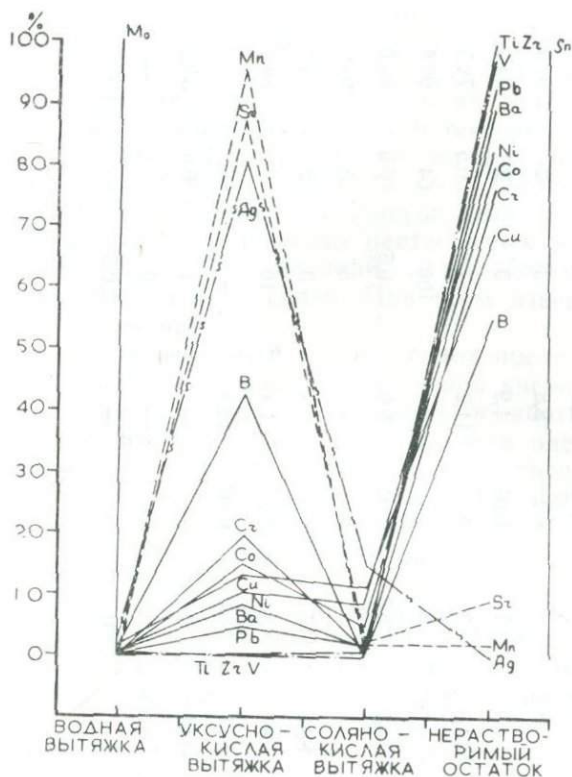


График распределения содержания малых элементов по фракциям вытяжек и в нерастворимом остатке в относительных процентах

ных в пробе, минимальна. Максимально лишь содержание стронция и бора. Наиболее подвижным является молибден, вся масса которого находится только в водном растворе. Поскольку водорастворимая форма представляет собой соли жидкой фазы осадка, которую можно отнести к поровым растворам (Татеева, 1960), то очевидно, что последние слабо насыщены малыми элементами.

Малые элементы уксуснокислой вытяжки. Уксуснорастворимая фракция составила 33,3% общей массы морских осадков. Это говорит о их значительной известковистости. По процентному содержанию в сухом остатке уксуснокислой вытяжки преобладают марганец и стронций. Сравнивая содержания марганца и стронция в уксуснокислой вытяжке пробы (соответственно 0,380 и 0,055%) и в раковинах (соответственно 0,006 и 0,05%), приходим к выводу, что марганец приурочен к терригенному материалу осадка, а стронций в равной мере поставляется тем и другим. В раковинах пелиципод и гастропод отмечается несколько повышенное содержание бария (0,005%) и бора (0,005%) и пониженное меди (0,0015%).

Для уксуснокислой вытяжки характерно максимальное количество серебра и почти половина бора.

Малые элементы солянокислой вытяжки. Сухой остаток солянокислой вытяжки составляет всего 2,8% веса пробы. По величине концентрации обнаруженные здесь малые элементы можно расположить в ряд:

$Mn \gg Sr \gg Ni > Ba > Cu > Cr, Pb > Co, V > Ag, Ti, Zr, B$

В состав вытяжки, вероятно, перешли сравнительно труднорастворимые карбонаты магния и железа, гидроокислы железа и марганца и, возможно, часть поглощенного комплекса тонкодисперсных частиц.

Малые элементы в нерастворимом остатке пробы. В среднем нерастворимый остаток составляет 63,64% от веса всей пробы. Для него характерна максимальная насыщенность малыми элементами, которые по процентному содержанию образуют ряд:

Ti» Ba>Mn, V, Cr, Zr>Ni, Pb, Sr>Cu, B>Co, Sn>Ag.

Малые элементы приведенного ряда, за исключением марганца, стронция и бора, составляют от 72,3 до 100% общей массы каждого элемента в пробе. Все олово, обнаруженное в пробе, принадлежит этой фракции и является как бы антиподом молибдена, обнаруженного только в поровых растворах. Однако минералы олова в пробах не установлены. Такие элементы, как титан, цирконий, кобальт, хром, медь, бор, барий, образуют собственные минералы: цирконий, рутил, лейкоксен, анатаж брукит, ильменит, хромошпинелиды, турмалин, барит. Группа элементов V, Co, Ni, Cu и B находится в поглощенном комплексе тонкодисперсных частиц.

По особенностям формы нахождения малые элементы можно разбить на шесть групп.

I. Молибден — наиболее подвижной элемент исследуемого ряда. Вся его масса, которую удается установить анализом, находится в водорастворимой форме в поровых растворах морских осадков. Следует отметить, что в глубоководных осадках Черноморской впадины содержание молибдена на 2—3 порядка больше (Бабиниц и др., 1973). Очевидно, выпадение его в осадок можно ожидать только в восстановительной среде, т. е. в зоне сероводородного заражения.

II. Марганец и стронций являются элементами карбонатной фракции пород, где на их долю приходится соответственно 95,4 и 88,2% от валового содержания этих элементов в пробе. В морских осадках они находятся преимущественно в составе карбонатов кальция или в форме собственных карбонатов.

III. Хром, медь, кобальт, никель, барий, свинец характеризуются максимальным (72,3—93%) относительным их содержанием в нерастворимом остатке и присутствием в заметном количестве (4,9—19,7%) в карбонатной фракции. В нерастворимом остатке барий и хром образуют собственные минералы; никель, кобальт, медь и свинец, очевидно, в виде изоморфной примеси присутствуют в сульфидах железа, установленных в тяжелой фракции осадков. Положение перечисленных элементов в карбонатной фракции неясно; возможно, что часть из них (кобальт, барий, свинец) образует также изоморфные примеси в составе карбоната кальция.

IV. Бор. Немного меньше половины (43,1%) всего количества бора установлено в уксуснокислой вытяжке. Минералогический состав карбонатной фракции детальному изучению не подвергался. Вероятно, бор входит в виде изоморфной примеси в состав карбоната кальция или образует собственные минералы типа гидрокарбонатов (табл. 2).

Больше половины (55,2%) количества бора установлено в нерастворимом осадке пробы, где он содержится в турмалине.

V. Титан, цирконий, ванадий. Почти вся масса элементов этой

Таблица 2

Значения парных показателей ранговой корреляции содержаний малых элементов в осадках на исследуемом участке

Элемент	Sr	Co	Mn	Cu	Ni	Cr	V	Ti	Zr
Ba	-0,03	-0,08	-0,05	-0,21	-0,12	+0,50	+0,09	+0,42	+0,48
Sr		-0,09	-0,28	-0,53	-0,42	+0,01	-0,09	+0,10	-0,02
Co			+0,58	+0,30	+0,57	-0,31	+0,10	-0,21	-0,21
Mn				+0,51	+0,59	-0,08	+0,32	-0,05	-0,27
Cu					+0,76	-0,10	+0,35	-0,13	+0,10
Ni						-0,05	+0,09	+0,03	+0,10
Cr							+0,12	+0,65	+0,54
V								+0,24	+0,12
Ti									+0,37

Примечание. Выделены значимые показатели для 5%-ного уровня.

группы приходится на нерастворимый остаток (соответственно 99,8; 99,9 и 99,0%). Титан и цирконий входят в состав собственных минералов, ванадий — в состав поглощенного комплекса.

О характере форм нахождения и распределения элементов можно судить на основании анализа корреляционных связей между валовыми содержаниями элементов. Здесь среди элементов выделяются две главные ассоциации, или парагенезисы элементов (Мягков, 1963), в пределах которых проявляются тесные корреляционные связи:

1 — барий, хром, титан, цирконий;

2 — медь, кобальт, никель, марганец.

Элементы первой ассоциации находятся главным образом в виде собственных минералов, второй — в составе тонкодисперсных и коллоидных частиц и в виде изоморфных примесей.

VI. Серебро. Основная масса серебра (83,7%) обнаружена в части осадка, растворимого в уксусной кислоте, значительно меньше его (13,9%) в солянокислой вытяжке, очень мало в водорастворимой и совсем не обнаружено в нерастворимой части осадка. Это свидетельствует о том, что серебро не образует самостоятельных минералов и не входит в заметных количествах в состав поглощенного комплекса. Относительно формы нахождения серебра в морских осадках вопрос остается нерешенным.

В распределении малых элементов по исследованной площади отмечается их количественная выдержанность на протяжении всех участков.

Например, фоновое содержание марганца и стронция, наиболее широко распространенных в морских осадках на участке Мезыб, составляет соответственно 5×10^{-3} и 7×10^{-2} %; на участке Пшава, отстоящем от первого на 15 км, эти величины составляют $3 \times 7 \times 10^{-3}$ и $7,7 \times 10^{-2}$ %. В целом отмечается некоторое понижение содержания малых элементов у самой полосы пляжа.

ВЫВОДЫ

1. Малые элементы современных донных осадков псаммитового и алевро-псаммитового состава северо-восточной части Черноморского

шельфа вблизи устьев малых рек на глубинах моря до 20 м находятся в различных формах: в растворах, карбонатных соединениях, устойчивых минералах, тонкодисперсном и коллоидном состоянии.

2. Основная масса малых элементов принадлежит устойчивым минеральным образованиям, входящим в состав тяжелой фракции морского осадка.

3. Наиболее подвижным является молибден, который находится только в форме раствора. Его антипод, олово, встречается только в нерастворимом остатке осадка.

4. Спектры состава содержания малых элементов в осадках довольно устойчивы по площади.

ЛИТЕРАТУРА

Бабинц А. Е., Митропольский А. Ю., Ольштынский С. П. Гидрогеологические и геохимические особенности глубоководных отложений Черного моря. Киев, «Наукова думка», 1973.

Инструкция по геохимическим методам поисков рудных месторождений. М., «Недра», 1965

Митропольский А. К. Техника статистических вычислений. М., Физматгиз, 1961.

Мягков В. Ф. О геохимическом принципе исследования минеральных парагенезисов магматогенных месторождений. «Геохимия», № 4, 1963.

Ронов А. Б., Михайловская М. С., Солодкова И. И. Эволюция химического и минералогического состава песчаных торфов. — Химия земной коры, т. 1. М., Изд-во АН СССР, 1963.

Татеева Н. В. Изучение осадков некоторых морей. Морская геология (Докл. сов. геологов на XXI сессии Международ. геологич. конгр.). М., Изд-во АН СССР, 1960.

Дж. Юл., Кендэл М. Теория статистики. М., Госстатиздат ЦСУ, 1960.

ПРИМЕНЕНИЕ ЛЮМИНЕСЦЕНТНОГО АНАЛИЗА ПРИ ИЗУЧЕНИИ БИТУМИНОЗНОСТИ МОРСКИХ ОСАДКОВ

Л. И. Тараканова

Люминесцентно-битуминологический анализ нашел широкое применение при изучении осадочных пород как метод, позволяющий дать общее представление о содержании и распределении сингенетических битумоидов и наличии на этом фоне вторичных битумоидных аномалий. В последнее время этот метод в комплексе с другими геохимическими методами нашел применение при поисках нефти в морских бассейнах (Поиски, разведка..., 1975).

С помощью люминесцентного анализа нами был получен материал по битуминозности отложений палеогена и неогена южных районов Сахалина и современных морских осадков на отдельных участках Охотского моря. Сопоставление результатов позволило сделать выводы о возможности применения люминесцентно-битуминологического анализа в изучении осадков конкретной акватории, в данном случае Охотского моря.

Фон сингенетичной битуминозности осадочных пород Сахалина характеризуется содержанием хлороформенного битумоида (ХБ) от 0,001 до 0,02%. Повышенные содержания (0,04—0,156%) отмечаются обычно в темно-серых, почти черных, плотных аргиллитах и алевролитах. Отсутствуют битумоиды, как правило, в окремненных белесовато-серых разностях. Кислые сингенетичные битумоиды в хлороформенных растворах люминесцируют серовато-голубым цветом, на капиллярных вытяжках, в зависимости от содержания битумоида, — серым, тускло-желтым, буровато-коричневым. Восстановленные битумоиды имеют более яркие цвета люминесценции: в растворах — голубой, голубовато-синий, белесовато-желтый; на капиллярной вытяжке — голубовато-желтый, лимонно-желтый и светло-коричневый с оранжевым оттенком. На фоне сингенетичной битуминозности выделяются повышенные концентрации эпигенетичных или аллохтонных битумоидов. Разности с содержанием значительного количества масел, обычно являющиеся результатом фильтрации, люминесцируют в хлороформенных растворах васильковым или фиолетовым цветом, напоминающим люминесценцию нефтяных масел, на капиллярных вытяжках — ярко-голубым, лимонным или желтым. Осмоленные аллохтонные битумоиды при сравнительно высоком содержании их в породах (0,313—0,625%) по характеру люминесценции почти не отличаются от нефти. Их хлороформенные экстракты люминесцируют молочно-голубым и белесовато-желтым, на капиллярных вытяжках — оранжево-желтым.

Син- и эпибитумоиды отличаются на капиллярных вытяжках шириной зон и высотой подъема по капилляру. Первые имеют одну или две зоны четких очертаний шириной 2—4 мм; при содержании битумо-

моида более 0,02% ширина зон увеличивается до 8—10 мм. Высота подъема битумоида по капилляру 50—60 мм. Для эпилитумоидов, особенно легкого, восстановленного типа, высота подъема битумоида по капилляру может достигать 70—80 мм при ширине зон, имеющих более расплывчатые очертания, 10—20 мм и более.

Спирто-бензольная экстракция после хлороформа выделяет кислую часть битумоидов, а отношение спирто-бензольного и хлороформенного экстрактов характеризует степень восстановленности всего битумоида. Для сингенетичного фона битуминозности южных районов Сахалина обычно содержание хлороформенных битумоидов в 2—4 раза меньше по сравнению со спирто-бензольными. В тех случаях, когда наблюдается обратная картина, можно говорить о присутствии в исходном материале битумообразования более восстановленных разностей или о появлении на сингенетичном фоне вторичных аллохтонных битумоидов, что является положительным признаком при определении перспектив нефтегазоносности.

Спирто-бензольные экстракты люминесцируют голубым цветом меньшей интенсивности, чем хлороформенные. Люминесценция капиллярных спирто-бензольных вытяжек буровато-желтая или коричневая, более тусклая, чем у хлороформенных.

При анализе битумоидов из осадочных пород в отдельных случаях в качестве растворителя применяется петролейный эфир, выделяющий легкие битумоиды с большим содержанием углеводородов. Особенно хороший эффект получается при наличии вторичных битумоидов фильтрационного характера. Люминесценция петролейно-эфирных экстрактов ярко-васильковая и фиолетовая.

Анализируя характер битуминозности пород третичного разреза Сахалина, мы выделили свиты с преимущественным развитием сингенетичных битумоидов и свиты, отложения которых имеют низкий фон сингенетичной битуминозности, но содержат вторичные битумоидные аномалии вплоть до битумо- и нефтепроявлений (Тараканова, 1968).

Применение люминесцентного анализа при изучении битуминозности современных морских осадков показало следующее. Анализу подвергались пробы осадков, поднятые грунтовыми трубками (2—2,5 м) и дночерпателями (поверхностные пробы) в районе Анивского залива и к востоку от пос. Пограничное. Осадки представлены в основном алевроито-глинистыми илами. Эталонные коллекции были приготовлены из битумоидов тех же осадков методом холодного экстрагирования и последовательного разбавления (Флоровская, 1959). Следует отметить, что сходимость в цветах люминесценции между эталонными коллекциями и анализируемыми экстрактами хорошо прослеживается до 8-го эталона. Видимо, при больших содержаниях битумоидов их растворы следует разбавлять (Флоровская, 1959). Не дали заметного эффекта капельный анализ (люминесценция нанесенной на пробу капли хлороформа), применяемый при изучении осадочных пород, так как битумоиды в осадках находятся, по-видимому, в более адсорбированном состоянии, и экстрагирование петролейным эфиром вследствие невысокого содержания углеводородов не имеет смысла.

Для хлороформенных растворов характерна некоторая тусклость оттенков свечения по сравнению с растворами из битумоидов пород. В них реже встречаются яркие, «живые» цвета, что связано с большим содержанием асфальтенов и спирто-бензольных смол, оказывающих гасящее влияние на люминесценцию. Этим обусловлены также туск-

лая люминесценция капиллярных вытяжек и низкий подъем битумоида по капилляру, не превышающий 45 мм.

Люминесценция спирто-бензольных экстрактов напоминает экстракцию битумоидов из пород. Соотношение ХБ и СББ изменяется в широких пределах. Чаще всего увеличение содержания ХБ влечет за собой увеличение СББ, но в отдельных случаях при отсутствии ХБ содержание СББ достигает значительной величины. Лишены битумоидов белесовато-серые или светло-серые осадки, что позволяет провести параллель с осветленными кремнистыми осадочными породами третичного разреза, которые, как указывалось выше, также лишены битумоидов.

В битумоидах донных осадков нами было встречено явление розовой, сиреневой и красной люминесценции хлороформных и особенно спирто-бензольных растворов, чаще всего в интервалах до 30 см. Возможно, это явление связано с начальной стадией преобразования органического вещества и соответственно битумоидов. При приготовлении эталонов эти цвета исчезают, заменяясь голубым и серым. Повидимому, при доведении навески битумоида до постоянного веса подогрев приводит к изменению состава битумоида.

В общих чертах сингенетичный фон битуминозности современных осадков Охотского моря напоминает фон битуминозности третичных отложений. На фоне сингенетичных битумоидов в отдельных горизонтах осадков появляется более яркая люминесценция, связанная, очевидно, с присутствием аллохтонных битумоидов, мигрировавших из более глубоких горизонтов. Интересен факт наличия сравнительно легкого битумоида с яркой фиолетово-голубой люминесценцией раствора, напоминающего люминесценцию нефтяных масел, в осадках к востоку от пос. Пограничное.

Поскольку синбитумоиды в донных осадках, по сравнению с синбитумоидами осадочных пород неогена, прошедшими определенный этап метаморфизма, являются более «молодыми», вторичные битумоидные аномалии на этом фоне могут быть более заметными. В их выявлении вполне успешно может быть использован люминесцентно-битуминологический анализ.

ЛИТЕРАТУРА

Поиски, разведка и эксплуатация морских месторождений нефти и газа. Л., «Недра», 1975, 191 с.

Тараканова Л. И. Люминесцентно-битуминологическая характеристика палеогеновых и неогеновых отложений южных районов Сахалина.— Вопросы геологии и газонефтеиспользования южной части Сахалина. (Труды СахКНИИ, в. 18). Юж.-Сах., 1968, с. 106—113.

Флоровская В. Н. Люминесцентно-битуминологический метод поисков нефти— Геохимические методы поисков нефтяных и газовых месторождений. М., Изд-во АН СССР, 1959, с. 338—347.

СТРАТИФИКАЦИЯ ОТЛОЖЕНИЙ КАЙНОЗОЙСКОГО РАЗРЕЗА ЮЖНОЙ ЧАСТИ САХАЛИНА ПО ДАННЫМ ТЕРМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

М. А. Захарова, Л. Н. Шустов

При стратификации кайнозойского разреза южной части Сахалина, особенно его немых толщ, значительную роль играет исследование минералогического состава широко распространенных здесь карбонатных и глинистых образований.

Изучение их оптическим путем (в шлифах; иммерсионных препаратов) представляет значительную трудность вследствие высокой дисперсности частиц и преимущественно сложного многоминерального состава образований. Поэтому при диагностике карбонатных и глинистых минералов большую помощь могут оказать химический и особенно термический анализы, позволяющие почти однозначно установить их минеральный тип.

По характеру кривых дифференциально-термического анализа (ДТА) конкреции изучаемого разреза делятся на две группы: образования с диссоциацией карбонатов только (мономинеральные) или преимущественно (сложные) при низких температурах (400–600°), что характерно для железисто-карбонатных разностей, и образования с разрушением карбонатных минералов только или преимущественно (разности соответственно мономинеральные или сложные) в высоко температурной части (800–900°), т. е. кальций-карбонатные.

Конкреции первой группы приурочены (табл. 1) к угленосным толщам разреза (свиты конгломератная, ниже- и верхнедуйская); второй — преимущественно к отложениям морского генезиса (верхняя часть разреза, начиная с краснопольевской свиты); единичные экземпляры встречены в угленосных породах (не исключено, что последние тоже принадлежат морским фациям). Мономинеральные конкреции встречаются сравнительно редко, особенно среди образований первой группы. Они совершенно отсутствуют в переходных (от континентальных к морским) отложениях краснопольевской свиты. В группах преобладают и полиминеральные разности.

Даже в мономинеральных конкрециях очень редко наблюдается монокомпонентный состав карбонатной части. Такие образования встречаются только во второй группе и представляют собой псевдоморфозы кальцита по гипсу, развитые на ограниченном интервале изучаемого разреза (такарадайская, холмская свиты).

В остальных случаях мы имели дело с изоморфными смесями углекислых солей железа, кальция, магния, марганца, две или даже три из которых могут иметь конкрецтнеобразующее значение и определять группу, тип и подтип конкреций. Нужно отметить, что при сложном составе последние в обеих группах бывают двух-, трех- и четырехкомпонентные.

Таблица 1

Состав карбонатных конкреций в кайнозойском разрезе южной части Сахалина и пределы их распространения

Группа	Тип	Содержание, % от карбонатной части *				Минерал, фиксируемый термокровкой		Подтип	Стратиграфический горизонт (свита)	Площадь распространения (разрезы рек)
		FeCO ₃	CaCO ₃	MgCO ₃	MnCO ₃	преобладающий	второстепенный			
Железисто-карбонатные	А	85	2—10	0—5	0—5	Сидерит	—	A ₁	Конгломератная, нижне- и верхнедуйская	Августовка, Чеховка, Найба, Шебунинка, Чкалова, Оморка Юж. и Сев. Хандаса
						Сидероплезит	—	A ₂		
	Б	70—85	10—20	0—10	0—5	Сидерит	Кальцит	B ₁	То же	Углегорка, Шебунинка, Чкалова
						Сидерит	Кальцит, анкерит	B ₂		
	В	60—70	25—35	5—15	0—5	Сидерит	Кальцит	B ₁	»	Углегорка, Чкалова
						Сидерит	Кальцит, анкерит	B ₂		
Кальций-карбонатные	Г	0—35	60—70	10—30	0—5	Кальцит	Сидерит	Г ₁	Верхняя часть разреза, начиная с краснополевской	Августовка, Углегорка, Оморка
						Кальцит	Анкерит, доломит **	Г ₂		
	Д	0—10	70—90	2—10	0—2	Кальцит	Сидерит	D ₁	»	Августовка, Парусная, Белинка
						Кальцит	Сидерит	D ₂		

Сокращение табл. 1

Группа	Тип	Содержание, % от карбонатной части*				Минерал, фиксируемый термокриной		Подтип	Стратиграфический горизонт (свита)	Площадь распространения (разрезы рек)
		FeCO ₃	CaCO ₃	MgCO ₃	MnCO ₃	преобладающий	второстепенный			
Кальций-карбонатные	Е	0—5	90	0—2	0—2	Кальцит	Анкерит, доломит	Д ₂	»	Августовка, Парусная, Калинка, Гастелловка
						Кальцит	—	Е ₁ ***	Такарадайская, холмская	Августовка, Углегорка, Парусная, Гастелловка, Оюнка, Юж. и Сев. Хандаса
						Кальцит	5	Е ₂	Преимущественно верхняя часть разреза, начиная с такарадайской, единичные — в угленосных свитах	Августовка, Углегорка, Парусная, Белинка, Чеховка, Гастелловка, Оюнка, Хандаса и др.

* Числа округлены.

** FeCO₃ в таких конкрециях отсутствует.

*** Однокомпонентные образования.

Мономинеральные сидеритовые и кальцитовые образования являются крайними членами большого ряда (типы А, Б, В, Г, Д, Е, каждый с двумя подтипами) конкреций данного разреза.

Тип конкреционных образований определяется соотношением основного минерала (сидерита или сидероплезита в первой группе, кальцита — во второй) и второстепенного (что отражается на термокривых), а подтип — их минеральным составом.

ГРУППА ЖЕЛЕЗИСТО-КАРБОНАТНЫХ КОНКРЕЦИЙ

Тип А характерен для мономинеральных образований. В них FeCO_3 составляет более 85% карбонатной фазы, CaCO_3 —2—10%, MgCO_3 —0,74% и MnCO_3 —0—5%. У сидеритовых разновидностей (подтип А₁) кривая ДТА имеет один эндотермический максимум, глубокий и четкий, в интервале 500—600° (рис. 1, А; обр. 41—1, 4, 42—12,

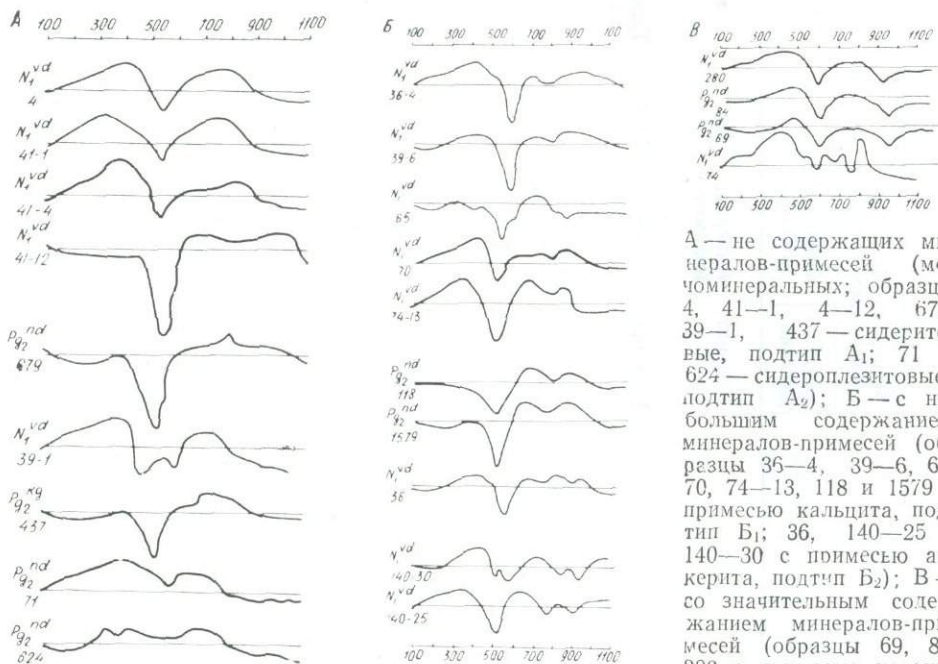


Рис. 1. Термические кривые железисто-карбонатных конкреций:

А — не содержащих минералов-примесей (мономинеральных; образцы 4, 41—1, 4—12, 679, 39—1, 437—сидеритовые, подтип А₁; 71 и 624 — сидероплезитовые, подтип А₂); Б — с небольшим содержанием минералов-примесей (образцы 36—4, 39—6, 65, 70, 74—13, 118 и 1579 с примесью кальцита, подтип Б₁; 36, 140—25 и 140—30 с примесью анкерита, подтип Б₂); В — со значительным содержанием минералов-примесей (образцы 69, 84, 280 с примесью кальцита, подтип В₁; 74 с примесью анкерита, подтип В₂)

679 и 437). Иногда этот максимум разделен небольшим эндоэффектом при 550° (обр. 39—1), связанным с окислением FeO или присутствием органического вещества. Магnezияльно-железистые разновидности (замеренный в насыщенных препаратах N_0 равен 1,824 и соответствует сидероплезиту) характеризуются плавной термокривой (подтип А₂) с небольшими сопряженными эндо- и экзотермическими эффектами в интервале 400—600° (обр. 71 и 624). В конкрециях типа А кальциевая и марганцевая составляющие самостоятельных минералов не образу-

ют (поэтому и не фиксируются термокривой), а входят изоморфно в состав сидерита и сидероплезита¹.

Тип Б характерен для железисто-карбонатных конкреций с небольшим содержанием минералов-примесей (преимущественно кальцита, иногда анкерита — двойной соли $\text{Ca}(\text{Fe}, \text{Mg})(\text{CO}_3)_2$). В них содержится FeCO_3 —70—85%, CaCO_3 —10—20%, MgCO_3 —0—10% и MnCO_3 —0—5%². Кривая ДТА таких конкреций кроме четкого эндоэффекта при 500—600°, отражающего разрушение Fe-карбоната, имеет один или несколько слабых эндопиков в высокотемпературной части, связанных с диссоциацией свободного кальцита или анкерита (железистого доломита). В первом случае (подтип Б₁) отмечен один дополнительный максимум, приходящийся на 750—800° (рис. 1, Б; обр. 36—4, 39—6, 65, 70, 74—13, 118, 1579).

По данным А. И. Цветкова (1963), эта реакция проявляется уже при наличии 1% свободного кальцита. Относительно низкая температура разрушения кальцита (рис. 1, Б; обр. 36—4) может объясняться тонкой дисперсностью и сильной разбавленностью его другими компонентами, что, согласно А. И. Цветкову (1963) и П. В. Зарицкому (1965), снижает диссоциацию рассеянных карбонатов.

При наличии примеси анкерита (подтип Б₂) наблюдается двойная или тройная эндотермика в пределах 700—950°, связанная с разрушением анкерита в первом случае или кальцита и анкерита во втором (обр. 36, 140—25, 140—30).

Тип В характерен для Fe-карбонатных конкреций со значительным содержанием минералов-примесей (кальцита, реже анкерита). Они содержат FeCO_3 —60—70%, CaCO_3 —27,48—33,93%, MgCO_3 —4,10—15,06%, MnCO_3 —0—5%. На термических кривых этого типа кроме четкого эндоэффекта при 600° (разрушение Fe-карбонатов) наблюдается хорошо выраженный эндотип (или несколько) в области высоких температур. При преобладании в примеси кальцита (подтип В₁) он приходится на 900—950° (рис. 1, В; обр. 69, 84, 280), при преобладании анкерита (подтип В₂) отмечается сложная эндотермика в пределах 500—850°, представляющая собой последовательную запись диссоциации сидерита, анкерита и кальцита (обр. 74).

ГРУППА КАЛЬЦИТ-КАРБОНАТНЫХ КОНКРЕЦИИ

Тип Г характерен для известковистых образований с большим содержанием минералов-примесей (сидерита, анкерита, доломита). В карбонатной части их CaCO_3 составляет 60—70%, FeCO_3 —0—33%, MgCO_3 —5—30%, MnCO_3 —0—5%. При преобладании в примеси сидерита (подтип Г₁) на кривой ДТА кроме четкого эндоэффекта диссоциации кальцита при 900° фиксируется хорошо выраженный эндотип в низкотемпературной части (рис. 2, А; обр. 17). Термокривая подтипа Г₂ характерна для смеси кальцита и анкерита или кальцита и доломита при преобладании кальцита. Она по конфигурации напоминает термограмму доломита, но максимумы (два) более сдвинуты в высокотемпературную часть (обр. 60—2, 672).

¹ По Б. Г. Эренбургу (1962), в сидерите может содержаться 12—15 мол. % CaCO_3 , по П. В. Зарицкому (1965),— 8—10%.

² Поскольку MnCO_3 в изученных конкрециях самостоятельных минералов не образует и не фиксируется на термокривых, мы его не описываем.

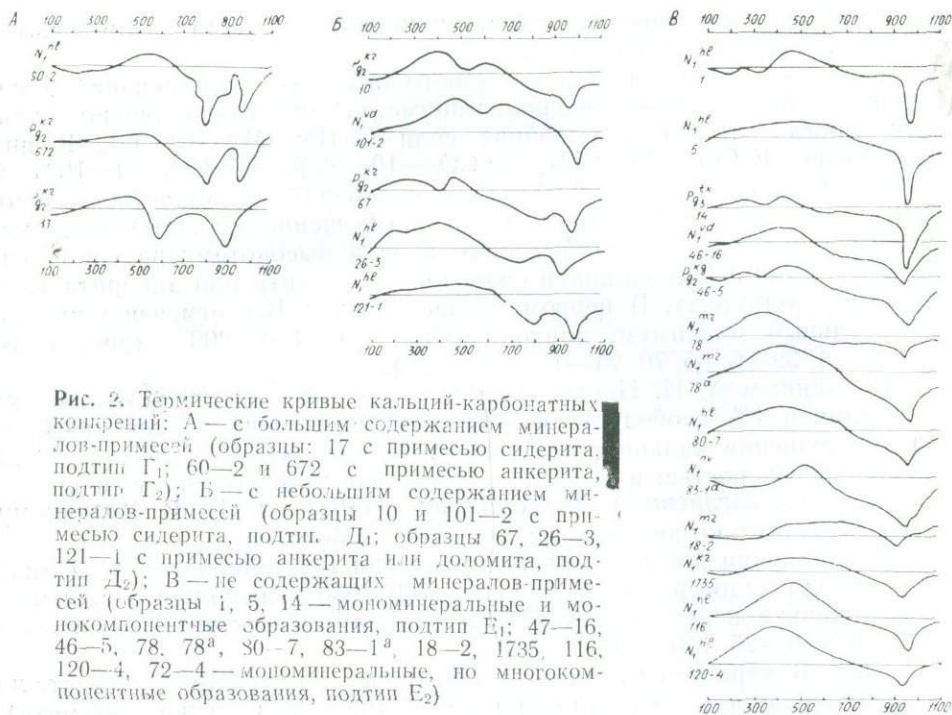


Рис. 2. Термические кривые кальций-карбонатных конкреций: А — с большим содержанием минералов-примесей (образцы: 17 с примесью сидерита, подтип Г₁; 60—2 и 672 с примесью анкерита, подтип Г₂); Б — с небольшим содержанием минералов-примесей (образцы 10 и 101—2 с примесью сидерита, подтип Д₁; образцы 67, 26—3, 121—1 с примесью анкерита или доломита, подтип Д₂); В — не содержащих минералов-примесей (образцы 1, 5, 14 — мономинеральные и монокомпонентные образования, подтип Е₁; 47—16, 46—5, 78, 78^а, 80—7, 83—1^а, 18—2, 1735, 116, 120—4, 72—4 — мономинеральные, но многокомпонентные образования, подтип Е₂)

Тип Д характерен для известковистых конкреций с небольшим содержанием минералов-примесей (сидерит, анкерит, доломит). В карбонатной части CaCO_3 составляет 70—90%, FeCO_3 —0—12%, MgCO_3 —2—8%, MnCO_3 —0—2%. На кривой ДТА кроме четкого эндозффекта диссоциации кальцита (950—980°) наблюдается (рис. 2, Б; обр. 10 и 101—2) небольшая эндоостановка при 500—590° (подтип Д₁, с присутствием сидерита) или слабая сложная эндотермика в высокотемпературной части (обр. 26—3, 67, 121—1), характеризующая примесь анкерита или доломита.

Тип Е характерен для мономинеральных известковистых конкреций. Часть из них (псевдоморфозы кальцита) однокомпонентна. Термические кривые этих образований (подтип Е₁) имеют всего один, очень четкий и глубокий, эндомаксимум при 950—970°, отвечающий разрушению кальцита, в данном случае крупнокристаллического (рис. 2, В; обр. 1^а, 5 и 14). Кривая подтипа Е₂ характеризует мономинеральные, но неоднородные образования. Они содержат CaCO_3 более 90% карбонатной части, FeCO_3 —0—5%, MgCO_3 —0—2%, MnCO_3 —0—2%. На термограммах наблюдается лишь один эндозффект диссоциации кальцита при 900—950°, но он не столь глубокий, как у однокомпонентных образований (все остальные кривые на рис. 2, В).

Остальные составляющие (FeCO_3 , MgCO_3 , MnCO_3) в конкрециях этого типа самостоятельных минералов не образуют, а входят изоформно в состав кальцита³.

³ Б. Г. Эренбург указывает, что в кальците изоморфно может замещаться 8 мол. % FeCO_3 , но П. В. Зарицкий (1965) считает, что уже при валовом содержании FeCO_3 5% и MgCO_3 от 2,5 до 5% (т. е. в сумме менее 10%) часть их образует в известковистых конкрециях самостоятельные минералы — сидерит и сидероплезит.

Глинистые породы, изученные в кайнозойском разрезе Сахалина, по минералогическому составу, отражаемому конфигурацией термоквивых, подразделяются на пять типов (табл. 2).

Таблица 2

Состав и распространение глинистых пород в палеоген-неогеновом разрезе южной части Сахалина

Тип	Породообразующие глинистые минералы		Стратиграфический горизонт, к которому приурочены глины (свита)	Площадь распространения (разрезы рек)
	преобладающие	второстепенные		
Каолинитовый	Каолинит	Монтмориллонит	Нижнедуйская	Августовка, Гончаровка, Просторная, Чкалова, Онеуси, Брусничка, Обухонная
			Верхнедуйская	Мануй, Августовка, Минеральная, Безымянная
Монтмориллонитовый	Монтмориллонит, бейделлит	Гидрослюды, каолинит, глауконит	Нижнедуйская	Углегорка, Красногорка, Чкалова, Онеуси, Брусничка
			Верхнедуйская	Чкалова, Амурская, Селезневка, Вахрушевка
Гидрослюдистый	Гидрослюды	Монтмориллонит, каолинит	Холмская	Повсеместно по площади развития изучаемых отложений
			Преобладают образования морского генезиса	
Глауконитовый	Глауконит	Гидрослюды	Курасийская	Рыбница, Урюм
Смешанный	Гидрослюды	Монтмориллонит, каолинит, глауконит	Преобладают образования морского генезиса	Повсеместно по площади развития изучаемых отложений

Каолиновые глины (тип 1) представляют собой высокодисперсные образования, сложенные преимущественно каолинитом (возможна небольшая примесь гидрослюды и монтмориллонита). Они характеризуются относительно высоким содержанием кристаллизационной воды (более 10%) и глинозема (22,89—23,24%). Содержание глинозема, однако, ниже, чем в типичных каолинитах (33—38%, по М. А. Ратееву, 1964), что, по-видимому, обусловлено примесью других минералов. Молекулярное отношение $\text{SiO}_2 : \text{Al}_2\text{O}_3$ колеблется от 2 до 2,5. На кривых ДТА (рис 3, А; обр. 140—32, 140—34, 41—4, 959 и 1) фиксирует-

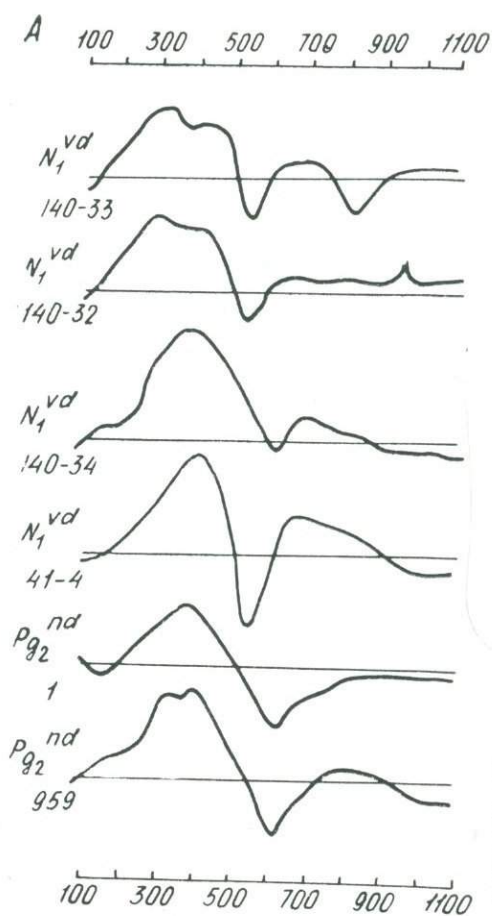
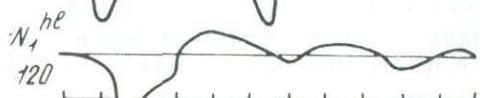
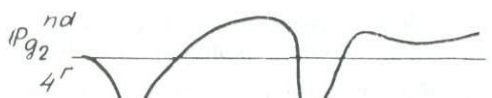
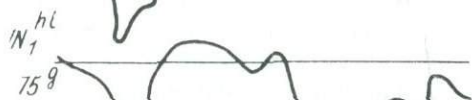


Рис. 3. Термические кривые глин: А — каолиновых; Б — бентонитовых — образцы 437, 75д, 119—3, 83^а (монтмориллонитовый подтип), образцы 83, 4г 86, 120 (бейделлитовый подтип); В — гидрослюдистых — образцы 403—3, 189^а, 85, 419, 10^в, 433—6, 188^а, 71^з, 436—1 и глауконитовых — образец 1^г; Г — смешанных

ся один эндомаксимум при 540—620°, когда происходит выделение воды, распад решетки и аморфизация минерала. У глин с более высокой кристалличностью (распространены редко) и крупным размером частиц (что наблюдается у аутигенных разностей) отмечается и вторая, менее интенсивная эндотермическая реакция, обусловленная тем, что в хорошо окристаллизованных каолинитах после 600° сохраняются остатки упорядоченности структуры и небольшое количество воды (Методическое руководство..., 1957), теряющейся уже при более высокой ($\approx 825^\circ$) температуре (обр. 140—33).

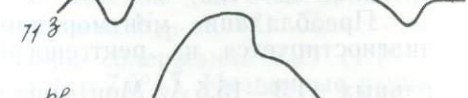
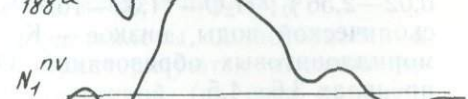
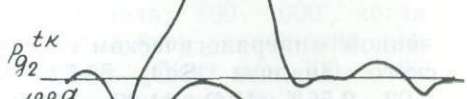
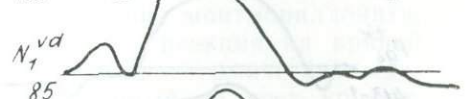
У тонкодисперсных плохо окристаллизованных разностей, широко распространенных в изучаемом разрезе и представляющих собой перетолженные аллотигенные каолиниты, второй эндотермической остановки не наблюдается, так как уже первая сопровождается полной потерей структуры. Они могут содержать низкотемпературную воду, которая выделяется до 150°, что определяет небольшой эндозффект в этих пределах (обр. 953, 140—33, 140—34). Отмеченный на всех кривых экзопик при 380—420° обусловлен присутствием органического вещества и пирита. Наблюдаемая у отдельных образцов (обр. 140—32) слабая экзотермическая реакция при 900—1000° обусловлена, судя по литературным данным (Методическое руководство..., 1957), кристал-

Б 0 200 400 600 800 1000

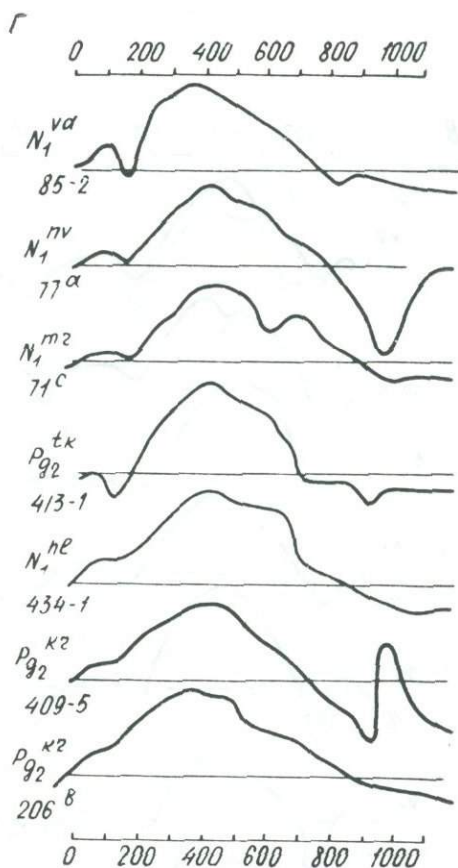


0 200 400 600 800 1000

В 0 200 400 600 800 1000



0 200 400 600 800 1000



лизацией аморфных продуктов распада каолинита с образованием муллита.

Бентонитовые глины (тип 2) представлены рыхлыми и аргиллитоподобными разностями. Последние быстро размокают в воде, образуя вязкую сильно разбухающую массу. Коэффициент набухания (по методу А. И. Тумановского) равен 40—50, у рыхлых — 60—100. Иногда глины известковистые; общая карбонатность в таком случае 25—50%. Породы высокодисперсны; содержание глинистой фракции — 72—95%, из них 30% приходится на коллоидную. Породы имеют пелитовую и алевро-пелитовую структуру, гелевидную (сгустковую), микрослоистую, реликто-пелловую текстуру. Последняя наблюдается в отложениях холмской свиты (разрезы рек Томаринка, Чкалова), где минералы группы монтмориллонита развиваются по вулканическому стеклу прежних витрокластических туфов.

Под микроскопом слабо поляризующая глинистая масса имеет желтовато-серую окраску; состав минералов определить невозможно. Некоторое представление о качестве

вещном минералогическом составе можно получить по данным химического анализа SiO_2 —55,73—64,10%; Al_2O_3 —13,81—18,59%; K_2O —0,02—2,56%; H_2O —11,32—16,97%)⁴. Высокое содержание SiO_2 и гигроскопической воды, низкое — K_2O и глинозема характерны для монтмориллонитовых образований. Отношение SiO_2 и Al_2O_3 изменяется в пределах 3,6—4,5.

Преобладание монтмориллонита в бентонитовых глинах хорошо диагностируется на рентгенограммах базальтовых рефлексов (001), равных 11,3—15,5 Å. Монтмориллонит образует веерообразные волокнистые агрегаты ориентированных частиц меньше 0,001 мм с N_g 1,531 и N_p 1,519.

Кривые нагревания характеризуются тремя эндо- и двумя экзотермическими реакциями (рис. 3; обр. 437, 75^a, 119—3, 83^a). Первая эндотермическая остановка обусловлена потерей межслойной воды. Она весьма интенсивна и протекает между 100 и 250° (максимум 110—210°). Вторая менее выражена, связана с потерей ОН решетки и разрушением ее, начинается около 450° и имеет максимум у разных монт-

⁴ По соотношению основных компонентов бентониты Сахалина сходны с классическими образцами из других месторождений Союза (например, асканскими (Грузия), огланлинскими (Туркмения) и др.).

монтмориллонитов в интервале от 510—720°. Максимум ниже 600° обычно имеют более железистые разности (с замещением алюминия железом в октаэдрическом слое). У некоторых образцов (обр. 437) этот пик раздвоен, что, по-видимому, обусловлено смещением железистого и более глиноземистого монтмориллонита или примесью гидрослюда и каолинита. Протекание второй эндореакции (обр. 75д, 119—3, 83^a при 700—720° позволяет предполагать, что исходным для формирования монтмориллонита в данном случае был пепловый материал, а не слоистые силикаты (у последних максимум приходится на 550—600°). Третий эндоэффект всегда очень слабый, наблюдается в интервале 800—950°. Природа его изучена недостаточно. Иногда эта реакция сопровождается экзотермической (обр. 83^a) при 900—1100°, связанной, исходя из сравнения с аналогичными образцами (Методическое руководство..., 1957), с кристаллизацией новых минералов (муллит, шпинель, анстатит и др.) из продуктов разложения монтмориллонита. Экзопик у таких глин практически отсутствует, реакция на кривой фиксируется в виде площадки сразу за третьим эндотермическим максимумом. Эндоэффект при 300—450°, наблюдаемый на всех кривых, связан с окислением органического вещества.

Бентониты отдельных слоев сложены преимущественно бейделлитом, представляющим собой продукт замещения каолинита монтмориллонитом (Методическое руководство..., 1957). Поэтому кривые ДТА таких глин представляют собой нечто переходное между таковыми каолинита и монтмориллонита (рис. 3, Б; обр. 83, 120, 4г, 86). В зависимости от степени преобразования исходного минерала меняется интенсивность первой и второй эндотермических реакций (она обратнопропорциональна). Первая, связанная с потерей гигроскопической воды, протекает до 200° с максимумом в пределах 100—185°. Вторая (в интервале 525—625°) связана с удалением конституционной воды и разрушением кристаллической решетки минерала. Иногда наблюдается весьма слабый эндоэффект при 800°, когда происходит окончательное разрушение минерала. Экзозффект в пределах 800—1000°, когда происходит перекристаллизация аморфных продуктов разложения, выражен очень слабо. Интенсивнее выражен экзозффект при 300—560°, связанный с окислением органики или разложением пирита.

Гидрослюдистые глины (тип 3) представлены пластичными и аргиллитоподобными разностями. Они характеризуются алевропелитовой структурой, спутанно-волокнутой текстурой (за счет ориентированного расположения чешуек гидрослюда с $N_{ср}$ 1,567). Для глин этого типа характерно относительно высокое содержание K_2O (1,19—4,80%) и низкое — гигроскопической воды (до 7,5%). Названные выше количества K_2O , однако, значительно ниже характерных для типичных гидрослюдов (4—7%, по М. А. Ратеву, 1964). Низкие варьирующие содержания K_2O , а также глинозема (16—17 против 23—26%) свидетельствуют о возможном наличии деградированной гидрослюды. Это подтверждается и данными термического анализа: кривые ДТА гидрослюдистых глин изучаемого разреза характеризуются слабо выраженными эффектами. Особенно это касается средней эндотермической постановки.

На дериватограммах гидрослюдистых глин, аналогично монтмориллонитовым, отмечаются те же три эндо- и одна экзотермическая реакции. От минералов группы монтмориллонита типичную гидрослю-

ду отличает большая интенсивность второго (среднего) эндомаксима. У большинства гидрослюдистых глин сахалинского разреза (рис. 3, В; обр. 189^а, 419, 10в, 433—6, 188^а, 71з, 436—1) первый эндодик значительно интенсивнее второго.

Это обусловлено повышенным содержанием гигроскопической воды и связано, по-видимому, с образованием монтмориллонита на разрушенных участках частиц гидрослюды мусковитного ряда. Возможна просто примесь монтмориллонита, так как для изучаемых глин часто характерен несколько повышенный коррелятив молекулярных отношений SiO_2 к Al_2O_3 (колеблется в пределах 3—4).

Преобладание гидрослюды в глинах этого типа фиксируется на рентгенограммах базальным рефлексом (001), равным 9,8—10,1 Å. Межпакетные расстояния 11,3—11,5 Å в отдельных образцах свидетельствуют о примеси смешаннослойных монтмориллонит-гидрослюдистых минералов или существенном количестве монтмориллонита.

Глауконитовые глины (тип 4), изредка встречающиеся в изучаемом разрезе (курасийская свита) по рекам Урюм, Рыбница, имеют кривую ДТА, сходную с гидрослюдистым типом. Лишь первый эндодиксификс эффект более сдвинут в низкотемпературную часть. Максимум приходится на 150°. Более интересно выражена вторая (средняя) эндотермическая реакция, обусловленная удалением конституционной воды и частичным разрушением решетки минерала (обр. 1г). При 850—950° отмечается лишь слабый эндодиксификс эффект, когда происходит окончательное разрушение минерала.

Сложные полимиктовые глины (тип 5) представляют собой смесь гидрослюды, каолинита, монтмориллонита, глауконита, хлорита, смешаннослойных минералов в различных соотношениях и сочетаниях. Они генетически связаны с полимиктовым составом вмещающих пород (кварцево-полевошпатовые и полевошпатово-кварцевые граувакки). Это так называемые физические глины с небольшим содержанием коллоидной и предколлоидной фракции, с низким значением (6—10)⁵ коэффициента Фогта ($\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Na}_2\text{O}$), который считается показателем зрелости глин и возрастает с усилением процессов химического выветривания (Акульшина, 1971). Кривые таких глин трудно поддаются расшифровке и весьма разнообразны по конфигурации. Преобладающим минералом чаще всего является гидрослюда по мусковиту. В примеси может присутствовать бейделлит (рис. 3, Г; обр. 413—1), хлорит (обр. 77^а и 409—5), каолинит (обр. 71^с) и др.

Более зрелые каолиновые и монтмориллонитовые глины в изучаемом разрезе обычно приурочены к базальным частям седиментационных циклов (угленосные нижне- и верхнедуйская свиты). Это дает основание предполагать, что они сформировались за счет размыва и перераспределения небольших по мощности кор выветривания, накопившихся в пределах областей сноса за периоды кратковременной стабилизации суши (соответственно в дат-палеоценовое и среднемиоценовое время).

Неповсеместное распространение каолиновых и бентонитовых глин в пределах площади развития указанных свит, видимо, связано с локальным развитием кор выветривания (неравномерное физико-хими-

⁵ У более зрелых каолиновых и монтмориллонитовых глин этот показатель достигает 16.

ческое, почвенное, подпочвенное выветривание, углеобразовательные и гидротермальные процессы).

Формирование монтмориллонитовых глин в свитах морского генезиса обусловлено поступлением в бассейн седиментации (особенно в миоценовое время, когда проявились первая и вторая фазы кайнозойского вулканизма) больших масс пирокластического материала. Пепловые образования в условиях подводного выветривания (гальмиролиза) претерпевали интенсивное преобразование с последующим формированием минералов группы монтмориллонита. В шлифах удается наблюдать переходы от исходных продуктов до глин с реликтовой пепловой структурой: это несомненно аутигенные образования (разрезы Вахрушева, Чкалова, Томари и др.).

В других случаях не представляется возможным оценить конкретно (для этого необходимо более детальное изучение структуры и морфологии), какая часть минералов глин является аллотигенной, а какая — новообразованной в процессе диагенеза и эпигенеза.

ЛИТЕРАТУРА

- Акульшина С. И. Вещественный состав глинистой части пород палеозоя Сибирской и Русской платформ и его эволюция. Новосибирск, «Наука», 1971, 152 с.
- Зарицкий П. В. Конкреционные образования продуктивных отложений западной части Донецкого бассейна.— ДАН, т. 108, 1956, № 2, с. 329—332.
- Зарицкий П. В. Изоморфизм железа, магния и кальция в карбонатных конкрециях угленосных отложений Донецкого бассейна.— «Литология и полезные ископаемые», № 3, 1965, с. 45—60.
- Методическое руководство по петрографо-минералогическому изучению глин. М., Госгеолтехиздат, 1957, с. 448.
- Ратеев М. А. Закономерности размещения и генезис глинистых минералов в современных и древних морских бассейнах.— Труды ГИН, в. 112. М., Изд-во АН СССР, 1964, 288 с.
- Цветков А. И. Об особенностях термической диссоциации известняков и доломитов, загрязненных нерастворимыми минералогическими примесями.— Вопросы минералогии и петрографии, т. II, М., Изд-во АН СССР, 1963, с. 67—81.
- Эренбург В. Г. Рентгенометрические исследования кальцийсодержащих сидеритов.— Зап. Всесоюз. минералогич. о-ва, ч. 91, в. 5, 1962, с. 595—603.

ИЗУЧЕНИЕ ПАЛЕОНТОЛОГИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА С ПОМОЩЬЮ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ (НА ПРИМЕРЕ РОДА NEMOCARDIUM)

С. А. Глен, С. П. Седелникова, Г. Н. Шереметьева

Всевозрастающий объем палеонтологических работ требует применения математических методов для обработки количественных и качественных данных в целях установления биологических закономерностей, выяснения характера связей организма со средой и рационализации процесса отбора информации об изученных палеонтологических объектах.

С помощью статистических методов могут быть решены многие задачи палеонтологии, среди которых большое значение имеют: получение объективной характеристики видов и внутривидовых подразделений в популяциях; изучение и количественное выражение изменчивости объектов; объективное сравнение изученных созупностей с целью установления принадлежности их к одной или разным популяциям.

В ряде случаев биометрический анализ изменчивости признаков приводил к уточнению или пересмотру объема отдельных видов (Кэйп, 1958; Слодкевич, 1967; Гладенков, 1972).

Решения названных задач возможны, если изучаемые палеонтологические коллекции отвечают следующим требованиям: исходный материал должен быть однородным, случайным и достаточно представительным. Кроме того, немаловажное значение имеет выбор параметров (признаков) — он должен быть характерным для всего материала, не зависеть от возраста индивидуумов и геологических влияний после их захоронения, т. е. выражать их объективную характеристику.

Весьма желательна проверка используемых параметров внутри отдельных групп на непротиворечивость их распределения нормальному закону. Такая проверка проводится чаще всего для каждого выбранного для сравнения параметра по известным формулам одномерной статистики (Шарапов, 1965).

Что касается проверки однородности материала, то существуют несколько способов (Смирнов, 1941; Арлей, Бух, 1951; Дунин-Барковский, Смирнов, 1955; Irwin, 1925). Рассмотрим один из них. Допустим, что имеется n уверенных измерений параметра X (X_1, X_2, \dots, X_n) и требуется установить оценку доверительного интервала для некоторого «сомнительного» ($n+1$) измерения, совместимого с остальными измерениями. Доверительный предел для некоторого измерения X_{n+1} , совместимого с остальными значениями X , находится из выражения (Арлей, Бух, 1961)

$$\bar{X} - X = t S_x \sqrt{\frac{n+1}{n}}, \quad (1)$$

где t — двусторонний критерий (параметр распределения) Стьюдента, для различных уровней значимости $P=1-p$, таблица допустимых зна-

чений t приведена у И. П. Шаранова (1965); при отыскании их уровень значимости принимается нами априори, с заведомо обуславливаемой, задаваемой доверительной вероятностью (коэффициентом надежности, доверия); число степеней свободы в таблице принимается равным $n-1$; S_x — выборочное среднее квадратичное отклонение измеренного параметра (в «уверенных» образцах); n — число «уверенных» определений параметра.

Выше указывалось, что материал должен быть не только однородным, но и достаточно представительным. Выборка называется представительной, если в ней распределение и среднее значение изучаемого признака настолько близко к его распределению и среднему в генеральной совокупности, что этим расхождением можно пренебречь. Практически выборку считают представительной, если интересующие нас характеристики выборочной и генеральной совокупности отличаются друг от друга не более чем на допустимую, заранее заданную, величину (Шаранов, 1965).

Для проверки предположения о сходстве или различии средних значений многомерных случайных величин с вполне определенной долей вероятности, выраженной в процентах, можно применить один из методов обобщенного дисперсионного анализа (Миллер, Кан, 1965; Родионов, 1968). В качестве критерия для проверки вышеизложенной гипотезы (H_0) обычно применяют величину

$$V = -m \cdot \ln \frac{|S_1|}{|S_0|}, \quad (2)$$

где в случаях двух выборок

$$m = N_1 + N_2 - 2 - \frac{n}{2}. \quad (3)$$

В последней формуле N_1 и N_2 — число наблюдений над случайными величинами сравниваемых множеств, т. е. число составляющих одномерных величин (признаков).

Если проверяемая гипотеза верна, то вычисленное число V будет представлять собой значение случайной величины, распределенной по закону χ^2 с n степенями свободы (Янко, 1961; Шаранов, 1965). Если вычисленное значение V превысит допустимое $\chi^2_{q,n}$, соответствующее уровню значимости q и n степеням свободы, то проверяемая гипотеза H_0 отклоняется и средние значения совокупности считаются различными. Гипотезу H_0 следует принять как не противоречащую выборочным данным, если будет выполнено неравенство $V \ll \chi^2_{q,n}$.

Для того чтобы проверить H_0 , необходимо вычислить две оценки $|S_0|$ и $|S_1|$ ковариационной матрицы.

$$|S_0| = \begin{vmatrix} S_{11}^0 S_{12}^0 \dots S_{1n}^0 \\ S_{21}^0 S_{22}^0 \dots S_{2n}^0 \\ \dots \dots \dots \dots \\ S_{n1}^0 S_{n2}^0 \dots S_{nn}^0 \end{vmatrix}, \quad (4)$$

где диагональные элементы S_{jj}^0 вычисляются по формуле

$$S_{jj}^0 = \frac{1}{N_1 + N_2 - 2} \left(\sum_{i=1}^{N_1} (x_{ij})^2 + \sum_{i=1}^{N_2} (y_{ij})^2 - \frac{(\sum_{i=1}^{N_1} x_{ij} + \sum_{i=1}^{N_2} y_{ij})^2}{N_1 + N_2} \right), \quad (5)$$

а недиагональные элементы этой матрицы подсчитываются с помощью выражения

$$S^0_{jk} = \frac{1}{N_1 + N_2 - 2} \left(\sum_{i=1}^{N_1} x_{ij} x_{ik} + \sum_{i=1}^{N_2} y_{ij} y_{ik} - \frac{\left(\sum_{i=1}^{N_1} x_{ij} + \sum_{i=1}^{N_2} y_{ij} \right) \left(\sum_{i=1}^{N_1} x_{ik} + \sum_{i=1}^{N_2} y_{ik} \right)}{N_1 + N_2} \right) \quad (6)$$

$$|S_1| = \begin{vmatrix} S'_{11} S'_{12} \dots S'_{1n} \\ S'_{21} S'_{22} \dots S'_{2n} \\ \dots \dots \dots \dots \dots \dots \\ S'_{n1} S'_{n2} \dots S'_{nn} \end{vmatrix}, \quad (7)$$

где диагональные элементы S'_{jj} вычисляются по формуле

$$S'_{jj} = \frac{1}{N_1 + N_2 - 2} \left(\sum_{i=1}^{N_1} (x_{ij})^2 + \sum_{i=1}^{N_2} (y_{ij})^2 - \bar{x}_j \sum_{i=1}^{N_1} x_{ij} - \bar{y}_j \sum_{i=1}^{N_2} y_{ij} \right), \quad (8)$$

а недиагональные —

$$S'_{jk} = \frac{1}{N_1 + N_2 - 2} \left(\sum_{i=1}^{N_1} x_{ij} x_{ik} + \sum_{i=1}^{N_2} y_{ij} y_{ik} - \bar{x}_j \sum_{i=1}^{N_1} x_{ik} - \bar{y}_j \sum_{i=1}^{N_2} y_{ik} \right). \quad (9)$$

Так как недиагональные элементы матриц симметричны относительно j и k (6, 9), то $S^0_{jk} = S^0_{kj}$ и $S'_{jk} = S'_{kj}$.

Исходным материалом для сравнения распределений двух n -мерных случайных величин сравниваемых множеств служат два набора X_1, X_2, \dots, X_n и Y_1, Y_2, \dots, Y_n эмпирических значений этих величин, где $x_i = \{x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{i1}, \dots, x_{in}\}$; $y_i = \{y_{i1}, y_{i2}, \dots, y_{ij}, \dots, y_{in}\}$, а x_{ij} — эмпирическое значение признака с номером j в наблюдении с номером i над случайной величиной первого множества и y_{ij} — аналогичное значение для второго множества.

Вышеизложенное мы применили для установления видовой принадлежности раковин рода *Nemocardium*.

Систематика этого рода разработана слабо. До настоящего времени считалось, что в палеогеновых отложениях Южного Сахалина присутствуют один-два вида, которые разными исследователями назывались по-разному: Л. В. Криштофович — *Nemocardium padaense* L. Krisht., N. *karaitoense* L. Krisht., японскими геологами (Takeda, 1953; Oyama et al., 1960) — N. *ezoense* Tak., N. *tristiculum* (Yok.).

В результате визуального изучения и анализа морфологических особенностей раковин *Nemocardium* из палеогеновых отложений Южного Сахалина (сборы геологов СахКНИИ ДВНЦ АН СССР за 1959--1966 гг.) Г. Н. Шереметьевой установлены 6 самостоятельных видов: N. *takaradaiensis*, sp. nov. (обр. 540), N. *lorenzani* (Агн.) (обр. 215/91, 419⁵), N. *ezoense* Tak. (обр. 417², 418², 102⁷), N. *yokoyamai* Tak. (обр. 1107, 577^a), N. *weaveri* (And. et Mart.) (обр. 178/238, 23/32, 102^a), N. *karaitoense* L. Krisht. (обр. 102³).

При математической обработке 12 образцов (64 экземпляра) из этой же коллекции исходными данными являются морфологические

признаки раковин: коэффициент высоты (КВ) — отношение высоты к длине раковины (в %), коэффициент выпуклости (КВп) — отношение выпуклости к длине раковины (в %). Морфологические признаки изучаемых раковин *Nemocardium* представлены в табл. 1, согласно вышеизложенным обозначениям.

Таблица 1

Одномерные независимые компоненты сравниваемых множеств (морфологические признаки раковин *Nemocardium*)

Номер образца	Множество, M	Значение N	Значение первого индекса, i	Значение независимых компонентов	
				КВ	КВп
				Значение второго индекса, j	
1	2	3	4	5	6
178/238	M ₁	2	1	92	45
			2	98	38
102 ³	M ₂	3	1	101	32
			2	100	30
			3	98	30
102 ⁷	M ₃	2	1	100	36
			2	95	31
102 ^a	M ₄	3	1	96	36
			2	92	37
			3	86	35
23/32	M ₅	5	1	85	30
			2	101	35
			3	93	30
			4	100	42
			5	91	46
1107	M ₆	3	1	99	36
			2	94	30
			3	97	29
215/91	M ₇	2	1	93	28
			2	97	29
419 ⁵	M ₈	4	1	98	33
			2	93	32
			3	88	30
			4	94	29
417 ²	M ₉	14	1	92	30
			2	101	33
			3	98	34
			4	97	35
			5	96	34
			6	96	30
			7	92	32
			8	90	32
			9	96	34
			10	96	32
			11	98	34
			12	92	30
			13	93	32
			14	97	35

1	2	3	4	5	6
			1	96	31
			2	100	35
			3	97	31
			4	101	32
			5	96	32
			6	98	30
			7	98	36
			8	91	30
			9	94	30
418 ²	M ₁₀	22	10	104	33
			11	103	33
			12	95	34
			13	95	32
			14	103	30
			15	90	30
			16	95	30
			17	97	31
			18	90	40
			19	97	25
			20	94	29
			21	101	35
			22	90	29
577 ^a	M ₁₁	2	1	92	30
			2	93	33
540	M ₁₂	2	1	86	24
			2	85	24

Прежде чем рассчитывать элементы матриц S_0 и S_1 , было доказано, что используемые параметры внутри каждой группы не противоречат нормальному закону распределения. Формулы, использованные для этой проверки, взяты из работы И. П. Шарапова (1965).

Также доказано, что изучаемый материал — однородный, так как доверительный предел, рассчитанный по описанному выше способу, равен 85% (Арлей, Бух, 1951). Расчеты проводились на электронном калькуляторе «Вега» и сведены в табл. 2, а выводы о сходстве множеств — в табл. 3.

Образцы 102³, 540, 418² не сходны ни между собой, ни со всеми остальными и являются представителями отчетливо выраженных систематических категорий, вероятно, видов. Первые два ранее определялись как *Nemocardium karaftoense* и *N. takaradaiense* sp. nov. Образец 418² относился ранее к *N. lorenzanum* вместе с образцами 417² и 102⁷, которые, по данным математической обработки, оказались несходными между собой. По всей вероятности, или первый образец, или оба других не являются представителями одного вида.

Наиболее сходны между собой образцы 1107, 577^a, 419⁵. Первые два ранее относились к виду *N. uokoymai*, а последний — к *N. lorenzanum*. Это не противоречит ранее сделанным выводам, так как *N. uokoymai* отличается от всех видов этого рода отсутствием выемки под макушкой и нескошенным задним краем. Последние признаки нами не учитывались.

Условно может быть выделена группа образцов: 178/238, 23/32, 102^a. Первый и третий образцы сходны между собой на 75%, второй и третий — на 85%, первый и второй — лишь на 30%. Ранее эти образцы выделялись как вид *N. weaveri*.

Таблица 2

Результаты расчета членов формул (5, 6, 8, 9) для вычисления элементов матриц S_0 и S_1

Член формулы	Множества											
	M_1	M_2	M_3	M_4	M_5	M_6	M_7	M_8	M_9	M_{10}	M_{11}	M_{12}
$\sum_{i=1}^{N_1} x_{i1}$	190	299	195	274	470	290	190	373	1 334	2 125	196	171
$\sum_{i=1}^{N_2} x_{i2}$	83	92	67	108	183	95	57	124	457	698	64	48
$\sum_{i=1}^{N_1} x^2_{i1}$	18 068	29 805	19 025	25 076	44 356	28 046	18 058	34 883	127 232	205 631	19 216	14 536
$\sum_{i=1}^{N_1} x^2_{i2}$	3 469	2 824	2 257	3 890	6 884,1	3 037	1 625	3 854	14 977,1	22 342	2 050	1 152
$\sum_{i=1}^{N_1} x_{i1}$	18 050	29 801,3	19 012,5	25 025,3	44 180	28 034,3	18 050	34 782,3	127 117	205 253,8	19 208	14 535
$\sum_{i=1}^{N_1} x_{i2}$	3 444,5	2 821,6	2 244,5	3 888	6 675,9	3 008,7	1 624,5	3 844	14 935,4	22 147,5	2 048	1 152
$\sum_{i=1}^{N_1} x_{i2}$	7 864	9 172	6 545	9 870	17 230,7	9 197	5 417	11 576	43 614,6	67 669	6 276	4 092
$\sum_{i=1}^{N_1} x_{i2}$	7 885	9 169,3	6 532,5	9 864	17 173,8	9 183,7	5 415	11 563	43 576,1	67 420,4	6 272	4 092

Таблица 3

Сходство сравниваемых множеств в процентах

Сравниваемые мн-ва	M ₂	M ₃	M ₄	M ₅	M ₆	M ₇	M ₈	M ₉	M ₁₀	M ₁₁	M ₁₂
M ₁	15	35	30	75	30	25	7,5	Нет	Нет	40	Нет
M ₂		8	Нет	20	15	35	25	Нет	Нет	5	Нет
M ₃			Нет	60	85	55	85	85	52	50	25
M ₄				85	15	Нет	Нет	Нет	Нет	5	Нет
M ₅					40	40	40	5	Нет	50	30
M ₆						80	75	35	25	80	5
M ₇							30	Нет	Нет	20	10
M ₈								30	25	75	Нет
M ₉									Нет	Нет	Нет
M ₁₀										25	Нет
M ₁₁											Нет

Оставшиеся три образца (215/91, 417², 102⁷) уверенно отнести к какой-либо группе образцов не удастся, поскольку они имеют сходство с представителями разных видов. Так, образец 102⁷ похож на 23/32, 1107, 417². Последние два не сходны между собой.

Таким образом, подтверждается выделение ранее визуально определенных четырех видов: *Nemocardium takaradziensis*, *N. karafutoense* и, с некоторой долей условности, *N. yokoymai* и *N. weaveri*.

Виды *N. lorenzanum* и *N. ezoense* имеют много общих признаков с *N. weaveri* и *N. yokoymai*, и математически их выделение не подтверждается. Можно предположить, что образцы 23/32, 1107 и 417² представляют собой один вид с различными подвидами. Для разделения этого вида на подвиды следует, видимо, провести математическую обработку с введением дополнительных морфологических признаков.

ЛИТЕРАТУРА

- Арлей Н., Бух К. Введение в теорию вероятностей и математическую статистику. М., ИЛ, 1951, 246 с.
- Гладенков Ю. Б. Неоген Камчатки.—Труды ГИН, в. 214. М., «Наука», 1972.
- Дунин-Барковский И. В., Смирнов Н. В. Теория вероятностей и математическая статистика в технике (общая часть). Гостехиздат, 1955, 65 с.
- Кэйп А., Вид и его эволюция. (Пер. с англ.). М., ИЛ, 1958.
- Миллер Р., Кан Дж. Статистический анализ в геологических науках. М., «Мир», 1965, 482 с.
- Родионов Д. А. Статистические методы разграничения геологических объектов по комплексу признаков. М., «Недра», 1968, 101 с.
- Слодкевич В. С. Третичные *Asila* Сахалина. М., «Наука», 1967, 90 с.
- Смирнов Н. В. Об оценке максимального члена в ряду наблюдений. ДАН СССР, 33, № 5, 1941, с. 346—349.
- Шарапов И. П. Применение математической статистики в геологии. М., «Недра», 1965, 259 с.
- Янко Я. Математико-статистические таблицы. М., Госстатиздат, 1961, 243 с.
- Irwin J. O. On a criterion for the rejection of outlying observations.—*Biometrika*, v. 17, pts. III, IV, 1925.
- Oyama K., Mizuno A., Sakamoto T. Illustrated Handbook of Japanese Paleogene molluscs. Tokyo, 1960, 244 p.
- Takeda H. The Poronai formation (Oligocene Tertiary) of Hokkaido and South Sakhalin and its fossil fauna.—*Geol. Sect., Hokkaido Assoc. Coal, Min. Techn., Studies Coal Geol.*, 1953, № 3, 103 p.

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ИНТЕРПРЕТАЦИИ ЭХОГРАММ ПРИ ИЗУЧЕНИИ РЕЛЬЕФА МОРСКОГО ДНА

В. Л. Ломтев, В. Н. Патрикеев

Эхолотирование как метод изучения рельефа и геологических структур известен с 40-х гг. нашего века. Методика обработки эхограмм разработана давно. По ней предполагается, что упругие волны распространяются по нормали к поверхности моря, а поэтому не всегда можно учесть влияние волновых эффектов, а именно: сейсмического сноса, дифракции и бокового отражения (Удинцев, 1951, 1958).

В работе дана количественная оценка влияния сейсмического сноса, дифракции и боковых отражений при определении глубин, углов наклона, линейных размеров форм рельефа на основе эхограмм, полученных в районе Курильского жёлоба летом 1976 г.

Сейсмический снос. Явление видимого смещения склона в сторону больших глубин, или «наплывание» подошвы склона на ровный участок дна, наблюдаемое на эхограммах, получило название сейсмического сноса (левая часть рис. 1 и рис. 2). Пунктиром показана поверх-

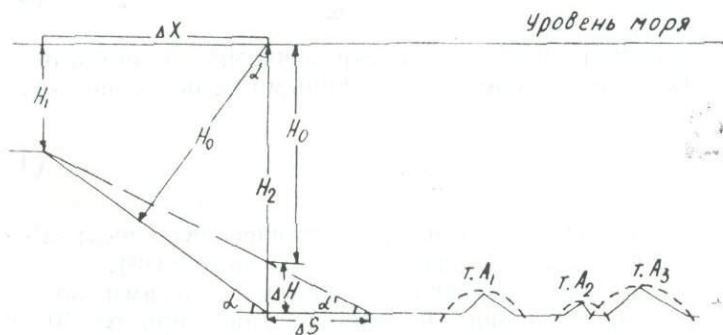


Рис. 1. Идеализованная схема явлений сейсмического сноса и дифракции

ность склона, записанная на эхограммах, непрерывной линией — действительное положение склона.

Глубину дна (H) принято определять по нормали к поверхности моря

$$H = \frac{1}{2} Vt, \quad (1)$$

где V — скорость распространения волн в воде; t — время прихода волны, отраженной от дна.

Это верно в случае, когда дно горизонтально, упругие волны распространяются по перпендикуляру к поверхности дна. Поэтому, когда поверхность дна имеет наклон, то H надо откладывать под уг-

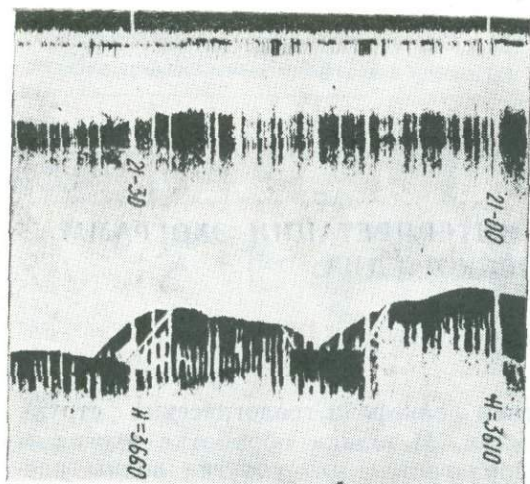


Рис. 2. Интерпретация эхограммы участка морского дна на глубине 3500 м с учетом сейсмического сноса

лом к поверхности моря, где α — угол наклона дна.

Погрешности ΔH , $\Delta\alpha$ и линейных размеров форм (ΔS) можно определить по формулам

$$H = H_2 - H_0 = H_2(1 - \cos\alpha), \quad (2)$$

где H_2 — глубина по вертикали к поверхности моря; H_0 — по вертикали к поверхности дна;

$$\Delta\alpha = \frac{\arctg \left(\frac{H_2 - H_1}{\Delta X} \right)}{\alpha} - \frac{\arctg \left[\left(\frac{H_2 - H_1}{\Delta X} \cdot \cos\alpha \right) \right]}{\alpha'}, \quad (3)$$

где H_1 и H_2 — глубины над двумя соседними точками по нормали к поверхности моря; ΔX — расстояние между данными точками по горизонтали;

$$\Delta S = \frac{\Delta H}{\tg \alpha'}, \quad (4)$$

где ΔS — смещение подошвы склона из-за сейсмического сноса; α' — угол наклона дна, снятый с эхограммы (т. е. неверный).

Расчеты поправок по этим формулам и анализ эхограмм позволили выявить соответствие величин поправок: так, при $\alpha = 10^\circ$ и $H = 200$ м, $\Delta H = 3,04$ м, $\Delta S = 17,5$ м, $\Delta\alpha = 0^\circ 09'$; при $H = 9000$ м и том же угле наклона $H = 136,8$ м, $\Delta S = 788,4$ м; 10° — такова обычная крутизна бортов Курильского желоба.

Дифракция упругих волн. В условиях резко расчлененного рельефа дна на эхограмме регистрируется поле дифрагированных волн. Глубины принято снимать по огибающей годографов дифрагированных волн (рис. 1).

Уравнение годографа имеет вид

$$H(x) = \sqrt{H^2 + x^2}, \quad (5)$$

где H — глубина точки дифракции (резкого перегиба дна или вершины гиперболы) A_1 , A_2 , A_3 (рис. 1); X — расстояние между точками дифракции и регистрации волн.

Из уравнения (5) ясно, что форма записи «рельефа» на эхограмме зависит от глубины и не зависит от морфологии неровностей дна. Истинному рельефу отвечают лишь точки дифракции. Точную амплитуду неровностей можно установить при наличии субгоризонтальных площадок (рис. 1). С уверенностью можно утверждать, что в случае их отсутствия амплитуда неровностей заведомо больше перепада глубин между точкой дифракции и точкой пересечения гипербол. Анализ эхограмм показал, что ошибка в определении H из-за дифракции достигает 50—100 м. В некоторых случаях боковые отражения при косом пересечении крутого склона дают ошибку в определении H , превышающую 200—250 м.

На некоторых профилях Курильский глубоководный желоб при ширине плоского дна 1—2 км «приобретает» V-образную форму, тогда как при учете волновых эффектов желоб имеет корытообразную форму.

Таким образом, учет волновых эффектов при интерпретации батиметрических данных по району Курильского желоба позволил повысить точность определения места положения изобат на подводном склоне и угла наклона до 200—400 м и $0,1^\circ$ соответственно.

ЛИТЕРАТУРА

- Удинцев Г. Б. К методике эхометрической съемки при морских геологических исследованиях. — Труды Ин-та океанологии АН СССР, в. 5, 1951, с. 17—34.
Удинцев Г. Б. Аппаратура и методика изучения подводного рельефа. — Бюлл. Океанограф. комиссии, № 2, 1958, с. 24—33.

ОПЫТ РАБОТЫ И НЕКОТОРЫЕ ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО ПЕРФОКАРТНОМУ КОДИРОВАНИЮ МОРСКОЙ ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

В. Н. Горкун

Интенсивное развитие исследований дна морей и океанов и бурный рост морской геолого-геофизической информации порождают настоятельную необходимость создания рациональной системы сбора, регистрации и хранения результатов морских геолого-геофизических работ. Эта система должна быть унифицированной и обладать следующими качествами:

1) включать в себя основные геологические, геофизические и геохимические данные, получаемые как во время экспедиционных работ, так и в период камеральной обработки материалов;

2) обладать возможностью очень большого роста информационного массива при одной и той же форме записи и кодирования информации;

3) быть приспособленной к быстрой выборке информации, необходимой для данного частного исследования;

4) быть по возможности проще — в смысле пользования, кодирования и декодирования информации;

5) быть направленной на возможность обработки и данных, записанных на носителях информации, с использованием программ, допускающих пополнение исходных данных без повторного ввода ранее записанной информации.

Создание такой системы представляет известные трудности. Национальный центр океанографических данных ФРГ (Magire..., 1965) и рабочая группа Межправительственной океанографической комиссии ООН (Inventory..., 1967; Indentation..., 1970) в 1965, 1967 и 1970 гг. опубликовали свои предложения по стандартизации формы записи результатов морских геолого-геофизических работ. В СССР «Временная инструкция по сбору и регистрации результатов морских геолого-геофизических исследований» издана в 1971 г. ВНИИМОРГЕО и ВИЭМС (Временная инструкция..., 1971). В 1975 г. в дополнение к ней ВНИИМОРГЕО и ЛГУ издали «Методическое руководство по регистрации, хранению и автоматическому поиску морских геологических данных» (Методическое руководство..., 1975). Эта хорошая основа для совершенствования системы регистрации, сбора и хранения, ввода в ЭВМ и обработки морской геолого-геофизической информации. Однако предложенные макеты записи информации не лишены известных недостатков.

Так, в макете ВНИИМОРГЕО — ВИЭМС — ЛГУ 02 (информация о профиле) среди профилей не указаны геоморфологические и профили по измерению теплового потока. В информации о станции (макет 03) не указаны данные о геотермическом градиенте, тепловом

потоке, ускорении силы тяжести, напряженности электрического и магнитного поля в районе станции, наличии проб придонной воды, измерений ее удельного веса и солевого состава. В макете 03 также отсутствует геоморфологическая характеристика района станции, между тем связь геоморфологии морского дна с геологическим строением его во многих случаях несомненна.

Изучение геологии морского дна дает информацию о геологической природе геофизических границ земной коры и представляет возможность не только судить о типе строения земной коры, но даже о процессах в верхней мантии Земли. Поэтому кодирование модели строения земной коры в районе станции и экспериментальных данных, служащих основанием для такой модели, желательно и просто необходимо при работах, направленных специально на такое изучение. Однако в макете 03 такое кодирование не предусмотрено.

В информации о физических свойствах пробы (макет 04—2) отсутствуют данные об остаточной намагниченности и ее ориентации. Неполна минералогическая характеристика проб (макет 04—6), информация о содержании малых химических элементов в пробе (макет 04—7).

К недостаткам системы записи информации ВНИИМОРГЕО — ВИЭМС — ЛГУ, на наш взгляд, следует отнести и то, что полное кодирование данных об экспедиции, профиле, станции и геологической пробе производится в ней (для каждой пробы) на 12 видах перфокарт К-5, что при существующих ручных селекторах уменьшает объем разового массива, из которого производится выборка (по числу проб и информативности).

Автор предложил систему, в полной мере использующую положительные стороны системы ВНИИМОРГЕО — ВИЭМС — ЛГУ и лишенную перечисленных выше недостатков. Ниже приведены отличия предлагаемой общей системы кодирования морской геолого-геофизической информации от описанной выше; отдельно описывается еще один, проверенный в работе, специализированный макет перфокарты для морских донных осадков.

Кодирование информации всех уровней (об экспедиции, профиле, станции, пробе) в нашем общем макете производится на одной перфокарте К-4 вместо двенадцати К-5. В предлагаемом нами макете сохраняется нумерация признаков (элементов) кодирования ВНИИМОРГЕО — ВИЭМС — ЛГУ и добавляются многие другие. В связи с этим ключ кодирования информации изменился и значительно увеличился в сравнении с Методическим руководством... (1975).

Классификация донных осадков в нашем общем макете принята по П. Л. Безрукову и А. П. Лисицыну (1960); классификация коренных пород морского дна: изверженных, по Заварицкому (1961), метаморфических, по Булларду и соав. (1973), осадочных, по Швецову (1958); вулканогенно-осадочных, по Дзоценидзе, Хворовой (1970). Пополнены минералогическая характеристика проб и состав малых элементов по данным спектральных анализов. При кодировании геоморфологической характеристики станции и модели строения земной коры в районе станции учтен опыт, применявшийся при сухопутных работах СяхКНИИ в предыдущие годы (Горкун, 1968) и использовавшийся для кодирования сведений о строении земной коры в зоне перехода от Евразийского континента к Тихому океану.

Предложенный нами макет кодирования морской геолого-геофи-

зической информации предназначен для введения в ЭВМ с помощью цифровых кодов на перфо- и магнитные ленты. При этом все вводимые параметры подразделяются на координатные (справочные, привязочные, классификационные) и аналитические (числовые, объективно измеряемые характеристики), по которым, собственно, и производится статистическая или иная обработка с применением геолого-математических программ.

Следует отметить, что некоторые характеристики и параметры играют двойственную роль, т. е. в одних случаях выступают как «координатные», в других — могут участвовать также и в статистической обработке в качестве обчисляемой рабочей величины. К таким параметрам, в частности, относится глубина моря в районе станции и положение осадка в колонке станции.

В нашем ключе кодирования перечислены организации, занимающиеся морскими геолого-геофизическими работами в СССР, в том числе и на Сахалине; им присвоены следующие кодовые номера: 69 — СахКНИИ ДВНЦ АН СССР 70 — ТЭ ЮЖМОРГЕО (Тихоокеанская экспедиция ЮЖМОРГЕО), 71 — МНЕР СахТГУ (Морская нефтеразведочная экспедиция Сахалинского территориального геологического управления); предусмотрены резервные номера и для других организаций. Нумерация судов отдельно для каждой организации и для СахКНИИ предусмотрена от 1 до 20. Сюда входят собственные и арендованные суда, на которых проводились или проводятся морские геолого-геофизические работы, и еще 8 резервных номеров.

В шифре района, кроме Марсденского квадрата, указаны также общепринятые географические названия морей, заливов, губ, проливов, склонов, подводных долин, впадин, котловин, ущелий, желобов, разломов, абиссальных равнин, плато, подводных хребтов, банок, поднятий, возвышенностей и т. д.; в связи с этим нумерация районов по географическому принципу обозначается трехзначным номером, первые две цифры которого соответствуют международному коду морей и океанов, приведенному в приложении № 6 (Методическое руководство..., 1975).

Геоморфологическая характеристика станции в своей основе дана по Ф. П. Шепарду (1969); в коде 90 классификационных единиц; им предусмотрена качественная характеристика и количественная мера. Так, возвышенности характеризуются положением в общей структуре морского дна, высотой над основанием и отношениями высоты к размеру основания наиболее крутого и наиболее пологого склона; вулканы (подводные) — типом строения и крутизной склонов; впадины, каньоны и желоба — формой, генезисом, положением в общей структуре.

В нашей характеристике станции предусмотрено, как упоминалось, кодирование модели строения земной коры в районе станции. Среди конкурирующих выступают три типа: континентальный, океанический и переходный (с подтипами континентально-океанический и океанически-континентальный). Эти модели характеризуются соответствующими количественными мерами — мощностями слоев земной коры, по данным ГСЗ (КМПВ и МОВ). Предусмотрено подробное кодирование сейсмических разрезов земной коры и экспериментальных данных о составе слоев земной коры, начиная с самых верхних, отбираемых тралами, драгами, трубками, подводными аппаратами, и кончая данными морского и океанического бурения.

Среди целей исследования кроме упомянутых в методических разработках ВНИИМОРГЕО -- ВИЭМС -- ЛГУ значатся также геологическое картирование, геофизические исследования (гравиметрия, электрометрия, магнитометрия, радиометрия, изучение тепловых потоков, НСП, ГСЗ), испытание нсвой геофизической и геологической аппаратуры, акустические исследования, изучение бентоса, нектона, химии морской воды, течений.

Масштаб работ пополнен попутными точками при других основных исследованиях.

В краевой перфорации кодируются классификационные характеристики и признаки, а также сведения о проведении тех или иных видов исследований (анализов) в экономичных треугольных бесшумных кодах и в коде 1--2--4 для небольших классификаций и чисел.

Поскольку краевая перфорация в своей описательной справочной части начинает кодироваться на борту корабля, предусмотрено кодирование фактов сдачи образца на определенные виды анализов (кодируется и несколько резервных видов анализа) и фактов получения их результатов. Первые кодируются неглубоким вырезом в краевой порфорации в месте, соответствующем данному виду анализа, второй -- глубоким вырезом в том же месте. Последний вырез делается после записи результатов анализа на перфокарту.

Записав на перфокарту время сдачи образца на анализ и время готовности, можно отказаться от специальных ведомостей или журналов: из общего массива всегда могут быть извлечены карты образцов, результаты анализов которых уже получены; образцов, сданных на анализ и еще находящихся в стадии исследования; образцов, которые вообще не сдавались на данный вид анализа. Причем результаты на перфокарты могут вносить сами аналитики, что экономит общее время оформления данных об образце.

В общем виде предлагаемый нами макет, к сожалению, довольно сложный, насыщенный информацией, требующий для своего заполнения известной квалификации (ключ кодирования имеет объем около 200 страниц, против 113 (Методическое руководство... 1975). И все-таки, пользуясь им, работу можно во многом облегчить. Так, полная информация о геолого-геофизической экспедиции, о профиле, станции заносится только на одну из стандартных перфокарт макета, а в карты отдельных проб заносятся лишь соответствующие номера этих справочных характеристик, без повторяющейся переписки подробной общей информации об экспедиции, профиле, станции. Извлечение полной информации об экспедиции, профиле, станции становится возможным благодаря принятой нами системе кодирования их номеров: применена треугольная система кодирования номеров в десятках и натуральная (каждой паре дырок соответствует одна из цифр) в единицах. Полная информация обозначается глубоким вырезом в единицах, ссылка на номер -- мелким вырезом в краевой перфорации единиц номера экспедиции, профиля, станции.

Информация с перфокарт может заноситься в память ЭВМ. К ней применимы программы компоновки множеств по нужным для данного частного исследования выборкам и программы обработки информации -- нахождения статистических характеристик, распознавания образов, корреляции и др. Выборки из общего массива данных могут быть идентичны разовым выборкам, осуществляющимся при фиксации какого-то одного классификационного поискового параметра с по-

мощью селектора перфокарт, и более сложными, комбинированными по двум, трем и более параметрам, что соответствует многоцветным, многокомпонентным выборкам с помощью селектора.

Запись числовой информации на перфокарты К-4 производится в виде, наиболее удобном для использования ее в ЭВМ (в частности, концентрации малых элементов заносится в г/т).

Описанный макет записи морской геолого-геофизической информации по кругу охваченных вопросов весьма широк. Поэтому во многих частных задачах при работе с ограниченным классом объектов и по специфической тематике возникает необходимость в кодировании более узкой информации. В этом случае, на наш взгляд, возможно и нужно применять более простые, специализированные макеты.

Так, для перфокартного кодирования информации специально по морским донным осадкам помимо общего макета, описанного выше, в СахКНИИ успешно применяется второй, более простой макет, на стандартной перфокарте (К-4) которого записываются по кодам: географический район места отбора пробы, закодированный «групповым» способом (в двухзначном числе цифра десятков характеризует название конкретного моря, района океана; цифра единиц характеризует более детальное место в этом море, районе океана); географические координаты станции; грубая геоморфологическая характеристика района станции (шельф, континентальный склон, островной склон дуги в сторону океана, островной склон дуги в сторону окраинного моря, глубоководная впадина в окраинном море, океаническое плато, глубоководный желоб, подводная возвышенность или хребет); глубина моря в районе станции; номера профиля и геологической станции; положение осадка в колонке станции (в сантиметрах от поверхности дна и в фиксированных полуметровых интервалах, за исключением верхнего дециметрового слоя); литотип осадка в упрощенном коде, отражающем механический состав осадка по двум господствующим его фракциям; интенсивность запаха сероводорода в осадке; факты сдачи и получения результатов и сами результаты химических, спектральных, гранулометрических анализов, анализов на CO_2 и $\text{C}_{\text{орг}}$, влажность, CaCO_3 , битуминологических и термических анализов, а также факт проведения и результаты повторных, контрольных и параллельных анализов.

Групповая система кодирования номеров географических районов позволяет по первому индексу (десяткам) выбрать крупный район (например, все Охотское море), а по второму индексу (единицам), вместе с первым, — конкретную часть крупного района.

Кодируется также цвет осадка, тоже по групповой системе кодирования, сгруппированной по оттенкам спектра — коричневым, зеленым, желтым, голубым, фиолетовым, серым и пятнистым.

При кодировании литотипа осадка предусмотрена встречаемость галек и образцов коренных пород.

Проведение и кодирование повторных анализов всех видов необходимо для оценки воспроизводимости результатов анализов в лаборатории и сравнения природных дисперсий отдельных аналитических компонентов с лабораторным разбросом результатов анализов.

Для спектральных анализов предусмотрено кодирование результатов по 23 химическим элементам, обнаруживаемым в исследованных нами осадках, при этом, как и в общем макете, который описывался в начале статьи, содержания малых элементов записываются в г/т, а

макроэлементов — в %. В процентах записываются также результаты других кодируемых анализов, а полученная на дериватографе термическая кривая образца копируется на обратную сторону перфокарты в натуральном масштабе.

Все классификационные и поисковые параметры, факты сдачи и проведения всех видов анализов отображаются в краевой перфорации и вместе с результатами анализов вводятся в память ЭВМ. В краевой перфорации у нас предусмотрено кодирование 719 станций, 20 профилей, но их число может быть и увеличено.

Записанные на перфокарте координаты станции в краевой перфорации не кодируются, но вводятся в память ЭВМ для использования в геолого-математических программах с машинным построением карт изоконцентраций, изобат, тренда и т. д.

На специализированных перфокартах для донных осадков закодирована вся информация по морским донным осадкам, собранным экспедициями СахКНИИ в 1970—1975 гг.

Для обработки этой информации, вводимой в ЭВМ с таких перфокарт, в СахКНИИ создан и работает комплекс геолого-математических программ «Компоновка множеств», написанный на языке АКИТ для ЭВМ «Минск-22». Программами комплекса предусмотрено нахождение важнейших статистических характеристик всех отдельных групп морских донных осадков, сгруппированных по одному или комбинации из двух поисковых классификационных признаков: району, профилю, станции, параметрам геоморфологической классификации, интервалу в колонках, составу, цвету, интенсивности запаха сероводорода и т. д. В настоящее время этот комплекс программ продолжает совершенствоваться для применения к скомпонованным группам осадков программ распознавания образцов и тренданализа.

В заключение напомним, что в общем макете кодирования геолого-геофизической информации для кодирования используется вся краевая перфорация со всех четырех сторон карты К-4, а в макете для донных морских осадков — только ее половина (одна длинная и одна короткая сторона).

Унификация записи результатов морских геолого-геофизических работ наряду с созданием комплексов геолого-математических программ для обработки информации на ЭВМ является необходимым этапом создания автоматизированной системы сбора, хранения, быстрого извлечения и обработки материала, призванным улучшить полноту использования информации, ускорить время ее обработки и увеличить надежность выводов, основанных на первичной информации.

ЛИТЕРАТУРА

Безруков П. Л., Лисицын А. П. Классификация осадков современных морских водоемов. — Труды Ин-та океанологии АН СССР, т. 32. М., Изд-во АН СССР, 1960, с. 3—144.

Булларад Э., Кани Дж., Мэтьюз Д. Петрология изверженных и метаморфических пород дна океана. М., «Мир», 1973, 261 с.

Временная инструкция по сбору и регистрации результатов морских геолого-геофизических исследований. М., Мин-во геологии СССР, ВНИИМОРГЭО, ВИАМС, ОСНТИ, ВИЭМС, 1971, 46 с.

Горкун В. Н. О полноте использования полевой и лабораторной информации в геолого-математических исследованиях. — Проблемы повышения эффективности научно-исследовательской работы, ч. 3. Новосибирск, Изд-во СО АН СССР, 1968, с. 198—208.

Дзюценидзе Г. С., Хворова И. В. Основные принципы разработки рациональной

систематики и номенклатуры вулканогенных обломочных пород.— Классификация и номенклатура вулканогенно-осадочных пород. Тбилиси, 1970, с. 7—22.

Заварицкий А. Н. Изверженные горные породы. М., Изд-во АН СССР, 1961, 479 с.

— Методическое руководство по регистрации, хранению и автоматизированному поиску морских геологических данных. Рига, 1975, 114 с.

Швецов М. С. Петрография осадочных пород. М., Госгеолтехиздат, 1958, 416 с.

Шепард Ф. П. Морская геология. Л., «Недра», 1969, 461 с.

Indentation of marine geological/geophysical data, Systems of oceanography data.— Working group of the Intergovernment Oceanography Commission OON, Geneva, 1970.

Inventory and keypunching of marine geological data.— National Data of Oceanography Center (NDOC), Washington, 1967.

Marine geology information. Instruction for coding.— Deutsche Oceanography Datacenter, Kiel, 1965.

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие 3

Часть 1. Морские исследования

Корнев О. С. Подводное геологическое картирование мелководья в легководолазном снаряжении	5
Васильев Б. И. О методике и перспективах применения подводных аппаратов для геологических исследований	16
Васильев Б. И., Лысенко А. В. Опыт геологического драгирования в Курило-Камчатском желобе	21
Лещев Д. А. Погружная буровая установка ПБВ-5	26
Лещев Д. А. Отбор керна при подводном бурении «одним рейсом»	33
Такки Д. Ф., Буйволенко Е. В. Опыт применения гидролокатора бокового обзора при геологическом картировании шельфа	37
Корнев О. С., Соловьев В. Н. К методике геологической съемки шельфа	44

Часть 2. Лабораторные исследования

Кропачев А. М., Корнев О. С., Ибламинов Р. Г. Опыт исследования формы нахождения малых элементов в современных морских осадках	57
Тараканова Л. И. Применение люминесцентного анализа при изучении битуминозности морских осадков	64
Захарова М. А., Шустов Л. Н. Стратификация отложений кайнозойского разреза южной части Сахалина по данным термического анализа	67
Глен С. А., Седельникова С. П., Шереметьева Г. Н. Изучение палеонтологического материала с помощью математических методов (на примере рода <i>Nemocardium</i>)	80
Ломтев В. Л., Патрикеев В. Н. Некоторые особенности интерпретации эхограмм при изучении рельефа морского дна	87
Горкун В. Н. Опыт работы и некоторые предложения по перфокартному кодированию морской геолого-геофизической информации	90

КОМПЛЕКСНОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ МОРСКОГО ДНА

Редактор Г. В. Орловская
Художник Г. П. Писарева
Техн. редактор В. А. Батизат
Корректоры В. В. Краснова и А. Б. Зельманова

ВМ 03001. Сдано в набор 22/II 1978 г. Подписано к печати 16/VI 1978 г.
Формат 70×100/16. Усл. печ. л. 8,13. Уч.-изд. л. 7,41. Тираж 500 экз.
Бумага тип. № 1. Заказ 4089. Цена 1 руб. 10 коп.

Редакционно-издательский отдел Дальневосточного научного центра
Академии наук СССР
690600, Владивосток, Ленинская, 50
Полиграфический комбинат Управления издательств, полиграфии и
книжной торговли Приморского крайисполкома
Владивосток, Океанский пр., 69

УДК 550.8(26)628.02

Подводное геологическое картирование мелководья в легководолазном снаряжении. Корнев О. С.—«Комплексное применение геологических методов исследования морского дна». Южно-Сахалинск, 1978, с. 5—15.

Описывается методика подводного геологического картирования морского дна в зоне мелководья. Рассматривается общее положение о снаряжении и организации работ. В процессе картирования производятся отбор образцов и проб грунта, радиометрические и капнометрические измерения. Для плановой привязки использованы глазомерные и радиогодезические методы. Ил. 3, табл. 1, библи. 19.

УДК 551.46.07

О методике и перспективах применения подводных аппаратов для геологических исследований. Васильев Б. И.—«Комплексное применение геологических методов исследования морского дна». Южно-Сахалинск, 1978, с. 16—20.

Описана методика геологических исследований с применением обитаемого подводного аппарата «ТИПРО-2». Установлено, что эти исследования дают качественно новую информацию, которую нельзя получить другими средствами. Подводные аппараты должны найти широкое применение при геологическом картировании морского дна и научных исследованиях на любых глубинах Мирового океана. Ил. 1, библи. 4.

УДК 550.81(265)

Опыт геологического драгирования в Курило-Камчатском желобе. Васильев Б. И., Лысенко А. В.—«Комплексное применение геологических методов исследования морского дна». Южно-Сахалинск, 1978, с. 21—25.

Приведена методика, и описана техника геологического драгирования до глубин 9300 м при проведении комплексной геолого-геофизической съемки в Курило-Камчатском желобе. Драгирование проводилось по профилям, предварительно обработанным геофизическим методом. Даны рекомендации по выбору участков дна для драгирования. Приведены методика расчета потребной длины троса и статистические данные о времени, затраченном на драгирование. Ил. 2, табл. 1, библи. 3.

УДК 622.24.085.5

Погружная буровая установка ПБВ-5. Лещев Д. А.—«Комплексное применение геологических методов исследования морского дна». Южно-Сахалинск, 1978, с. 26—32.

Описаны устройство и результаты применения в производстве установки ПБВ-5, предназначенной для неглубокого виброударного бурения на всех глубинах шельфа. Установка снабжена гибкими направляющими с поплавками из пенопласта и малогабаритным основанием, имеющим боковой вырез. Вибромолот мощностью 2 кВт размещен в открытом снизу «корпусе-колоколе». Подача воздуха в корпус автоматическая из баллонов. Имеется система сигнализации о повышении уровня воды в корпусе и об окончании бурения. Бурение производилось способом «с подвеской основания за бортом», с постановкой судна на один якорь. Пробурены десятки скважин с отбором керна в породах до III категории глубиной до 5,5 м. Производительность вибромолота под водой такая же, как на суше. Ил. 4.

УДК 622.24.085.5

Отбор керна при подводном бурении «одним рейсом». Лещев Д. А.—«Комплексное применение геологических методов исследования морского дна». Южно-Сахалинск, 1978, с. 33—36.

Бурение неглубоких скважин со дна моря погружными установками экономически выгоднее, чем бурение с поверхности воды. Созданные погружные установки могут бурить со дна моря «одним рейсом» скважины глубиной до 10 м и более. Затраты времени при этом минимальные, но отбор керна обычным способом по все-

му стволу невозможен. Описывается способ «ступенчатого» отбора керна по всей протяженности скважины при сохранении всех преимуществ бурения «одним рейсом».

Ил. 2.

УДК 551.46.08

Опыт применения гидролокатора бэкового обзора при геологическом картировании шельфа. Такки Д. Ф., Буйволенко Е. В.—«Комплексное применение геологических методов исследования морского дна». Южно-Сахалинск, 1978, с. 37—43.

Рассматриваются результаты морских опытно-методических исследований и интерпретации материалов гидролокационной съемки, проведенной на опытном участке Черного моря. Описываются использованная аппаратура и методика работ, оценивается геологическая и экономическая эффективность применения гидролокаторов при комплексном геологическом картировании на шельфе.

Ил. 3, библ. 2.

УДК 550.8

К методике геологической съемки шельфа. Корнев О. С., Соловьев В. Н.—«Комплексное применение геологических методов исследования морского дна». Южно-Сахалинск, 1978, с. 44—56.

На примере опыта морских исследований геологии шельфа внутренних и частично окраинных морей рассматривается возможность методов: сейсмоакустического профилирования, гидромагнитной съемки, электроразведки, каппометрии и радиометрии, отбора образцов и проб грунта различными способами, картировочного бурения и подводных работ. Приводится схема комплексирования методов при геологическом картировании шельфа, делается вывод о необходимости усиления геологического обеспечения морских геофизических работ.

Ил. 1, табл. 1, библ. 28.

УДК 543.6 : 551.352

Опыт исследования формы нахождения малых элементов в современных морских осадках. Кропачев А. М., Корнев О. С., Ибраимов Р. Г.—«Комплексное применение геологических методов исследования морского дна». Южно-Сахалинск, 1978, с. 57—63.

Рассматривается методика определения нахождения малых элементов в самом верхнем слое морских осадков отдельных участков шельфа Черного моря. Пробы отбирались при подводном геологическом картировании на глубинах до 20 м. После квартования и механической обработки пробы подвергались химической обработке для получения различных геохимических фракций, в каждой из которых определялось количество малых элементов. Цифровые данные обрабатывались на ЭВМ. Определена общая форма нахождения малых элементов и выделено шесть групп элементов, характеризующихся особенностью формы нахождения.

Ил. 1, табл. 1, библ. 7.

УДК 550.84 : 622.241 : 551.35 (265.3)

Применение люминесцентного анализа при изучении битуминозности морских осадков. Тараканова Л. И.—«Комплексное применение геологических методов исследования морского дна». Южно-Сахалинск, 1978, с. 64—66.

В статье проводится сопоставление результатов люминесцентно-битуминологических анализов осадочных пород палеогена и неогена южных районов Сахалина и донных осадков некоторых участков Охотского моря. Делаются выводы о сходстве и различии данных и о возможности применения методики люминесцентно-битуминологического анализа к изучению донных осадков с целью выявления битумоидных аномалий.

Библ. 3.

УДК 550.84(552.52+552.54) (571.64)

Стратификация отложений кайнозойского разреза южной части Сахалина по данным термического анализа. Захарова М. А., Шустов Л. Н.— «Комплексное применение геологических методов исследования морского дна». Южно-Сахалинск, 1978, с. 67—79.

При стратификации кайнозойского разреза, особенно его немых толщ, можно использовать данные вещественного состава карбонатных и глинистых образований. Выявлено, что свиты континентального генезиса (нижне- и верхнедуйская) имеют преимущественно Fe-карбонатный тип конкреционных образований и монтмориллонитовый состав глин и фракций. Отложения морских горизонтов (краснопольевская, такарадайская, аракайская, холмская, невеликая, курасийская и маруямская свиты) характеризуются Са-карбонатным типом конкреций и преимущественно гидрослюдистым составом глинистых минералов.

Ил. 3, табл. 2, библи. 7.

УДК 519.9.564.1

Изучение палеонтологического материала с помощью математических методов (на примере рода *Nemocardium*). Глеп С. А., Седельникова С. П., Шереметьева Г. Н.— «Комплексное применение геологических методов исследования морского дна». Южно-Сахалинск, 1978, с. 80—86.

В статье излагается методика классификации палеонтологических объектов (раковин) с помощью математических приемов. Одним из методов обобщенного дисперсного анализа устанавливается видовая принадлежность раковин рода *Nemocardium*. С вполне определенной долей вероятности оценивается сходство или различие образцов между собой, что позволяет сгруппировать их в виды.

Результаты исследований подтверждают целесообразность применения математических методов обработки палеонтологического материала.

Табл. 3, библи. 13.

УДК 550.81

Некоторые особенности интерпретации эхограмм при изучении рельефа морского дна. Ломтев В. П., Патрикеев В. И.— «Комплексное применение геологических методов исследования морского дна». Южно-Сахалинск, 1978, с. 87—89.

В статье дается количественная оценка искажений в определении углов наклона дна, положения точек перегиба в рельефе дна и приводятся приемы обработки эхограмм, полностью или частично исключающие эти искажения. Волновые эффекты, искажающие результаты измерений, ранее в методике не учитывались.

Ил. 2, библи. 2.

УДК 002.55 : 551.35/550.3

Опыт работы и некоторые предложения по перфокартному кодированию морской геолого-геофизической информации. Горкун В. Н.— «Комплексное применение геологических методов исследования морского дна». Южно-Сахалинск, 1978, с. 90—96.

Описано внутреннее содержание двух макетов регистрации результатов морских геолого-геофизических исследований на перфокартах К-4.

Первый макет представляет собой вариант-предложение по совершенствованию информационно-поисковой системы ВНИИМОРГЕО. Подробно детализирована морская геологическая информация, введен учет модели строения земной коры в исследуемых районах, кодируются геоморфологические и геофизические данные. Кодирование всех информационных характеристик производится на одной перфокарте.

Второй макет приспособлен для регистрации, поиска и обработки на ЭВМ геологической и геохимической информации о морских донных осадках.

Библи. 12.

2758

1р. 10 коп.