

*В.Л. Иванов, А.З. Бурский, А.Н. Евдокимов, А.В. Зайончек, Б.Г. Лопатин*  
ВНИИОкеангеология

## МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РЕГИОНАЛЬНОГО ГЕОЛОГИЧЕСКОГО КАРТОГРАФИРОВАНИЯ ШЕЛЬФА

В качестве объекта геологического картографирования континентальный шельф существенно отличается от суши - как по степени изученности, так и по своим природным особенностям, главная из которых исключает возможность прямых геологических наблюдений коренных пород. Конкретные требования к составу карт, баз данных и других сведений для шельфа включены в проект Инструкции по Госгеолкарте-1000 и здесь не обсуждаются.

Общепризнано, что создание Госгеолкарты-1000 на сушу и континентальный шельф России является приоритетной задачей федеральной геологической службы. Госгеолкарта-1000 рассматривается как основной носитель фундаментальной геологической информации, обеспечивающей как развитие геологической науки, так и стратегию изучения и рационального использования недр. Это положение особенно важно применительно к шельфу, в недрах которого скрыты основные резервы минерального сырья будущего, и, в первую очередь, к уникальному арктическому шельфу России, протяженность которого достигает 5 тыс. км при максимальной ширине до 1000 км, а общая стоимость энергетического и минерального сырья в недрах превышает 20 трлн долл. При этом никакого иного комплексного носителя геолого-геофизической информации, кроме миллионной карты, для шельфа не существует.

Между тем, если для суши России начата подготовка к изданию уже третьего поколения миллионной карты, то для шельфа из 50 листов в разграфке т.н. «новой серии» (второе поколение) на 1.01.2000 г. издано всего 8, находится в издании или в работе еще около 10 листов. Из них только листы, начатые в последние 1-2 года, готовятся более или менее на современном уровне, т.е. как компьютерные информационно-аналитические системы.

По плану, предложенному ВНИИОкеангеологией, в 2001-2005 гг. должно быть подготовлено еще 20 листов в разграфке и полностью по требованиям «третьего поколения», общей площадью около 3,7 млн км<sup>2</sup>, на узловые акватории арктических, дальневосточных и южных морей, для которых миллионные листы ранее никогда не составлялись.

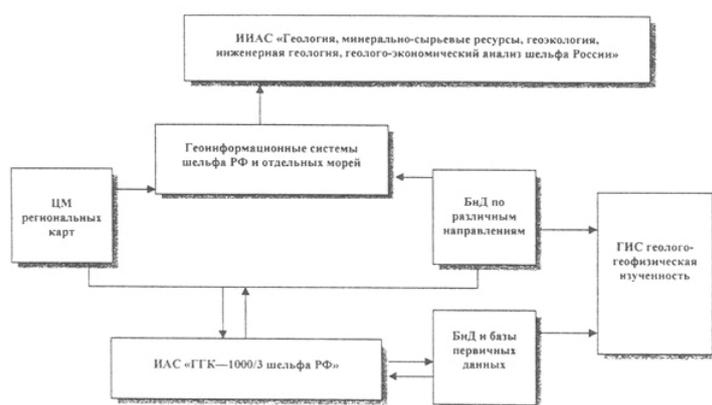


Рис. 1. Структура интегрированной информационно-аналитической системы шельфа России

До 2015 г. будут полностью закрыты «белые пятна», а также пересоставлены все ранее изданные листы, не отвечающие требованиям «третьего поколения», в результате чего весь шельф России будет обеспечен кондиционной Госгеолкартой-1000/3. Грандиозность этой задачи очевидна, однако, она требует целого ряда нестандартных решений. Информационно процесс создания Госгеолкарты-1000 для шельфа и для суши существенно разнится. На суше третье поколение Госгеолкарты-1000 создается на основе

материалов государственных геологических съемок масштабов 1:1 000 000; 1:200 000; 1:50 000 и др., выполненных в разное время, начиная с 1938 г., а также кондиционных дистанционных, геофизических, геохимических съемок. Проблема заключается в том, как этот огромный объем информации ввести в рамки единой понятийной и терминологической системы. Геологическая съемка шельфа (ГСШ) как самостоятельный вид полевых исследований зародилась еще на рубеже 60-70-х годов во многом по инициативе НИИГА. В 80-е годы ГСШ-1000 выполнялась поистине в Баренцевом и Карском морях, охватывая наиболее доступные и перспективные на нефть и газ площади, где сконцентрирован и основной объем сейсморазведки и бурения. Суммарно было покрыто ГСШ около 450 тыс. км<sup>2</sup>, что составляет не более 10% площади

шельфа. Двухсоттысячные съемки в сумме составляют около 120 тыс. км<sup>2</sup>, рассеянных по всем морским границам страны, от Балтики до Японского моря. К сожалению, в последнее десятилетие ГСШ как вид полевых работ почти не проводится.

В результате первая версия Госгеолкарты-1000 (с требованиями на уровне «третьего поколения») создается на основе совокупности материалов разнонаправленных (региональных, на нефть и газ, на россыпи и др.) и разномасштабных геолого-геофизических исследований. Возникает проблема: как из ограниченного объема разнородных данных создать корректную и информационно значимую модель? Очевидно, что для шельфа задача может быть решена в рамках активной информационно-аналитической системы, интегрирующей не только скудные данные по конкретному листу, но всю причастную к нему региональную геолого-геофизическую информацию, и выявляющей причинно-следственные связи на основе технологии ГИС.

Соответственно, во ВНИИОкеангеологии создается ИИАС «Шельф России», одним из элементов которой служит ГИС «Госгеолкарта-1000» (рис. 1). Система построена иерархически, по принципу распределенной модели. На верхнем уровне собраны сводные (1:1,5 - 1:2,5 млн и мельче) карты различной направленности, ниже - ГИС по отдельным морям и крупным регионам, следующий уровень - лист масштаба 1:1 000 000. Переходя на каждый последующий уровень, мы получаем блок, насыщенный все более детальной информацией. Важно, что привязка информации к листам миллионной разграфки проходит через всю систему.



Рис. 2. Структура информационно-аналитической системы «Госгеолкарта-1000/3 шельфа России»

ИАС «Госгеолкарта-1000» (рис. 2), в свою очередь, состоит из блоков «Цифровые модели карт масштаба 1:1 000 000», «Двухсоттысячные карты суши и островов», «Серийные легенды», вовлеченных в совместную работу через ГИС «Геолого-геофизическая изученность шельфа», на которую замыкаются также и базы и банки данных. Самостоятельная ГИС ведет мониторинг выполнения плана подготовки листов. ГИС «Серийная легенда» (рис. 3) занимает особое место. Серийная легенда - это не набор квадратиков со значками, а как

бы работающая модель строения региона в пространстве и времени.

В основе лежит схема деления шельфа на серии листов. Для каждой серии работает блок изученности с базами данных и три карты районирования площади: по фундаменту, по осадочному чехлу и по позднему кайнозою. Каждая карта делится на крупные структурно-формационные блоки, блоки на зоны и на подзоны, и для каждого из трех уровней представлена легенда. Вызывая легенду для каждого структурно-формационного элемента, входящего в контур листа, мы получаем его характеристику во времени (по вертикали) и по площади, входящей в серию (по горизонтали).

Как объект регионального геологического картографирования, шельф принципиально отличается от суши - прежде всего, наличием водного (и ледового) слоя. Следовательно, невозможны прямые геологические наблюдения; ограничено применение дистанционных съемок; геофизическим методам принадлежит ведущая роль. Поэтому геофизическая основа при подготовке Госгеолкарты-1000 континентального шельфа является не только желательным украшением, но незаменимым рабочим инструментом, без которого ее просто невозможно создать.

Особое место занимает сейсмическая (и сейсмоакустическая - для позднего кайнозоя) информация. Интересно, что некоторые специалисты не включают сейсмику в состав геофизической основы, считая ее прямым методом, таким же, как геологическая съемка. Грамотно составленный каркас сейсмогеологических профилей, увязанных по опорным границам между разными методами и разными исполнителями (если таковые имеются) и привязанных к единой и местной стратиграфическим шкалам (что при отсутствии скважин представляет собой самостоятельную исследовательскую задачу), - такой каркас суть готовая объемная модель

осадочного чехла. По ней легко строятся карты опорных отражающих горизонтов в чехле, в т.ч. карта поверхности акустического фундамента.

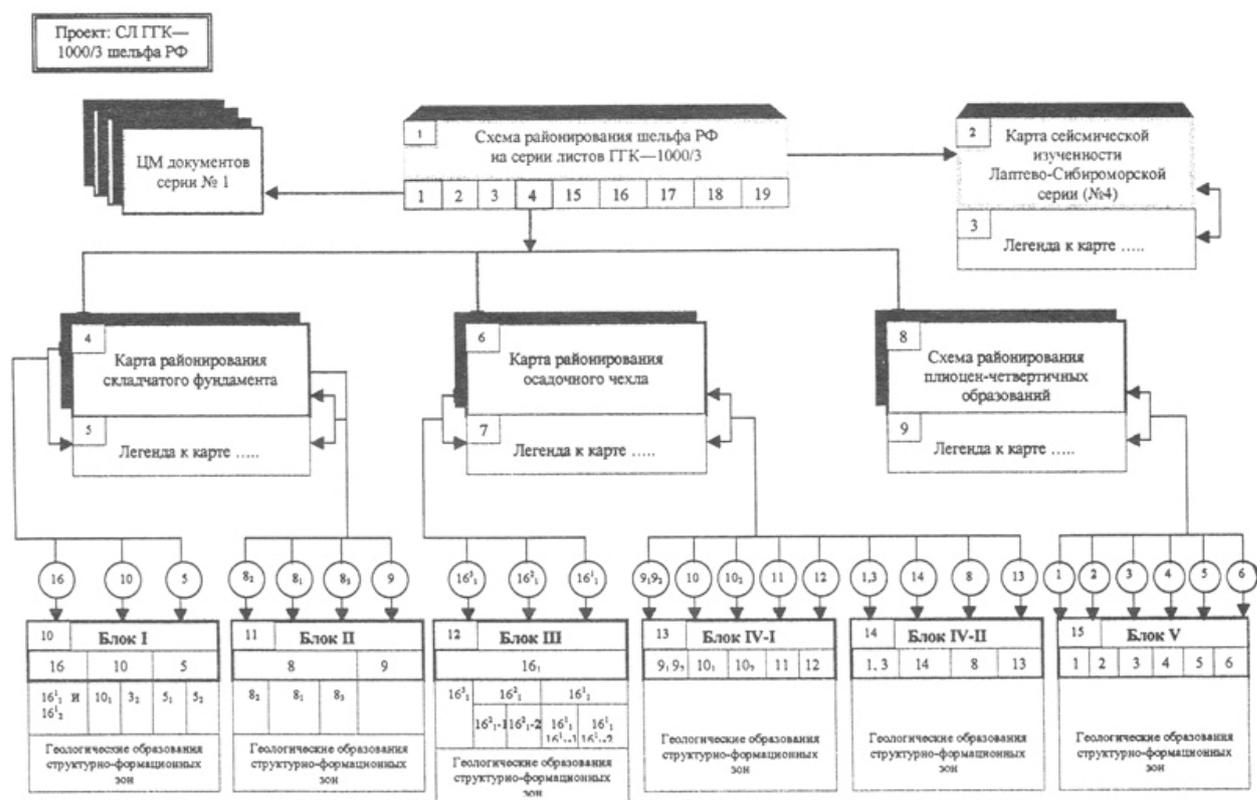


Рис. 3. Функциональная структура ГИС "Серийные легенды Госгеолкарты-1000/3"

Вторая ветвь геофизической основы - работа над потенциальными полями - начинается с составления исходных карт аномальных полей. Карта поля силы тяжести принципиальных сложностей не вызывает, так как весь шельф покрыт кондиционной гравиметрической съемкой масштаба 1:1 000 000 (и крупнее). Для карты аномального магнитного поля существует проблема увязки на одном листе съемок разных масштабов и, еще хуже, разных лет с разным уровнем относимости. Первая задача решается путем гридирования и слияния гридов различной детальности в единый грид с помощью линейной интерполяции. Вторая требует разработки специальных технологий для построения по возможности неискаженной магнитной карты в изолиниях или псевдорельефе. Учитывая специфику геофизического обеспечения акватории Арктических морей (мелкомасштабные съемки) обработка данных проводится для съемок в целом, а не для их частей, попадающих в пределы листа.

Второй - рабочий этап заключается в вычислении различных трансформант потенциальных полей (горизонтальных и вертикальных производных, региональных и локальных составляющих и др.). При сопоставимости сетей выполняется корреляционный анализ между магнитными и гравитационными аномалиями.

За этим следует этап собственно создания геофизической основы Госгеолкарты-1000. На этом этапе специально подготовленные сейсмические материалы (пересчет в глубинные разрезы с едиными скоростными параметрами, сейсмотомографическая обработка и др.) встречаются с гравимагнитными данными, и далее обработка ведется совместно. Для обеспечения тектонической карты проводятся (рис. 4): районирование полей - т.е. выявление латеральных неоднородностей в общем случае отвечающих типу фундамента и картирование линеаментов - линейных границ, по которым резко меняются геофизические характеристики коры. Линеаменты дифференцируются по глубинам проникновения и по возрасту.

Для познания глубинного строения: по опорным глубинным сейсмическим профилям строятся комплексные геофизические разрезы. Скоростные характеристики переводятся в плотностные, и проводится 2-D гравитационное моделирование. Одновременно выполняются расчеты глубин магнитоактивных источников и их отождествление с сейсмическими границами. В

итоге такой опорный геотрансект представляет собой двухмерную модель (разрез) литосферы, несущую основные границы раздела (рис. 5). На основе сети геотрансектов, с использованием результатов трехмерного гравитационного моделирования, строятся карты основных поверхностей раздела, например, поверхности фундамента и поверхности Мохоровичича.

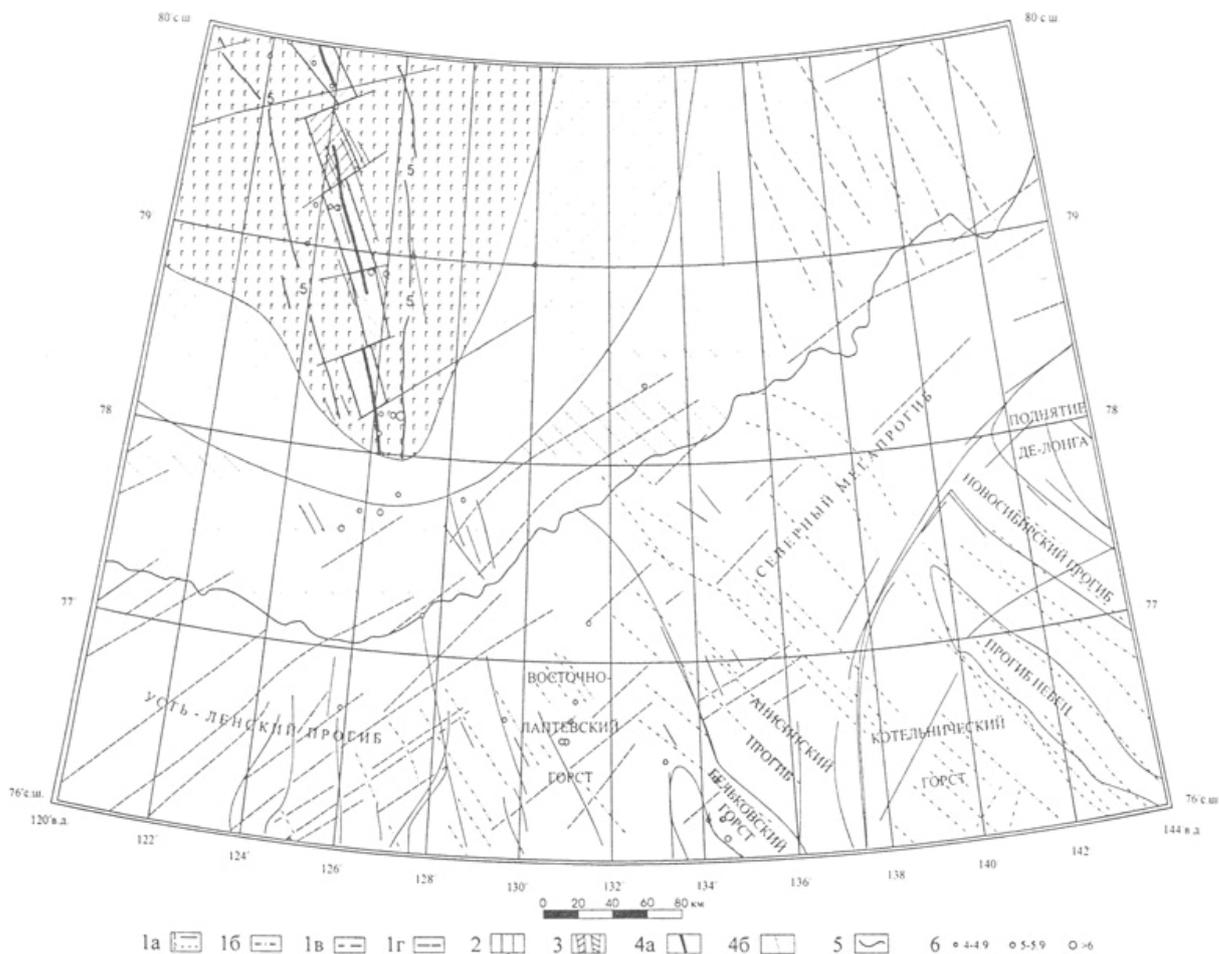


Рис. 4. Геофизическая основа. Карта типов фундамента и главных линейментов (авт. А.В. Зайончек, А.А. Черных, пример): 1а - новейшие кайнозойские разломы; 1 - уверенные, 2 - предполагаемые; линейменты: 1б - позднемезозойской складчатости, 1в - подножия хребта Ломоносова, 1г - Хатангско-Ломоносовской глубинной разломной зоны; 2 - фундамент по сейсмическим данным; а - океанический, б - субокеанический, в - субконтинентальный; 3 - рифтовая долина хребта Гаккеля; выделяемая по батиметрическим (а) и сейсмическим (б) данным; 4 - магнитные аномалии: а - осевая, б - № 5; 5 - бровка континентального шельфа; 6 - эпицентры землетрясений с магнитудой (Г.П. Аветисов, 1996)

В качестве самостоятельной задачи и при наличии данных натурных наблюдений составляются и другие глубинные карты и объемные модели, например, геотермические.

По убеждению авторов, подобные 3-D модели литосферы и вообще геофизические основы следует создавать, предваряя подготовку полистных комплектов Госгеолкарты, для крупных участков шельфа с единым геологическим строением, возможно, для зон, выделяемых в серийной легенде. Это повысит достоверность самих моделей за счет более широкого охвата площадей и обеспечит взаимоувязку по границам листов и серий.

Геохимическая основа Госгеолкарты-1000 в общем понимании - это комплект электронных геохимических карт и баз аналитических данных, обеспечивающих достаточный уровень прогностических свойств основным картам, входящим в комплект листа. Геохимические основы акваторий составляются для решения следующих задач:

- определение геохимической специализации современных донных отложений, придонных вод и биоты и разработка системы региональных кларков химических элементов для различных компонентов геологической среды акваторий;

- прогнозирование новых потенциальных минерагенических зон, районов и узлов и оценка прогнозных ресурсов потенциально рудоносных площадей;

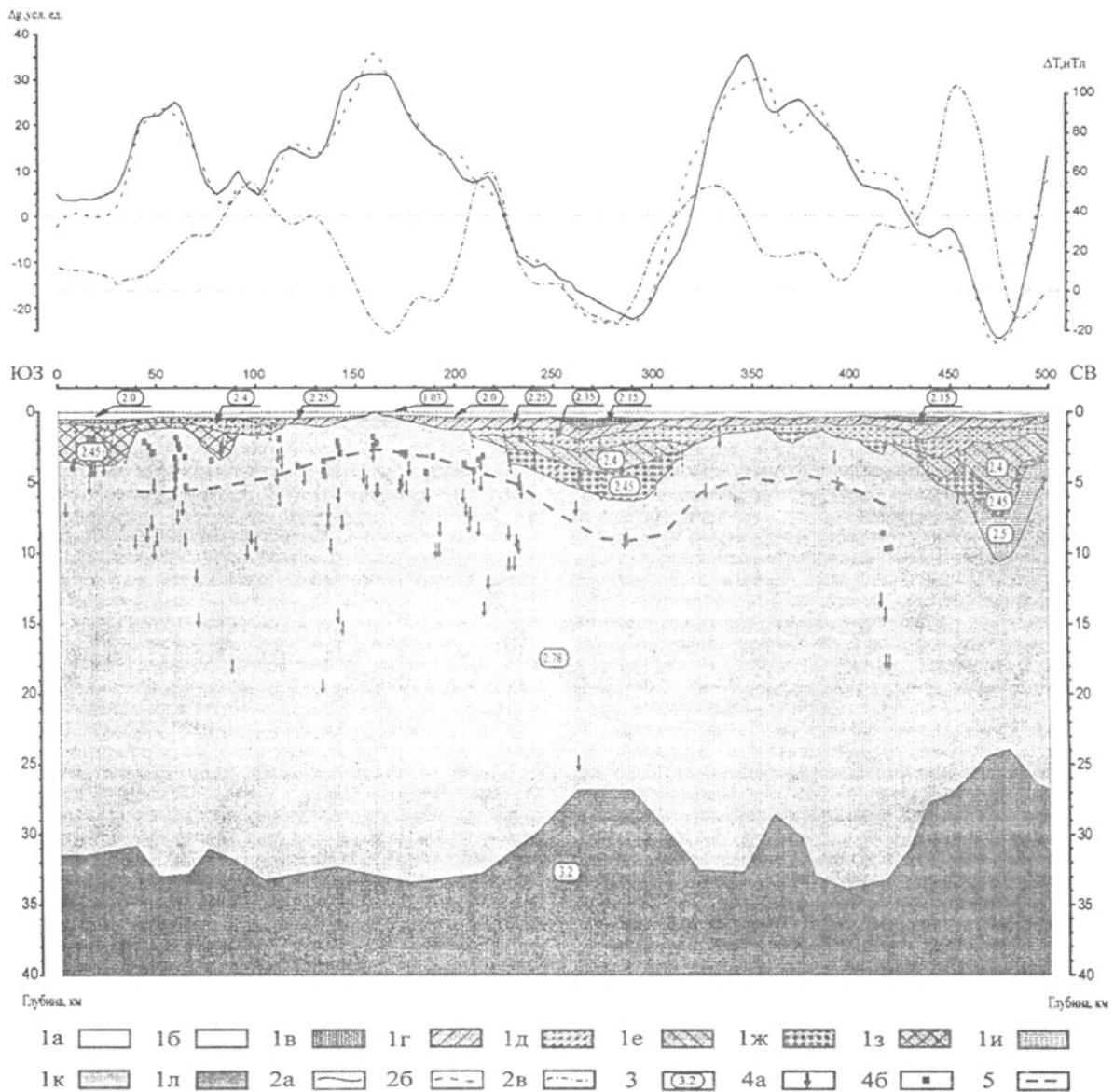


Рис. 5. Геофизическая основа. Комплексный глубинный разрез литосферы (авт. А.В. Зайончек, А.А. Черных, пример): 1а – водная толща; отложения: 1б – плиоцен-четвертичные, 1в – средне-верхнемиоценовые, 1г – олигоцен-миоценовые, 1д – палеоцен-эоценовые, 1е – коньяк-маастрихские, 1ж – сеноман-туронские, 1з – апт-альбские, 1и – нижнемеловые; 1к – кора; 1л – мантия; кривые: 2а – наблюдаемого гравитационного поля, 2б – гравитационного поля от модели, 2в – наблюдаемого аномального магнитного поля; 3 – плотность, г/см<sup>3</sup>; верхние кромки магнитоактивных тел, рассчитанные по методике многоисточниковой деконволюции Вернера: 4а – дайки, 4б – контакты; 5 – предполагаемая граница раздела консолидированного и складчатого фундамента по результатам деконволюции Вернера

- выявление и оконтуривание зон техногенного загрязнения и повышенных природных концентраций токсичных химических элементов.

В состав комплекта геохимической основы для Госгеолкарты-1000 шельфа входят карты: геохимической изученности;

- схема районирования по условиям проведения геохимических работ;

- комплект карт, характеризующих содержание химических элементов, а также геохимических ассоциаций и показателей; геохимической специализации дочетвертичных пород; геолого-геохимического районирования; прогнозно-минерогеническая; эколого-геохимическая.

Названные целевые установки практически не отличаются от таковых для суши. Однако, как объекты геохимического исследования (и картирования) суша и шельф существенно различаются. Геохимическая изученность шельфа несравненно ниже и почти нигде не достигает уровня кондиционной геохимической съемки масштаба 1:1 000 000.

Принципиальное же различие в том, что суша в целом есть область денудации, а шельф - область современного осадконакопления. На суше картируемая поверхность несет геохимический «сигнал», поступающий снизу, из недр. На акватории подобную функцию выполняет поверхность коренных, «добассейновых» образований. При этом для любых ландшафтных условий шельфа существуют лишь два источника информации по литогеохимии коренных пород: опробование

неокатанного обломочного материала и керн скважин. И то, и другое представляет собой скорее редкое исключение, чем правило. То есть, для составления геологической карты дочетвертичных образований сегодня геохимическая основа имеет ограниченные прогностические возможности. Напротив, геохимический фон донной поверхности (включая осадки, придонные воды, газы и биоту) несет «запись» геохимических процессов, происходящих в недрах, собственно на дне и в водной толще. Это незаменимый источник информации как для построения геологической карты четвертичных образований и литологической карты морского дна, так и для прогноза полезных ископаемых (включая как глубинные, так и поверхностные проявления).

Создание комплекта специализированных карт начинается с интегральных поэлементных карт. За этим следует разбраковка аномалий по источнику и генезису и построение прогнозных и геоэкологических карт.

В заключение следует сказать, что информативность итоговой продукции зависит не только от степени изученности листа, но и, прежде всего, от особенностей его геологического строения.

На листе S-38-40 - Маточкин Шар (исполнители ОАО МАГЭ, ВНИИОкеангеология, ПМГРЭ) проведена ГСШ, выполнен большой объем сейсморазведки, пробурено несколько глубоких скважин; в контур листа попадает о. Новая Земля [*Государственная геологическая..., 1999*].

Геологически породы чехла залегают наклонно, последовательно выходя на поверхность. Кайнозойский чехол практически отсутствует. В результате карта по информативности и кондиционности практически не уступает аналогичным картам платформенных районов суши, а в части глубины проработки геофизических материалов и превосходит их (2-3-мерное глубинное картографирование поверхностей раздела в земной коре, построение корректной математической модели геологического пространства и др.).

Листы ряда Т по морю Лаптевых (исполнитель ВНИИОкеангеология) сейсморазведкой обеспечены удовлетворительно; ГСШ и бурение не проводилось.

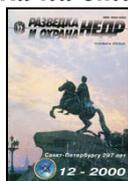
Геологически листы очень яркие - это стык шельфа моря Лаптевых с океаническим Евразийским бассейном, где погребено южное окончание хр. Гаккеля. Поверхность акустического фундамента также очень выразительна, так как сформирована активными рифтогенными процессами. Однако, вся акватория - и шельф, и континентальный склон, и подножие - покрыты плащом неоген-четвертичных отложений мощностью во многие сотни метров. Поэтому геологическая карта дочетвертичных образований выглядит очень однообразной. Внутренняя структура дна раскрывается при помощи целого набора вспомогательных линий (изогипсы, границы погребенных комплексов и др.), которые, накладываясь, читаются не очень легко. Эта проблема снимается при помощи ГИС- технологии, допускающей послойное представление элементов.

Наиболее сложно обстоит дело с листами, где не достигнут критический уровень информационной обеспеченности. Нельзя построить дочетвертичную карту вообще без сейсморазведки, карту современных осадков - без донного опробования и т.д. Информационные системы, которые можно создать для таких листов, будут характеризовать некоторые общие черты строения и состояние изученности, указывая на имеющиеся «белые пятна». В дальнейшем по мере получения новых данных система будет дополняться, приближаясь к высокому уровню требований «третьего поколения».

#### ЛИТЕРАТУРА

*Государственная геологическая* карта Российской Федерации. Масштаб 1:1 000 000 (новая серия). Лист S-38-40 - Маточкин Шар. Объяснительная записка. - СПб: ВСЕГЕИ, 1999.

#### *Ссылка на статью:*



*Иванов В.Л., Бурский А.З., Евдокимов А.Н., Зайончек А.В., Лопатин Б.Г. Методические особенности регионального геологического картографирования шельфа // Разведка и охрана недр. 2000. № 12. С. 43-47.*