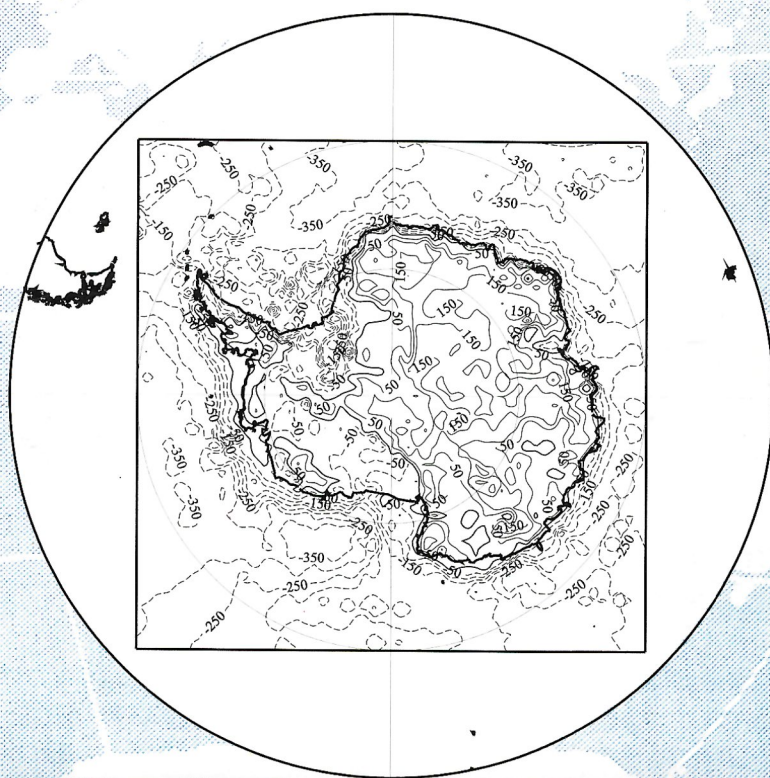




Отечественная геология



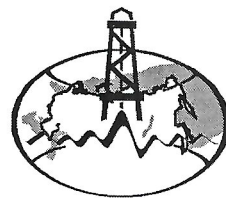
2/2004

БУРАКОВСКИЙ РАССЛОЕННЫЙ ИНТРУЗИВ

ЛИТОСФЕРА АНТАРКТИКИ

ПРОБЛЕМЫ СОВРЕМЕННОЙ ГЕОТЕКТОНИКИ

Отечественная ГЕОЛОГИЯ



Журнал выходит один раз в два месяца

Основан в марте 1933 года

Учредители:

Министерство природных
ресурсов РФ

Российское геологическое общество

Центральный

научно-исследовательский

геологоразведочный институт

цветных и благородных металлов

2/2004

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор **А. И. Кривцов**

Бюро: *И.Ф.Глумов, Р.В.Добровольская (зам. главного редактора), В.А.Ерхов, В.И.Казанский, А.А.Кременецкий, Г.А.Машковцев, Н.В.Милетенко, Л.В.Оганесян (зам. главного редактора), А.Ю.Розанов, Г.В.Ручкин (зам. главного редактора), В.И.Старостин*

Редсовет: *А.Н.Барышев, Э.К.Буренков, В.С.Быкадоров, Г.С.Вартанян (председатель редсовета), В.И.Ваганов, Н.Н.Ведерников, А.И.Жамойда, А.Н.Золотов, М.М.Константинов, Т.Н.Корень, Л.И.Красный, Н.К.Курбанов, Н.В.Межеловский, И.Ф.Мигачев, В.М.Питерский, В.Ф.Рогов, Е.И.Семенов, В.С.Сурков, В.А.Ярмолюк*

МОСКВА

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВЫЕ РЕСУРСЫ	ДИСКУССИИ
<i>Аглонов С.В., Лебедев Б.А., Тимошенкова Н.В.</i> Проблема нефтегазоносности Мезенского осадочно-го бассейна	<i>Кучин Е.С.</i> К вопросу об условиях образования и закономерностях размещения рудных тел
3	79
<i>Кравченко К.Н., Иванова О.В.</i> Сравнительный анализ прогноза нефтегазоносности нафтидных бассейнов российского арктического шельфа	<i>Серезников А.И.</i> О флюидосфере Земли и науке флюидосферной геологии
11	81
МЕТАЛЛОГЕНИЯ И МИНЕРАГЕНИЯ	<i>Бергман И.А.</i> Не противоречить требованиям логики познания (по поводу статьи Н.И.Литовченко «К проблеме происхождения железистых кварцитов»)
<i>Лавров М.М., Трофимов Н.Н., Голубев А.И., Слюсарев В.Д.</i> Геология и петрология Бураковского расслоенного интрузива	85
23	60-летие Григория Анатольевича Машковцева
<i>Грушинский А.Н., Строев П.А., Корякин Е.Д.</i> Строение литосферы Антарктики и ее изостатическое состояние	90
30	ХРОНИКА
ГЕОДИНАМИКА И СЕЙСМИЧНОСТЬ	<i>Ликовский Ю.И.</i> Первая в XXI веке Всероссийская научная конференция по происхождению нефти и газа
От редколлегии	91
Прогрессивная роль противоречий	РЕЦЕНЗИИ
<i>Шолто В.Н.</i> Роль эмпирических обобщений и гипотез в геотектонике	<i>Шумилин М.В.</i> Книга «Уран Монголии»
41	98
<i>Барышев А.Н.</i> Субдукция и проблемы ее палеорекопструкций	<i>Уткельбаев Т.М.</i> Введение в учение о Земле XXI века с новой (научной) минералогией алмазов
50	99
<i>Гончар В.В.</i> О природе «зон пологих дислокаций» Верхоянской складчатой области	Памяти Владимира Владимировича Семеновича
63	100
<i>Шемпелев А.Г.</i> Западный Кавказ по геофизическим данным	Памяти Николая Алексеевича Солодова
69	101
ГИДРОГЕОЛОГИЯ, ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ	Памяти Бориса Александровича Соколова
<i>Кузькин В.И., Ярз Л.А., Кочетков М.В.</i> Техногенное выветривание горных пород и его влияние на инженерно-геологические условия эксплуатации рудных месторождений	102
76	Вниманию авторов
	103

Редакция: Р.В.Добровольская, Н.С.Рябова
Верстка и оригинал-макет Н.П.Кудрявцева

Подписано в печать 12.04.2004. Формат 60×88/8. Бумага мелованная.
Печать офсетная. Тираж 1000 экз.

Адрес редакции: 117545 Москва, Варшавское шоссе, 129«б».
Телефон: 315-28-47. Факс: 313-18-18. E-mail: tsnigri@tsnigri.ru

Отпечатано ООО «Русская полиграфическая группа»

Проблема нефтегазоносности Мезенского осадочного бассейна

С.В.АПЛОНОВ, Б.А.ЛЕБЕДЕВ (Санкт-Петербургский государственный университет),
Н.В.ТИМОШЕНКОВА (Центр геодинамических исследований «ТЕТИС»)

Мезенский осадочный бассейн (также называемый Мезенской синеклизой) расположен на крайнем северо-востоке Русской платформы, примыкая к надвинутому на него по всей длине Тиманскому кряжу. Площадь бассейна около 300 тыс.км², объем осадочного выполнения более 1 млн.км³ (рис. 1).

Основываясь на этих формальных благоприятных признаках, геологи за последние полвека трижды начинали поисковые работы на нефть и газ в Мезенском бассейне. В 50-х годах прошлого века региональными геофизическими работами была выявлена крупная самостоятельная депрессия между Балтийским щитом и Тиманом. В 70-х годах, наряду с геофизическими работами, в регионе были пробурены 32 скважины, из них 14 глубиной более 2 км. В результате бурения и сейсмических работ было установлено, что из суммарного объема осадочного чехла Мезенского бассейна на фанерозой приходится меньше четверти, а основную часть разреза составляют мощные толщи рифея и венда, которые с тех пор и считаются здесь перспективными на нефть и газ [6, 12, 14]. Однако ни одной из скважин не только не были вскрыты промышленные залежи углеводородов, но и не получены достоверные нефтегазопроявления, в связи с чем поисковые работы были прекращены.

Современный этап региональных нефтепоисковых работ в Мезенском бассейне был начат в 1998 г. по инициативе Минприроды РФ и администрации Архангельской области, причем к финансированию работ удалось привлечь крупные отечественные компании — недропользователи — ОАО: «Лукойл», «Газпром», «Татнефть», «Роснефть», «Сургутнефтегаз». Они объединились в действующий до настоящего времени Альянс по региональному изучению Мезенской синеклизы, работу которого координируют Департамент природных ресурсов администрации Архангельской области и Главное управление Минприроды РФ по Архангельской области.

Авторы данной статьи были привлечены к научному сопровождению работ Альянса с самого начала его деятельности. Перед авторами стояла задача оперативного комплексного анализа всех имевшихся ранее и вновь поступающих геолого-геофизических материалов по Мезенскому бассейну, а в настоящее время, когда региональный этап работ вступает в завершающую фазу — выбор перспективных площадей, на которых впоследствии компании, входящие в Альянс, будут размещать нефтегазопоисковые работы.

Соответственно, цель данной статьи — анализ имеющихся материалов по Мезенскому бассейну, в т.ч. его сравнение с бассейнами-аналогами, а также предложения по выбору поисковых объектов. Работы, поставленные на таких объектах, должны дать обоснованный ответ на вопрос: имеет ли смысл и дальше тратить средства на попытки

обнаружения промышленных залежей углеводородов в Мезенском бассейне? При этом следует напомнить, что Мезенский бассейн, пожалуй, — последняя из крупных территорий в пределах российской суши, которая в перспективе может стать новой нефтегазоносной провинцией.

На разных континентах мира существует более 20 бассейнов, размеры которых примерно такие же, как у Мезенского, и относящиеся к той же группе *возможно нефтегазоносных* [5]. Больше всего их в Африке и, как ни удивительно, в Северной Америке. Изучение этих бассейнов проходило по примерно одинаковому сценарию: несколько сейсмических профилей и затем единичные поисковые скважины на антиклинальных выступах, не дающие промышленных притоков углеводородов, вследствие чего поисковые работы сворачиваются, а осадочный бассейн переводится в категорию *возможно нефтегазоносных*. Отличие лишь в том, что во многих подобных бассейнах удалось выявить нефтегазопроявления в скважинах или на поверхности, в то время как в Мезенском бассейне таковых до настоящего времени не обнаружено вовсе.

Бесспорно, что сегодня проблема возможно продуктивных бассейнов стала в нефтяной геологии одной из ключевых как в прикладном, так и теоретическом отношении. Ознакомление с имеющимися материалами привело нас к неожиданному выводу: применявшиеся до сих пор подходы не могли привести к открытию в этих бассейнах месторождений даже случайно. Причину можно сформулировать в виде общей закономерности: *чем беднее бассейн, тем меньше выражен контроль залежей антиклиналями и пикативной структурой вообще*.

При свойственных большинству рассматриваемых бассейнов длительности развития и обилию перерывов именно на антиклинальных структурах в наибольшей степени нарушается главное условие нефтегазоносности — изоляция разреза флюидоупорами. Как итог, залежи смещаются на склоны впадин, да и в их пределах отклоняются от локальных поднятий. Преобладают так называемые *запечатанные залежи* [2, 9], которые экранированы слабо проницаемыми породами не только сверху, но и по латерали.

С такими залежами нефтяники теперь постоянно сталкиваются в глубоких частях богатых бассейнов, где продуктивные емкости как бы самоизолируются в результате сильных уплотнения и цементации пород. Сохранение эффективного пустотного пространства чаще всего объясняется ранним заполнением его углеводородами и, как следствие, прекращением ионных реакций. Поиски подобных залежей, например, в Западно-Сибирском или Тимано-Печорском бассейнах сопровождаются многократным снижением успешности бурения по сравнению с традиционными антиклинальными залежами в верхней части чехла [2, 10].

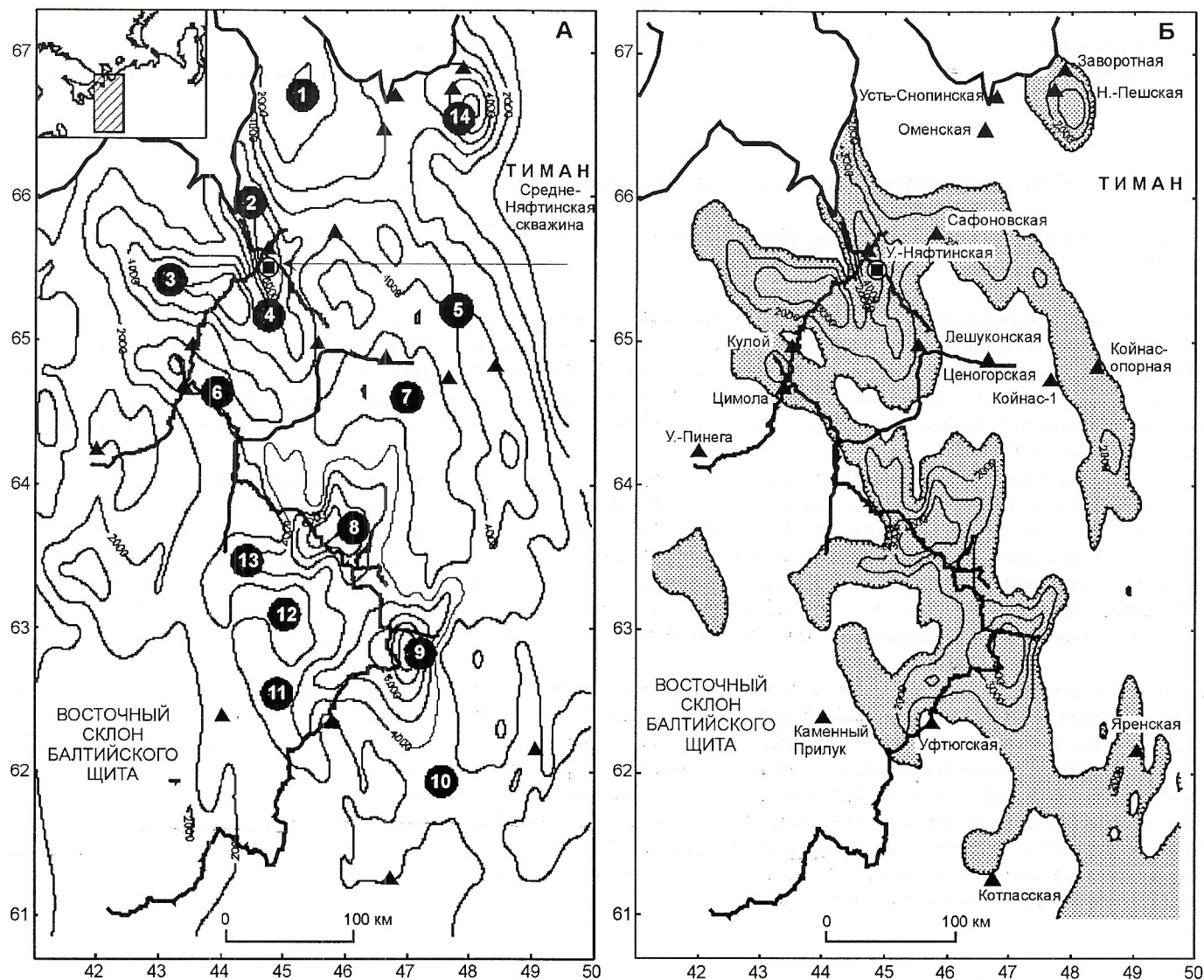


Рис. 1. Структурные схемы Мезенского осадочного бассейна, составленные путем компьютерной обработки сейсмо-, грави- и магнитометрических данных:

А — глубина поверхности фундамента, м; Б — суммарная мощность рифейских отложений, м. Треугольники — глубокие скважины, пробуренные в 1960—70-х гг. и вскрывшие докембрийские отложения; жирные линии — профили сейсморазведки МОГТ, выполненной ГНПП «Спецгеофизика» в 1998—2003 гг.; основные структурные единицы (цифры в кружках): 1 — Несско-Тылуговое поднятие; впадины: 2 — Усть-Мезенская, 3 — Лешуконская, 4 — Азопольская; прогибы: 5 — Сафоновский, 6 — Керещкий, 7 — Мезенско-Вашкинская зона поднятий; прогибы: 8 — Пинежский, 9 — Верхне-Пинежский, 10 — Котласский, 11 — Верхне-Тоемская впадина; 12 — Юльский выступ; впадины: 13 — Покшеньгская, 14 — Пешская

Обилие перерывов с размывами, причем, как правило, именно на поздних этапах развития, приводит к тому, что в возможно нефтегазоносных бассейнах мы, по существу, сразу сталкиваемся с такими объектами, минуя простой антиклинальный этап освоения. При этом трудности многократно возрастают, поскольку фактических данных, обязательных для оконтуривания искомым неантиклинальных объектов, оказывается недостаточно. Можно рассчитывать лишь на теорию, обеспечивающую, как самое важное, выделение наиболее перспективных районов, в пределах которых целесообразно размещать площадные сейсморазведочные работы.

Внутри рассматриваемой проблемы возможно нефтегазоносных бассейнов особое место занимает изучение продуктивности рифейских отложений. В настоящее время здесь достигнут значительный прогресс, обусловленный, прежде всего, удачными поисками и разведкой залежей в Лено-Тунгусской нефтегазоносной провинции, а внутри нее — открытием богатой Юрубчено-Тохомской зоны [4].

Промышленные залежи в рифейских отложениях, пусть и с гораздо меньшими запасами, установлены также в бассейнах Китая, Австралии и Северной Африки.

Результаты, полученные в названных бассейнах, с одной стороны, позволяют говорить о больших перспективах рифея, с другой, накладывают на прогнозную оценку ряд ограничений. Важнейшее из них заключается в том, что все пока выявленные залежи экранируются не только собственно рифейскими покрывками небольшой протяженности, а, как главное, верхневендско-кембрийскими региональными флюидоупорами, обычно с эвапоритовыми формациями.

В частности, особое богатство рифея Лено-Тунгусского бассейна объясняется уникальной площадью распространения солей нижнего кембрия (почти 1,5 млн. км²), но и в других бассейнах флюидоупоры с эвапоритами присутствуют обязательно. В подсолевых отложениях всегда есть также нефтематеринские черные сланцы и, что не менее существенно, органогенные, чаще всего строматолитовые

и реже онколитовые карбонатные породы. Уже большой эмпирический материал показывает, что в рифейских отложениях промышленные залежи углеводородов приурочены только к карбонатам.

Во всех бассейнах с рифейской нефтегазоносностью залежи встречаются и в отложениях более молодого возраста: в Лено-Тунгусском бассейне продуктивны также венд и нижний кембрий, а в Австралии, Китае и Северной Африке — большой интервал разреза, часто вплоть до мезозоя и кайнозоя. В отличие от рифея терригенные и карбонатные породы среди более молодых отложений характеризуются сопоставимой продуктивностью.

Для Мезенского бассейна мощные рифейские толщи в основании чехла считаются главными, а весьма возможно, и единственными потенциально нефтегазоносными. Однако в противовес всем охарактеризованным бассейнам в Мезенском и большинстве других бассейнов Евразии вендско-нижнепалеозойские региональные флюидоупоры отсутствуют.

Ранее авторами было показано [1, 2, 3, 10, 16], что необходимое условие богатой нефтегазоносности осадочных бассейнов — их гармоничное, т.е. подчиняющееся глобальной цикличности седиментации, развитие. Так происходит, потому что именно с гармоничными формационными рядами в разновозрастных осадочных бассейнах связано, во-первых, большинство нефтематеринских отложений, и, во-вторых, что главное — региональные флюидоупоры, обеспечивающие длительную изоляцию углеводородных систем. Например, в венде и раннем палеозое Сибирская платформа развивалась гармонично, результатом чего и стало накопление здесь регионального соленосного флюидоупора, обеспечивающего богатую нефтегазоносность докембрийских отложений, в частности, Лено-Тунгусского бассейна. У Восточно-Европейской платформы, где расположен Мезенский бассейн, принципиально иная геологическая история — здесь венд и ранний палеозой, наоборот, повсюду дисгармоничны, причем в предпоздневендское время имели место региональные поднятия и размывы.

Из приведенных соображений, обоснованных не только теоретическими, но и фактическими материалами по всем нефтегазоносным бассейнам мира [3, 10, 16], следует, что в Мезенском бассейне залежи нефти и газа могут быть в принципе обнаружены только в том случае, если гармоничное развитие, и, как его следствие, наличие региональных флюидоупоров удастся доказать для самих рифейских отложений. Более того, нужно быть уверенным в том, что по крайней мере реликты рифейских продуктивных разрезов (обязательно — с не до конца разрушенными флюидоупорами) сохранились в процессе предпоздневендского размыва. Из опыта освоения фанерозойских бассейнов вытекает, что губительны для богатой нефтегазоносности поздние поднятия с амплитудой 1—1,5 км, приводящие к нарушению сплошности верхнего флюидоупора и падению продуктивности бассейна как минимум на порядок.

С этой точки зрения в Мезенском бассейне все пока пробуренные поисковые скважины следует признать заведомо неудачными — ни одна из них не вскрыла разрез рифея, изолированный надежным верхнерифейским флюидоупором. Главной ошибкой, по-видимому, оказалось неправильное понимание стратиграфической приуроченности залежей, связанное с «парадоксом уфтыгской свиты».

В самой верхней части рифея Мезенского бассейна повсеместно распространены мономинерально-кварцевые песчаники, превосходно окатанные, с сильно колеблющейся сортировкой и обладающие очень неплохими коллекторскими свойствами (рис. 2). Сверху на них залегают преимущественно глинистые толщи венда, что вместе с выдержанностью свойств резервуаров, по сути, служило основой поискового бурения на антиклиналях.

Однако песчаники такого состава, считавшиеся верхнерифейскими, на самом деле формировались очень длительное время, преимущественно в раннем венде, вследствие интенсивных региональных поднятий. Эти поднятия сопровождались размывом и многократным переотложением обломочного материала. Как результат, образующиеся *песчаные пачки уфтыгской свиты мощностью 100—400 м служат косвенной мерой размыва нижележащих верхнерифейских флюидоупоров и, значит, рассеяния углеводородов, а вовсе не их аккумуляции.*

Естественно, что отсутствие нефти и газа в уфтыгских песчаниках привело большинство геологов к скептицизму по отношению к Мезенскому бассейну в целом. Возникший тупик усугублялся слабой изученностью подуфтыгских рифейских отложений. Из 16 глубоких скважин только 5 вскрыли рифей мощностью больше 100 м, а 3 — больше 1 км. Лишь две скважины, пробуренные уже на современном этапе изучения Мезенского бассейна, Среднефтинская в северной его части (Азопольский прогиб) и Кельтменская — юго-восточной (Вычегодская впадина) решили параметрические задачи, т.е. позволили доказать гармоничность развития в конце среднего и позднем рифее, а также, пусть и незначительно, получить представление об особенностях возможных продуктивных объектов.

В Среднефтинской скважине (см. рис. 2) впервые на высоком уровне выполнены каротажные, петрофизические и петрографические исследования рифейских отложений, в т.ч. не только песчаных, но и маломощных карбонатных пачек. В результате удалось доказать, что вскрытые скважиной сероцветные толщи, нижняя средне-, поздне- и верхняя поздне-рифейская (карбонатно-терригенная и пезская свиты) и верхняя поздне-рифейская (лешуконская и няфтинская свиты), представляют собой реликты гармоничных формационных рядов, накапливавшихся в течение двух пост-гренвилльских циклов, а терригенные породы дорогорской и уфтыгской свит образовались дисгармонично — в основном за счет размыва и переотложения, соответственно, нижней и верхней сероцветных толщ.

Кельтменская скважина изучена гораздо хуже, но в ней больше 2 км верхнерифейского разреза представлено карбонатной сафоновской серией с обильными строматолитами (по данным В.И.Богацкого, ТП НИЦ). По-видимому, по материалам обеих скважин уже вполне реально говорить и о наличии материнских черносланцевых формаций.

Однако ни одна из всех пробуренных скважин ничего не дала для поисков залежей. По инерции даже две последние скважины были вновь поставлены на антиклиналях, и верхняя часть рифея оказалась размывтой на слишком большую мощность. Любопытно, что если бы Койнасская или Нижнесульская скважины не были остановлены в венде, а прошли хотя бы 1 км рифея, мы вполне реально могли бы иметь если не промышленные залежи, то хотя бы проявления углеводородов в Мезенском бассейне еще 30 лет назад.

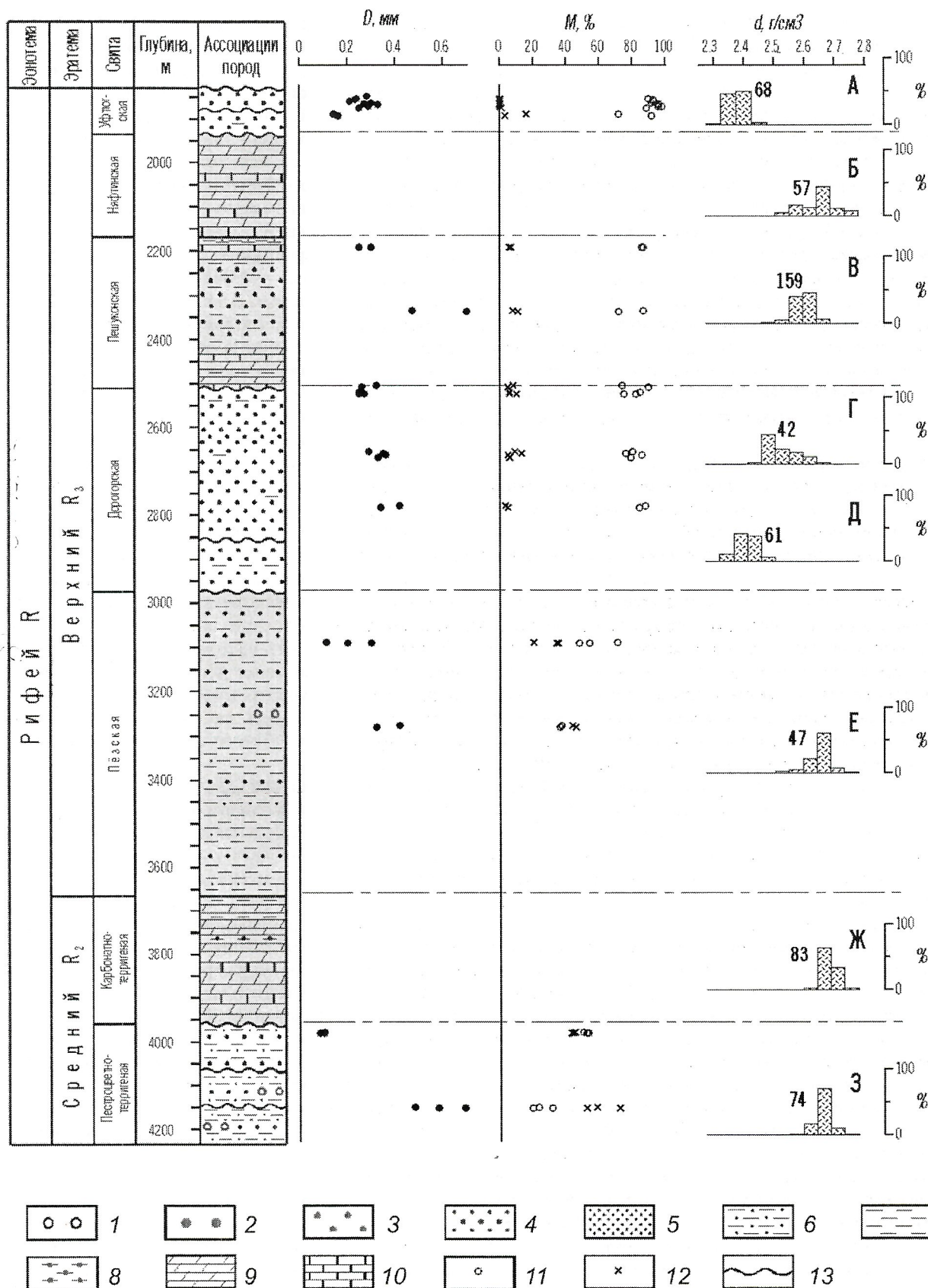


Рис. 2. Литолого-стратиграфический разрез рифейских отложений и распределение среднего размера зерен (D , мм) и содержания минералов (M , %) в песчанниках, а также плотности различных пород (d , г/см³) по Среднеяфтинской скважине:

типы пород: 1 — песчанники крупнозернистые и гравелиты; песчанники: 2 — крупно-среднезернистые, 3 — среднезернистые, 4 — мелко-среднезернистые, 5 — мелкозернистые и алевролиты; 6 — алевролиты, 7 — глинистые породы, 8 — черные сланцы, 9 — мергели, 10 — известняки и доломиты; минералы (на диаграммах): 11 — кварц, 12 — полевые шпаты, 13 — перерывы; гистограммы плотности: А — песчанники уфюгской свиты, Б — карбонатные породы няфтинской и лешуконской свит, В — терригенные породы лешуконской свиты, Г — терригенные породы из пачек переслаивания дорогорской свиты, Д — песчанники из мощных однородных пачек дорогорской свиты, Е — терригенные породы пезской свиты; Ж — различные породы из карбонатно-терригенной свиты, З — различные породы из пестроцветной терригенной свиты; над гистограммами — число образцов

В итоге, сейчас исходные материалы для суждения о возможной нефтегазоносности Мезенского бассейна приходится брать в основном для смежных территорий, где залежей тоже нет, но хотя бы есть достаточно полные разрезы верхнего рифея, которые бесспорно относятся к гармоничным. Речь идет, прежде всего, о побережье Кольского полуострова, некоторых районах Тиманского кряжа, складчатых областях Пай-Хоя и Урала, наконец, нижних частях чехла на севере Волго-Уральской области [6, 12, 13, 14].

Во всех этих регионах в верхнерифейских отложениях имеются формации, которые, находясь на оптимальных глубинах, как в Мезенском бассейне, вполне способны служить источниками углеводородов, их резервуарами и флюидоупорами. Теперь уже очевидно, что такие гармоничные формации образуют относительно узкую полосу по всему северо-восточному краю Русской платформы, в т.ч. захватывая и пассивную окраину — западный склон Урала. Далее они широко распространены в пределах Тимано-Печорского бассейна с его пассивными окраинами на Пай-Хое и Новой Земле. Это области бывшего континента Арктиды [8, 18], где в отличие от Русской платформы с карельским фундаментом платформенный рифей залегает на гренвидах.

Более того, верхний рифей в Мезенском бассейне, особенно на юге его притиманской части, по сравнению с перечисленными районами, характеризуется и некоторыми лучшими свойствами, в частности, самой высокой долей в разрезах строматолитовых построек. И хотя в таких условиях Кельтменская скважина не обнаружила нефтегазопоявлений, но все же это объясняется наиболее интенсивными ранневендскими поднятиями, полностью уничтожившими верхнерифейский флюидоупор. В северной части Вычегодской и южной части Сафоновской впадин такие флюидоупоры, по-видимому, должны сохраняться, причем это могут быть не только глинисто-карбонатные, но изредка и соленосные отложения [14].

Если такая версия справедлива, то контроль потенциальной продуктивности Мезенского бассейна представляется исключительно сложным — промышленные залежи углеводородов могут сохраняться в основном на нижних частях склонов, а там — в зонах формационных переходов от органогенных карбонатных пород к преимущественно глинисто-карбонатным. Помимо изменения состава в зонах подобных замещений происходит значительное уменьшение мощности отдельных пластов и формаций в целом, что и предопределяет, наряду с резким падением проницаемости, длительное существование латеральных барьеров для залежей.

Рассмотренная модель нефтегазонакопления, пока подтверждаемая в основном косвенными данными, положена нами в основу прогнозной оценки Мезенского бассейна и направления поисковых работ. Обе названные прикладные задачи решаются с помощью внешних аналогий — сравнения с реально нефтегазоносными верхнерифейскими отложениями других регионов. Самыми близкими представляются бассейны центральной части Австралии, например Амадиес [17]. Лено-Тунгусский бассейн, богатства которого гораздо больше привлекаются для качественных, но не количественных оценок, а по китайским бассейнам (например, Таримский или Сычуаньский) мало опубликованных материалов.

Для нефтегеологического районирования (рис. 3) авторами использована уже относительно давняя схема [6] с тем важным отличием, что внутри областей преимущественно по данным интерпретации гравитационного и магнитного полей выделены и нефтегазоносные районы, что обусловлено необходимостью будущего обособления лицензионных участков для проведения площадной сейсморазведки и поискового бурения. Такая дробность райони-

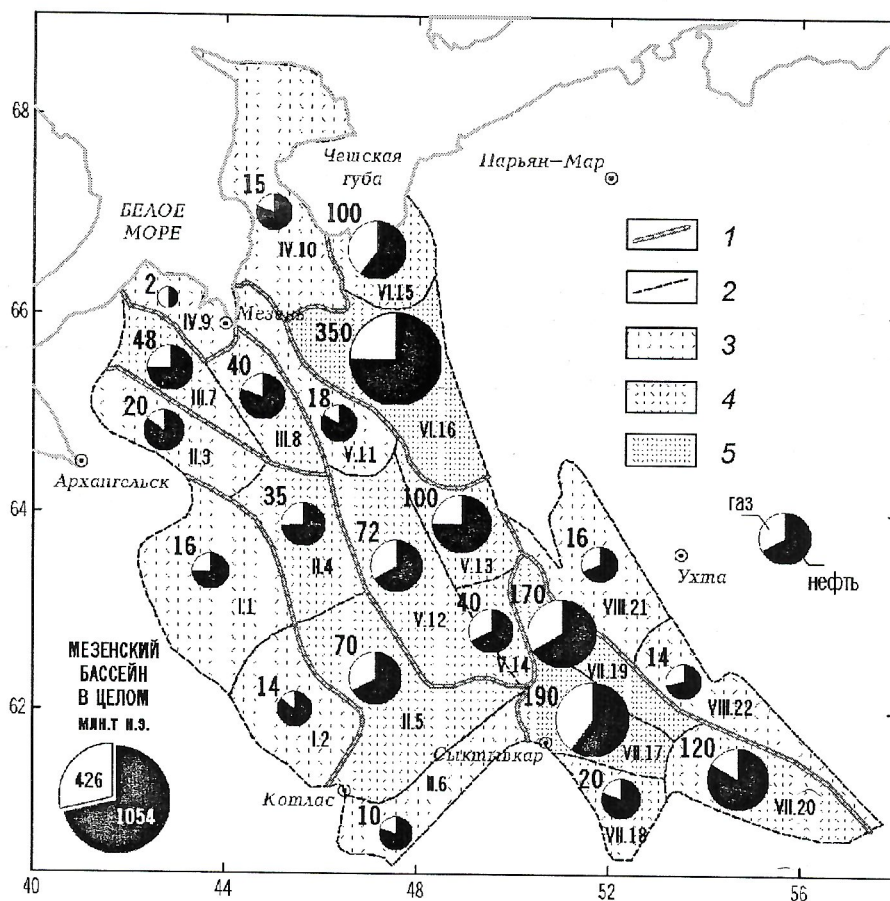


Рис. 3. Прогнозная оценка Мезенского возможно нефтегазоносного бассейна:

границы нефтегазоносных: 1 — областей, 2 — районов, по [6], с изменениями и дополнениями; средняя плотность прогнозных ресурсов, тыс.т/км²: 3 — менее 2, 4 — 2—12, 5 — более 12. Размеры круговых диаграмм пропорциональны величинам средних извлекаемых прогнозных ресурсов (цифры — млн.т нефтяного эквивалента). Области (римские цифры) и входящие в них районы (арабские цифры): I — Северо-Двинская (I.1 — Юльский, I.2 — Уфтогский); II — Пинежская (II.3 — Кереецкий, II.4 — Среднепинежский, II.5 — Верхнепинежский; II.6 — Котласско-Яренский); III — Лешуконская (III.7 — Соанский, III.8 — Азопольский); IV — Несско-Тылугская (IV.9 — Кулойский, IV.10 — Тылугский); V — Мезенско-Вашкинский (V.11 — Семжинско-Ценогорский, V.12 — Вашкинский, V.13 — Косланский, V.14 — Верхневашкинский); VI — Пешско-Сафоновская (VI.15 — Пешский, VI.16 — Сафоновский); VII — Вычегодская (VII.17 — Сергосовско-Сторожевской, VII.18 — Лопыдинский, VII.19 — Вишерский, VII.20 — Кельтменский); VIII — Западно-Тиманская (VIII.21 — Ропчинский, VIII.22 — Нившерско-Вольский)

рования, конечно, не обеспечивается в полной мере имеющимися фактическими данными по Мезенскому бассейну, а потому частично опирается на разработанные нами по другим регионам модельные представления.

Вынужденное форсирование поисков прямо связано с недостатками предыдущих работ. Что же делать, если в целом мало перспективные западные районы Мезенского бассейна к настоящему времени изучены несравненно лучше, чем более перспективные восточные? Для того чтобы начать бурение, нужны поисковые объекты, а таковых в настоящее время в Мезенском бассейне нет: уфюгские песчаники в сводах антиклиналей, как было уже показано, бесперспективны. Конечно, по данным выполненной за последние годы в западной части Мезенского бассейна региональной сейсморазведки МОГТ можно уже сейчас выделить достаточно много антиклинальных и неантиклинальных объектов (как, например, это пытаются сделать авторы работы [15]). Однако по логике всех приведенных доводов и построений скважины, расставленные на таких объектах, будут иметь отрицательные, если не сказать катастрофические последствия. До сих пор отсутствие как промышленных притоков нефти и газа, так и скромных нефтегазопоявлений приводило лишь к временной приостановке поисковых работ в Мезенском бассейне, но на новых «сухих» скважинах, скорее всего, в результате будут прекращены работы навсегда.

Для выделения новых поисковых объектов (о них пойдет речь дальше) необходима дорогостоящая площадная сейсморазведка, которую нефтяные компании будут ставить на своих лицензионных участках. Эти участки еще предстоит выбрать, для чего необходима предварительная оценка прогнозных ресурсов углеводородов Мезенского бассейна. Вот почему, понимая меру ответственности, авторы все же считают, что современная нефтегеологическая теория способна решить такую задачу, несмотря на недостаток данных, которые традиционно считаются необходимыми.

Наиболее вероятные извлекаемые прогнозные ресурсы всего Мезенского бассейна оцениваются нами величиной, близкой к 1,5 млрд.т в нефтяном эквиваленте при соотно-

шении нефти и газа около 2,5 (см. рис. 3). В то же время пока оценочная «вилка» очень велика — равновероятны как минимальная (нулевая) оценка, так и максимально возможная величина 3 млрд.т. Дело в том, что главный фактор нефтегазоносности Мезенского бассейна — сохранение реликтов верхнерифейского регионального флюидопора, авторы данной статьи прогнозируют с большой вероятностью, что не является доказанным фактом.

В соответствии с современной теорией главным параметром, который использовался при расчете коэффициентов аналогии, необходимых для прогнозной оценки, служил объем эффективного пустотного пространства. Сама методика расчетов была разработана на объекте, неоднократно упоминавшемся здесь и близком к Мезенскому, — рифейских и вендских продуктивных отложениях Лено-Тунгусского бассейна [11]. Кроме объема эффективных пустот, по этой методике важно определять еще и коэффициент нефтегазонасыщенности, поскольку в разных районах соотношения между углеводородами и водой в эффективных емкостях могут быть различными, а при отсутствии надежных флюидопоров углеводороды могут не сохраняться совсем.

Как следует из таблицы, плотности ресурсов по нефтегазоносным областям (НГО) Мезенского бассейна изменяются от 0,8 до 12,5, районам (НГР) — от 0,3 до 17, а по зонам нефтегазонакопления (ЗНГН), для которых параметры приводятся только для областей с относительно высокими плотностями, от 2,4 до 40,0 тыс.т/км². Естественно, что при отсутствии на этих территориях реальных продуктивных резервуаров все необходимые параметры брались для других бассейнов, причем на их основе оценивались даже такие сложные величины, как число зон нефтегазонакопления и их средние площади. Последние из названных величин имеют наиболее важное значение для перехода от прогнозной оценки к поисковым работам. Суть в том, что в условиях исключительно сложной морфологии эффективных резервуаров выделять их даже при современном качестве сейсморазведки затруднительно — аномалии, собственные залежам, часто бывают похожими на аномалии, вызванные другими типами неоднородности. Вот почему по геофизическим данным нужно сначала выделять зоны

Оптимальные извлекаемые прогнозные ресурсы и другие параметры нефтегазоносных областей, районов и зон нефтегазонакопления Мезенского осадочного бассейна

НГО	S _{нго} , тыс.км ²	Число		В нефтяном эквиваленте		Плотность ресурсов в самой богатой ЗНГН, тыс.т/км ²
		НГР	ЗНГН (S, тыс.км ²)	Плотность ресурсов, тыс.т/км ²	Ресурсы, млн.т	
Северо-Двинская	39	2	0 (0)	0,8	30	—
Пинежская	60	4	11 (9)	2,2	135	10,0
Лешуконская	23	2	10 (5)	3,8	88	12,5
Несско-Тылугская	18	2	0 (0)	0,9	17	—
Мезенско-Вашкинская	46	4	10 (12)	5,0	230	20,0
Пешско-Сафоновская	36	2	10 (9)	12,5	450	37,0
Вычегодская	48	4	8 (10)	10,4	500	40,0
Западно-Тиманская	31	2	0 (0)	1,0	30	—
Итого	301	22	49 (45)	4,6	1480	—

нефтегазонакопления — поисковые объекты [7] и только в их пределах предполагаемые продуктивные ловушки.

Первый и главный практический результат проведенной работы явно можно установить из рис. 3 и таблицы: наибольшие перспективы связаны с верхнерифейскими органогенными карбонатными толщами в крайних восточных районах Мезенского бассейна. Более того, как мы полагаем, значительные перспективы можно ожидать и в тех рифейских толщах, на которые в конце венда — начале кембрия был надвинут Тиманский кряж. Правда, прогнозную оценку этой поднадвиговой части Мезенского бассейна, по-видимому, целесообразно делать лишь после подтверждения промышленной нефтегазонакопления в районах с относительно более простым строением.

Второй результат относится к параметрам предполагаемых зон нефтегазонакопления, которые могут быть выведены, во-первых, из уже разведанных продуктивных зон в рифейских отложениях других континентов,

а, во-вторых, из морфологии рифейских органогенных построек, изученных в обнажениях на побережье Кольского полуострова или в отдельных районах Тимана, Пай-Хоя и Урала. Из рассмотренных материалов следует, что *такие зоны обычно приурочены к средним и нижним частям пологих склонов в тех глубоких впадинах, которые удалены от областей сноса и характеризуются наиболее резко выраженной латеральной формационной зональностью.*

Средняя площадь зон с наибольшими для Мезенского бассейна плотностями ресурсов (более 10 тыс. т/км²) приближается к 1000 км². Доля площади, занятая зонами, от площади самых перспективных районов (Сафоновский, Сереговско-Сторожевский и Вишерский) в среднем составляет около 1/4, и закартировать их с помощью сейсморазведки вполне реально. Две сближенные зоны с разделяющим их «межзоньем» целесообразно объединять в отдельный лицензионный участок.

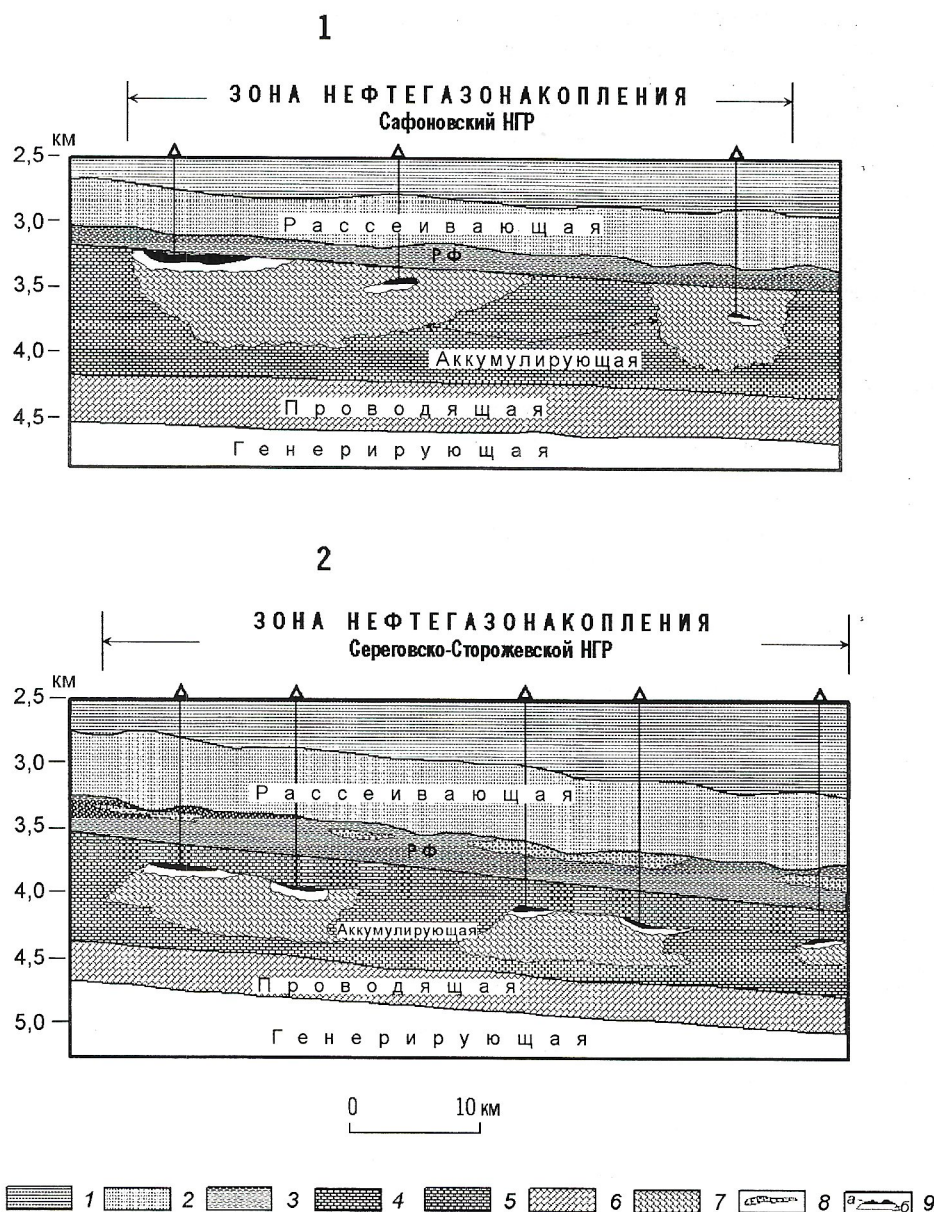


Рис. 4. Эскизные модели (1 и 2) предполагаемых поисковых объектов в восточной (притиманской) части Мезенского осадочного бассейна:

породы: 1 — глинистые, алевролиты, песчаники, 2 — песчаники, 3 — глинистые, 4 — карбонатные, 5 — карбонатные с прослоями сульфатов, 6 — мергели, 7 — карбонатные органогенные (строматолиты), 8 — соли; 9 — залежи (а) и эффективные резервуары (б), РФ — региональный флюидоупор

Третий результат касается способов оконтуривания прогнозируемых продуктивных резервуаров внутри зон нефтегазоаккумуляции. Доля их площади от площади наиболее перспективных зон колеблется от 1/10 до 1/4, что также подтверждает реальность оконтуривания продуктивных резервуаров по сейсмическим данным. Контрастность в распределении эффективных емкостей в органогенных постройках (сочетание выщелачивания и цементации) обычно четко проявляется по петрофизике и каротажу. Эскизы предполагаемых поисковых объектов представлены на рис. 4. Отличие двух моделей состоит в том, что в Сафоновском районе (1) мы рассчитываем всего лишь на глинисто-мергельный флюидоупор, а в Сергеевско-Сторожевском (2), вслед за авторами работы [14] — на существенные площади развития верхнерифейской соли, улучшающей качество покрышки.

Наибольшие по запасам залежи (едва ли больше 20—30 млн. т) ожидается встретить в органогенных постройках внутри тех зон нефтегазоаккумуляции, которые длительно находились на путях миграции углеводородов и в которых поэтому происходило наиболее интенсивное перераспределение вещества и пустотного пространства. Эффективность поискового бурения в Мезенском бассейне в итоге будет зависеть от качества подготовки подобных объектов сейсмическими методами, а также рациональной системы проводки скважин.

Таким образом, вся последовательность предлагаемых нами рекомендаций сводится к обособлению трех наиболее перспективных районов на востоке Мезенского бассейна, далее к картированию зон нефтегазоаккумуляции в этих районах (предположительно будет выявлено около 12 зон) и, наконец, к расстановке поисковых скважин на неантиклинальных объектах, характеризующихся наиболее крупными эффективными емкостями. Как нам представляется, бурение 5—6 хорошо подготовленных скважин позволит либо открыть промышленные залежи и дать обоснованный прогноз бассейна в целом, либо получить отрицательные результаты и прекратить поисковые работы.

На наш взгляд, вероятность обнаружения промышленных объектов в настоящее время, особенно после анализа материалов по Среднеафганской и Кельтменской скважинам, превысила 50%. Поэтому есть основание говорить и о том, насколько важные следствия возникнут, если в поисковых скважинах удастся получить промышленные или приближающиеся к промышленным притоки.

Во-первых, это, разумеется, открытие новой Мезенской нефтегазоносной провинции в европейской части России, регионах, испытывающих резкую потребность в энергоресурсах. Напомним, что последними обширными нефтегазоносными территориями российской суши были Западная Сибирь и Лено-Тунгусская провинция Восточной Сибири, открытые почти одновременно в начале 60-х годов прошлого века.

Во-вторых, повышение интереса нефтяников к продуктивности рифейских отложений на территориях, соседних с Мезенским бассейном: Кольско-Канинской моноклинали (крайний юг Баренцева моря), где в поднадвиговой зоне сейсморазведкой выявлена толща рифейских отложений мощностью до 8—10 км; в нижних горизонтах чехла в Пермской области, да и в тех районах Тимано-Печорской провинции, где рифей залегает на доступных глубинах.

В третьих, Мезенский бассейн в случае подтверждения его нефтегазоносности станет единственным в мире с ав-

тономным онтогенезом углеводородов в рифее, что позволит тотально пересмотреть материалы по всем возможно нефтегазоносным бассейнам мира с большими мощностями рифейских отложений, причем особенно по тем, которые приурочены к континентам евроамериканской группы.

Исследования выполнялись по заказу Альянса компаний по региональному изучению Мезенской синеклизы. Петрографические исследования по Среднеафганской скважине проведены по заказу ОАО «Архангельскгеолодобыча» (2001 г.). Фундаментальные разработки в области бассейнового анализа поддержаны грантом Благотворительного фонда развития отечественной науки (2003 г.).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аглонов С.В. Геодинамика глубоких осадочных бассейнов. — СПб.: ЦГИ «ТЕТИС», 2000.
2. Аглонов С.В., Келлер М.Б., Лебедев Б.А. Сколько нефти осталось в российских недрах? // Природа. 2000. № 7. С. 35—42.
3. Аглонов С.В., Лебедев Б.А. Порядок, хаос и эволюция в геологической истории Земли // Геофизика. 2001. № 3. С. 56—62.
4. Базанов Э.А., Кулик Г.Д., Забалуев В.В. и др. Блоковое строение Юрубченского нефтегазового месторождения Лено-Тунгусской провинции / Нефтегазоносность бассейнов Западно-Тихоокеанского региона и сопредельных платформ. — СПб., 1998. С. 88—92.
5. Высоцкий И.В., Оленин В.Б., Высоцкий В.И. Нефтегазоносные бассейны зарубежных стран. — М.: Недра, 1981.
6. Дедеев В.А., Пименов Б.А., Аминов Л.З. и др. Прогноз нефтегазоносности Мезенского седиментационного бассейна. — Сыктывкар, 1989.
7. Золотов А.Н., Лебедев Б.А., Самсонов В.В. Зоны нефтегазоаккумуляции — объекты локального прогноза // Советская геология. 1987. № 2. С. 5—15.
8. Зоненшайн Л.П., Кузьмин М.И., Натанов Л.М. Тектоника литосферных плит территории СССР (в 2-х томах). — М.: Недра, 1990.
9. Лебедев Б.А. Геохимия эпигенетических процессов в осадочных бассейнах. — Л.: Недра, 1992.
10. Лебедев Б.А., Аглонов С.В. Осадочные бассейны России: типизация, условия заложения, история развития, нефтегазоносность // Российский геофизический журнал. 1998. № 11—12. С. 40—44.
11. Лебедев Б.А., Фролов Б.М. Использование закономерностей размещения коллекторов при прогнозе нефтегазоносности / Закономерности размещения коллекторов сложного строения и прогноз нефтегазоносности. — Л., 1985. С. 5—20.
12. Малышев Н.А. Тектоника, эволюция и нефтегазоносность осадочных бассейнов европейского севера России. — Екатеринбург, 2002.
13. Митрофанов Ф.П., Предовский А.А., Любцов В.В. и др. Новые аспекты прогнозирования крупных нефтегазоносных областей. — Апатиты, 1998.
14. Пименов Б.А., Малышев Н.А., Теплов Е.Л. и др. Перспективы нефтегазоносности Мезенского бассейна / Актуальные проблемы геологии горючих ископаемых осадочных бассейнов европейского севера России. — Сыктывкар, 2000. С. 117—120.
15. Сапожников Р., Берзин Р., Сулейманов А., Рассомахин В. Новые данные о строении рифейского осадочного чехла Мезенской синеклизы // Технологии ТЭК. 2003. № 5 (материалы с сайта <http://www.oilcapital.ru>).
16. Aglonov S. Oil in «holes-in-the-continents» (relict oceanic basins) / Paradoxes in Geology. — Elsevier, 2001. P. 113—130.
17. Lindsay J.F. Sequence stratigraphy and depositional controls in Late Proterozoic—Early Cambrian sediments of Amadeus basin, Central Australia // AAPG Bull. 1987. Vol. 71. № 11. P. 1387—1403.
18. Scotese C., Golonka J. Paleogeographic Atlas. — PALEOMAP Project, 1993.

Сравнительный анализ прогноза нефтегазоносности нефтяных бассейнов российского арктического шельфа

К.Н.КРАВЧЕНКО, О.В.ИВАНОВА (ВНИГНИ)

В данной статье применяются следующие аббревиатуры: БтНГБ — битумонефтегазовый бассейн; ВНГБ, ВНДБ — возможно нефтегазоносные, нефтегазовые, возможно нефтяные бассейны; ВхЗГ — верхняя зона газообразования; ВЗ — водная зона осадочного бассейна; ГиБ — гидрогеологический бассейн; ГЗГ — главная зона газообразования; ГЗН — главная зона нефтеобразования; НГБ — нефтегазовый, нефтегазоносный бассейн; НГМП, НГПП — нефтегазоматеринские, нефтегазопроизводящие породы; Нд, Нд ~ нафтиды, нафтидный; НДБ — нафтидный бассейн; ОБ, ОПБ — осадочный, осадочно-породный бассейн; ОВ, РОВ — органическое, рассеянное органическое вещество; ПНГБ, ПНДБ — перспективно-нефтегазовые, перспективно-нафтидные бассейны; УВ — углеводороды.

На российском арктическом шельфе выделяются 14 разнотипных нафтидных бассейнов (рис. 1) [12]: Восточно-Баренцевский; Северо-Карская группа: Воронина, Центральный, Седова и Арктического института; Лаптевский; Вилькицкий; Анисинский; Благовещенский; Южно-Чукотская группа: Лонга, Шмидтовский, Хоуп; Южно-Карский шельфовый суббассейн Западно-Сибирского бассейна.

Ниже будут рассмотрены специфические особенности отдельных наиболее значительных бассейнов (Восточно-Баренцевский; Лаптевский; Вилькицкий НДБ; Южно-Карский суббассейн) и групп относительно малозначимых бассейнов (Северо-Карская, Анисинско-Южно-Чукотская). Они имеют прямое отношение к обоснованию параметров прогнозной оценки нефтегазоносности российского арктического шельфа, которые носят предварительный, подлежащий последующей корректировке, характер.

Восточно-Баренцевский нафтидный бассейн (НДБ) принадлежит к числу трех наиболее значимых бассейнов российского арктического шельфа, для которого характерны преимущественно положительные показатели нафтидоносности [1, 4, 9, 10, 16, 17]:

1. Крупноразмерность — субгигантская площадь и гигантский объем осадочного выполнения при близкой к максимальной величине глубоко погруженного (до ≥ 20 км) дна, осложненного седловинами с ловушками, особенно благоприятными для уникальной газоконденсатной (Штокман и др.) аккумуляции.

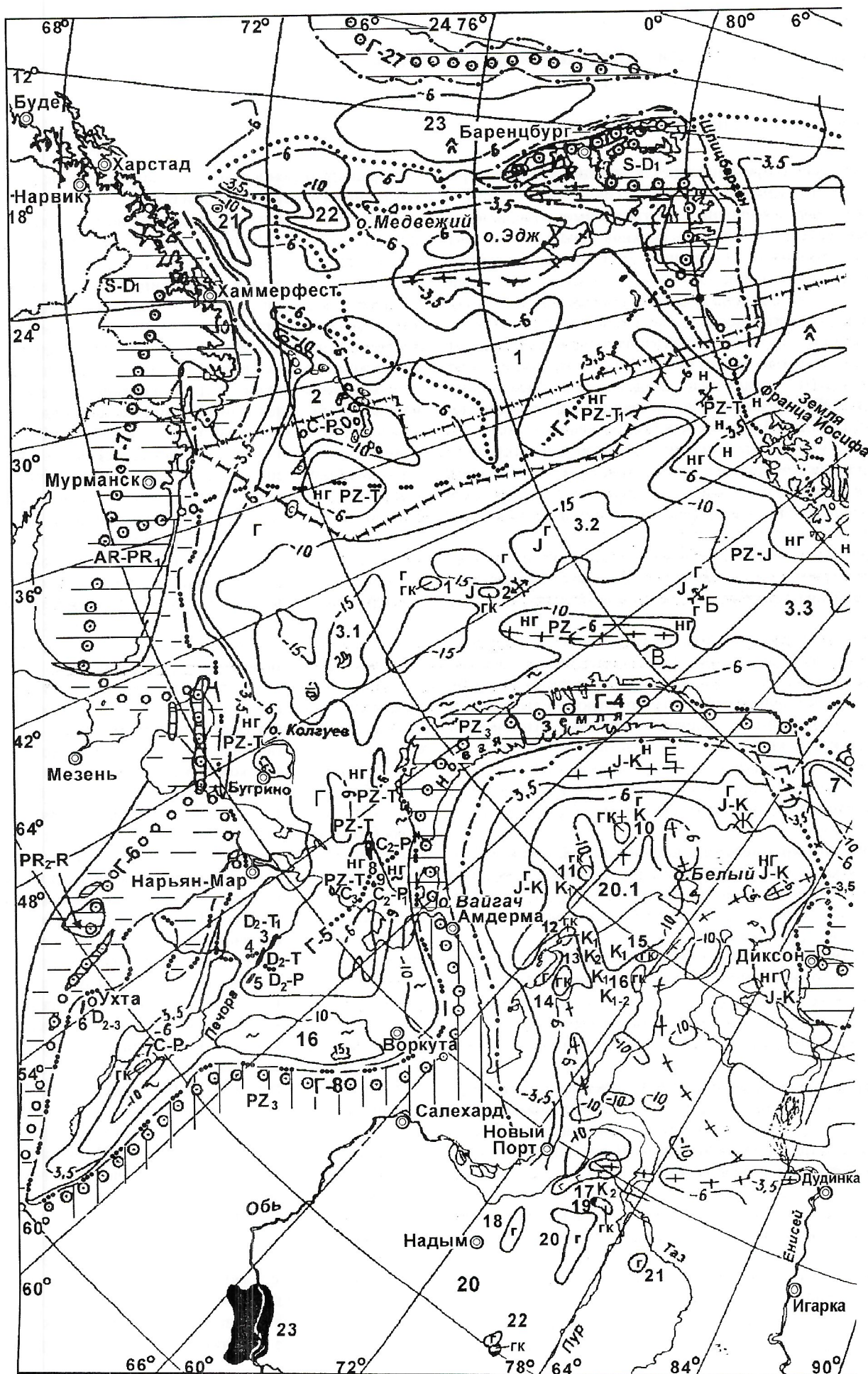
2. Крайне-шельфовая, частично наземная позиция бассейна с подходящими для нефтенакпления поднятыми частями склонов не только в южном центроклинальном Печорском аква- (Придорожное) и терра- (Возе) блоках, но и на противоположном северном склоне НДБ, краешельфовой антеклизе Франца—Иосифа (на удобно осваиваемом для бурения с островов архипелага — онтогенетическом аналоге мегавала Барроу с уникальным крупнейшим для нефти в Америке месторождением Прадхо Бей [11]).

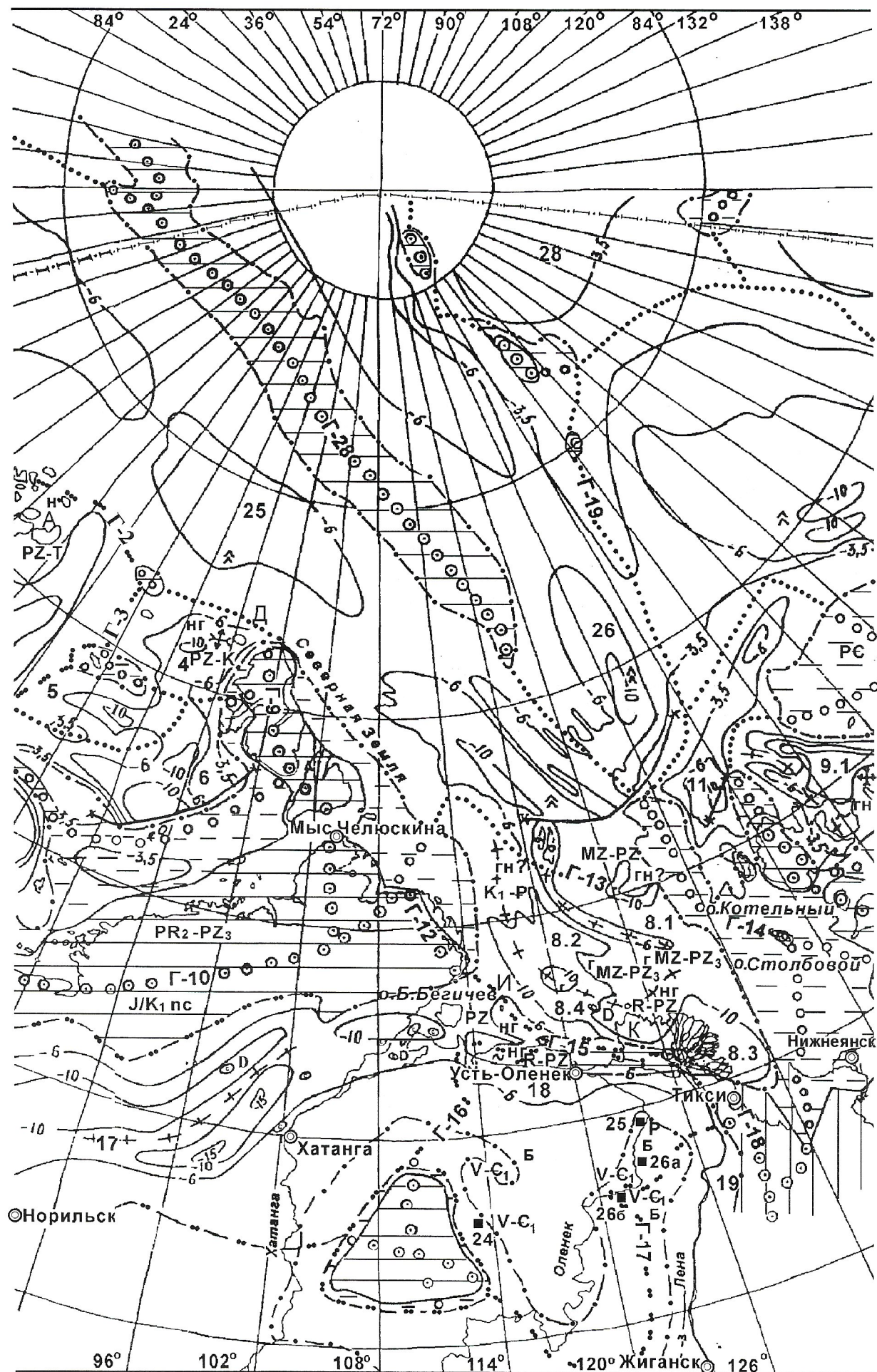
3. Благоприятная морская обстановка — наиболее теплый на российском арктическом шельфе режим вод моря (Гольфстрим), небольшие глубины морского дна (до 200 м на Печорской, Приновоземельской, Франца-Иосифа и

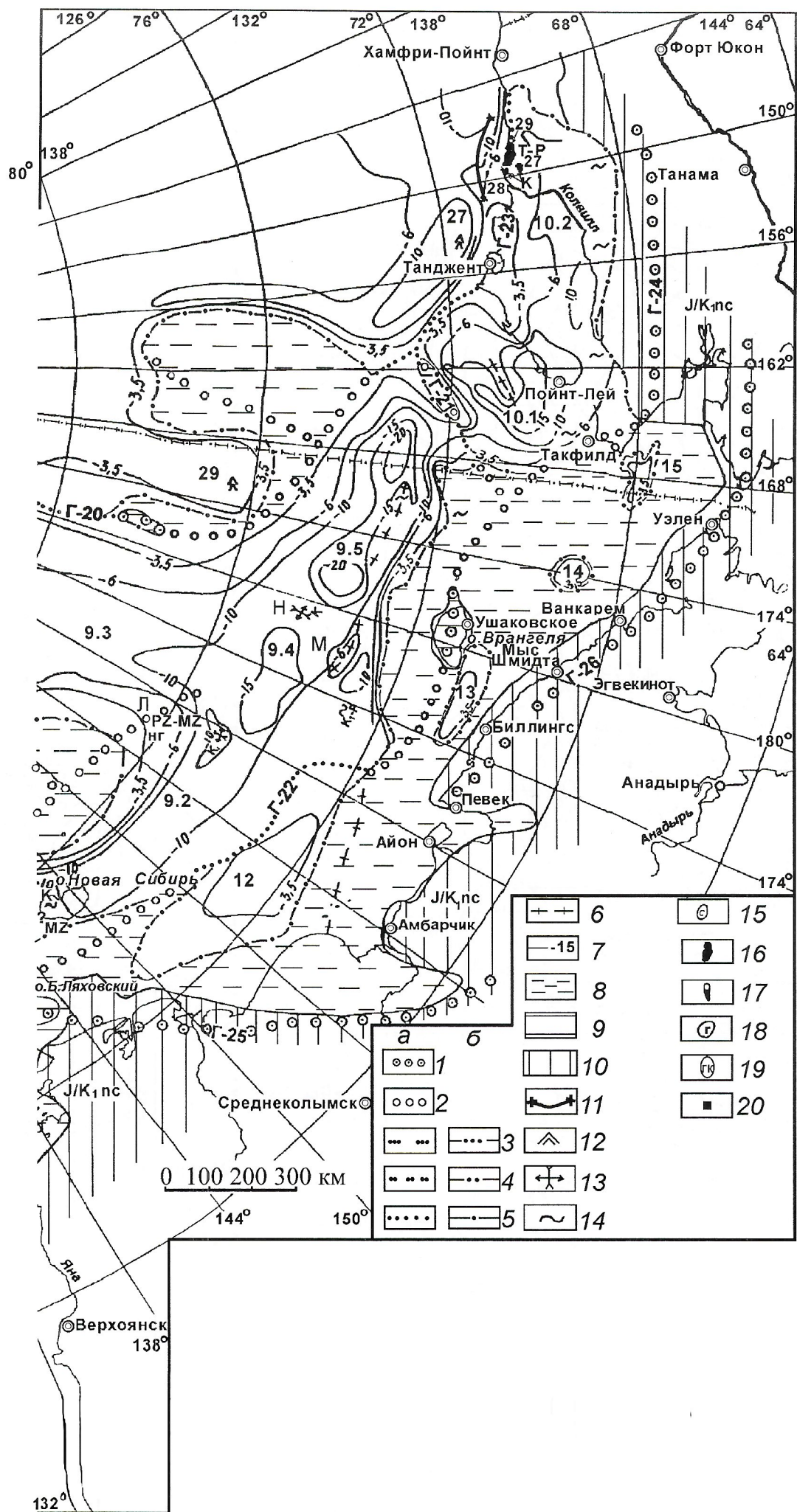
Центрально-Баренцевской окраинах бассейна; до 420 м во внутреннем плоском днище и 600 м — в желобе Св.Анна).

4. Широкий диапазон перспективных отложений — более древний для нефти (PZ—T) и более молодой (T—J, до K₁) — для газоконденсата. Осадочное выполнение Восточно-Баренцевского НДБ трехчленное: дорифтовый карбонатно-терригенный преимущественно шельфовый доверхнеартинский комплекс толщиной до 2—5 км, рифтовый терригенно-вулканогенный морской верхнепермско-триасовый комплекс толщиной до 11 км, терригенный морской юрско-кайнозойский (преимущественно мезозойский) надрифтовый синеклизный комплекс толщиной до 4 км. Рифтовый комплекс характеризуется лавинной седиментацией, развитием проградационных клиноформ заполнения глубоководной депрессии, вероятно, возникшей в позднепермское время к началу рифтогенеза. Повторное развитие глубоководной депрессии произошло на пострифтовом синеклизном этапе, в поздней юре—неокоме. Южное крыло Южно-Баренцевской впадины, на ее сочленении с Печорской плитой в ордовикско-нижнедевонских песчано-грубообломочных отложениях осложнено системой наклонных и опрокинутых блоков, ограниченных лирическими разломами (С.В.Алехин, М.Л.Верб, 1984; В.К.Остистый, У.Ф.Федоровский, 1993). Тем самым отмечается ранний, по-видимому, досреднедевонский этап дробления, растяжения консолидированного фундамента и, возможно, рифтогенеза Восточно-Баренцевского мегапрогиба. Замыкание мегапрогиба произошло в кайнозое.

5. Доминирующий комплекс на основной, погруженной части бассейна — пермотриасовый шлировый комплекс рифтового выполнения, накапливавшийся за счет размыва новообразованной Новоземельской складчатой системы и прилегающего Уральского орогена. Его толщина достигает 50% чехла — 7—10 км. Поэтому большая часть чехла находится в зоне апокатагенеза и ей свойствен зрелый характер органического вещества (ОВ) материнских отложений. К их числу относятся различные части палеозойских терригенно-карбонатных, существенно нефтенных отложений с сапропелевым ОВ и в значительно меньшей степени — терригенные осадки низов пермо-триасового комплекса выполнения с терригенным существенно гумусовым газогенным ОВ. На долю глубоко опущенных (более 6 км) элементов бассейна приходится 60% площади и 79% объема чехла. С этим связано отеснение жидких углеводородов (УВ) газоконденсатных систем в сторону окраин бассейна, различных по степени аккумуляции жидких УВ, их преобразование в природные битумы и потеря нафтидов (Нд) в зоне гипергенеза и за высоко поднятыми открытыми пограничными частями склонов НДБ. По объему генерированных и эмигрировавших УВ Баренцевский НДБ принадлежит к числу двух наиболее богатых, наряду с Вилькицким перспективно-нефтегазовым бассейном (ПНГБ). Свидетельством больших масштабов потерь служат, в частности, нефтепроявления в палеозойских отложениях на Новоземельской складчатой системе и развитие обширного поля природных битумов в районе Костин шар на антиклиналях, вероятно, представля-







шей собой крупнейшее, возможно, уникальное нефтяное палеоместорождение.

6. Новейший, позднемиоценовый—кайнозойский аплифт, по Е.Е.Мусатову (1997—2000), привел к интенсивному росту структур-ловушек, денудации и переформированию залежей УВ. Он означал отмирание бассейна, зафиксированное ничтожно малыми (десятки—первые сотни метров) толщинами кайнозойских осадков. Широкое развитие разрывов сбросового типа — открытых для миграции флюидов в сочетании с долеритами, внедрявшимися в чехол в виде даек с позднего триаса до начала палеогена (Э.В.Шипилов, 2001) — ухудшало сохранность углеводородных скоплений на региональных поднятиях. Вместе с тем, нельзя не согласиться с Е.Е.Мусатовым [16], что неотектонический режим благоприятен для нефтегазоносности региона. Вероятно, аплифт сопровождался значительным разгазированием подземных вод, особенно в нижней апокатагенетически преобразованной части чехла, обогащенной высокотемпературным нижним газом. С одной стороны, извлекая жидкие УВ из материнских пород, этот газ образовывал газоконденсатные системы, поднимавши-

ся вверх по склону от глубоких дниц к поднятым седловинам. Нижний газ вертикально прорывался до надежных покрышек. С другой, латеральный восходящий поток флюидов направлялся к приподнятым частям дниц и поднятым бортам, где происходили фракционный распад конденсатной системы за счет выделения жидких УВ (при возможной потере газа), их аккумуляция и разномасштабные потери Нд на краях НдБ. Вместе с тем, представление Е.Е.Мусатова о том, что внешние периферийные для плиты краевые поднятия низкоперспективны из-за плохой сохранности УВ, дискуссионно, поскольку условия консервации залежей улучшаются при погружении от вершин поднятий к их периферии, в частности, к периклинали. Именно такая обстановка наблюдается на восточной периклинали мегавала Барроу. Здесь прослеживается уникальный нефтяной гигант Америки Прадхо Бей. Сходные онтогенетические условия ожидаются и на восточной периклинали антеклизы Франца—Иосифа, которая может сохранять богатую зону нефтенакопления даже в условиях ухудшения консервации залежей УВ при выпадении из разреза кайнозойских отложений.

Рис. 1. Схема нефтяного районирования арктических акваторий России:

моря: А — Баренцево и Карское; Б — Карское и Лаптевых; Восточно-Сибирское и Чукотское;
бассейны и их генетические элементы: границы (а — вдоль гребней, б — вне гребней): 1 — гидрогеологических бассейнов (ГИБ), вне осадочных бассейнов; 2 — межбассейновые гребни осадочных бассейнов (ОБ), вне нефтяных бассейнов; 3 — нефтяных бассейнов (НДБ), межнефтяных бассейнов; 4 — битумо-нефтегазовых бассейнов (БНГБ), межбитумо-нефтегазовых гребней (а); 5 — нефтегазовых бассейнов (НГБ), межнефтегазовых гребней (а); 6 — гребни (положительные склоноразделы) внутри бассейна; 7 — глубина поверхности фундамента (верхние границы разнопогруженных областей интенсивной массовой генерации углеводородов — дниц НДБ), км: -15 — сверхглубокие, -10 — глубокие, -6 — средние (по глубине), -3,5 — мелкие (по глубине; граница дниц и бортов); 8 — внебассейновые части — водные зоны осадочных бассейнов; **обрамления:** 9 — платформенные, 10 — орогенные; 11 — разрывы, расчленяющие нефтяные границы;
перспективы и установленная нефтяноспособность: зоны, участки, наиболее благоприятные для нефтянонакопления: Н — нефти, НГ — нефти и газа, ГН? — газа и возможно нефти, Г — газа, газоконденсата, Б — природного битума, 12 — газогидратов; **тектоническая специфика перспективных объектов:** 13 — седловины, перегибы, 14 — складчатые зоны, участки, 15 — соляные диапиры; **уникальные и крупнейшие в регионе месторождения нефтяных:** 16 — нефти, 17 — нефти с газом, 18 — газа, 19 — газоконденсата, 20 — природного битума;
нефтяные бассейны: нефтегазоносные, нефтегазовые (НГБ), газонефтегазовые (ГНБ), битумо-нефтегазоносные (БНГБ), газонефтебитумоносные (ГНББ), битумоносные (БТБ), нефтяные (НДБ), перспективно нефтегазоносные (ПНГБ), возможно нефтегазоносные (ВНГБ), мегабассейны (МНГБ, мНДБ, мПНГБ, мВНГБ), суббассейны (сНГБ, сГНБ, сБНГБ, сНДБ, сПНГБ);
окраинно-континентальные бассейны — почти полностью на континентальной земной коре: преимущественно на допалеозойской консолидированной континентальной земной коре, шельфовые, частично наземные: 1—7 — Баренцевский мНДБ: 1—2 — Западно-Баренцевская группа ПНГБ: 1 — Надеждинский, 2 — Нордкапский; 3 — Восточно-Баренцевский НДБ (НГБТБ), включающий суббассейны: 3.1 — Южно-Баренцевский сНГБТБ, 3.2 — Северо-Баренцевский сНГБ, 3.3 — Северо-Восточно-Баренцевский сПНГБ; 4—7 — Северо-Карская группа ПНГБ: 4 — Воронина, 5 — Центральный, 6 — Седова, 7 — Арктический Института; 8 — Лаптевский ПНГБ, включающий суббассейны: 8.1 — Северо-Лаптевский, 8.2 — Устьленский, 8.3 — Буорханский, 8.4 — Южно-Лаптевский; **преимущественно на досреднепалеозойской и допалеозойской консолидированной земной коре, шельфовые, частично наземные (на континентальной земной коре), и океанские (на переходной коре):** 9 — Вилькицкий шельфовый и океанский ПНГБ (мПНГБ), включающий суббассейны: 9.1 — Западно-Новосибирский, 9.2 — Восточно-Новосибирский (Северный), 9.3 — Толля (на переходной коре океана) — Северо-Западно-Вилькицкий (шельфовый), 9.4 — Восточно-Сибирский, 9.5 — Северо-Чукотский; 10 — Восточно-Чукотский — Арктико-Аляскинский шельфово-наземный НГБ; суббассейны: 10.1 — Восточно-Чукотский шельфовый сПНГБ, 10.2 — Арктического склона Аляски наземный сНГБ; 11 — Анисинский шельфовый ВНГБ; **преимущественно на мезозойской консолидированной континентальной земной коре, шельфовые ВНГБ:** 12 — Благовещенский, Южно-Чукотская группа: 13 — Лонга, 14 — Шмидтовский, 15 — Хоуп;
внутриконтинентальные бассейны — на континентальной земной коре: на допалеозойской консолидированной земной коре, преимущественно наземные: 16 — Ухтинский НГБ, 17 — Енисей-Хатангский ГНБТБ, 18 — Анабаро-Ленский БНГБ, суббассейны: 18.1 — Суханский БТБ, 19 — Лено-Вилькицкий ГНБ; **на палеозойской консолидированной земной коре:** 20 — Западно-Сибирский наземно-шельфовый мНБ; суббассейны: 20.1 — Южно-Карский шельфовый сГНБ;
окраинно-океанские, частично континентально-склоновые бассейны, преимущественно на океанской, частично на континентальной земной коре: на позднемиоценовой—кайнозойской, преимущественно океанской, частично на допалеозойской континентальной консолидированной земной коре: шельфовые континентально-склоновые и окраинно-океанические бассейны: 21 — Тромсе-Хаммерфест ГНБ, 22 — Бьернея ПНГБ; окраинно-океанические, частично шельфово-континентально-склоновые ВНГБ: 23 — Лофотенский, 24 — Восточно-Гренландский, 25—26 — Евразийский мВНГБ; 25 — Нансенский, 26 — Амундсенский; **на юрско-меловой океанской коре, частично на досреднепалеозойской и допалеозойской континентальной консолидированной земной коре:** окраинно-океанические, частично шельфовые континентально-склоновые и шельфовые бассейны: 27 — Нувук (сПНГБ — часть Канадского мВНГБ-ПНГБ);
внутриокеанические бассейны на океанской и переходной земной коре: на меловой переходной консолидированной земной коре: 28 — ВНГБ Макарова; **на юрской преимущественно океанской консолидированной земной коре:** 29 — ВНГБ Северного полюса (часть Канадского мВНГБ-ПНГБ).
Наиболее перспективные объекты (площади, структуры): А — Франца-Иосифа, Б — Горбовская, В — Пахтусовская, Г — Русская, Д — Шмидта, Е — Литке, Ж — Рагозинская, И — о.Песчаный, К — Муора, Л — Восточно-Делонговская, М — Северо-Западно-Врангелевская, Н — Центрально-Вилькицкая.
Гребни. Межбассейновые гребни: Г-1 — Центральноренцевский (Федынско-Персейский), Г-2 — Северо-Баренцевский (Виктория-Франца-Иосифа), Г-3 — Восточно-Баренцевский (Ушакова-Визе), Г-4 — Новоземельский, Г-5 — Хорейверско-Возейский, Г-6 — Тиманский, Г-7 — Кольско-Скандинавский, Г-8 — Уральский, Г-9 — Северо-Карско-Северо-Земельский, Г-10 — Таймырский, Г-11 — Северо-Сибирский (Меж-Южно-Северо-Карский), Г-12 — Восточно-Быранско-Петровский, Г-13 — Западно-Лаптевско-Интенсивный, Г-14 — Восточно-Лаптевский, Г-15 — Лено-Таймырский, Г-16 — Анабаро-Хатангский, Г-17 — Оленекский, Г-18 — Верхоянский, Г-19 — Ломоносовский, Г-20 — Менделеево-Чукотского плато-бордерленда, Г-21 — Меж-Вилькичко-Центральночукотский, Г-22 — Де-Лонга-Котельно-Врангелевский, Г-23 — Барроу, Г-24 — Брукса, Г-25 — Ляховско-Оленийский, Г-26 — Южно-Чукотский, Г-27 — Мона-Книповская, Г-28 — Гаккеля.
Уникальные и крупнейшие месторождения нефтяных: 1 — Штокмановское, 2 — Ледовое, 3 — Харьягинское, 4 — Возейское, 5 — Усинское, 6 — Ярегское, 7 — Вуктыл, 8 — Северо-Гуляевское, 9 — Приразломное, 10 — Русановское, 11 — Ленинградское, 12 — Харасавей, 13 — Крузенштерн, 14 — Бованенко, 15 — Северный Тамбей, 16 — Южный Тамбей, 17 — Ямбург, 18 — Медвежье, 19 — Северный Уренгой, 20 — Уренгой, 21 — Заполярное, 22 — Комсомольское, 23 — Талинское (Красноленинское), 24 — Восточный Анабар, 25 — Оленек, 26 — Центральный Оленек (26а — Солооли, 26б — Куойк), 27 — Западный Сак, 28 — Угю, 29 — Прадхо Бей.

7. Отрицательный фактор для нафтидонакопления — пониженный аккумуляционный потенциал бассейна из-за плоского структурного рельефа склонов в придепоцентральном днище, лишенных емких антиклинальных ловушек во впадинах, но появляющихся лишь на седловинах (Лудловская, Горбовская), западном крыле Северо-Баренцевской впадины, а также в Предновоземельской складчатой зоне, осложненной Адмиралтейским мегавалом и складками на внешней периферии Новоземельской складчатой системы. Общий аккумуляционный потенциал НдБ может быть существенно увеличен за счет неантиклинальных стратиграфически экранированных ловушек. Они должны быть широко распространены и иметь большое поисковое значение, прежде всего, на приподнятых частях склонов НдБ (Франца-Иосифа, Адмиралтейский, Центрально-Баренцевский, Печороморский), где сейсмикой и бурением установлены крупные несогласия, особенно в разрезе палеозоя [1].

8. Изученность Восточно-Баренцевского бассейна высокая на южной Печорской центроклинали и в погруженной части бассейна, но совершенно недостаточная на важнейшей антеклизе Франца-Иосифа (с ожидаемым плотным размещением разных по морфологии и консервации ловушек), частично на Центрально-Баренцевском поднятии и в зонах развития локальных поднятий, в особенности седловинных.

9. Ожидаемая плотность начальных суммарных извлекаемых ресурсов НдБ может быть 30 тыс.т УВ на 1 км². Предполагается открытие почти 12 уникальных месторождений, в том числе 2—3 нефтегазовых (наиболее вероятно на антеклизе Франца-Иосифа и в Центрально-Баренцевском поднятии за пределами спорной зоны) и 8—10 газоконденсатных (на седловинах, западном крыле Северо-Баренцевской впадины, Адмиралтейском мегавалу и Печороморском блоке). Исходя из обширных благоприятных для нефтенакпления окраин НдБ, доля нефти в ресурсах УВ, скорее всего, повышена.

Ожидаемая плотность ресурсов УВ (тыс.т на 1 км²) колеблется от 19—20 в осях впадин до 100—150 на седловинах и 50—80 тыс.т на 1 км² на поднятиях Земли Франца-Иосифа и Адмиралтейское; в Печороморском блоке — 30. Предполагаемая доля нефти в ресурсах также должна сильно изменяться: от очень незначительной (2—3%) в приглубокоднищевой газоносной части бассейна — впадинах до очень большой (≥30%) на поднятиях с вероятным преобладанием нефти в ресурсах Центрально-Баренцевского поднятия и особенно антеклизы Франца-Иосифа (75%). За счет ухудшенной консервации скоплений здесь должна происходить потеря значительной части газа. Первоочередной задачей дальнейших работ должно быть региональное изучение антеклизы Франца-Иосифа с комплексными геофизическими работами по системе из шести профилей, опирающихся на параметрические скважины и выход с поисковыми скважинами на Горбовскую седловину, запад Северо-Баренцевской впадины и Адмиралтейский мегавал. Все это может привести к открытию уникальных газоконденсатных месторождений.

Лаптевский перспективный нефтегазонасыщенный бассейн (ПНГБ) находится на центроклинальном сочленении Евразийского глубокоководного океанического бассейна с Лено-Анабарским мегапрогибом погруженной части Сибирской платформы. Такая торцовая позиция отразилась на активном кайнозойском рифтогенезе ПНГБ (Грачев, 1973; И.С.Граммберг, Р.М.Деменицкая, С.П.Секретов,

1990). Боковые ограничения бассейна — ранние киммериды Быррангской системы южного Таймыра на западе и поздние киммериды выступов позднекиммерийской Новосибирско-Чукотской плиты на востоке. Основная глубоко опущенная западная часть ПНГБ находится на эпикарельской Лаптевской плите, представляющей собой отторженное приразломной Лено-Таймырской коллизионной мегазоной поднятий погруженное окраинно-шельфовое продолжение Сибирской платформы. Меньшая восточная приподнятая часть Лаптевского ПНГБ расположена на покое ступени молодой плиты. На севере граница между Лаптевским ПНГБ и океаническим Евразийским мВНГБ нечеткая, остальные выражены четче.

Размеры Лаптевского ПНГБ средние на российском арктическом шельфе (площадь 200 км², объем осадков 1780 км³) за счет большой толщины чехла (до 14 км, в среднем 8,8 км). Бассейн имеет полузамкнутую морфологию, мелкое дно (около 50 м), бесперспективные острова на окраинах мезозойского сложением складчатого основанием, а на южной окраине — благоприятные для поисков нефти чехольные острова Песчаный и Дунай. Море умеренно суровое в ледовой обстановке и труднодоступное из-за удаленности от европейских и азиатских портов России, но при этом имеет действующий порт Тикси. Скорее всего, море может быть использовано для организации внутренней добычи нефти и, возможно, ее переработки в Тикси (Б.А.Клубов, 1993) с целью разрешения проблемы северного завоза топлива на значительную часть арктического побережья страны. В бассейне развита сеть региональных работ МОГТ, но бурение в его пределах не проводилось.

Многими авторами бассейн признается благоприятным для нефтенакпления, учитывая его сходство с нефтеносными ареалами Сибирской платформы и положительное воздействие молодого кайнозойско-позднемиоценового рифтогенного прогибания на сохранение и реализацию нефтяного потенциала разных частей осадочного чехла. На море зафиксированы многочисленные проявления термически генерированного газа, вероятно, мигрировавшего из глубоко залегающих осадков (B.Cramer, 1998; S.Neben, H.A.Roeser, B.Cramer, G.Delisle, 1998).

В связи с рифтогенезом в море Лаптевых развита система узких рифтогенных грабенов и горстов с резко расчлененной региональной структурой поверхности фундамента, опущенного в грабенах до 12—14 км и поднятого на разделяющих их горстах до 4—6 км. Осадочный чехол Лаптевского ПНГБ состоит из трех главных комплексов: верхнепротерозойско-среднепалеозойского карбонатно-терригенного, частично, возможно, соленосного толщины 4—7 км, верхнепалеозойско-нижнемелового терригенного толщины 1—2 км и верхнемелового—кайнозойского терригенного толщиной до 5 км. Два нижних комплекса имеют шельфовую природу, верхний — рифтовую.

Положение о том, что складчатый фундамент Лаптевского бассейна, в т.ч. в его западной части, связан с мезозойской консолидацией (С.С.Драчев, 2000, [8]), крайне дискуссионно, не укладывающееся в скоростные характеристики осадочного выполнения, подтверждающие их до-мезозойский возраст, как это обосновывалось специалистами по сейсмике (МОГТ, КМПВ, МОВЗ) в течение многих лет (Г.П.Аветисов, Е.А.Ашихмина, Ю.Б.Гусева, 1994; В.Л.Иванов, 2000; Н.М.Иванова, С.Б.Секретов, С.И.Шкарубо, 1989; Б.И.Ким, 1998; Д.В.Лазуркин, 1988; С.Б.Секретов, 1998). Эти представления сохраняют свою значимость

и в настоящее время, несмотря на то, что точка зрения о том, что мезозойское складчатое основание распространено во всем море Лаптевых, была положена в основу интерпретации природы Лаптевской плиты в капитальном труде и на тектонической карте, изданной в Институте литосферы окраинных и внутренних морей РАН [3].

Специфические особенности ПНГБ (С.Б.Секретов, 1998; К.А.Клещев, К.Н.Кравченко, В.С.Шейн и др. [10]) — широкий диапазон возможной нефтегазоносности толстого осадочного чехла (верхний протерозой—кайнозой), содержащего эффективные нефтегазопроизводящие толщи и благоприятные природные резервуары; развитие наряду с пологими, возможно, нефтегазоносными зонами и ловушками, также и пологоскладчатых, блоковых, возможно, солянокупольных и горст-грабенных рифтогенных зон и ловушек большой амплитуды; преобладание карбонатных пород (включая рифовые) в нижней части чехла и терригенных — в верхней. В верхней должны быть развиты дельтовые, авандельтовые и фэновы коллекторско-флюидоупорные осадки. Присутствие многочисленных битумо-нефтегазопоявлений, в т.ч. гигантских проявлений асфальтов (Оленек, Восточный Анабар, Рассоха), на поднятых, обрамляющих ПНГБ элементах, указывает на широкие масштабы миграции УВ, включая жидкие. В восточную часть дельты р.Лена, по данным МОВЗ и КМПВ (Г.П.Аветисов, Е.А.Ашихмина, Ю.Б.Гусева, 1989, 1994), заходит южное звено высокоперспективного Устьленского мегапрогиба-рифта — впадина Буорхая с глубоко погруженным (до 15 км) фундаментом и аномально мощным (3—4 км) молодым осадочным чехлом позднего мела—кайнозоя, в котором выделяются высокоперспективные дельтовые фации (В.П.Гаврилов, 1992 [5], Г.Е.Яковлев, В.Е.Корпорулин, 1996; [5]). Приуроченность наиболее активной части современной дельты р.Лена к глубоко погруженной части впадины Буорхая говорит о длительном унаследованном развитии гигантской речной дельты — возможного аккумулятора УВ в мелу—кайнозое.

В западной части дельты р.Лена, на юго-восточном продолжении Трофимовского вала намечается обширный свод Муора. По данным МОВЗ, он отличается резким сокращением мощности верхней части чехла (0,6 км по подошве перми) и поднятым до менее 6 км положением поверхности фундамента. Свод Муора, обладающий обширной нефтегазосборной площадью и, вероятно, большим аккумуляционным потенциалом — наиболее интересный объект для оценки возможной нефтеносности средне-нижнепалеозойских, а возможно, и верхнепротерозойских отложений. В сходных условиях находится и более мелкое поднятие на о.Песчаный. Пермские и мезозойские отложения наиболее перспективны в восточной части дельты р.Лена, где пока не выявлены крупные положительные структуры.

В связи с оттеснением жидких УВ газоконденсатных систем из глубокопогруженных зон Лаптевского ПНГБ в его приподнятые части, там ожидается усиленное нефтенакопление. Умеренно приподнятые наземные элементы находятся на островах южной части моря Лаптевых и в дельте р.Лена. Первоочередные объекты — два региональных поднятия, намечаемые в дельте р.Лена, на островах Дунай на приподнятой юго-восточной периклинали Трофимовского мегавала — свод Муора и поднятие о.Песчаный — на погруженной северо-западной части Песчано-Сардахского мегавала, который является крупным

гребнем — погребенным разделом между Лаптевским и Анабаро-Ленским бассейнами*.

В обоих объектах перспективны средняя и нижняя части осадочного чехла, в т.ч. регионально нефтеносные на Сибирской платформе верхнепротерозойско-кембрийские карбонатные отложения, с которыми связаны уникальные скопления природного битума на периферии Анабарского щита и вершине Оленекского свода. Перспективны также девонские карбонатные и каменноугольные терригенные отложения. На о.Песчаный особенно вероятно сохранение залежей нефти в девонских карбонатах, по всей вероятности давших начало мелким эпигенетическим нефтяным скоплениям в пермских и триасовых отложениях Нордвикско-Южно-Тигянской группы полупромышленных месторождений. Генетическая связь Южно-Тигянской нефти В.А.Каширцевым, А.Э.Конторовичем, Р.П.Филпом и другими (1999) намечается с соленосными девонскими отложениями. Более высокие горизонты чехла, в т.ч. нефтеносные и битуминозные пермские, а также вышележащие мезозойско-кайнозойские отложения перспективны в глубоко погруженной восточной части дельты р.Лена, входящей в рифтогенную впадину Буорхая, находящуюся на южном продолжении Устьленского рифта. Ожидаемые колонки западной и восточной частей дельты р.Лена представлены на рис. 2. Следует подчеркнуть большое значение неантиклинальных ловушек и зон нефтегазонакопления, в первую очередь стратиграфически экранированного типа, на приподнятой южной периферии бассейна.

Таким образом, в Лаптевском ПНГБ преобладают положительные для потенциала нефтегазоносности факторы: большой объем генерированных, в т.ч. жидких УВ, активизация его выделения из материнских пород и водорастворенных газов при новейшем кайнозойском рифтогенезе, оптимальная структурная дислоцированность чехла, обилие ловушек, благоприятных для УВ, в т.ч. нефтеносных, близкая аналогия с условиями, свойственными нефтегазоносным бассейнам Сибирской платформы, улучшенными в ПНГБ в кайнозое. Единственный серьезный отрицательный фактор — повышенная нарушенность чехла сбросами, по которым могли активизироваться новейшие подвижки флюидов и потери УВ.

Ожидаемые плотности прогнозных ресурсов УВ Лаптевского ПНГБ (20—100 тыс.т/км², в среднем 38 ед.) и доля нефти в составе УВ (30%) близка средним величинам для всего российского арктического шельфа. Максимальная плотность ресурсов прогнозируется (тыс.т/км²) в дельте р.Лена (100), меньшие, но близкие значения должны быть на Песчано-Сардахском мегавале (70). Ожидается открытие трех—четырех уникальных месторождений газа (восток дельты р.Лена, Центрально-Лаптевский вал) и нефти—газа (западная часть дельты р.Лена, менее вероятно — о.Песчаный), где планируются региональные геофизические работы и подготовка МОГТ заложения первоочередных параметрических скважин.

Вилькицкий перспективно-нефтегазоносный бассейн (ПНГБ) занимает большие северные части Восточ-

*Д.В.Лазуркин обоснованно отметил сходство Южно-Лаптевского сводового поднятия со сводом Барроу, на котором находится крупнейшая зона нефтегазонакопления [13]. Подобное сходство отмечалось и нами для Земли Франца-Иосифа в Баренцевом море и Восточно-Делонговской периклинали в Восточно-Сибирском море.

Масштаб мощности, км	Возраст	Литоология	Мощность, км	Природные резервуары	Содержание C _{орг} и тип ОВ	Катагенез ОВ, преобразование и метаморфизм пород	Возможные нефтегазопроизводящие толщи	Прогнозируемое распределение наиболее вероятных залежей УВ
1	N?							
2	P?		3,4		Повышенное содержание преимущественно гумусового ОВ	ПРОТОКАТАГЕНЕЗ	Катагенетически незрелая потенциально газонефтематеринская толща	
3	K ₂ ?							
4	K ₁		0,8				Возможны залежи УВ под региональным (вверху) и локальным (внизу) флюидоупорами	
5	J		0,6				Вероятная нефтегазо-производящая толща	
6	T		0,6				Вероятная нефтегазо-производящая толща	
7	P		1,0		Повышенное содержание гумусово-сапропелевого ОВ	МЕЗОКАТАГЕНЕЗ	Одна из основных нефтегазо-производящих толщ	Вероятны залежи УВ, в том числе жидких
8	C ₂₋₃		0,7					Возможны преимущественно газоконденсатные и газовые залежи при наличии емких коллекторов
	C ₁		2,2			АПОКАТАГЕНЕЗ	Вероятна генерация высокотемпературного газа и конденсата	

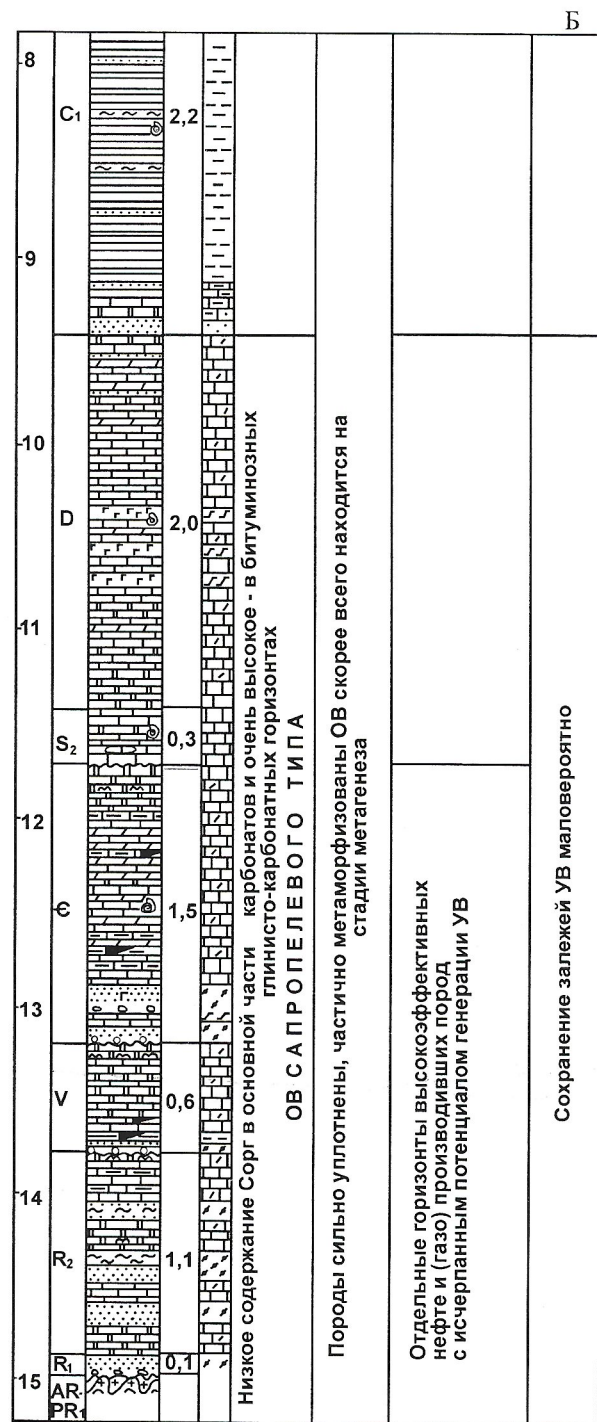


Рис. 2. Прогнозная колонка западной — свод Муора (А) и восточной — Усть-Ленский рифт (Б) частей дельты р. Лены:

1 — конгломераты; 2 — песчаники; 3 — алевролиты; 4 — глины, аргиллиты; 5 — глинистые сланцы; 6 — известняки; 7 — известняки глинистые; 8 — известняки кремнистые; 9 — доломиты; 10 — известняки, доломиты коралловые, водорослевые, биогермные; 11 — мергели; 12 — угли; 13 — битуминозные известняки; 14 — линзы, конкреции пород иного состава (доломитов, известняков); 15 — лавы основного состава (траппы); 16 — туфы основного состава; 17 — кристаллический фундамент; 18 — флора; 19 — фауна; природные резервуары: терригенные: 20 — коллекторы, 21 — коллекторы низкоемкие, 22 — преимущественно коллекторы, 23 — флюидоупоры, 24 — преимущественно флюидоупоры, 25 — равномерное переслаивание коллекторов и флюидоупоров; карбонатные: 26 — коллекторы, 27 — низкоемкие, плотные карбонатные породы; карбонатно-терригенные: 28 — коллекторы; переслаивание: 29 — карбонатных коллекторов и глинистых флюидоупоров, 30 — карбонатных, терригенных коллекторов и глинистых флюидоупоров, 31 — вулканогенные флюидоупоры, траппы

но-Сибирского и Чукотского морей и в отличие от остальных НдБ шельфа также небольшую часть Северного Ледовитого океана. Ему присущи наибольшая площадь (980 тыс. км²), максимальные мощности (до 20 км, в среднем 7,7 км) и объем (7500 км³) чехла, с чем связан огромный нефтегазовый потенциал ПНГБ.

Данный бассейн — наиболее труднодоступный на российском арктическом шельфе. Он находится в суровых климатических условиях с постоянными льдами на море, выгодно характеризуется малыми глубинами морского дна (50 м), которые особенно важны на дальнюю перспективу использования подводных транспортных и буровых средств. Море имеет довольно много островов с обнаженным на поверхности консолидированным складчатым основанием и поэтому бесперспективных с точки зрения нефтегазоносности. Исключение составляют о-ва Новая Сибирь и Фаддеевский, сложенные пологоскладчатыми мезозойско-кайнозойскими отложениями, которые могут представлять интерес в отношении нефтегазоносности (особенно учитывая возможность наземного бурения). Не исключена также вероятность ограниченных перспектив северной, захороненной в поднадвиге, равнинной части о. Врангеля.

Вилькицкий ПНГБ изучен меньше других на шельфе. Он неравномерно покрыт сейсмикой МОГТ, сконцентрированной преимущественно в Чукотском море и представленной лишь отдельными региональными профилями в Восточно-Сибирском море. Бурение не проводилось.

В основании Вилькицкого ПНГБ находится одноименный мегапрогиб (мегарифт) и обращенные к нему склоны поднятий, входящих в Восточно-Арктическую древнюю, меньше Новосибирско-Чукотскую молодую плиты и частично Трансарктический мост Северного Ледовитого океана.

Осадочное выполнение бассейна (Ю.К.Бурлин, Б.А.Соколов, 1998; В.В.Верба, В.Э.Волк, Б.Х.Егизаров и др., 1988; В.В.Иванов, Л.В.Гревцев, О.В.Щербань, 1988, О.В.Иванова, К.Н.Кравченко, 2000 и др.) в различной степени преобразовано; наиболее сильно — на поднятиях, прилегающих к мезозоидам, менее всего — в мегарифтовом опускании. Самая погруженная сверхглубоководнищевая (≥ 15 км по поверхности фундамента) часть бассейна приурочена к восточной, Северо-Чукотской, части мегапрогиба. В западном направлении в середине бассейна возрастает доля молодого, кайнозойско-позднемиоценового, комплекса и сокращается толщина средне-верхнепалеозойских отложений. Срединная часть бассейна в целом слабо структурно дифференцирована, но в ее крайней юго-восточной части выделяется Южно-Вилькицко-Пригеральдское поднятие. Срединная надглубоководнищевая часть бассейна представляет собой макроклиноформу, созданную, главным образом, в результате раннемиоценового (апт-альбского) рифтогенеза. Допускается также и более ранний, допермский, возможно, средне-раннепалеозойский этап рифтогенеза, проявившийся по крайней мере в северо-чукотской части бассейна.

Малые глубины моря, деградация современного осадочного накопления в сочетании с редкими субаквальными эрозийными долинами, выносящими осадки в океан, свидетельствует о современном аплифте и отмирании бассейна. Примечательна противоположная направленность погружения на сочленении шельфа и океана континентального склона (наклоненного на север) и основания осадочного чехла (наклоненного на юг) на большей центральной и северной частях Вилькицкого ПНГБ.

Наиболее перспективны на газ перемиčky, осложняющие наиболее погруженные части Вилькицкого мегарифта: Юго-Восточно-Делонговская, Центрально-Вилькицкая, Центрально-Новосибирская с широким сквозьрезервуарным, существенно вертикальным, перераспределением избыточно генерированного нижнего высокотемпературного газа. На нефть наиболее перспективны слабо преобразованные части прилегающих поднятий, в особенности восточная периклиналь антеклизы Де-Лонга и опущенная часть Северо-Врангелевско—Северо-Геральдской мегаупени (Северо-Западно-Врангелевский вал), куда были латерально отеснены нефтегазоконденсатные растворы, содержащие жидкие УВ. Ожидается большая роль неантиклинальных стратиграфически экранированных ловушек, особенно на приопущенной периферии Де-Лонговской антеклизы и Северо-Врангелевско—Северо-Геральдской мегаупени.

К числу основных факторов, влияющих на нефтегазоносность Вилькицкого ПНГБ относится большой объем УВ (газ и нефть), генерированных зрелым ОВ в разных частях чехла: от субплатформенного карбонатно-терригенного палеозоя до рифтогенного терригенного мела и ожидаемая дифференциация, вероятно, уникального газонакопления в надглубоководнищевых седловинах, а нефти — в приподнятых частях дна и приопущенных крыльевых частях бортов ПНГБ. Отрицательные моменты — плоский рельеф опущенных частей склонов ПНГБ в днще, и усиленная преобразованность пород поднятых частей склонов ПНГБ, снижающих аккумуляционный потенциал соответственно для газа и нефти. Поэтому ожидаемая плотность прогнозных ресурсов УВ Вилькицкого ПНГБ была снижена в три раза по сравнению со средними величинами для российского арктического шельфа (до 14,5 тыс. т/км²) при повышенной доли нефти в УВ (до 29%). Предполагается открытие четырех—семи уникальных месторождений, половина из которых относится к нефтегазовым. Наиболее вероятно обнаружить уникальные месторождения в Центрально-Вилькицкой и Юго-Восточно-Делонговской седловинах (газ), на Северо-Врангелевско—Северо-Геральдской мегаупени, Восточно-Делонговской периклинали (нефть—газ). Предлагается комплекс региональных геофизических работ и их детализация на возможном в дальнейшем параметрическом бурении в пределах наиболее перспективных на нефть площадей, по всей вероятности, Северо-Западно-Врангелевской и Восточно-Делонговской.

Южно-Карский нефтегазоносный суббассейн (сГНБ) Западно-Сибирского ГНБ — значительная северная составная часть Западно-Сибирского бассейна, занимающая южную акваторию Карского моря. На севере суббассейн оконтурен низкорослыми складчатыми сооружениями герцинид Урала и ранних киммерид Новой Земли и Быррангской системы Таймыра, разобщенных погребенным разломом на Северо-Сибирском валу. Южная граница, отделяющая акваториальный суббассейн от основной наземной части Западно-Сибирского ГНБ, погребенная и недостаточно четко выраженная. Она проходит по вершине Нурминско-Притаймырской седловинной антеклизы, разделяющей Южно-Карскую и Ямало-Тазовскую синеклизы.

Южно-Карский суббассейн имеет средние для шельфовых НдБ размеры: площадь 300 тыс. км² и объем осадочного выполнения при погруженности его основания до 14 км, в среднем 7 км составляет 2100 тыс. км³. При непостоянных льдах море отличается беспокойным до штормового волновым режимом. Глубина дна увеличивается с юга на

север от 50 до 540 м у Новой Земли. Изученность суббассейна средняя. Создана плотная сеть региональных профилей МОГТ и пробурены четыре скважины, на двух из которых открыты уникальные газоконденсатные месторождения Русановское и Ленинградское. Суббассейн относится к среднедоступным, учитывая близость европейской части шельфа и развитую нефтегазовую инфраструктуру в наземной части Западно-Сибирского ГНБ.

Общая исключительно благоприятная нефтяная позиция Южно-Карского суббассейна в срединной, структурно четко расчлененной, насыщенной ловушками с оптимальным строением чехла части Западно-Сибирского ГНБ, наряду с первыми открытиями уникальных газоконденсатных месторождений, бесспорно, свидетельствует о значительных прогнозных ресурсах газа и конденсата в ее недрах [2—7, 9, 12, 15, 17—19].

В осадочном выполнении суббассейна основная роль принадлежит юрско-меловому терригенному комплексу толщиной до 7 км, представляющему собой выполнение надрифтовой депрессии, отмершей в кайнозое. Пермо-триасовые рифтогенные (2—3 км) и палеозойские до-рифтовые (2,5—5,5 км, Т.А.Владимирская, 1995) отложения, по всей вероятности, образуют промежуточный структурный этаж.

Осадочное выполнение Южно-Карского суббассейна имеет крупноблоково-пликативное строение. Региональные структуры представлены глубокой (более 14 км по поверхности фундамента) осевой Пухучанско-Белоостровской рифтовой системой, окаймленной с севера опущенной Русановско-Кропоткинской погруженной и Литке поднятыми ступенями, а с юго-востока — блоковым поднятием Шокальского (или Неупокоевского). Приокраинные структуры представлены протяженными моноклиналими. Региональные элементы крупноамплитудные (более 1 км), простираются преимущественно с юго-запада на северо-восток, параллельно Новоземельской системе и поперек простираения наземных Западно-Сибирских структур. На их продолжении прослеживаются крупноамплитудные осложнения основных структур, ориентированные диагонально с юго-востока на северо-запад. На Русановско-Кропоткинской мегаступени образуются горст-антиклинальные структурные носы, воздымающиеся на северо-запад, и рифтогенные полупрогибы, раскрывающиеся на юго-восток.

В Южно-Карском суббассейне обнаружены два уникальных газоконденсатных месторождения Русановское и Ленинградское. Месторождения многозалежные с пластовыми сводовыми залежами в нижнемеловых апт-альбских и сеноманских песчаных отложениях. Ловушки антиклинальные, крупные (50×30 км) высокоамплитудные (150—300 м), неглубоко залегающие (1,9—2,7 км). Балансовые запасы газа на двух месторождениях по категориям C_1 , C_2 и C_3 учтены в объеме по 4 трлн.м³. Оценки месторождений другими исследователями изменяются от 4 трлн.м³ (Я.П.Маловицкий, 1999 [14], Б.А.Никитин, Л.И.Ровнин, 2000 [17]) до 12 трлн.м³ (В.П.Гаврилов, 1992 [5]). На о.Белый из песчаников готерив-валанжина получены притоки нефти (1,27—2 м³/с) и свободного газа (50 тыс.м³/с).

Учитывая жесткие термобарические условия главного, существенно газо- и менее нефтематеринского, юрского комплекса с гумусо-сапропелевым ОВ, в фазовом состоянии скоплений УВ в Южно-Карском суббассейне значительная роль должна принадлежать нижней высокотемпературной газоконденсатной зоне, перераспределенной вверх по разрезу за счет вертикальной сквозьрезервуарной

миграции газа в различные горизонты юрских и меловых отложений. В глубоко погруженных триасовых и палеозойских отложениях наиболее вероятно обнаружение газовых и газоконденсатных залежей.

Нефтяная фазовая зона, вероятно, оттеснена в поднятые краевые зоны бассейна. При этом западная (припожновоземельско-припайхойская) и восточная (притаймырская) части представлены обширными моноκлиальными склонами, в которых условия аккумуляции нефти в целом ухудшены из-за дефицита ловушек. Весьма благоприятной для нефтенакпления обстановкой отличается северная бортовая зона, в которой выделена обширная ступень Литке, объединяющая более 10 антиκлиальных ловушек разного, в т.ч. крупного размера. Ступень уступообразно поднята над Южно-Карской синеклизой на 5 км и более по поверхности фундамента, на 1,5 км — по кровле юрских отложений и всего на 0,15—0,25 км — по кровле меловых отложений. На ступени полностью выклинивается синрифтовый триасовый комплекс и сокращаются мощности различных частей вышележащего плитного осадочного чехла, особенно юрских отложений. Есть все основания считать, что отмеченный уступ служит мощной зоной дегазации пластовых вод, что должно способствовать снижению вытесняющего эффекта жидких УВ газом нижней генерационной зоны и, соответственно, улучшению условий аккумуляции нефти над уступом на ступени Литке.

Учитывая вероятное выполаживание Притаймырской моноκлинали вблизи о.Сибириякова (глубина фундамента 3—5 км), этот участок суббассейна также весьма перспективен в отношении нефтеносности.

В целом надо отметить очень большой генерационно-эмиграционный (особенно для газа) и аккумуляционный потенциал суббассейна, обусловленный его четкой дифференциацией.

Параметры подсчета прогнозных ресурсов УВ Южно-Карского суббассейна приняты с учетом этих показателей для прилегающей наземной части Западно-Сибирского бассейна.

Предполагаемая плотность прогнозных ресурсов — максимальная на шельфе (132 тыс.т/км²), а доля нефти в составе УВ низкая (9%). Ожидается открытие почти 10 уникальных и суперуникальных месторождений, два из которых могут быть нефтегазовыми на преобладающем фоне газоконденсатных. Наиболее вероятное положение уникальных месторождений связывается со ступенью Литке, со всеми крупными блоково-пликативными поднятиями Русановско-Кропоткинской мегаступени, в т.ч. можно обнаружить нефтегазовое месторождение на приподнятой восточной части мегаступени, валу Шокальского (Неупокоева) и, возможно, Притаймырской моноκлинали, где помимо антиκлиальных предполагается развитие обширных стратиграфически экранированных ловушек. В этих районах намечаются комплексные геофизические работы и подготовка МОГТ мест заложения первоочередных параметрических скважин с повышенными на нефть перспективами (вероятно, Литке).

Малые перспективные и возможно перспективно-нефтегазоносные бассейны Северо-Карской ПНГБ- и Анисинско-Южно-Чукотской ВНГБ-группах. Малые, но глубокие перспективно-нефтегазоносные бассейны расположены в Северо-Карской группе (Воронина, Центральный, Седова, Арктического института) и на западной окраине Новосибирско-Чукотской плиты (Анисинский). В Северо-Карской группе осадочное выполнение представлено палеозой-

скими отложениями, вероятно, венчаемыми толстыми меловыми отложениями в ПНГБ Воронина и меловыми—кайнозойскими отложениями в Анисинском ВНГБ. Площадь этих бассейнов составляет 50—90 тыс. км². Около половины площади приходится на погруженные более 6 км части ПНГБ. Имеются острова в основном мало- и бесперспективные. Наибольший нефтегазопромысловый интерес, по-видимому, представляет ПНГБ Воронина из-за его приуроченности к окраинно-шельфовому желобу и наличия о.Шмидта с толстым, возможно, нефтеносным, чехлом. Плотность прогнозных ресурсов нефти и газа Северо-Карской группы ПНГБ намечена минимальной для оцененных бассейнов российского арктического шельфа (6 тыс. т/км²), а доля нефти в составе УВ порядка 23%.

Малые мелкие по глубине, скорее всего малоперспективные, возможно нефтегазоносные бассейны распространены на южной окраине эпимезозойской плиты (Благовещенский, Лонга, Шмидтовский, Хоуп ВНГБ). Они выражены в виде небольших «пятен» на обширных водоносных полях. Осадочное выполнение представлено преимущественно меловыми и кайнозойскими отложениями.

Наиболее перспективные объекты (площади, структуры) российского арктического шельфа. Детализация региональных исследований МОГТ и в дальнейшем бурение параметрических скважин предусматриваются в пределах перспективных объектов российского арктического шельфа, важнейшие из которых — площади Франца-Иосифа, Горбовская, Пахтусовская, Русская, Шмидта, Литке, Рагозинская, о.Песчаный, Муора, Восточно-Делонговская, Северо-Западно-Врангелевская, Центрально-Вилькицкая. Особо благоприятное для бурения положение занимают наиболее перспективные на нефть площади, расположенные в поднятых частях бассейнов не на море, а на островах (архипелаг Франца-Иосифа, острова Песчаный, Шмидта, возможно, Сибирякова, Новая Сибирь, соответственно, в морях Баренцево, Лаптевых, северной и южной частях Карского, Восточно-Сибирском) и дельте р.Лена (Муора). Для них важна незначительная преобразованность осадочных отложений поднятий.

Возможно нефтегазоносные бассейны внутренней части Северного Ледовитого океана относятся к числу обширных глубоких бассейнов, но лишь на ограниченных по площади окраинах заполненных наиболее толстыми осадками (Нансенский, Амундсенский, Канадский). Эти бассейны отличаются от материковых, в т.ч. окраинно-континентальных, рыхлым, почти неуплотненным чехлом со слабо преобразованным органическим веществом. Чехол молодой кайнозойский в первых двух бассейнах и меловой—кайнозойский — в третьем. Несомненно широко развиты огромные ресурсы газогидратов (В.А.Соловьев, 2000; К.А.Kvenvolden, 1994; M.D.Mah, A.Lowrie, 1993), но неясны потенциальные, по всей вероятности, низкие возможности свободного газа и нефтенакпления. Нефтегазоносность Бофортского бассейна, расположенного на отдаленном склоне Канадского океанического бассейна, повышает возможности газонефте-накопления на российских окраинно-океанических бассейнах, главным образом Евразийском. Практическая современная недоступность и перспективная неопределенность исключают океанические бассейны из резервного нефтегазового потенциала России.

Проведенный сравнительный анализ прогноза нефтегазоносности позволяет увеличить принятые ранее ресурсы ПНГБ восточного сектора шельфа: Лаптевского и Вилькицкого [14, 20] и возможность наметить вероятное разме-

щение уникальных месторождений УВ, в т.ч. газовых — на приглубоководнищевых частях бассейнов, а нефтегазовых — на приподнятых частях склонов НДБ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Баренцевская шельфовая плита* / Под ред. И.С.Грамберга. — Л.: Недра, 1988. Т. 196.
2. Белонин М.Д., Новиков Ю.Н., Соболев В.С. Концепция и предварительные результаты прогноза крупнейших месторождений нефти и газа на Арктическом шельфе России // *Геология нефти и газа*. 2001. № 1. С. 3—18.
3. Вяхирев Р.И., Никитин Б.А., Гриценко А.И. и др. Актуальность выявления и освоения месторождений газа и нефти на шельфе России. — М.: ООО «Газойл пресс», 2000.
4. Гаврилов В.П. Концепция освоения нефтегазовых ресурсов континентального шельфа России // *Минеральные ресурсы России*. 1992. № 1. С. 20—24.
5. Глузов И.Ф., Мурзин Р.Р., Мирчинк И.М. и др. Концепция изучения и освоения углеводородных ресурсов морской периферии России в новых экономических условиях // *Мировой океан: Минеральные ресурсы Мирового океана, Арктики и Антарктики*. Вып. 3. — М., 2001. С. 18—27.
6. Грамберг И.С., Додин Д.А., Лавров Н.П. и др. Арктика на пороге третьего тысячелетия (ресурсный потенциал и проблемы экологии). — С-Пб.: Наука, 2000.
7. Драчев С.С. Тектоника рифтовой системы дна моря Лаптевых // *Геотектоника*. 2000. № 6. С. 43—58.
8. Иванова А.М., Супруненко О.И., Ушаков В.И. Минерально-сырьевой потенциал шельфовых областей России. — С-Пб., 1998.
9. Клещев К.А., Кравченко К.Н., Шейн В.С. и др. Геологическое обоснование региональных работ на нефть и газ на арктическом шельфе России // *Геология, геохимия, геофизика и разведка нефти и газа*. — М., 1998. С. 125—148.
10. Кравченко К.Н. Об онтогенетическом нефтяном сходстве мегавала Барроу с уникальными месторождениями на Аляске и высокоперспективной на нефть антеклизой Франца-Иосифа в Баренцевом море // *Отечественная геология*. 2001. № 3. С. 3—10.
11. Кравченко К.Н., Иванова О.В., Бурлин Ю.К., Соколов Б.А. Нафтидное районирование российских арктических акваторий в связи с размещением и поисками уникальных месторождений нафтидов // *Геология, геофизика и разведка нефтяных месторождений*. 2000. № 11. С. 2—10.
12. Лазуркин Д.В. Предпосылки формирования зоны нефтегазоносности в южной части моря Лаптевых // *Освоение шельфа арктических морей России*. Ч. 1: Тр. третьей конференции. — С-Пб., 1998. С. 264—266.
13. Маливицкий Я.П. Основные проблемы развития морской нефтегазовой подотрасли в России // *Минеральные ресурсы России. Экономика и управление*. 1999. № 5. С. 27—33.
14. Мирчинк И.М., Григоренко Ю.Н., Соболев В.С. Зональный прогноз в практике морских геологоразведочных работ на нефть и газ // *Современные проблемы геологии нефти и газа*. — М.: Научный мир, 2001. С. 106—112.
15. Мусатов Е.Е. Неотектонические критерии нефтегазоносности Баренцево-Карского шельфа // *Геология и разведка*. 1997. № 3. С. 43—51.
16. Никитин Б.А., Захаров Е.В. Перспективы нефтеносности недр шельфа Баренцева, Карского морей и моря Лаптевых // *Газовая промышленность*. 2000. № 9. С. 25—27.
17. *Объяснительная записка к тектонической карте морей Лаптевых и севера Сибири (масштаб 1:2 500 000)* / Под ред. Н.А.Богданова, В.Е.Хаина. — М., 1998.
18. Ремизов В.В., Дмитриевский А.Н., Контарович А.Э. и др. Системный подход к освоению месторождений Крайнего Севера Сибири // *Газовая промышленность*. 2000. № 4. С. 18.
19. *Скоробогатов В.А. Мировой газовый потенциал // Новые идеи в геологии и геохимии нефти и газа. Нефтегазовая геология в XXI веке: Мат-лы пятой междунар. конф. Ч. II.* — М., 2001. С. 432—434.
20. Grace J.D. Russian gas resource base large, overstated, costly to maintain // *Oil & Gas Journal*. 1995. Vol. 93. № 6. P. 71—74.

Геология и петрология Бураковского расслоенного интрузива

М.М.ЛАВРОВ, Н.Н.ТРОФИМОВ, А.И.ГОЛУБЕВ, В.Д.СЛЮСАРЕВ (Институт геологии Карельского НЦ РАН)

Расслоенные перидотит-габбро-норитовые интрузивы (2,5—2,4 млрд.лет) широко распространены в восточной части Фенноскандинавского щита [17]. Крупнейший из них Бураковский массив приурочен к трансформноподобному (Бураковско-Монастырскому) разлому южного фланга Восточно-Карельской рифтогенной системы [12]. Широкая известность интрузива связана с его значительными размерами, наличием стратиформных месторождений хрома и высокими перспективами выявления промышленных скоплений платиноидов и золота. Цель статьи — обобщение и анализ всех накопленных к настоящему времени данных о массиве, в т.ч. с использованием материалов по большинству скважин, пройденных в его пределах с 1964 г. Детальное рассмотрение особенностей строения и петрологии этого интрузива позволит более объективно оценивать перспективы рудоносности и стратегию дальнейших поисковых работ на благородные металлы, хром и другие полезные ископаемые.

По характеру гравитационных и магнитных полей были выделены [6] Бураковский, Шалозерский и Аганозерский блоки. Для Бураковского и Шалозерского блоков индивидуальность не столь очевидна, для Аганозерского резко выражена, в связи с чем предполагалось, что он испытал значительное вертикальное перемещение. За последние годы Карельской геологической экспедицией пробурено большое число скважин, в т.ч. в области сочленения блоков, и получены новые данные, существенно повысившие уровень изученности массива [3, 13]. В результате в Шалозерском блоке был выявлен хромитовый горизонт, подобный ранее обнаруженному в Аганозерском блоке и названному Главным хромитовый горизонт (ГХГ) [7, 8]. Горизонты сходны по составу, строению и положению в разрезе и представляют собой единый Главный хромитовый горизонт интрузива. Между блоками он расположен на одном гипсометрическом уровне, что заставляет отказаться от предположений о значительном взбросе Аганозерского блока. Более того, однотипная стратификация разрезов в блоках и области их сочленения свидетельствует о единстве интрузива, отрицаемом в некоторых поздних публикациях. По-видимому, объем изотопно-геохимических исследований, на которых базируется представление о двух самостоятельных интрузивах [15] или двух фазах внедрения самостоятельных магм [1], еще недостаточен для подобных интерпретаций, так как допускает противоречивую оценку времени внедрения этих интрузивов и фаз.

Интрузив — типичный лополит, блоки которого формой и строением отражают морфологию магматической камеры: воронкообразная с корневой системой Аганозерского и корытообразная Бураковско-Шалозерского. В месте сочленения блоков камера сужена напоподобие каньона. Внутренняя структура интрузива синклиналиподобная с пологой прогнутостью в центре и более кру-

тыми краями. Падение трахитоидности габброидов в срединной части Бураковско-Шалозерского блока 5—10° (скважины 46, 48), его южной краевой зоне 10—25° (скважины 30, 37, 67). Падение юго-западного контакта по разрезам скважин (6ЕГ—7ЕГ, 2Ш—9ЕГ) 25—35°. В плане форма интрузива овальная северо-восточного простирания, его длина 50 км, ширина 16 км, площадь 610 км². Глубина залегания подошвы не менее 6 км на юго-западе и 3,5 км на северо-востоке. Воздымание подошвы в северо-восточном направлении и соответственно последовательная смена в эрозионном срезе габброидных дифференциатов ультрабазитовыми (рис. 1) связана со вторичным продольным наклоном интрузива на юго-запад под углом около 4°. Также с небольшим поперечным наклоном на северо-запад связаны выходы базит-ультрабазитов срединных уровней разреза вдоль юго-западного края интрузива.

Изотопный U-Pb возраст интрузива 2449±1,1 млн.лет [18] хорошо коррелируется с возрастом Северо-Карельских расслоенных интрузий 2445—2435 млн.лет [12] и коматитовых базальтов палеопротерозойской рифтогенной структуры Ветреного пояса 2441—2449 млн.лет [5].

Вмещающий комплекс пород представлен архейскими гнейсотоналитами, мигматит-гранитами и гранитами с останцами позднеархейских зеленокаменных поясов. Интрузив прорван дайками габбро-долеритов Пудожгорского комплекса (2050±70 млн.лет) и жилами гранитов. Жилы многочисленны в пределах всего интрузива. В Аганозерском блоке они размещены в ультрабазитах (скважины 1, 13Г, 16Г, 20) и габбро-норитах (скв. 4), Бураковско-Шалозерском — в пижонитовых габбро-норитах (скважины 31, 32 и др.), габбро-норитах и перидотитах (скв. 37, 93), а также магнетитовых габбро-диоритах (скв. 96, 125), завершающих разрез интрузива. Особенно характерно размещение жил в краевых частях почти по всему периметру интрузива (скважины 1, 6ЕГ, 9ЕГ, 14Г, 93, 127, 125 и др.). Мощность жил от 0,1 до 10 м и редко до первых десятков метров. Контакты резкие, с активными экзоконтактовыми амфиболизацией, эпидотизацией и биотитизацией. Граниты мелкозернистые плагиоклаз-микритиновые, биотитовые, с темным кварцем. В Аганозерском блоке (скв. 4) жила мощностью 2,5 м в габбро-норитах представлена флюоритсодержащим гранитом; здесь же в ультрабазитах жилы состоят из нормальных гранитов, кварцевых сиенито-диоритов и граносиенитов. Происхождение жил не установлено. Их образование из остаточного межзернового расплава пижонитовых габбро-норитов [2] кажется маловероятным, так как трудно объяснима миграция поровой жидкости из верхней камеры вниз на несколько километров в ультрабазитовую зону. Более реально, по-видимому, рассматривать возникновение жил за счет частичного плавления вмещающих пород или проявления самостоятельной фазы гранитного магматизма [10].

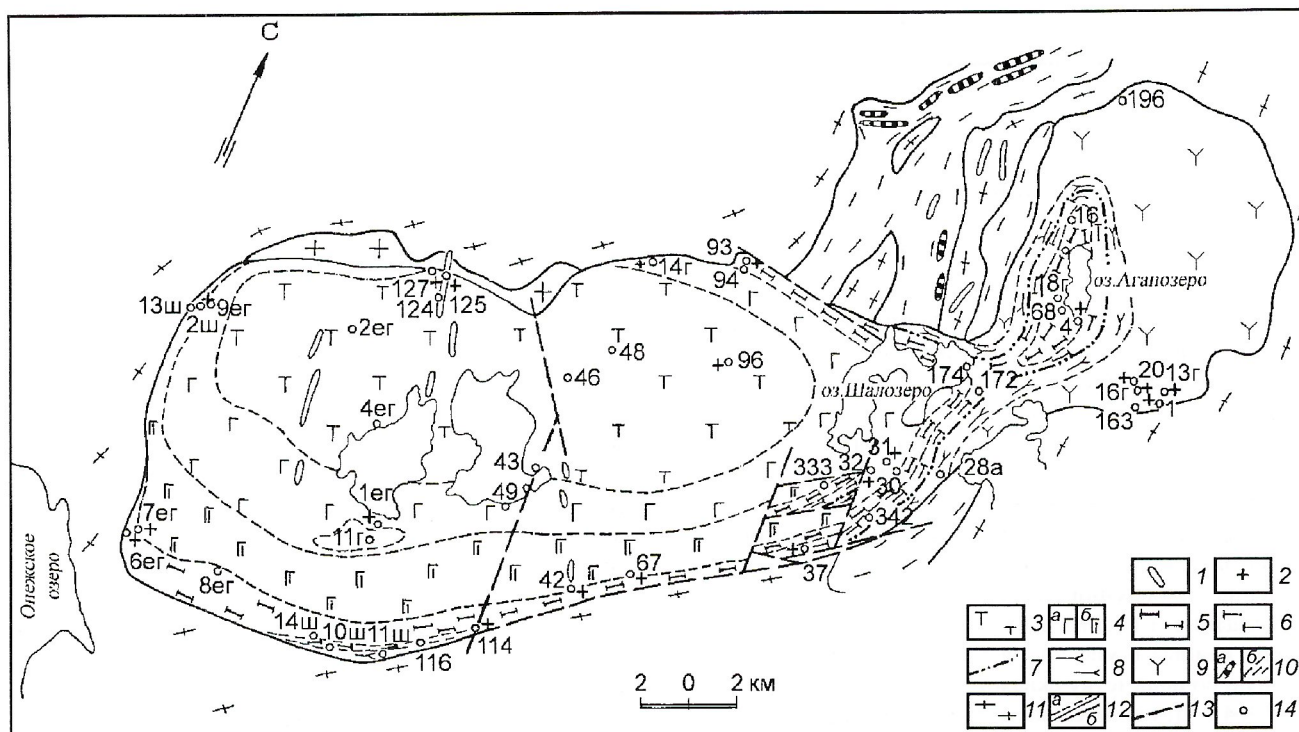


Рис. 1. Геологическая схема Бураковского интрузива. Составлена с использованием материалов КГЭ [13]:

1 — габбро-долериты; 2 — гранитные жилы (вскрытые скважинами); Бураковская интрузия: зоны расслоенной серии: 3 — магнетитовых габбро-диоритов, 4 — габбро (а — верхняя, б — нижняя подзоны), 5 — габбро-норитовая зона, 6 — переходная зона, 7 — главный хромитовый горизонт, ультрабазитовая зона; 8 — перидотитовая, 9 — дунитовая подзоны; архей: 10 — останцы зеленокаменного пояса (а — гипербазиты, б — метаморфизованные осадки и вулканы); 11 — граниты, гнейсограниты, мигматиты; 12 — границы зон расслоенной серии; 13 — тектонические нарушения; 14 — скважины

В интрузиве выделяются расслоенная и краевая серии пород. Мощность краевой зоны не превышает 100 м, состав пород различен на разных по глубинности уровнях. В Аганозерском и Шалозерском блоках (скважины 28А, 196) в контакте ультрабазитов с вмещающими породами они представлены эндоконтактовыми габбро-норитами, включающая зону закалки (7—30 м), далее вебстеритами (5—7 м), затем перидотитами (50—100 м?). Для всего разреза характерно постепенное увеличение магнезиальности, уменьшение железистости и щелочности, обратное имеющему место в расслоенной серии. Фрагмент краевых перидотитов (верлитов, реже лерцолитов) мощностью около 40 м вскрыт скв. 20 ниже разреза дунитов. Оливин в них идиоморфный, пироксены (15—25%) представлены крупными пойкилитовыми кристаллами, хромит (0,5%) в виде эвгедральных зерен находится в оливине и образует ксеноморфные (адкумулятные) зерна в интерстициях.

На юго-западе Бураковского блока (скважины 2Ш, 6ЕГ, 7ЕГ, 9ЕГ, 13Ш) и северо-западе Шалозерского блока (скв. 14Г) в составе краевых пород отсутствуют ультрабазиты, а эндоконтактовые габбро-нориты мощностью 11—46 м, в т.ч. закалочные (4 м), сменяются горизонтом чередования габбро-норитов и пироксенитов мощностью 15—45 м. Мощность слоев пироксенитов (возможно, частично линзовидного характера) 1—37 м, от контакта интрузива интервал их распространения не превышает 90 м. Пироксениты средне-грубозернистого, часто такситового сложения и в основном авгититового состава. Ортопироксен и плагиоклаз присутствуют в переменном количестве. Авгит ($\text{Ca}_{33,7}\text{Mg}_{51,7}\text{Fe}_{12,6}$) и бронзит (20—23% Fs) по железистости близки пироксенам габбро-норитовой и частью переходной зон расслоенной серии (рис. 2). На рис. 2 представ-

лены химические анализы мономинеральных фракций; составы клинопироксенов дунитовой подзоны — микрозон-

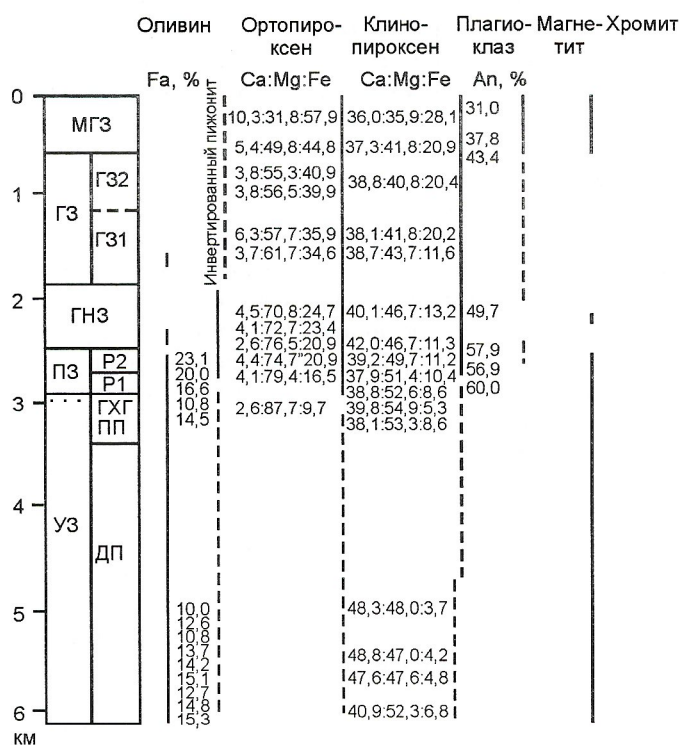


Рис. 2. Разрез расслоенной серии и скрытая расслоенность Бураковского интрузива

довые определения. Пироксениты выше по разрезу сменяются габбро-норитами с изменчивыми структурами, текстурами и составом. В них присутствуют повышенные за счет контаминационных процессов количества кварца, микроклина, гранофира, биотита, амфибола, апатита.

В основе механизма образования эволюционного ряда дифференциатов, составляющих расслоенную серию, лежат фракционная кристаллизация и гравитационное осаждение фаз в условиях конвекционных движений. Кристаллизация и нарастание дифференциатов проходили от подошвы к кровле, так что в вертикальном разрезе высокотемпературные образования постепенно сменяются низкотемпературными. При расчленении расслоенной серии на главные стратифицированные единицы (зоны) мы придерживаемся принципа появления (или исчезновения) новых кумулятивных фаз. Однако минералы магматического осадка в генетическом отношении не полностью отражают тип эволюционирующих пород, так как в интрузиве главная роль принадлежала адкумулятивному и гетерадкумулятивному [14] типам кристаллизации. В первом происходило гомогенное дорастание кумулятивных кристаллов, во втором — кристаллизация некумулятивных интерстиционных минералов в равных с примокристами температурных условиях и практически при одном составе расплава. Поэтому мы считаем предпочтительным использовать для характеристики дифференциатов петрографическую номенклатуру. Позднюю стадию кристаллизации интрузива представляют продукты раскристаллизации поровой жидкости: кварц, калиевый полевой шпат, флогопит, биотит, роговая обманка, кислый плагиоклаз. С учетом сказанного, сводный разрез расслоенной серии мы расчленяем на пять зон (снизу вверх): ультрабазитовая (УЗ), переходная (ПЗ), габбро-норитовая (ГНЗ), габбровая (ГЗ), магнетитовых габбро-диоритов (МГЗ).

Ультрабазитовая зона наиболее полно представлена и хорошо изучена в Аганозерском блоке. Юго-западнее в Шалозерском блоке ультрабазиты погружены под породы вышележащих зон и лишь частично выступают по северному и южному краям блока, а также прослеживаются узкой полосой на южной границе Бураковского блока (см. рис. 1). Верхняя (0,4 км) часть разреза зоны представлена перидотитами (перидотитовая подзона), нижняя мощностью около 3 км — дунитами (дунитовая подзона). На глубине 900 м от уровня эрозионного среза перидотиты и дуниты превращены в антигорит-хризотилитовые серпентиниты. Большей частью они псевдоморфно сохраняют структуры первичных пород.

Дуниты на 95—98% состоят из кумулятивных зерен оливина, 0,5—2% хромита и 0—5% интеркумулятивных пироксенов ($C_{px} > O_{px}$), плагиоклаза и флогопита. Структура дунита панидиоморфнозернистая, обусловлена адкумулятивным дорастанием примокристов оливина до почти полного заполнения порового пространства. Зерна хромита, включенные в оливин, идиоморфные, в интерстициях часто адкумулятивно дорастают и приобретают формы мелких интерстиционных гнезд.

Дунитовая подзона без границ раздела сменяется перидотитовой путем постепенного и прерывистого обогащения хромит-оливинового кумулюса ойкокристаллами гетерадкумулятивного пироксена ($C_{px} > O_{px}$) в количестве 10—50%. Вместе с этим возрастает содержание интеркумулятивного плагиоклаза (1—5%), хромита (2—8%) и появляются хромититовые слои мощностью от нескольких

сантиметров до 1 м и более с хорошо выраженными структурами гравитационного осаждения. Наиболее крупный из них — Главный хромитовый горизонт мощностью 2—5 м завершает разрез ультрабазитовой зоны. В Аганозерской синклинали подобной структуре такой горизонт образует вогнутый пласт 3×8 км глубиной залегания в центре 675 м и падением крыльев под углами 20—50°. В области перехода к Шалозерскому блоку залежь продолжается и далее на юго-запад погружается под породы вышележащих зон. В верхней части перидотитовой подзоны начинают появляться первые кумулятивные пироксены и ритмично слоистые интервалы чередующихся слоев мощностью от 2 см до 2,5 м дунитов, лерцолитов, клинопироксенитов (скважины 16, 64). В некоторых слоях по ориентировке зерен оливина и пироксена хорошо выражена линейно-трахитовидная текстура.

Минералы ультрабазитовой зоны изучены только на глубине 700 м от подошвы интрузива (скв. 20) и в верхней части перидотитовой подзоны. Оливин придонных перидотитов содержит 15,3% Fa, в вышележащих дунитах его железистость уменьшается с 14,8 до 10% Fa [11]. В перидотитовой подзоне железистость оливина составляет 14,5% Fa. Интерстиционные клинопироксены дунитов представлены магнезиальным авгитом. Их железистость наименьшая, а магнезиальность наибольшая относительно всего разреза расслоенной серии (см. рис. 2). Зональность для них нетипична, и можно считать, что они кристаллизовались не из порового расплава, а на фронте кристаллизации основного объема магмы по типу гетерадкумулятов. Вверх от подошвы интрузива железистость клинопироксенов также снижается ($Ca_{40,9-48,3}Mg_{52,3-48,0}Fe_{6,8-3,7}$), т.е. сохраняется та же тенденция снижения железистости, что и у оливина. Плагиоклаз дунитов большей частью замещен хлоритоподобным минералом. Клиннопироксены перидотитовой подзоны (ойкокристаллы и кумулятивные зерна) в 100 м ниже Главного хромитового горизонта также отличаются высокой магнезиальностью и низкой железистостью ($Ca_{38,1-43,2}Mg_{53,3-49,1}Fe_{8,6-7,9}$). Акцессорные кумулятивные и адкумулятивные хромиты дунитовой подзоны наименее железистые и наиболее глиноземистые. Зональность в последних не обнаруживается, и по составу они близки кумулятивным зернам. В перидотитовой подзоне как акцессорные, так и рудообразующие хромиты более железистые и содержат меньше хрома и глинозема [9, 12]. Резкое снижение железистости свойственно минералам Главного хромитового горизонта: оливин 10,9% Fa; ортопироксен 9,7% Fs; клинопироксен $Ca_{41,3-43,2}Mg_{51-53,2}Fe_{5,5-5,8}$; содержание Cr_2O_3 в хромшпинелиде массовая доля составляет 48,6—52,85%. Это снижение, очевидно, связано с массовой кристаллизацией хромита, нарушившей Mg/Fc в расплаве. Однако уже в апикальной части горизонта железистость минеральных фаз вновь возрастает (оливин 16,6% Fa, пироксен $Ca_{39,7}Mg_{52,1}Fe_{10}$).

Следует обратить внимание на изменения составов пород и минералов по разрезу ультрабазитовой зоны. На примере скв. 20, в разрезе которой верхняя часть представлена аподунитовыми серпентинитами (0—900 м), нижняя дунитами (900—1595 м) и приконтактовыми (?) перидотитами в основании (около 45 м), железистость и магнезиальность оливина 700 м от основания вверх снижаются и повышаются с цикличностью ориентировочно в интервале 20—40 м и до 100 м? (рис. 3). Сопряженно изменяются содержания магния и железа в дуните. Изменения состава при этом происходят на общем фоне снижения железистости и

увеличения магнезиальности, как это имеет место в породах краевой серии, температура кристаллизации которых растет от контакта внутрь интрузива. По-видимому, на раннем этапе формирования интрузива имели место пульсационные дополнительные инъекции более горячей магмы, в результате чего при смешении повышалась температура расплава и кристаллизовались минералы более магнезиального состава.

Переходная зона. Срединную часть разреза расслоенной серии между ультрабазитами и габброидными дифференциатами мы выделяем [6, 7] в качестве самостоятельной зоны. Этот этап формирования интрузива, начавшийся в завершающую стадию кристаллизации ультрабазитов, отличается от предыдущего и последующего наибольшей интенсивностью конвекционных течений, способствовавших сортировке кумулатов и обеспечивших макро- и микрорасслоенность этой части разреза. Состав магматического расплава смещается в сторону базитовых компонентов, увеличиваются содержания кремнезема, железа и титана, следует приоритетная кристаллизация орто- и клинопироксенов и плагиоклаза, завершается выделение оливина и хромита, происходит обогащение остаточного расплава серой и отделение сульфидной жидкости.

Породы переходной зоны ограниченно распространены в Аганозерском и восточной части Шалозерского блоков. В юго-западном направлении они погружаются под габбро-нориты одноименной зоны и известны только в южном борту Бураковского блока (скважины 10Ш, 14Ш, 116) (см. рис. 1). Мощность переходной зоны 400 м в Аганозерском блоке и уменьшается ориентировочно до 200 м в Шалозерском блоке. По петрографо-минералогическим признакам

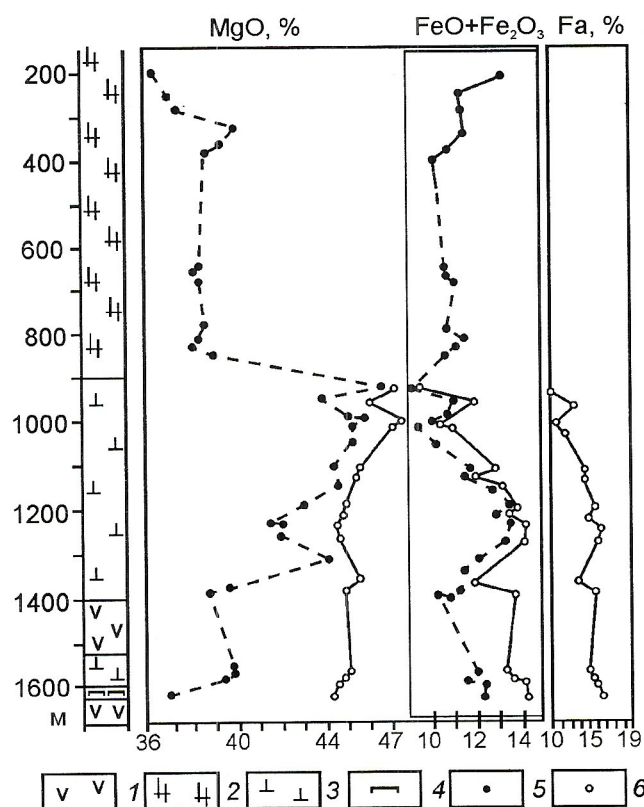


Рис. 3. Изменения содержаний магния и железа в дунитах и оливинах по разрезу дунитовой подзоны по скв. 20:

1 — даяка долерита; 2 — аподунитовый серпентинит; 3 — дунит; 4 — перидотит краевой зоны; 5 — порода; 6 — оливин

указанная зона расчленяется на четыре подзоны (снизу вверх): 1) клинопироксенитовая (ПЗ-1) — клинопироксениты, оливинсодержащие вебстериты и клинопироксениты, прослой верлитов, мощность до 196 м; 2) полосчатая нижняя (ПЗ-2) — ритмично-слоистые плагиовебстериты, оливиновые плагиовебстериты, габбро-нориты, оливиновые, лейкократовые габбро-нориты, анортозиты, мощность до 90 м; 3) плагиовебстеритовая (ПЗ-3) — плагиовебстериты, оливиновые вебстериты, хромитсодержащие плагиобронзититы и гарцбургиты, мощность до 56 м; 4) полосчатая верхняя (ПЗ-4) — плагиовебстериты, оливинсодержащие плагиовебстериты, габбро-нориты, лейкократовые габбро-нориты, анортозиты, мощность до 55 м, присутствует не повсеместно, выделена по скважинам 18Г, 22Г, 37, 68.

В переходной зоне отчетливо выражена латеральная изменчивость. Проявляется она в изменчивости разрезов, невыдержанности мощностей подзон, пачек, слоев, увеличении однородности или усилении слоистости. Изменчивость проявляется также в изменении минеральных составов, структур и типов кристаллизации. Неустойчивость разрезов переходной зоны, характерная для Аганозерской структуры, распространяется на Шалозерский блок и особенно в периферийные области. Показательные, например, клинопироксениты, мощность которых изменяется от 190 м в центре Аганозерской синформы (скв. 68) до 50 м в ее краевой части (скв. 9) и до 6 м на юге Шалозерского блока (скв. 37). Некоторые исследователи [1, 4, 15, 16] рассматривают клинопироксениты ПЗ-1 как главную единицу расслоенной серии — пироксенитовой зоны, а подзоны 2—4 относят к габбро-норитовой зоне. По нашему мнению, выделенные подзоны составляют парагенетически единую слоистую серию в составе двух мегаритмов, нижние части которых (ПЗ-1, -3) преимущественно однородные перидотит-пироксенитовые, верхние (ПЗ-2, -4) — контрастно ритмично-слоистые пироксенит-габбро-норит-норит-анортозитовые (рис. 4). Индивидуальность зоны подтверждается продолжающейся кристаллизацией оливина и хромита. По степени расслоенности, минеральным ассоциациям и наибольшей обогащенности платиноидами переходная зона подобна критической зоне Бушвельдского интрузива.

Кумулятивные минералы перидотитовых и пироксенитовых слоев — оливин, клинопироксен и ортопироксен; интерстиционные — плагиоклаз, нередко ортопироксен, редко клинопироксен. В габброидах и анортозитах кумулаты представлены плагиоклазом, орто- и клинопироксеном, в качестве интерстиционных (гетерадкумулятивных) изредка присутствуют орто- и клинопироксены и оливин. Все они не обнаруживают зональности и не выходят за пределы составов кумулатов. Количество оливина в переходной зоне в среднем 5—2% при изменении от 0 до 40%. Он присутствует в основном в нижнем ритме в перидотитах и клинопироксенитах ПЗ-1 и единичных слоях габбро-норитов и пироксенитов ПЗ-2, а также в нижней части верхнего ритма (ПЗ-3), включая горизонт хромитсодержащих перидотитов и пироксенитов — второй после Главного хромитового горизонта маркирующий горизонт интрузива (рис. 5). Железистость оливина составляет 18,3—22,3% Fa, ортопироксена 18—21% Fs. Состав клинопироксенов в трехкомпонентной системе изменяется в небольших пределах: $\text{Ca}_{41-43,1}\text{Mg}_{49-47,8}\text{Fe}_{9-10,9}$. Хромиты второго маркирующего горизонта (ПЗ-3, скв. 22Г/249,3) представляют собой последние выделения хромшпинелидов в интрузии.

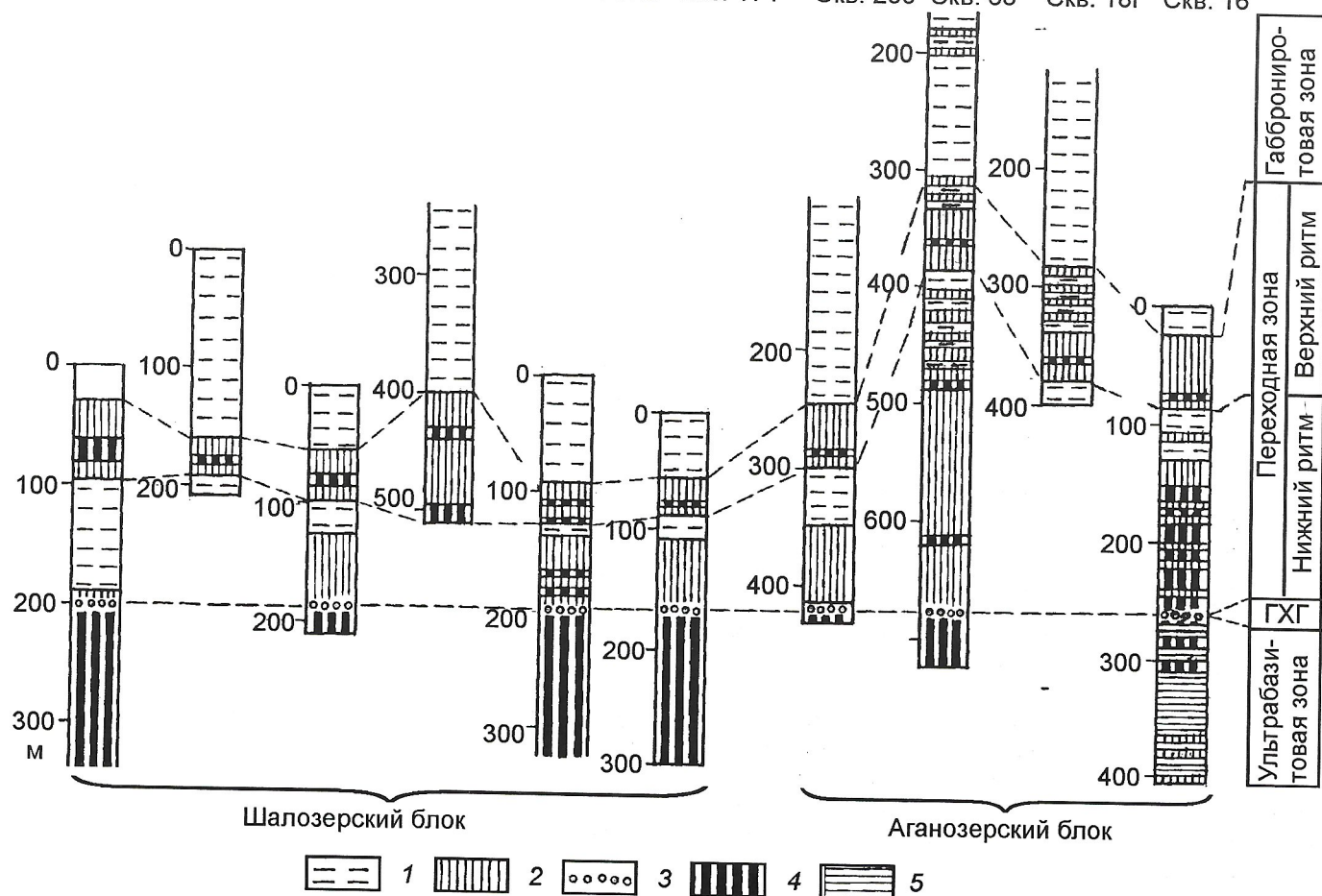


Рис. 4. Корреляция разрезов переходной зоны Аганозерского и Шалозерского блоков по скважинам:

1 — габбро-норит, анортозит; 2 — пироксенит; 3 — главный хромитовый горизонт; 4 — перидотит; 5 — дунит

Они редковкрапленные, мелкозернистые, идиоморфные. В виде кайм вокруг части зерен развит магнетит, наблюдаются срастания зерен хромита с идиоморфными кристаллами ильменита. Главное их отличие от хромитов ультраосновной зоны — парагенетическая ассоциация с ильменитом, низкая хромистость, наибольшая железистость, наиболее высокое содержание титана и ванадия [12]. С этапом формирования переходной зоны связано первое выделение сульфидов. Они мелкокрапленные, образуют невыдержанные слои мощностью от первых сантиметров до первых метров с содержанием в среднем 0,5—1%, а в отдельных маломощных интервалах 3—5%. Вкрапленность большей частью приурочена к верхним ритмично слоистым пироксенит-габбронорит-анортозитовым частям ритмов. Характерны две ассоциации: пентландит-борнит- и пентландит-пирротин-халькопиритовая.

Габбро-норитовая зона составляет центральную часть мульдобразной структуры в Аганозерском блоке и дугообразной полосой окаймляет габбровую зону Бураковско-Шалозерского блока. Мощность зоны ориентировочно 650 м. Она представлена мезократовыми габбро-норитами и ограниченно норитами. Текстуры пород массивные и трахитоидные. Относительно однородное строение протяженных интервалов часто нарушается (преимущественно в нижней половине разреза) вариациями зернистости и

содержаниями темновесных минералов. На некоторых интервалах присутствуют ритмично построенные двух-трехчленные слои из мезо- и меланократовых габбро-норитов и (или) мелано-, мезо- и лейкократовых габбро-норитов и анортозитов. Неоднородность усиливается слоевидными, линзовидными и неправильной формы небольшими плагиоклазовыми, а нередко и меланократовыми обособлениями.

Кумулятивные минералы — ортопироксен, клинопироксен, плагиоклаз; интеркумулятивные — кварц, биотит, магнетит, апатит. Пироксены и плагиоклаз иногда представлены интерстиционными и пойкилитовыми адкумулятами и гетерадкумулятами. Магнезиальность ортопироксена 74—78,6% En; состав клинопироксенов $\text{Ca}_{43,5-40,6}\text{Mg}_{43,5-42,8}\text{Fe}_{10,2-14,2}$. Количественное соотношение орто- и клинопироксенов примерно равное. Ортопироксены не содержат продуктов распада, лишь в верхнем интервале скв. 68 в бронзитах встречаются пластинки авгита, ориентированные параллельно (001). Относительно магнезиальным составом характеризуется залегающий здесь же пласт (?) тонко-мелкозернистого оливина и хромитсодержащего габбро-норита и норита (ортопироксен 77,4% En, оливин 78,1% Fo, клинопироксен $\text{Ca}_{40,6}\text{Mg}_{48,6}\text{Fe}_{10,9}$).

В разрезе зоны, особенно на участках неоднородного строения и состава (шпильки меланогаббро-норитов, плаги-

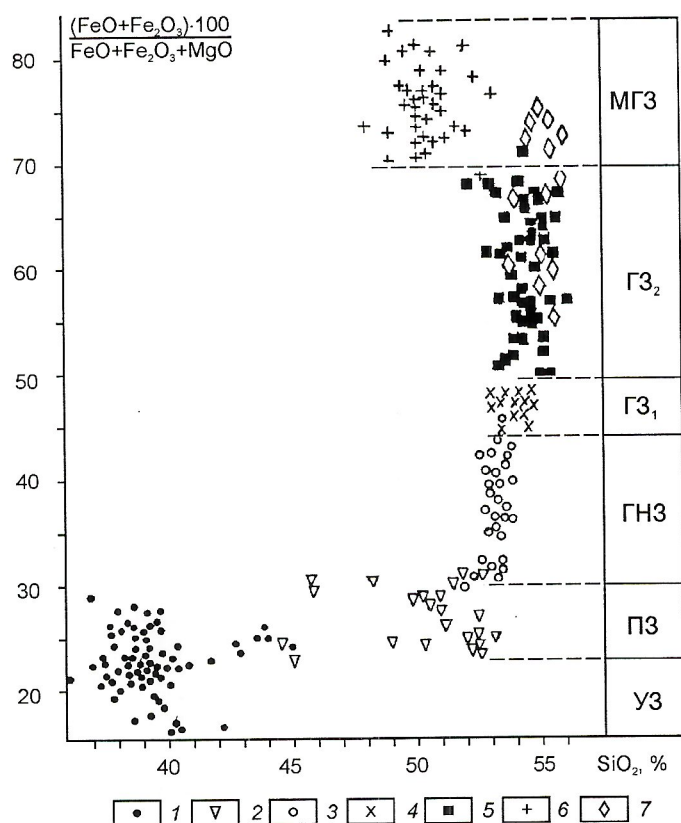


Рис. 5. Диаграмма изменения коэффициента фракционирования и SiO_2 для пород расслоенной серии:

1 — дуниты, перидотиты УЗ; 2 — перидотиты, пироксениты ПЗ; 3 — габбро-нориты ГНЗ; гиперстеновое габбро ГЗ; 4 — нижняя, 5 — верхняя подзоны; 6 — титаномagnetитовые габбро-диориты; 7 — габброиды красных зон

оклазитов, интервалы различного рода полосчатости), развита пирротин-пентландит-халькопиритовая ассоциация. Сульфиды мелкокрапленные и мелкогнездово-крапленные со средним содержанием 0,1—0,3%, максимально 1—5% в обогащенных интервалах мощностью от десятков сантиметров до 1,2 м.

Габбровая зона начинается заключительный ряд дифференциатов мощностью около 1250 м. От габбро-норитовой ее отличает отсутствие ромбического пироксена, кристаллизовавшегося непосредственно из расплава. Присутствующий в породе гиперстен возник в результате инверсии пижонита; он кристаллизовался в зоне временного дна магматической камеры в виде интерстиционно-кустовидных групп зерен единой оптической ориентировки и не является кумулятивным. Кумулятивную фазу в породах зоны представляют клинопироксен и плагиоклаз, что, таким образом, с позиции кумулятивной номенклатуры позволяет именовать зону габбровой и отличает ее от ГНЗ. Ортопироксен в среднем составляет около 20% породы и несколько преобладает над клинопироксеном. Различные формы выделений клинопироксена в гиперстене дают возможность расчленить зону на две подзоны: нижнюю (скважины 49, 50, 113 и др) и верхнюю (скважины 1ЕГ, 11Г, 34, 33, 45 и др.), ранее выделявшихся соответственно как ГНЗ II и ГНЗ III [11, 12]. Авгит распада в гиперстене нижней подзоны образует в большей части не пластинчатые формы выделения, а линзовидные, каплевидные и неопределенной формы обособления. Распределены они в пределах

зерен различно: более или менее равномерно либо по периферии, либо в центральной части, или на других участках в виде локальных скоплений, но нередко отсутствуют вовсе. При ориентированном расположении они преимущественно приурочены к плоскости (100) ромбического пироксена, хотя достаточно часты зерна с вrostками распада параллельными плоскости (001).

Верхняя подзона отличается более однообразным структурным рисунком расположения авгитовых вrostков распада в гиперстене. Они представлены широкими пластинками, ориентированными параллельно реликтовой плоскости (001) первичного пижонита. Местами эта схема нарушается присутствием в разрезе подзоны мощностью десятки метров с интеркумулятивным гиперстеном с неориентированными округлыми вrostками (скв. 1Е) и присутствием слоев плагиоклазовых бронзититов-меланоноритов мощностью 5—33 м, в которых кумулятивные идиоморфные ортопироксены не содержат авгитовых продуктов распада (скважины 1ЕГ, 11Г).

Магнезиальность гиперстена нижней подзоны 64,1—61,6% Еп, верхней 58,6—54% Еп; трехкомпонентный состав клинопироксенов соответственно $\text{Ca}_{45,50-44,5}\text{Mg}_{40-38}\text{Fe}_{17,5-14,5}$ и $\text{Ca}_{45,5-42,5}\text{Mg}_{37,5-36}\text{Fe}_{20-17,5}$. Второстепенные интерстиционные минералы ГЗ — магнетит, биотит, кварц развиты не повсеместно и в сумме составляют около 1,5—3%. Значительно повышено их содержание на юго-востоке Шалозерского блока (скв. 31—34). Сульфиды (Cu, Ni и Fe) присутствуют в виде мелкой убогой вкрапленности (менее 1%).

Зона магнетитовых (титаномagnetитовых) габбро-диоритов (мощность 600 м) завершает разрез расслоенной серии. Как и зона гиперстеновых габбро, она состоит из кумулятивных авгита и плагиоклаза и интеркумулятивного (гетерадкумулятивного) инвертированного пижонита. Структурные особенности пород и формы развития минералов однотипны с подстилающей зоной. Также близки соотношения минералов с некоторым преобладанием клинопироксена над ортопироксеном. Главное отличие от пород габбровой зоны — присутствие в габбро-диоритах 5—15% вкрапленного кумулятивного магнетита, содержащего тонкие пластинки распада ильменита, и сростков ильменита и титаномagnetита. Самостоятельные зерна ильменита распространены ограниченно. Второстепенные и акцессорные минералы (1—5%) представлены калишпатом, кварцем, биотитом, апатитом, сульфидами.

Разрез зоны относительно однообразен. Основу составляют средне-крупнозернистые лейкократовые и мезократовые трахитоидные габбро-диориты. Редко на отдельных интервалах присутствуют полосчатые и ритмично-полосчатые лейко- и меланократовые разновидности или интервалы с различным содержанием титаномagnetита. Предпочтительно в основании зоны присутствуют шлирово-такситовые обособления линз, полос, обогащенных пироксеном. В меланократовых слоях и обособлениях значительно повышено содержание магнетита (до 30%) и сульфидов (2—3%).

Состав гиперстена в нижней части разреза зоны на интервале 125 м выше от границы с габбровой зоной (скв. 45) изменяется от 60 до 52,6% Еп. В верхней части разреза ортопироксен представлен феррогиперстеном 43—35,5% Еп (скв. 46, 48). Клиннопироксен на этих же интервалах изменяется по составу от $\text{Ca}_{45-44}\text{Mg}_{38-36}\text{Fe}_{17-20}$ до $\text{Ca}_{45-40}\text{Mg}_{31-30}\text{Fe}_{25-30}$. Содержание титана в титаномagnetите 3,7—5,5% TiO_2 , ванадия 0,9—1,6% V_2O_5 [12].

Сульфидные минералы образуют мелкую рассеянную вкрапленность в количестве 0,5—3%. Наибольшие их концентрации приурочены к обогащенным титаномагнетитом меланократовым слоям и обособлениям. Сульфиды нижней части разреза представлены интерстиционной борнит-содержащей вкрапленностью халькопирита (скв. 45). Выше по разрезу преобладает пирротин с небольшим количеством халькопирита и пентландита в форме пламе-видных обособлений (скважины 46, 48). Здесь же в верхней части разреза присутствуют округлые каплевидные обособления пирротина (80—90%)+халькопирита (10—15%)±магнетита (0—5%) (скв. 2Е).

Помимо главных дифференциатов в интрузиве отмечены габбро-пегматиты и жилоподобные образования микрогаббро-норитов-плагипироксенитов. Габбро-пегматиты, пегматоидные габбро-нориты и габбро-пироксениты распространены ограниченно, хотя встречаются во всех зонах, начиная с переходной, в виде обособлений, как правило, без четких границ. Размеры их от нескольких до десятков сантиметров, но в краевой области Бураковского и Шалозерского блоков интервалы их распространения составляют десятки метров.

Жилоподобные тела микрогаббро-норитов присутствуют в габбровой и зоне магнетитовых габбро-диоритов (скважины 1Е, 4Е, 11Г, 30, 34 и др.). Мощность тел различная — от 3 см до 20 м. Их контакты резкие, неровные, волнистые, но без явных признаков эруптивных соотношений. Ортопироксен в микрогаббро-норитах зоны магнетитовых габбро-диоритов (скважины 4Е/230,5; 232) представлен интерстиционно-пойкилитовым гиперстеном без пластины распада или с пластинами, параллельными (100). Плагноклаз и клинопироксен кумулятивные. В зонах габбровой скв. 1Е/130,9 и магнетитовых габбро-диоритов скв. 4Е/230,5 присутствуют ойокристаллы оливина. Магнезиальность ортопироксена (скв. 4Е) составляет 65,5% Еп и значительно превышает таковую вмещающих габброидов. Аналогично более высокой магнезиальностью и низкой железистостью отличается клинопироксен из этой пробы — $\text{Ca}_{43,6}\text{Mg}_{41,2}\text{Fe}_{15,2}$. Микрогаббро-нориты сопровождаются шпировидными обособлениями средне- и крупнозернистых плагипироксенитов. Размеры обособлений 1—10 см, форма овальная, гнездовидная, чаще вытянутая в виде линз, полосок. Характерна ветвистость и цепочковидное продолжение таких обособлений. Также они образуют четкие жилы мощностью 0,5—4 см различных морфологии и ориентировки. Ортопироксены обособлений представлены претерпевшим инверсию пижонитом и первичным гиперстеном. С микрогаббро-норитами, а также плагипироксенитовыми обособлениями связаны повышенные содержания сульфидов.

Преимущественно адкумулятивная, гетерадкумулятивная и кумулятивная природа продуктов кристаллизации позволяет считать, что составы главных зон расслоенной серии интрузива отражают главные тенденции эволюции магматического расплава. Показанная на рис. 5 зависимость коэффициента фракционирования от содержания SiO_2 в породах расслоенной серии в виде роя фигуративных точек анализов соответствует Феннеровской схеме, ведущей к накоплению железа при относительно выдержанном, а на конечном этапе снижающемся количестве кремнезема. Точки анализов различных зон образуют компактные поля, последовательно и непрерывно сменяющие друг друга в направлении увеличения железистости. Эта последовательность полностью соответствует положению

зон в разрезе интрузива. Отклонения от общей закономерности связаны в основном с породами субмономинеральных или других аномальных типов (анортозиты, пегматоидные габброиды, обогащенные кварцем и магнетитом габбро-нориты).

В периферийной области интрузива (скважины 6ЕГ, 9ЕГ, 14Г, 37, 42, 67, 93, 94 и др.), характеризующейся изменчивостью минеральных состава и взаимоотношений, постоянным присутствием интерстиционных кварца, микроклина, гранофира, биотита и магнетита, выделение габброидных зон затруднено. В габбро-норитах присутствуют идиоморфные ромбические пироксены без вростков клинопироксена, с линзовидными, червеобразными и пластинчатыми выделениями параллельными (100), зерна инвертированного пижонита кумулятивного или интерстиционного типа. Эти пироксены в том или ином наборе могут находиться совместно или сменяться по вертикали (скважины 6ЕГ, 67, 93, 94), что не соответствует наблюдаемым закономерностям в центральной области интрузива. Вероятно, в связи с влиянием вмещающих пород, условия кристаллизации не были стабильны по температурному режиму, давлению воды и составу расплава. Возможно также, что локальная кристаллизация пижонита связана с переохлаждением расплава. Коэффициент фракционирования в породах периферийных областей изменяется по разрезам скважин неоднозначно и часто не соответствует породам выделенных габброидных зон. Так, типичные для габбро-норитовой зоны габбро-нориты с кумулятивным ортопироксеном по коэффициенту фракционирования соответствуют габбровой зоне (скважины 37, 42).

Средневзвешенный состав интрузива относится к высокомагнезиальным базальтам (16,38% MgO ; 50,07% SiO_2) и подобен составам многих расслоенных и слабо дифференцированных интрузий Карелии [12]. Вместе с этим следует признать, что в настоящее время сколько-нибудь достоверный средний состав рассчитать практически невозможно, так как неизвестными остаются состав и мощности глубинных частей Шалозерского и Бураковского блоков.

Обобщая изложенное, отметим некоторые положения, определяющие, на наш взгляд, особенность и индивидуальность интрузива как целостной системы.

Бураковский интрузив — типичный кратонный расслоенный лополит. Его блоки отражают сложную морфологию камеры, состоящей из связанных друг с другом двух подкамер: воронкообразной на востоке и корытообразной на западе.

Единство интрузива и его внутреннего строения при всех фациальных изменчивостях второстепенных порядков определяется положением стратифицированного маркирующего Главного хромитового горизонта, общего для Бураковского-Шалозерского и Аганозерского блоков.

Поступавшая в камеру магма в нижней части колонны имела более магнезиальный состав по сравнению с верхней. Дополнительные поступления расплава происходили неоднократно как на раннем, так и последующих этапах кристаллизации.

Переходная зона представляет собой петрологически единое подразделение расслоенной серии. Чередование слоев различной основности фиксирует завершение массовой кристаллизации ультрабазитовых минеральных ассоциаций и смену их габброидными.

В интрузиве присутствуют все типичные для расслоенных плутонов рудные ассоциации: железо-титан-ванадие-

вая, медно-никелевая, хромовая и золотоплатинометаллическая.

Наибольшим прогнозно-промышленным потенциалом на данном этапе изученности обладают хром и благородные металлы. Имеются все предпосылки для открытия новых месторождений и создания на Северо-Западе России минерально-сырьевой базы хрома. Также имеются благоприятные предпосылки для обнаружения промышленно-перспективных малосульфидных платиноносных горизонтов. Все основные рудопроявления с повышенным содержанием минералов платиновой группы локализованы на определенных интервалах переходной зоны и могут быть успешно прослежены и детально изучены на основе фактических данных геологического строения и правильного выбора методики поисков.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Берковский А.Н., Семенов В.С., Корнеев С.И. и др. Строение Бураковского-Аганозерского расслоенного комплекса: петрологические выводы // Петрология. 2000. Т. 8. № 6. С. 650—672.
2. Богина М.М., Красивская И.С., Шарков Е.В. и др. Жильные граниты Бураковского расслоенного плутона, Южная Карелия // Петрология. 2000. Т. 8. № 4. С. 409—429.
3. Ганин В.А., Гриневич Н.Г., Логинов В.Н. Петрология и платиноносность Бураковского-Аганозерской интрузии (Восточное Заонежье) // Платина России. — М., 1995. Т. 2. Кн. 2. С. 19—23.
4. Коптев-Дворников Е.В., Николаев Г.С., Ганин В.А. и др. Вертикальное строение Аганозерско-Бураковского рудоносного расслоенного интрузива (Юго-Восток Балтийского щита) // Тез. докл. VII Междунар. платинового симпозиума. — М., 1994.
5. Куликов В.С. Коматитовые базальты Ветреного пояса // Важнейшие результаты научных исследований Кар. НЦ РАН. — Петрозаводск, 1999. С. 61—62.
6. Лавров М.М., Гарбар Д.И., Богачев А.И. и др. Бураковский перидотит-габброноритовый массив // Интрузивные базиты ультрабазитовые комплексы докембрия Карелии. — Л., 1976. С. 79—89.
7. Лавров М.М., Трофимов Н.Н. Стратиформное хромитовое оруденение в расслоенной интрузии докембрия Карелии // Докл. АН СССР. 1986. № 2. С. 449—452.
8. Лавров М.М., Трофимов Н.Н. Строение Главного хромитового горизонта Бураковской интрузии // Геология докембрия Центральной и Южной Карелии: Оперативно-информационные материалы. — Петрозаводск, 1986. С. 35—40.
9. Лавров М.М., Реженева С.А., Трофимов Н.Н. Состав хромшпинелидов Бураковской расслоенной интрузии // Матер. по металлогении Карелии. — Петрозаводск, 1987. С. 138—150.
10. Лавров М.М., Ганин В.А. Бураковский массив и граниты // Геология и стратиграфия докембрия Карелии: Оперативно-информационные материалы. — Петрозаводск, 1988. С. 10—13.
11. Лавров М.М. Оливины и пироксены Бураковской расслоенной интрузии // Минералогия магматических и метаморфических пород докембрия Карелии. — Петрозаводск, 1994. С. 6—41.
12. Металлогения Карелии / Под ред. С.И.Рыбакова, А.И.Голубева. — Петрозаводск: Кар. НЦ РАН, 1999.
13. Путеводитель геологических экскурсий по Карелии. — Петрозаводск: Кар. НЦ РАН, 1999.
14. Уэйдджер Л., Браун Г. Расслоенные изверженные породы. — М.: Недра, 1974.
15. Чистяков А.В., Богатиков О.А., Гроховская Т.Л. и др. Бураковский расслоенный плутон (Южная Карелия) как результат пространственного совмещения двух интрузивных тел. Петрологические и изотопно-геохимические данные // Докл. РАН. 2000. Т. 372. № 2. С. 228—235.
16. Шарков Е.В., Богатиков О.А., Пчелинцева Н.Ф. и др. Перспективы платиноносности раннепротерозойского Бураковского расслоенного интрузива в Южной Карелии // Платина России. — М., 1995. Т. 2. С. 10—19.
17. Alapieti T.T., Filen B.A., Lahtinen J.J. et al. Early proterozoic layered intrusions in the Northeastern part of the Fennoscandian Shield // Mineralogy and Petrology. № 42. 1990. P. 1—22.
18. Amelin Y.V., Heaman L.M., Semenov V.S. U-Pb geochronology of layered mafic intrusions in the eastern Baltic Shield: implications for the timing and duration of Paleoproterozoic continental rifting // Precambrian Res. 1995. Vol. 75. P. 31—46.

УДК 550.31

© А.Н.Грушинский, П.А.Строев, Е.Д.Корякин, 2004

Строение литосферы Антарктики и ее изостатическое состояние

А.Н.ГРУШИНСКИЙ (ОИФЗ РАН), П.А.СТРОЕВ, Е.Д.КОРЯКИН (ГАИШ МГУ)

Мы рассчитали гравитационное поле для построенной нами плотностной модели земной коры в приближении, учитывающем сферичность Земли [2]. Эта модель представляет собой земную кору с пятью слоями: 1) лед/вода; 2) осадки; 3—5) консолидированная кора. При построении модели были выделены области с различными типами строения коры (разные стандартные колонки). Всего в нашей модели использовались 13 типов коры, из которых 5 для океана и 8 для различных по тектоническому и геологическому строению регионов континента.

Учет сферичности необходим, так как размеры исследуемой области весьма велики — вся южная полярная область вплоть до 60° ю.ш. — и ошибка при расчете поля может составлять сотни миллигал. Для модели стандартной земли были приняты следующие значения: плотность коры 2,84 г/см³; плотность мантии 3,32 г/см³; граница кора—мантия 33 км (модель А из Bullen, 1975). В результате было получено anomальное гравитационное поле, создаваемое земной корой (рис. 1).

На акваториях Южного океана anomальное поле, создаваемое собственно корой, всюду отрицательное и изменяется от –50 до –450 мГал. Относительные максимумы поля (–50...–150 мГал) расположены в море Скоша и области Южно-Тихоокеанского и Австрало-Антарктического поднятий. В прибрежных районах морей Беллинсгаузена и Амундсена расположена область положительных значений anomального поля (0—50 мГал). В западной части моря Росса anomальное поле составляет –50...–100 мГал, в то время как его восточной части соответствует минимум поля (–250...–350 мГал).

На континенте поле в основном положительное. В центральном и западном геоблоках Восточной Антарктиды значения поля наибольшие (100—300 мГал), в восточном поле несколько слабее (–50...+50 мГал). В Западной Антарктиде в депрессии поле изменяется от –100...–150 мГал в части, прилегающей к морю Росса, до –150...–350 мГал в части, прилегающей к морю Уэдделла. В остальной части Западной Антарктиды anomальное мо-

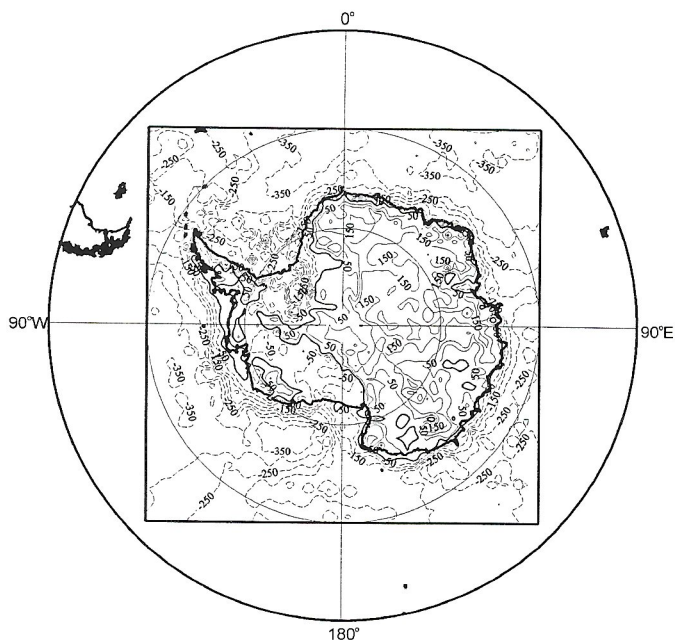


Рис. 1. Карта аномального гравитационного поля модели земной коры

дельное поле, создаваемое собственно корой, составляет $-50...+100$ мГал.

Для оценки плотности мантии были рассчитаны мантийные аномалии путем вычитания модельного аномального гравитационного поля из аномалий в свободном воздухе. Мантийные гравитационные аномалии в исследуемом регионе составляют $-300...+450$ мГал (рис. 2).

На континенте и в прибрежных областях акватории Южного океана они составляют $-300...+50$ мГал, в Восточной Антарктиде $-50...-300$ мГал, Западной Антарктиде $-100...+50$ мГал. В центральном геоблоке Восточно-Антарктической платформы мантийные аномалии от $-100...-300$ мГал; западном $-200-0$ мГал; восточ-

ном $-150...+50$ мГал, исключение — отрицательная аномалия на Земле Виктории $-150...-200$ мГал. При этом характер гравитационного поля относительно спокойный. В Западной Антарктиде имеется ярко выраженная положительная аномалия в части Западно-Антарктической депрессии, прилегающей к морю Уэдделла (осадочный бассейн моря Уэдделла), со значениями $250-350$ мГал. В остальной части Западной Антарктиды поле спокойное, изменяющееся в диапазоне $-100...+50$ мГал.

На акваториях Южного океана величина мантийных аномалий составляет $50-450$ мГал. В море Уэдделла, Атлантическом секторе Южного океана, за исключением моря Скоша, западной части Индоокеанского сектора, а также в восточной и центральной частях Тихоокеанского сектора Южного океана — $300-450$ мГал. В западной части Тихоокеанского и восточной части Индоокеанского секторов мантийные гравитационные аномалии несколько меньше $150-300$ мГал. В районе моря Скоша расположен относительный минимум положительных аномалий $100-200$ мГал. Еще один минимум таких положительных аномалий соответствует району Южно-Тихоокеанского и Австрало-Антарктического поднятий.

По мантийным гравитационным аномалиям были оценены аномальные плотности и получены полные плотности верхней мантии для Южного полярного региона. При пересчете аномальных плотностей мантии в полные плотности глубина, до которой простираются плотностные неоднородности мантии, была взята равной 100 км, т.е. средней глубине, где происходит изостатическая компенсация поверхностной нагрузки. Вероятно, на этой глубине расположена астеносфера. Полученные авторами полные плотности верхней мантии приведены на рис. 3.

Из рис. 3 видно, что под континентом мантийные плотности ($3,20-3,36$ г/см³) меньше, чем под океаном ($3,36-3,46$ г/см³). Исключение составляет часть западно-антарктической депрессии, прилегающая к морю Уэдделла (осадочный бассейн моря Уэдделла), где мантийные плотности, по нашим оценкам, $3,38-3,46$ г/см³. При этом

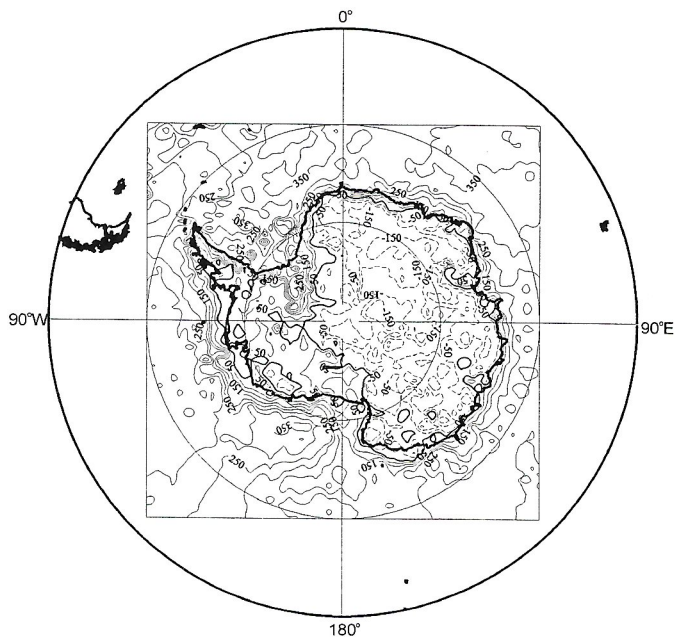


Рис. 2. Карта мантийных гравитационных аномалий

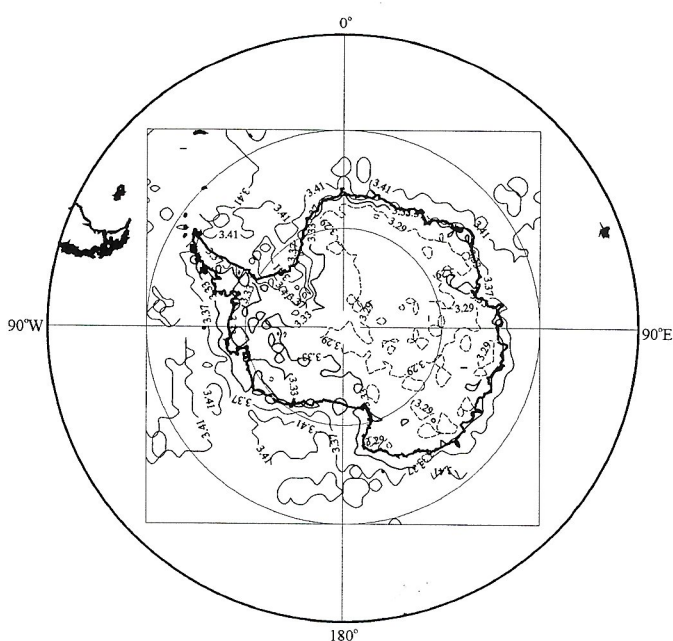


Рис. 3. Карта полных плотностей верхней мантии (до глубины 100 км)

мантийные плотности в Восточной Антарктиде представлены величинами: для западного геоблока Восточно-Антарктического кратона $3,22\text{—}3,32\text{ г/см}^3$; центрального $3,20\text{—}3,30\text{ г/см}^3$; восточного за исключением северо-восточной части Земли Виктории $3,24\text{—}3,32\text{ г/см}^3$. Для северо-восточной части Земли Виктории мантийные плотности принимаются, по оценкам авторов, равными $3,20\text{—}3,24\text{ г/см}^3$. Для Западной Антарктиды характерны мантийные плотности $3,30\text{—}3,36\text{ г/см}^3$; акватории Южного океана $3,32\text{—}3,46\text{ г/см}^3$. В море Уэдделла, Атлантическом секторе Южного океана, за исключением моря Скоша, западной части Индоокеанского сектора, западной и центральной частях Тихоокеанского сектора Южного океана они составляют $3,40\text{—}3,42\text{ г/см}^3$; восточной части Индоокеанского сектора $3,36\text{—}3,40\text{ г/см}^3$. В восточных частях Африканско-Антарктической котловины и моря Росса мантийные плотности достигают максимума $3,42\text{—}3,46\text{ г/см}^3$. Относительные минимумы мантийных плотностей $3,36\text{—}3,38\text{ г/см}^3$ расположены в море Скоша, на Южно-Тихоокеанском и Австрало-Антарктическом поднятиях.

Полученные результаты требуют серьезного осмысления. Если считать, что нормальная плотность мантии $3,32\text{ г/см}^3$, то под Восточной Антарктидой мантия несколько разуплотнена ($3,20\text{—}3,31\text{ г/см}^3$), под Западной Антарктидой плотность мантии нормальная, а под океаном мы имеем несколько более плотную мантию ($3,33\text{—}3,46\text{ г/см}^3$). Можно предположить, что такое распределение плотности мантии связано со степенью ее разогрева. Действительно, мантийные плотности для Южного океана четко коррелируют с величинами теплового потока, т.е. в областях океана, для которых тепловой поток больше, значения плотностей мантии оказываются меньше. Соотношение плотностей между океаном и континентом, по-видимому, объясняется пониженным теплооттоком под континентом, особенно под Восточной Антарктидой, где толщина ледового покрова больше.

Весьма вероятно, что несколько повышенная плотность верхней мантии на акваториях Южного океана объясняется иным по сравнению с континентальной мантией петрологическим составом ее вещества. Например, в случае, если вещество мантии состоит из оливинового эклгита, то ее плотность должна быть $3,4\text{ г/см}^3$ [10]. Если принять для Южного океана такую плотность мантии за нормальную, то аномальная плотность будет составлять $-0,06\text{...}+0,06\text{ г/см}^3$.

Несколько неожидан тот факт, что мантия под Западной Антарктидой характеризуется нормальной плотностью, так как она до недавнего времени являлась, а, возможно, и сейчас является тектонически активной областью и при этом покрыта льдом, хотя и несколько менее мощным, чем Восточная Антарктида, что замедляет теплоотток. Предположим, что петрологический состав мантии под Западной Антарктидой близок составу океанической мантии. Тогда плотность $3,32\text{ г/см}^3$ будет соответствовать разогретой, разуплотненной мантии.

Для оценки изостатического состояния Антарктики мы рассчитали коэффициенты компенсации. Это понятие было введено еще Е.Н.Люстихом [3]. Он предложил для оценки изостатического состояния вычислять отношение действительной глубинной аномальной массы к величине, необходимой для полной компенсации масс

нагрузки, но так как глубинная аномальная масса неизвестна, то отношение масс заменить отношением их гравитационных эффектов. Таким образом, коэффициент компенсации будет равен отношению аномалии Гленни к топографической поправке за ближние зоны, взятой со знаком минус:

$$i_{GI} = \Delta g_{GI} / -\delta g_{nz},$$

где Δg_{GI} — аномалии Гленни, δg_{nz} — поправка за ближние зоны.

При полной изостатической компенсации этот коэффициент равен 1, при дефиците компенсационной массы он будет меньше 1. Поэтому при отсутствии компенсационных масс, он равен 0 и становится меньше 0, если глубинные аномальные массы имеют тот же знак, что и массы нагрузки. При избытке таких масс коэффициент компенсации больше 1. Коэффициент перекомпенсации, который равен коэффициенту компенсации без 1, вводится, чтобы более наглядно выделить состояние изостатического равновесия:

$$p_{GI} = (\Delta g_{GI} / -\delta g_{nz}) - 1.$$

Следовательно, близость коэффициента перекомпенсации 0 говорит об изостатическом равновесии.

Мы рассчитали коэффициент перекомпенсации для каждой трапеции $111,195 \times 111,195\text{ км}$, а затем его средние значения и дисперсии для всей Антарктики в целом и более детальной оценки изостатического состояния 12 областей: Восточная Антарктида без береговой зоны и Земли Виктории; береговая зона Восточной Антарктиды; Земля Виктории; часть Трансантарктических гор, примыкающих к Земле Виктории; Трансантарктические горы без части, примыкающей к Земле Виктории; Западная Антарктида без Антарктического полуострова; Антарктический полуостров; моря Росса, Уэдделла, Скоша; островная дуга Скоша; Южный океан без морей Росса, Уэдделла и Скоша (рис. 4).

Средний коэффициент перекомпенсации для всей Антарктики составляет $-0,2$, однако дисперсия довольно большая (3,77), стандартное отклонение $\pm 1,94$. Если посмотреть на диаграмму числа трапеций со значениями коэффициента перекомпенсации в интервалах (рис. 5), то видно, что достаточно много трапеций имеют большие значения этого коэффициента (около 400 трапеций со значениями более 0,2 по абсолютной величине). При этом внутри интервала от $-0,2$ до $+0,2$ лежит подавляющее число трапеций. Отсюда можно сделать вывод, что, хотя в среднем регион очень близок к состоянию изостатического равновесия, все же есть области с заметным его нарушением.

Рассмотрим теперь отдельные регионы. Из 12 регионов в двух бесспорно наблюдается сильное нарушение изостатического равновесия (рис. 6).

Антарктический полуостров ($p_{GI} 0,44$; $N 136$; дисперсия 10,51; стандартное отклонение $\pm 3,24$). При этом для прибрежных островов вдоль его западного побережья и шельфа мы имеем сильную перекомпенсацию (положительные значения коэффициента перекомпенсации), а на собственно Антарктическом полуострове несколько меньшую недокомпенсацию (отрицательные значения).

Земля Виктории ($p_{GI} 0,25$; $N 50$; дисперсия 1,71; стандартное отклонение $\pm 1,31$). Здесь мы наблюдаем явную асим-

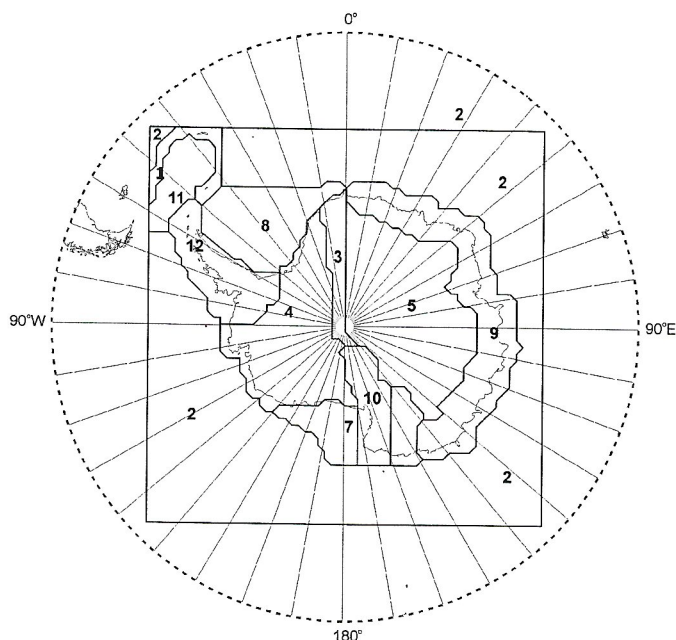


Рис. 4. Схема регионов Антарктики, для которых были рассчитаны средние коэффициенты перекомпенсации:

1 — островная дуга Скоша; 2 — Южный океан без морей Росса, Уэдделла и Скоша; 3 — Трансантарктические горы без части, прилегающей к Земле Виктории; 4 — Западная Антарктида без Антарктического полуострова; 5 — Восточная Антарктида без береговой зоны и Земли Виктории; 6 — Земля Виктории; 7 — море Росса; 8 — море Уэдделла; 9 — береговая зона Восточной Антарктиды; 10 — часть Трансантарктических гор, прилегающая к Земле Виктории; 11 — море Скоша; 12 — Антарктический полуостров

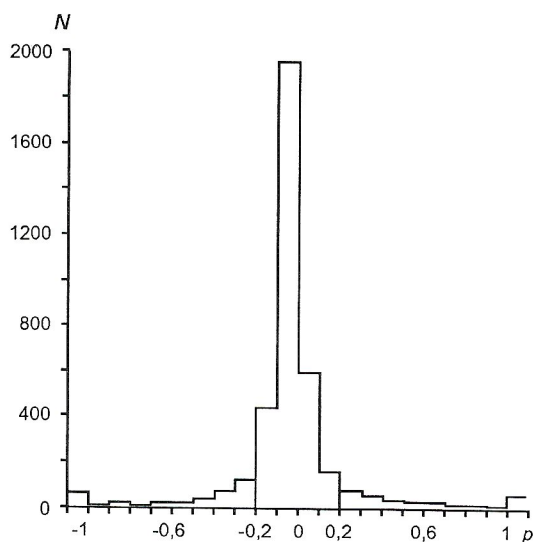


Рис. 5. Диаграмма распределения коэффициентов перекомпенсации по интервалам для всей территории Антарктики:

p — коэффициенты перекомпенсации; N — число трапеций с таким коэффициентом

метрию распределения коэффициента перекомпенсации в сторону положительных значений.

Еще в пяти регионах (3—7) наблюдается ситуация, когда коэффициент перекомпенсации и его разброс говорят о вероятном, но менее ярко выраженном нарушении изостатического равновесия (рис. 7).

Море Росса ($p_{GI} -0,13$; N 65; дисперсия 0,2; стандартное отклонение $\pm 0,16$). При этом на диаграмме числа трапеций в интервалах видна асимметрия, т.е. от-

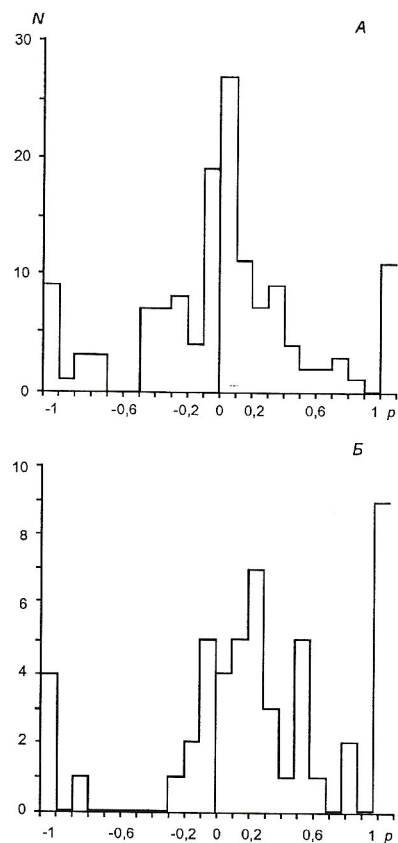


Рис. 6. Диаграммы распределения коэффициентов перекомпенсации по интервалам для регионов Антарктики, в которых наблюдается сильное нарушение изостатического равновесия:

А — Антарктический полуостров; Б — Земля Виктории

сутствие трапеций с положительным коэффициентом перекомпенсации, но коэффициенты перекомпенсации больше 0,2 по абсолютной величине составляют 11%, а больше 0,1 — 61,5%. Следовательно, имеет место небольшая недокомпенсация.

Часть Трансантарктических гор, прилегающих к Земле Виктории ($p_{GI} -0,05$; N 70; дисперсия 0,67; стандартное отклонение $\pm 0,82$; в центре распределения p 0, минимум). При этом южная часть региона, прилегающая к шельфовому леднику Росса, имеет отрицательные коэффициенты перекомпенсации (недокомпенсирована), в то время как та его часть, которая прилегает к Земле Виктории, положительные (перекомпенсирована).

Прибрежная зона Восточной Антарктиды ($p_{GI} -0,10$; N 285; дисперсия 32,71; стандартное отклонение $\pm 5,72$). Распределение коэффициентов перекомпенсации в данном случае почти симметричное, но весьма широкое (полуширина распределения 0,4, т.е. коэффициенты перекомпенсации для нее составляют $-0,4...+0,4$, при этом хвосты распределения содержат примерно 25% трапеций). Надо отметить, что распределение в плане отрицательных и положительных трапеций имеет вполне упорядоченный характер чередующихся областей с положительными или отрицательными коэффициентами перекомпенсации.

Западная Антарктида без Антарктического полуострова ($p_{GI} 0,09$; N 311; дисперсия 10,06; стандартное отклонение $\pm 3,17$). Здесь наблюдается некоторая асимметрия распределения (трапеций с отрицательными коэффициентами

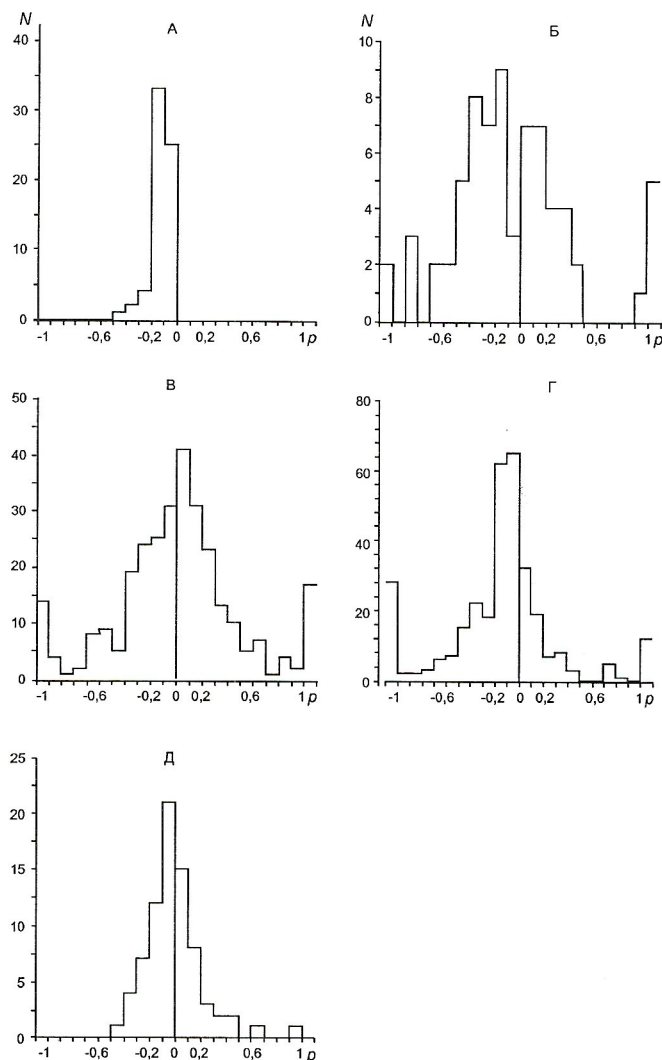


Рис. 7. Диаграммы распределения коэффициентов перекомпенсации по интервалам для регионов Антарктики, в которых наблюдается нарушение изостатического равновесия:

А — море Росса; Б — часть Трансантарктических гор, прилегающих к Земле Виктории; В — прибрежная зона Восточной Антарктиды; Г — Западная Антарктида без Антарктического полуострова; Д — островная дуга Скоша

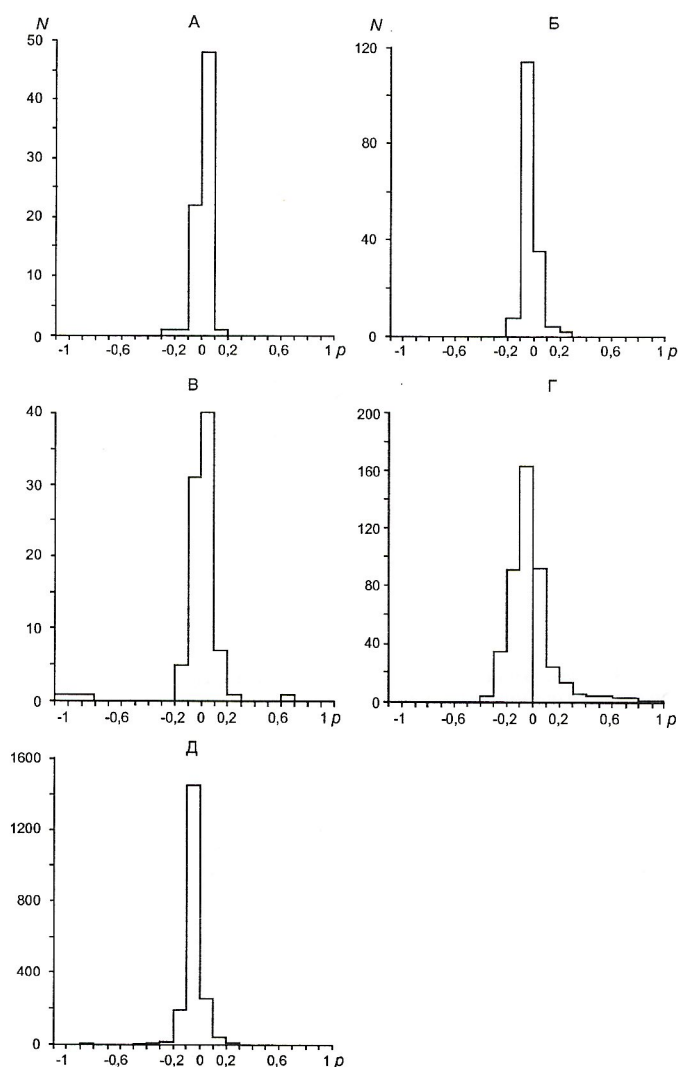


Рис. 8. Диаграммы распределения коэффициентов перекомпенсации по интервалам для регионов Антарктики, в которых наблюдается изостатическое равновесие:

А — море Скоша; Б — море Уэдделла; В — Трансантарктические горы без части, прилегающей к Земле Уэдделла; Г — Восточная Антарктида; Д — весь Южный океан без морей Скоша, Росса и Уэдделла; остальные условные обозн. см. рис. 5

перекомпенсации заметно больше, около 70%), 54% трапеций имеют коэффициенты перекомпенсации $-0,2 \dots +0,2$. В этом регионе примерно 50% территории близко изостатическому равновесию, но имеются регионы перекомпенсированные (горные области) и недокомпенсированные.

Островная дуга Скоша ($p_{GI} -0,01$; $N 76$; дисперсия 0,5; стандартное отклонение $\pm 0,22$). Этот регион в основном скомпенсирован, лишь на восточной оконечности дуги (район о. Южная Георгия) наблюдается перекомпенсация.

В остальных пяти регионах (рис. 8) — море Скоша ($p_{GI} 0,01$; $N 73$; дисперсия 0,0025; стандартное отклонение $\pm 0,05$), море Уэдделла ($-0,02$; 163; 0,0036; $\pm 0,06$), Трансантарктические горы без части, прилегающей к Земле Виктории ($-0,02$; 88; 0,04; $\pm 0,20$), Восточная Антарктида ($-0,02$; 439; 0,06; $\pm 0,25$) и весь Южный океан без морей Скоша, Росса и Уэдделла ($-0,05$; 1965; 0,01; $\pm 0,09$) — изостатическое равновесие не нарушено. Довольно большой разброс значений для Восточной Антарктиды, по-видимому, объясняется тем, что, выделяя береговую зону, мы не исклю-

чили равнину Шмидта, которая сильно перекомпенсирована ($p_{GI} 0,8$), но это единственная область вне береговой зоны, где нарушено изостатическое равновесие.

Рассмотрим возможные причины нарушения изостатического равновесия для каждой области.

Антарктический полуостров и прибрежная зона моря Беллинсгаузена характеризуются сильными нарушениями изостатического равновесия, т.е. на самом Антарктическом полуострове возникает недокомпенсация, а на акватории — перекомпенсация. Это свидетельствует о том, что в регионе мантийные плотности несколько выше, чем необходимо для поддержания изостатического равновесия. Мантийные плотности, полученные авторами для данного региона, составляют (в $г/см^3$): под Антарктическим полуостровом 3,32—3,36; под акваторией 3,30—3,32. При этом наблюдается заметно повышенный тепловой поток (80—120 мВт/м²) [11]. Мощность коры составляет 30—40 км. Проявления вулканизма здесь имеют характеристики, свойственные островодужному,

но имеется примесь толеитовых базальтов, присущих рифтогенезу [12], на основании чего можно предположить, что рассматриваемый регион — зона субдукции, осложненная столкновением с рифтом [7], аналогичная субдукции под Американский континент. Здесь Тихоокеанская плита опускается под Антарктический полуостров.

На Земле Виктории также наблюдается сильное нарушение изостатического равновесия, но в отличие от Антарктического полуострова здесь имеет место перекомпенсация. Следовательно, мантийные плотности под Землей Виктории меньше, чем необходимые для изостатического равновесия. Мантийные плотности для такого региона, по нашим оценкам, составляют $3,24\text{—}3,32\text{ г/см}^3$. Непосредственно на Земле Виктории тепловой поток не измерялся, но в ближайшем окружении он повышен 80 мВт/м^2 и более [11]. Толщина коры под осадочным бассейном Земли Виктории менее 30 км. Данные о характере вулканизма отсутствуют. На основании сказанного можно предположить, что этот регион — зона рифтогенеза.

Море Росса — регион, где наблюдается хотя и слабая, но несомненная недокомпенсация. Это свидетельствует о том, что мантийные плотности так же, как и на Земле Виктории имеют величины несколько меньшие, чем требуется для изостатического равновесия. Для западной части моря Росса они составляют $3,28\text{—}3,36\text{ г/см}^3$, восточной $3,36\text{—}3,44\text{ г/см}^3$. Мощность коры 15—35 км. Тепловой поток на акватории моря Росса соответствует $80\text{—}120\text{ мВт/м}^2$ [11]. Все это указывает на то, что данный регион так же, как и Земля Виктории, — область рифтогенеза.

Часть Трансантарктических гор, прилегающая к Земле Виктории. В южной части региона наблюдается небольшая недокомпенсация, в то время как находящаяся между морем Росса и Землей Виктории остальная часть перекомпенсирована, особенно сильно самая северная. Мантийные плотности для его недокомпенсированной части составляют $3,30\text{—}3,34\text{ г/см}^3$, для остальной (перекомпенсированной) $3,24\text{—}3,32\text{ г/см}^3$. Мощность коры 30—45 км. Измерений теплового потока не было. На основании сказанного можно сделать вывод о том, что самая южная часть региона (недокомпенсированная) до недавнего времени была зоной активного орогенеза, который к настоящему времени, вероятнее всего, закончился (плотность подкорового слоя близка нормальной), но процесс изостатического уравнивания еще продолжается. Остальная часть региона, весьма вероятно, — зона рифтогенеза.

Прибрежная зона Восточной Антарктиды, где наблюдаются достаточно сильные нарушения изостазии, при этом зоны перекомпенсации и недокомпенсации чередуются. Мантийные плотности всюду внутри береговой линии несколько понижены и составляют $3,26\text{—}3,32\text{ г/см}^3$, для внешней (прибрежной части региона) $3,32\text{—}3,42\text{ г/см}^3$. Толщина коры 10—35 км и только под горами Земли Королевы Мод 40—50 км и более. Тепловой поток вдоль всего побережья Восточной Антарктиды составляет $80\text{—}120\text{ мВт/м}^2$, лишь у побережья Земли Королевы Мод менее 80 мВт/м^2 (по данным измерений $40\text{—}80\text{ мВт/м}^2$) [11]. Эта зона при такой корреляции, между тем, перекомпенсирована или недокомпенсирована, и ее геофизическими характеристиками не наблюдается. По-видимому, этой области соответствует блоковая тектоника, а характер нарушения изостазии обусловлен ди-

намикой литосферы и мантии. Большие толщины коры под горами Королевы Мод, возможно, объясняются их древностью, а их сильная перекомпенсация — возобновившейся орогенной активностью.

Западная Антарктида (без Антарктического полуострова). Здесь наблюдается относительно мозаичная картина изостатического состояния. Имеются как перекомпенсированные, так и недокомпенсированные области. При этом перекомпенсированы в основном горные образования, а депрессии частично находятся в состоянии изостатического равновесия, частично недокомпенсированы. Исключение составляет северо-восточная часть Западно-Антарктической депрессии, прилегающая к морю Уэдделла, где наблюдается сильная перекомпенсация. Мантийные плотности под Западной Антарктидой составляют (в г/см^3): для горных сооружений $3,28\text{—}3,32$, депрессий в основном $3,32\text{—}3,36$, лишь в части Западно-Антарктической депрессии, прилегающей к морю Уэдделла, $3,34\text{—}3,46$. При этом для ее северо-восточной перекомпенсированной части мантийные плотности имеют локальный минимум $3,34\text{—}3,38\text{ г/см}^3$. Мощности коры под Западной Антарктидой для горных сооружений 30—50 км, депрессий 25—30 км. Для перекомпенсированной части Западно-Антарктической депрессии толщина коры несколько выше и составляет 30—35 км [4, 6]. Проявления вулканизма относятся к типу рифтогенного вулканизма [4—6]. Все сказанное позволяет предположить, что в недавнем прошлом Западная Антарктида была тектонически активна. Здесь развивались рифтогенез и орогенез, но в настоящее время эта активность почти полностью затухла, и остались только ее отдельные очаги, например, сильно перекомпенсированная область Западно-Антарктической депрессии. По-видимому, сейчас приток тепла в верхнюю мантию данного региона прекратился, и она медленно остывает. Об этом свидетельствуют и характер распределения мантийных плотностей под регионом, и особенности его изостатического состояния.

Островная дуга Скоша — регион, по исследованиям авторов, почти полностью находится в состоянии изостатического равновесия. Исключение составляет его самая восточная часть, т.е. район о.Южная Георгия, который сильно перекомпенсирован. Мантийные плотности во всем регионе $3,36\text{—}3,42\text{ г/см}^3$, причем на восточной оконечности дуги (район о.Южная Георгия), где наблюдается перекомпенсация, они максимальные $3,40\text{—}3,42\text{ г/см}^3$. Мощности коры в этом регионе 10—15 км. Там, где нарушено изостатическое равновесие, земная кора наиболее мощная. Тепловой поток на всей дуге повышен $80\text{—}120\text{ мВт/м}^2$. Следует заметить, что в основном значения теплового потока ближе 80 мВт/м^2 [11]. Вулканизм имеет характеристики, присущие островодужным областям [12]. Отметим, что для региона мы имеем противоречивую картину. С одной стороны, повышенный тепловой поток и вулканизм, свидетельствующий, что этот регион — островная дуга. С другой, мощности коры для островной дуги должны быть несколько выше, а изостатическое равновесие нарушено. Для рассматриваемого региона мы наблюдаем такую картину только для его восточной оконечности. Можно предположить, что такое распределение геофизических характеристик данного региона связано с направлением движения субдуцирующей плиты Скоша и формой островной дуги, т.е. фланги островной дуги Ско-

ша, которые, по нашим оценкам, находятся в состоянии ненарушенного изостатического равновесия, параллельны направлению движения субдуцирующей плиты, и, следовательно, субдукции под них не происходит. Скольжение плит друг относительно друга, хотя, вероятно, и приводит к деформациям движущихся плит, но не вызывает заметного нарушения изостатического равновесия. Подобная трактовка согласуется с представлениями некоторых исследователей [9] о тектонике этого региона. Возможно, что в какие-то периоды геологического прошлого в море Скоша возникал рифтогенез, и имела место субдукция под фланговые части островной дуги Скоша. Однако в настоящее время процессы рифтогенеза и субдукции прекратились и здесь мы имеем дело с реликтовой островной дугой. На такую интерпретацию наталкивает ситуация в районе Южных Шетландских островов и пролива Брансфилд [7], который в нашей статье отнесен к Антарктическому полуострову.

Не исключено также, что на самом деле наблюдается нарушение изостатического равновесия в узкой полосе, и мы не заметили его из-за региональности наших оценок (трапеция 111,195×111,195 км), о чем свидетельствуют результаты, представленные в работе [1], которые согласуются с нашими всюду, кроме флангов островной дуги Скоша. По этим результатам, вдоль дуги Скоша везде наблюдается нарушение изостатического равновесия в узкой полосе и лишь для восточной оконечности ее область нарушения данного равновесия оказывается более широкой. При этом детальность таких исследований значительно выше, чем у нас.

Кроме указанных регионов следует также рассмотреть причины нарушения изостазии на периферии Восточно-Антарктического кратона, в районе равнины Шмидта, где мы имеем заметную перекомпенсацию, мантийные плотности составляют 3,34—3,38 г/см³, а толщины коры 25—30 км. По всем характеристикам эта область близка особенностям изостазии Земли Виктории, тем не менее мы пока затрудняемся проводить какую-нибудь аналогию.

В заключение из рассмотренных материалов можно сделать следующие выводы. Итак, в Антарктике наблюдаются три типа причин нарушения изостатического равновесия, которые приурочены к трем значительным по площади областям:

1. Зона субдукции — Антарктический полуостров вместе с прибрежной частью моря Беллинсгаузена и островная дуга Скоша. При этом надо отметить, что субдукция под островную дугу Скоша в настоящее время происходит преимущественно в направлении, параллельном флангам данной островной дуги, что выражено в том, что нарушение изостатического равновесия наблюдается только в районе ее восточной оконечности (о.Южная Георгия). Хотя, возможно, мы просто не заметили нарушения изостатического равновесия на флангах островной дуги из-за большого осреднения, а субдукция под фланги островной дуги Скоша и связанное с ней нарушение изостатического равновесия имеют место.

2. Обширная область, для которой нарушено изостатическое равновесие, характеризуется современным рифтогенезом, вызванным наличием плюма (восходящего потока вещества, имеющего источником нижнюю мантию или даже ядро). Это район Земли Виктории вместе с прилегающим к ней морем Росса и частью Трансантарктических гор. Данный вывод подтверждается наличием в море Росса минимума в поле геоида и компоненты гравитационного поля, порожденной источниками, залегающими в нижней мантии или даже ядре.

3. Область нарушения изостатического равновесия характеризуется относительно небольшими по площади участками нарушения изостазии в сторону пере- и недокомпенсации, граничащими друг с другом. Это прибрежная зона Восточной Антарктиды и равнина Шмидта. Для данной области характерна блочная тектоника, и нарушения изостазии здесь связаны с динамикой тектонических движений, вызванных причинами, возможно, различными для каждого из блоков.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Булычев А.А., Гилод Д.Н., Кривошея К.В. и др. Гравитационное поле и модель тектоносферы акватории моря Скоша // 7 Междунар. конф. по тектонике плит им. Л.П.Зоненшайна. Москва, 30—31 октября 2001 г.: Тез. докл. — М., 2001. С. 96—97.
2. Грушинский А.Н., Строев П.А., Корякин Е.Д. Земная кора Антарктиды: плотностная модель и ее вклад в аномальное гравитационное поле // Геофизический журнал. 2002. № 2.
3. Люстих Е.Н. Изостазия и изостатические гипотезы. — М.: Изд-во АН СССР, 1957.
4. Behrendt J.C., Damaske D., Fritsch J. Geophysical characteristics of the West Antarctic Rift System // Geol. J. 1993. E47. P. 49—101.
5. Behrendt J.C., LeMasurier W.E., Cooper A.K. et al. The West Antarctic rift system: a review of geophysical investigations // Contributions to Antarctic research II, Antarctic research series. 1991a. Vol. 53.
6. Behrendt J.C., LeMasurier W.E., Cooper A.K. et al. Geophysical studies of the West Antarctic Rift System // Tectonics. 1991b. 10. P. 1257—1273.
7. Bochu Y. Tectonic evolution of the Antarctic Peninsula // Korean Journal of Polar Research. 1996. Vol. 7. № 1/2. P. 77—86.
8. Bullen K.E. The earth's density. London, 1975, Chapman and Hall. Русский перевод: Буллен К.Е. Плотность Земли. — М.: Мир, 1978.
9. Grad M., Shiobara H., Janik T., Shimamura H. Crustal model of the Bransfield rift, West Antarctica, from detailed OBS refraction experiments // Geophys. J. Int. 1997. № 130. P. 506—518.
10. Ito K. Petrological models of the oceanic lithosphere: geophysical and geochemical tests // Earth Plan. Sci. Lett. 1974. Vol. 21. P. 169.
11. Kaminuma K., Nagao T. Heat flow measurement in the Antarctic Peninsula region // Korean Journal of Polar Research. 1996. Vol. 7. № 1/2. P. 29—33.
12. Xiangshen Z., Birkenmajer K. Petrochemistry and geochemistry of tertiary volcanic rocks, northern coast of King George Island, West Antarctica // Korean Journal of Polar Research. 1996. Vol. 7. № 1/2. P. 47—64.
13. Xiangshen Z., Sabat F., Smellie J.L. Mesozoic-Cenozoic volcanism on Livingston Island, South Shetland Islands. Antarctica: Geochemical evidences for multiple magma generation processes // Korean Journal of Polar Research. 1996. Vol. 7. № 1/2. P. 35—45.

От редколлегии

*«Наука кончается там, где кончается дискуссия»
Лауреат Нобелевской премии, академик П.Л.Капица*

Институт физики Земли (ИФЗ) РАН в 2002 г. выпустил сборник статей «Спорные аспекты тектоники плит и возможные альтернативы». К выпуску сборника, как отмечают его авторы, во многом побудило то обстоятельство, что подход к геотектоническому анализу с позиций, не отвечающих концепции тектоники литосферных плит, стал тормозом к возможности публикации статей в некоторых журналах.

Редколлегия журнала «Отечественная геология» исходит из целесообразности открытого и свободного обсуждения разных геотектонических концепций, поэтому журнал публикует статьи независимо от их идеологической и методологической направленности. Редколлегия журнала хочет обратить внимание читателей на наиболее важные вопросы, поднятые в сборнике, который издан малым тиражом. Вероятно, интерпретация фактов авторами этого сборника и сделанные ими выводы так же, как и схемы тектоники литосферных плит, дискуссионны и требуют обсуждения в научных журналах.

По инициативе редколлегии ответственный редактор упомянутого сборника В.Н.Шолпо подготовил его обзор, который публикуется ниже.

Редколлегия журнала «Отечественная геология» считает возможным обсуждение на его страницах наиболее важных положений разных геотектонических концепций, что может снизить субъективную остроту дискуссии.

Прогрессивная роль противоречий (обзор статей сборника ИФЗ РАН «Спорные аспекты тектоники плит и возможные альтернативы»)

В марте 2001 г. Научным советом по проблемам физики Земли был организован научный семинар, где рассматривались материалы, представленные разными специалистами в науках о Земле — геологами, геофизиками, петрологами. На основе докладов, сделанных на этом семинаре, Институтом физики Земли РАН был издан в 2002 г. сборник научных статей «Спорные аспекты тектоники плит и возможные альтернативы».

В предисловии, написанном председателем Научного совета по проблемам физики Земли членом-корреспондентом РАН Ю.Н.Авсюком, сказано: «Научный совет должен содействовать внимательному и доброжелательному рассмотрению спорных вопросов, которые на основании эмпирики, собранной в смежных областях исследований Земли, находятся в противоречии с принятой обобщающей схемой жизни Земли». Во введении (И.А.Резанов) дан исторический обзор развития идей мобилизма, современное состояние геотектонических концепций и кратко охарактеризованы материалы сборника.

Статьи сборника сгруппированы в две части — в первой представлены материалы, касающиеся глобальных проблем и общих методических вопросов; во второй — материалы по различным регионам, где новые данные, а также новая интерпретация ранее известных фактов приводит к выводам, не согласующимся с постулатами и схемами тектоники плит. Составители сборника придерживались правила, чтобы все выводы и заключения авторов опирались на надежный фактический материал. В сущности, это приглашение к содержательному и спокойному обсуждению, в результате которого может быть сделан конструктивный шаг к познанию истинных причин эволюции Земли.

В статье Г.Б.Удинцева (ГЕОХИ РАН) «Неравномерность океанского рифтогенеза и гетерогенность дна океана» суммированы все новые данные по составу осадков и строению дна Мирового океана. Автор отмечает, что неоднородность строения океанической литосферы не укладывается в картину эволюции дна океанов путем горизонтального раздвижения плит. Срединно-океанические хребты неоднородны по простиранию, в их пределах существуют срединные массивы. Структура фундамента и осадочного чехла за пределами срединно-океанических хребтов отличается от рифтогенной и близка к строению континентальных платформ. Распределение разновозрастных глубоководных и мелководных осадков на дне океанов обратно тому, что постулирует тектоника плит. Бурением в океанах атлантического типа установлена закономерность, противоположная тому, что должно следовать из схемы тектоники плит — в краевых частях океанов наиболее молодые осадки глубоководные, к центру океанов их возраст становится более древним. Соленосные отложения (эвапориты) среди осадков океанов свидетельствуют о существовавшей здесь прежде континентальной коре. Многочисленные находки гранитогнейсов на Фарреро-Исландском пороге позволяют говорить о его континентальной природе, из чего следует, что Евразия и Северная Америка спаяны воедино не только в Беринговом море, но и Северной Атлантике. Это исключает дрейф континентов по широте.

В.М.Гордин (ИФЗ РАН) в статье «Об интерпретации аномального магнитного поля океанов по Вайну-Мэттьюзу» рассматривает методы построения аномального магнитного поля и указывает на трудности получения одно-

значного результата при решении обратных задач. Результаты интерпретации аномального магнитного поля океанов не противоречат постулатам тектоники плит, но и не доказывают их справедливость. Как правило, это модельная подгонка под заранее известный результат или экстраполяция возрастных реперов по косвенным признакам «номеров» магнитных аномалий. В условности оценок «магнитного возраста» убеждает также сопоставление различных аномальных шкал между собой, демонстрирующее деформации стандартной последовательности инверсии: сдвиги, сжатие и растяжение, превосходящие длительность идентичных геомагнитных эпох. Уподобляя аномальную шкалу «эталонной линейке», приходится признать, что определение магнитного возраста литосферы — это измерение с резиновым эталоном со всеми вытекающими отсюда последствиями.

Сумма новых и прежних данных по платобазальтовому магматизму в истории Земли рассматривается в статье Т.И.Фроловой и И.А.Буриковой (МГУ, геологический факультет) «Платобазальтовый магматизм и океанообразование». Ареалы платобазального магматизма распространены как в континентальной (платформы), так и океанической обстановках (океанические плато, реликтовые континентальные блоки, котловины). В фанерозое расцвет платобазального магматизма соответствует мезозою—кайнозою. Платобазальтовый магматизм океанического дна, известный на реликтовых поднятиях, океанических плато и котловинах, сходен с континентальными платобазальтами (траппами) и принципиально отличается от рифтогенных базальтов срединно-океанических хребтов. Платобазальты, сформированные в условиях мелководья на континентальной коре, впоследствии испытывали погружение до 2—5 км и более с одновременным преобразованием континентальной коры в океаническую. Наблюдаются следующие последовательные стадии преобразования континентальной коры: утонение без разрыва ее сплошности (континентальные траппы); дробление на блоки, местами сцементированные океанической корой (Северная Атлантика); сохранение отдельных реликтов (блоков) континентальной коры в океанической (Индийский океан); океаническая кора, сохранившая реликты вещества континентальной (Экваториальная Атлантика). Преобразование коры сопровождается утонением и базификацией ее состава, что приводит к ее океанизации. Наиболее вероятный вариант базификации — магматическое замещение. Приуроченность неоднократных импульсов платобазального магматизма к одним и тем же регионам свидетельствует о постоянстве в пространстве глубинных источников тепла и энергии (плюмов), вызывающих океанизацию в течение десятков и сотен миллионов лет.

В.Н.Шолпо (ИФЗ РАН) в статье «Упорядоченность структуры Земли и геотектонические концепции» обратился к старой традиционной проблеме поиска закономерностей в глобальном распределении структур на поверхности планеты. Попытки найти в пространственной организации структур Земли упорядоченность, соответствующую симметрии правильных многогранников, предпринимались в истории науки неоднократно. В настоящее время можно считать, что рельеф Земли, а также ее глубинная структура наиболее полно могут быть сопоставлены с симметриями куба, причем на Земле в равной степени осуществляется как симметрия, так и антисимметрия структур. Тем не менее, данная глобальная закономерность никогда

не занимала центрального места в науках о Земле и не отражена ни в каких геотектонических концепциях. И в настоящее время такое эмпирическое обобщение не востребовано ни одной современной концепцией, претендующей на объяснение эволюции Земли. Это обусловлено тем, что в подобных концепциях все механизмы и процессы, управляющие эволюцией Земли, опираются на законы классической физики — теорию твердого тела, физику сплошных сред. Именно такие позиции не позволяют понять закономерную упорядоченность структуры Земли. Однако реалистическая картина развития данной сложной многофазной и многокомпонентной системы может быть получена на основе нелинейной геодинамики, опирающейся на неравновесную термодинамику самоорганизующихся систем — синергетику. Одной из возможных геодинамических моделей, обеспечивающих эволюцию тектоносферы и процессы структурообразования в ней, может быть модель многоярусной иерархической адвекции.

Н.И.Павленкова (ИФЗ РАН) в статье «Структура земной коры и верхней мантии и глобальная тектоника» отмечает, что геофизические исследования последних десятилетий выявили ряд закономерностей в структуре земной коры и верхней мантии, которые противоречат основам тектоники плит: 1) под континентами обнаружены глубокие (до 300—400 км) «корни», которые исключают значительные горизонтальные перемещения плит*; 2) не существует единого ослабленного слоя — астеносферы, подстилающего всю литосферу планеты; 3) на значительных площадях океанов установлена толстая субконтинентальная кора. С целью согласования полученных новых данных предлагается флюидно-ротационная гипотеза глобальной тектоники. В ней потокам глубинных флюидов отводится ведущая роль в формировании коры разного типа, а также реологической расслоенности верхней мантии и образовании сейсмически активных шовных зон. Для объяснения палеомагнитных данных предположительно следует считать основным процессом относительные смещения и повороты геосфер, главным из которых может быть вращение мантии относительно ядра, обусловленное изменениями ротационного режима в системе Земля—Луна—Солнце.

В.В.Гордиенко (Институт геофизики НАНУ, Киев) в статье «О возможной альтернативе тектонике плит (тепловые процессы в тектоносфере, геологическая история и физические поля)» показывает, что глубинные процессы, постулируемые тектоникой плит, не согласуются на основании расчетов с экспериментальными данными о мантийном тепловом потоке ни по характеру распределения глубинных температур, ни по требуемой энергии. На древних платформах не обнаружена астеносфера, на активных окраинах не объяснен высокий тепловой поток под погружающейся холодной плитой, в океанах одновозрастные по плитной тектонике образования характеризуются разным тепловым потоком. Для объяснения геодинамических процессов, выражающихся в различных эндогенных режимах, предлагается адвекционно-полиморфная гипотеза, основанная на адвекции глубинного вещества с учетом происходящих при этом полиморфных переходов. Гипотеза на количественном уровне отвечает данным о составе и

*В тексте статьи (с. 74): «Если континенты и перемещались, то они должны были двигаться вместе со своими корнями, т.е. со всей верхней мантией». (Прим. ред.)

свойствах глубинного вещества и возможных процессах в мантии, обеспечивает энергетическую сторону геологических событий на континентах и в океанах и позволяет объяснить наблюдаемые геофизические поля.

А.В.Долицкий (ИФЗ РАН) в статье «Движение географических и геомагнитных полюсов, построение и перестройка тектонических структур» обсуждает эмпирически установленное автором движение географических и геомагнитных полюсов в течение геологической истории Земли, связанную с этим перестройку структурных планов, отвечающих эпохам и фазам складчатости, а также изменение продолжительности геохронологических периодов (их сокращение) и периодичности процессов структурообразования. Показано, что все эти весьма различные закономерности могут быть вызваны одной причиной — вращением мантии относительно ядра под действием на нее приливных сил торможения, а на ее полярные избыточные массы — центробежных сил вращения Земли.

Л.И.Иогансон (ИФЗ РАН) в статье «Геологические следствия концепции мантийных диапиров В.В.Белоусова и мантийных плюмов» проводит сравнительный анализ основных положений концепции мантийных диапиров (астенолитов) В.В.Белоусова и современной идеи мантийных плюмов. Обе концепции связаны с выяснением взаимодействия аномального мантийного вещества с литосферой, однако они разрабатывались в разное время и на основании различного фактического материала. Мантийные диапиры В.В.Белоусова — продукт процессов в астеносфере, а мантийные плюмы зарождаются в нижней мантии, вероятнее всего на границе мантии и ядра. Обсуждаются геотектонические следствия применения обеих концепций.

Вторая часть сборника, посвященная региональным проблемам, начинается статьей Л.М.Балакиной (ИФЗ РАН) «Субдукция и механизмы очагов землетрясений», где показано, что результаты исследования механизмов очагов землетрясений из районов островных дуг Тихого океана не содержат доказательств существования в этих районах субдукции океанической литосферы. Используемые в схеме субдукции утверждения о том, что в островных дугах одно из напряжений — сжатия или растяжения — ориентировано вдоль наклона фокальных зон, а очагами крупных землетрясений в островных склонах желобов являются пологие надвиги поверхностного заложения, не подтверждаются при анализе всей совокупности данных о механизме очагов. Дана общая характеристика ориентации напряжений и разрывов в очагах землетрясений в фокальных зонах и присущих им закономерностей. Схема размещения крупных сейсмических очагов с оценкой их типа, размера, глубины заложения, местоположения и типа границ раздела в литосфере островного склона Курило-Камчатского желоба позволяет сформулировать гипотезу о природе сейсмофокальных зон. Фокальная зона — зона дифференцированных движений на границе между «активной» мантией тылового бассейна и «пассивной» океанической мантией. Процесс перемещения масс начинается снизу, а не сверху, как в гипотезе тектоники плит, и приводит к концентрации сдвиговых деформаций, которые обуславливают мантийные землетрясения. Островная дуга — поднятие, окаймляющее тыловый бассейн в его фронтальной части — возникает в результате перераспределения масс, связанного с погружением дна тылового бассейна. Глубоководный желоб с низким тепловым потоком и невысокой сейсмичностью также является структу-

рой погружения, но не ведущей, а сопутствующей при формировании фронтального поднятия. Нисходящим и восходящим субвертикальным перемещениям масс в мантии под тыловым бассейном будут соответствовать два направления осей напряжений сжатия и растяжения: одно с наклоном в сторону океана, другое — в сторону тылового бассейна. В зависимости от взаиморасположения восходящих и нисходящих движений в мантии, в очагах землетрясений проявляются либо взбросы с наклоном в сторону океана осей сжатия (как в литосфере), либо сбросы с наклоном в сторону океана осей растяжения, т.е. механизм очага противоположный типичному в литосфере. Горизонтальные перемещения масс при перераспределении вещества мантии могут порождать наблюдающиеся землетрясения с горизонтальными сдвиговыми подвижками в субвертикальных плоскостях.

В.Ф.Белый (СВКНИИ ДВО РАН) в статье «Учение о геосинклиналях, террейнология и актуальные вопросы тектоники Северо-Востока Азии» отмечает, что новая глобальная тектоника при попытках объяснить строение и развитие складчатых областей трансформировалась из плитотектонической гипотезы в *террейнологию*, методической базой которой стали магнитные измерения и постулированные тектоникой плит геодинамические обстановки. На конкретных примерах структур Северо-Востока Азии — Омогонский массив, Верхояно-Чукотские мезозоиды, Анадырско-Корякские ларамиды — показаны несостоятельность многочисленных неомобилистских построений, глубокие противоречия их не только с геологическими данными, но и между собой.

В статье В.А.Ермакова (ИФЗ РАН) «Особенности развития активной континентальной окраины: континентализация или океаногенез на примере Курило-Камчатского региона» рассмотрены основные вопросы строения и эволюции структур переходной зоны (желоба, островные дуги тылового глубоководного бассейна). Показано, что эти структуры сформированы на континентальном основании. В настоящее время установлены обширные опускания (до 4—5 км за поздний кайнозой) как во фронтальной, так и тыловых частях островных дуг. Различия камчатской и курильской частей переходной зоны заключаются в большей продвинутости на курильском участке процессов деструкции и океанизации. Оспаривается тождество островной и вулканической дуги. Вулканические дуги распространены глобально, они аструктурны и сопряжены с глубоководным желобом и зоной Бенюфа. Такая триада и составляет границу океана и континента. Островные дуги развиты локально и преимущественно на западной периферии Пацифики, лишь там, где есть тыловые глубоководные бассейны. Островная дуга — гигантский сдвоенный эскарп (исчезающая континентальная суша), который развивается под воздействием опускающихся и расширяющихся по площади смежных с ними структур впадин. Тектонотип островной дуги назван *эскарпогеном*, а процесс ее образования — *эскарпогенезом*. Механизм эскарпогенеза лучше объясняет наблюдаемую структуру континентального склона, чем механизм субдукции. Он также объясняет две загадки сейсмичности фокальной зоны: выход средней линии землетрясений на континентальный склон, а не в тальвег желоба, как следует из гипотезы тектоники плит, и наличие максимума сейсмичности на глубинах 30—50 км.

Ю.Е.Погребницкий и А.И.Трухалев (ВНИИОкеанология) в статье «Проблема формирования Срединно-

Атлантического хребта в связи с составом и возрастом пород его метаморфического комплекса» обсуждают результаты рейса 153 Программы глубоководного бурения (ODP). Скважинами в пределах магнитных аномалий 1—5 вскрыты в коренном залегании метаморфические породы (метагаббро, габбро-гранулиты), возраст которых 1,6—1,7 млрд. лет. Такой же возраст имеет и гранитогнейс, поднятый на 26° с.ш. О существовании гранитогнейсового фундамента в осевой зоне Срединно-Атлантического хребта свидетельствуют обнаруженные в зоне разлома Романш мощные (более 4 км) толщи мел-палеоценовых грубозернистых кварцевых песчаников — продукты размыва гранитных пород, расположенных поблизости. Метаморфические габброиды, гранулиты и гранитоиды в фундаменте срединно-океанического хребта сходны по составу с породами фундамента платформ соседних континентов, что противоречит схеме тектоники плит, согласно которой в срединном хребте должны находиться базальты миоцен-четвертичного возраста.

В.Т.Фролов (МГУ, геологический факультет), представляя работу «Геотектоника и геодинамика Урала», задается вопросом: был ли Уральский океан в палеозое? Реконструкция истории геологического развития Уральской геосинклинали в рифее и палеозое позволяет обнаружить унаследованное развитие этой области как рифтогенно-геосинклинальной системы. В формировании Урала рифтовый магматизм (щелочные, субщелочные, риолит-базальтовые формации) сменялся геосинклинальными формациями (толеитовые базальты, андезитобазальты). Параллельно с магматическими и осадочными породами, их формациями, характер складчатости и разрывных нарушений не подтверждают раздвига, достигающего масштаба океана. Фактические данные свидетельствуют о доминировании в палеозое вертикальных движений. Идея океана на Урале не вытекает из геологических фактов.

В.М.Цейслер (МГГРУ) в статье «Неоген-четвертичные краевые прогибы и их соотношение с глубоководными желобами» показал, что такие альпийские краевые прогибы как Предпиренейский, Предзагросский, Карачинский, Предгималайский по простиранию переходят в глубоководные желоба. Между теми и другими нет принципиальной разницы: альпийские краевые прогибы разделяют горные сооружения и платформы, глубоководные желоба — складчатые сооружения (или островные дуги) и опущенные участки платформ. На континентах наблюдается одинаковый состав геологических образований, подстилающих молассы краевых прогибов, как на внутреннем их крыле, так и на внешнем. Это свидетельствует о разобщении ими единых «домолассовых» структурно-деформационных зон, что возможно только в случае формирования прогибов в обстановке растяжения с раскалыванием фундамента на блоки. Тесная структурная связь краевых прогибов с глубоководными желобами предполагает и для начала формирования последних геодинамическую обстановку растяжения, что не противоречит характеристике глубоководных желобов Юго-Восточной Азии, склоны которых нередко образованы сбросовыми уступами. Таким образом, глубоководные желоба нельзя считать поверхностным выражением зон субдукции.

В заключительной статье сборника «Альтернативные глубинные модели локализации металлогенических зон Приморья» И.Н.Томсон (ИГЕМ РАН) показывает, что в широтном направлении (с запада на восток) металлогенические

зоны этого региона меняют рудную специализацию и последовательно омолаживаются — раннемеловая вольфрамовая сменяется позднемеловой — палеогеновой оловянной, затем наиболее молодой золото-серебряной, что противоречит гипотезе тектоники плит, согласно которой омолаживание магматических комплексов и металлогенических зон должно происходить в западном направлении.

Таким образом, представляемый сборник демонстрирует, что в настоящее время накопился очень большой объем фактического материала, не укладывающийся в схемы, постулируемые концепцией тектоники литосферных плит. Новые данные касаются как глобальных закономерностей и фактов, имеющих общепланетарное значение, так и особенностей строения и развития отдельных регионов.

Примечательно, что в некоторых случаях разные авторы в результате анализа различных фактических данных независимо приходят к сходным выводам. Так, представляется несомненным существование в геологическом прошлом на значительных пространствах океанов континентальной коры (Г.Б.Удинцев, Т.И.Фролова и И.А.Бурикова, Н.И.Павленкова, Ю.Е.Погребницкий и А.И.Трухалев), и вытекающая отсюда неизбежность процесса базификации или океанизации континентальной коры. И если сегодня теоретическое обоснование данного процесса встречает известные трудности, то это не значит, что он не реализовывался в природе и надо оставить поиски ответа на вопрос, каким образом он происходит. Независимо выдвигается идея вращения мантии относительно ядра (Н.И.Павленкова, А.В.Долицкий), которая служит основанием для закономерных преобразований магнитного поля и структурообразования в литосфере. Хотя механизм подобных проскальзываний мантии по ядру, вытекающий из приливной эволюции системы Земля—Луна, разработанный Ю.Н.Авсюком, не обеспечивает тех масштабов такого явления, которые предполагаются авторами, дифференцированное поведение различных геосфер в общем вращательном движении планеты сегодня, по-видимому, не вызывает сомнений. Это значит, что и здесь открывается широкое поле для предстоящих исследований. Вывод о том, что переходные зоны океан—континент устроены гораздо сложнее, чем предусмотрено концепцией тектоники плит, сделан на основании материалов, содержащихся в работах Л.М.Балакиной и В.А.Ермакова. В сущности, выявленные там закономерности процессов могут быть обеспечены определенной разновидностью или формой адвекции, возможности которой также приведены в материалах В.В.Гордиенко, В.Н.Шолпо.

Хотя авторы не предлагают в настоящий момент какой-то новой обобщающей геотектонической концепции, но изложенный материал требует осмысления и должен послужить стимулом для выработки новых подходов к проблеме эволюции Земли. Надо всегда помнить слова В.И.Вернадского — крупнейшего естествоиспытателя нашего времени: «...если научное эмпирическое обобщение становится в противоречие с теорией и подтверждается непрерывно при новом накоплении фактов, то научная теория должна пасть или измениться, принять такую форму, которая не противоречила бы эмпирическому обобщению». Представляемый сборник — приглашение к диалогу, деловому обсуждению и поиску путей выхода на новый уровень понимания эволюции Земли.

В.Н.Шолпо

Роль эмпирических обобщений и гипотез в геотектонике

В.Н.ШОЛПО (ИФЗ РАН)

Возникшая во второй половине XX в. гипотеза тектоники литосферных плит, названная в самом начале «новой глобальной тектоникой», очень быстро получила массовое (хотя и не всеобщее) признание, что существенным образом изменило ситуацию в теоретической геотектонике да и в науках о Земле в целом. Появление и разработка такой концепции, возрождавшей на новой основе идеи мобилизма, повлияли на мировоззрение геологов. Если раньше геотектонические гипотезы опирались прежде всего на цепь логических умозаключений, вытекающих из фактических данных, и были по сути умозрительными конструкциями, то в случае с тектоникой плит в основу легли преимущественно геофизические данные, где число и мера имеют определяющее значение, а привлекаемый для интерпретации первичных данных математический аппарат создает ощущение неопровержимости и безусловной достоверности получаемых результатов. Для геолога как бы остается за кадром, что такие результаты не всегда однозначны, зависят от принятой модели, граничных условий и многих других допущений. Раз все просчитано по законам физики, то это непреложно.

В истории наук о Земле можно насчитать множество самых различных гипотез о причинах и движущих силах геологических процессов, но, пожалуй, ни одна из них не оказывала такого влияния на весь круг наук о твердой Земле, как концепция тектоники литосферных плит. Если прежде, в конце XIX—начале XX вв., как отмечал В.В.Белоусов, обобщающая концепция или гипотеза была не совсем обязательным элементом научного исследования, то с появлением концепции тектоники литосферных плит стало чуть ли не обязательным для каждого автора, особенно тектонического исследования, присягнуть на верность той или иной идее. И совершенно справедлива оценка Ю.М.Шейнманна, высказанная в 1974 г.: «...нельзя не признать огромной встряски, которая была дана науке о Земле новой тектоникой... Как разрушитель спокойствия она свою роль играет и будет еще играть достаточно долго» [57, с. 205]. Ему казалось, что увлечение этими идеями продлится 10—20 лет (на самом деле первые, пока немногочисленные разочаровавшиеся в тектонике плит ее сторонники появились в самые последние годы XX в.) [66, 75]. Уже на XXX Международном геологическом конгрессе в Пекине была сформирована секция «Тектонические концепции иные чем плейт-тектоника», где было представлено 60 докладов [61]. Оценки участников конгресса сводились к тому, что хотя большинство тектонических докладов интерпретировали данные в духе плейт-тектоники, никаких теоретических новинок, принципиально новых идей и методических разработок показано не было. Объективно оценивая сложившуюся к концу XX в. ситуацию в геотектонике, В.Е.Хайн писал: «...в последние годы все больше начинает ощущаться, что тектоника плит не стала той общей подлинно глобальной теорией Земли, о которой уже двести лет, начиная с Джеймса Хаттона (Геттона), мечтают геологи» [51, с. 38].

Почти одновременно с тектоникой плит в науковедении была сформулирована идея развития науки путем последовательной смены парадигм, сопровождающейся революционными преобразованиями всей системы понятий в данной отрасли науки [67]. И хотя эта идея с самого начала

подверглась критике и была показана ее неприменимость к истории наук о Земле [55, 68, 69], все же очень многие геологи оказались во власти схемы, предложенной Т.Куном. Концепция тектоники литосферных плит, которую сами авторы, стоявшие у ее истоков, называли «опытом в геопоэзии» [65], «интуитивной концепцией» [63], была объявлена теорией, а затем и новой парадигмой, а само появление концепции отождествлялось с революцией в науках о Земле. Сторонникам новой концепции, очарованным ее простой и красивой кинематической схемой, стало казаться, что наконец-то в науках о Земле найдена если не абсолютная, то некая непреложная истина, впервые после контракционной гипотезы объясняющая эволюцию планеты в глобальном масштабе. В этих условиях критические голоса, раздававшиеся с самого начала в адрес новой концепции [5, 21, 56, 72], тонули в мощном потоке публикаций ее сторонников. Вся обстановка развития концепции тектоники плит, в сильнейшей степени сопровождавшаяся элементами сенсационности, исключала спокойную, беспристрастную и трезвую научную дискуссию.

Есть и еще один аспект «встряски» в науках о Земле, вызванный тектоникой плит и схемой развития науки по Т.Куну — значительная неопределенность, возникшая в использовании таких понятий, как гипотеза, теория, парадигма, которая привела к тому, что такие категории стали практически терминами свободного пользования.

Часто дискуссии о роли тех или иных гипотез, теорий, парадигм в истории науки становятся бесплодными, хотя безусловно каждый исследователь имеет для себя четкое представление о значимости и месте этих инструментов научного познания. В том-то и дело, что это для себя, а для всех оказывается вовсе не обязательным.

В подобных условиях целесообразно продолжить дискуссию о месте и роли гипотез, теорий и парадигм в науках о Земле [39, 50, 44], начавшуюся несколько лет назад, и попытаться понять, на какие фундаментальные основы должны будут опираться науки о Земле в XXI в. Однако сначала необходимо определить смысл и содержание, которые предстоит вкладывать в понятия теория, гипотеза, эмпирическое обобщение и, в итоге, парадигма.

Определение понятий. Прежде всего, не углубляясь в тонкости гносеологии, необходимо четко обозначить, что в данном случае будет пониматься под терминами теория, гипотеза, парадигма и какой смысл вкладывается в понятие эмпирическое обобщение. Следует подчеркнуть, что автор ни в коей мере не претендует на какую-либо строгость или всеобщность определения этих категорий, а стремится только к однозначному их пониманию в данном контексте и одновременно пытается выразить свое отношение к этим понятиям в науках о Земле. К тому же данные вопросы очень обстоятельно рассмотрены в недавних работах В.Т.Фролова [44].

Определения теории, приводимые в различных справочниках и словарях, оказываются очень противоречивыми, а во многих случаях такими, что не позволяют отличить теорию от научной гипотезы. Многословные определения, которые содержатся в некоторых работах, дают скорее описание понятия, что мало проясняет существо

дела. Поэтому придется просто сформулировать, что вкладывается в понятие теории в контексте дальнейшего обсуждения. Наиболее кратко это может быть выражено следующим образом: *теория — это система взаимосвязанных, логически непротиворечивых представлений, доказанных фактами и опирающихся на основные законы природы, призванных объяснить основные закономерности эмпирических обобщений и существенные связи объекта исследований (твердая Земля в данном случае).*

Если руководствоваться таким определением, то придется признать, что в науках о Земле теории, отвечающие этому требованию, могут быть только в вещественных отраслях: петрология, кристаллография, минералогия, геохимия, литология. И в этих отраслях теории, строго говоря, заимствованы из сопряженных областей физики и химии и могут быть использованы для описания ограниченного числа процессов. Поэтому, как бы ни хотелось считать ту или иную концепцию — способ понимания и трактовки явлений — теорией, надо признать, что в науках о Земле любая из них будет в значительной степени гипотетической. Вопрос состоит лишь в том, насколько каждая гипотетическая концепция оказывается фактоустойчивой и насколько она обладает прогностической и экстраполяционной способностью.

Понятие парадигма в авторитетных изданиях имеет, по крайней мере, два определения: «(1) строго научная теория, воплощенная в системе понятий, выражающих существенные черты действительности; 2) исходная концептуальная схема, модель постановки проблем и их решения, методов исследования, господствующих в течение определенного исторического периода в научном сообществе» [9, с. 1192]. Ясно, что для наук о Земле, если уж использовать данное понятие, пригодно только второе определение. Именно в значении «исходной концептуальной схемы» рассматриваются различные парадигмы истории наук о Земле в большинстве последних публикаций [39, 50].

Лишая геологию права опираться на строгие научные теории, какой бы психологический дискомфорт это ни вызывало, все это не переводит ее в разряд второстепенных или неполноценных наук. Поскольку геология в существенной степени — наука историческая, в ней решающую роль должны играть и играют эмпирические обобщения, что неоднократно подчеркивал В.И.Вернадский. Такие «большие факты», по образному выражению Ю.М.Шейнманна, концентрируют опыт многих поколений исследователей, и для суммы фактов и их закономерных взаимосвязей в очень многих случаях используется понятие «учение». Хорошо известны постепенно формировавшиеся учение о формациях (осадочных и магматических), учение о геосинклиналях, позднее трансформировавшееся в учение о геосинклиналях и платформмах, дополненное учением об эндогенных режимах В.В.Белоусова. В силу своей специфики учения, опирающиеся на «большие факты» и, по существу, сформированные из них, оказываются открытыми для новых фактов, которые накапливаются в результате развития методов исследования, технологии наблюдений. Новые факты только обогащают и углубляют учения.

В очень многих исследованиях, излагающих основы того или иного учения, пытаются объяснить наблюдаемые закономерности, построить схему процессов, приводящих к наблюдаемому результату. В подобных случаях следует отличать, по существу, гипотетическую часть от самого учения. Так, основы учения о геосинклиналях на разных этапах развития истолковывались то с позиций контракци-

онной гипотезы, то гипотез подкорковых течений, расширяющейся Земли и многих других. Можно сказать даже больше, учение о геосинклиналях на протяжении многих десятилетий служило пробным камнем для геотектонических обобщений и различных гипотез.

В отличие от эмпирических обобщений и основанных на них учениях, гипотезы, даже те из них, которые принято называть теориями, не могут быть столь устойчивы к новым фактам. Они, как правило, проверяются фактами, и видоизменяются в соответствии с ними, вплоть до полного отказа от соответствующей гипотезы.

«Концепция» остается термином свободного пользования, который в равной степени может быть отнесен к научной гипотезе, теории и эмпирическому обобщению или учению, поскольку ничего, кроме как «определенный способ понимания, трактовки каких-либо явлений», в него не вкладывается. Соответствующая свобода появляется и в использовании термина «парадигма» («исходная концептуальная схема»). И если по фактическому отражению истории развития идей в геологии можно принять (с некоторыми оговорками) предлагаемую смену парадигм в науках о Земле — контракционная, геосинклинальная, плейт-тектоническая [39, 50], то, по существу, отнесение к одной категории гипотез и эмпирических обобщений неправомерно.

Эволюция концепции тектоники плит. Как уже упоминалось, рождение концепции, провозглашенной «новой глобальной тектоникой», связано с публикацией в 1961—1962 гг. статей Г.Хесса и Р.Дитца, которые предлагали новый вариант гипотезы образования океанов, основанный на идее раздвижения (спрединга) литосферы в срединно-океанических хребтах. Такая идея возрождала на новой основе представления о дрейфе континентов А.Вегенера и в связи с этим была названа «неомобилизм». В последовавшей затем серии статей (1967—1968), главным образом в «Journal Geophysical Research», разными авторами были окончательно сформулированы важные положения новой концепции [37], основы которой были просты, легко воспринимались и давали полную иллюзию понимания глобальных закономерностей устройства и развития лика Земли. Вся земная литосфера оказалась разделенной на ограниченное число (сначала 6, затем 9) крупных плит и некоторое количество мелких. В рифтовых зонах срединно-океанических хребтов происходит подъем мантийного материала, наращивающий литосферу и приводящий к раздвижению литосферных плит, которые могут скользить по подстилающей их астеносфере, слою пониженной вязкости. Это движение передается на тысячи километров, а наращивание площади литосферы компенсируется погружением ее в зонах субдукции, приуроченных преимущественно к полосам глубоководных океанических желобов. Вся эта система поддерживается в непрерывном движении конвективными потоками в мантии. Континентам в данной схеме отводилась пассивная роль наездников, путешествующих по поверхности Земли на более обширных плитах океанической литосферы. В схеме предусматривалось три типа границ между литосферными плитами, где и сосредоточены главные процессы тектогенеза, — дивергентные, где происходит наращивание литосферы и раздвижение плит, конвергентные — границы столкновения плит и деформации литосферы и границы скольжения одной плиты относительно другой вдоль разделяющих их трансформных разломов.

На первых порах в публикациях, разрабатывавших подобную идею, отчетливо видно стремление связать новые пред-

ставления с накопленным эмпирическим багажом геологии, и в первую очередь, с учением о геосинклиналях. Наиболее концентрированно и целеустремленно такие попытки были предприняты в статьях Дж.Дьюи и Дж.Берда [13]. Появилась надежда, что основные положения эмпирических обобщений учения о геосинклиналях получат некоторое общее объяснение, приобретут логично обоснованный механизм и источник движущих сил, обеспечивающий возникновение наблюдаемых структур. При этом казалось очень привлекательным расшифровать сложную историю эволюции подвижных поясов с позиций принципа актуализма. В самом деле, начальные стадии возникновения и развития геосинклиналей, казалось, можно очень просто сопоставить с процессами, происходящими на дивергентных границах плит в срединно-океанических хребтах или рифтовых зонах континентов, рассматривая их как стадии спрединга, стадии инверсии и процесс формирования складчатой области — с процессами, происходящими на конвергентных границах. Однако просто оказалось только в самой общей схеме, попытка расшифровать конкретные стадии развития конкретных подвижных поясов привела к искусственному усложнению схем, неоправданной необходимости выделения в каждом случае большого числа микроплит и нагромождению смены разных типов взаимодействий между этими плитами и микроплитами [13, 14]. Например, «Альпийско-Гималайская система, начиная с раннемезозойского времени, развивалась путем многочисленных столкновений, собравших вместе все микроконтиненты и островные дуги, разбросанные по Тетис-Индийскому океану. ...Горные пояса, лежащие сейчас внутри континентов, такие как Урал, возникли, вероятно, в результате сложных комбинаций весьма разнообразных по возрасту поясов кордильерского типа, микроконтинентов и вулканических дуг, которые оказались совмещенными при закрытии основного океанического бассейна» [13, с. 218].

Упрощенная схема разных типов взаимодействия литосферных плит и слишком прямолинейно понимаемый принцип актуализма привели к тому, что не только не помогли объяснить установленные в учении о геосинклиналях закономерности, но скорее запутали их и превратили в случайности. Примерно в те же годы В.Е.Хаин отмечал, что в плейт-тектонике «не находит сколько-нибудь удовлетворительного объяснения развитие геосинклиналей и особенно происхождение в них складчато-надвиговых деформаций» [47, с. 28].

Возникли и другие трудности при конкретизации общей принципиальной схемы. Оказалось, что невозможно согласовать и увязать в глобальном масштабе возникновение, перемещение и исчезновение океанической литосферы. Если понимать общую схему так, как она была предложена в первоначальном варианте, то каждой зоне спрединга должна соответствовать, по крайней мере, одна зона субдукции. Именно это и не удастся идентифицировать на земном шаре в целом. Такие континентальные массивы, как например Африка и Антарктида, оказываются со всех сторон окружены зонами спрединга, к тому же Африка еще и внутри рассечена рифтовой зоной, которая, согласно концепции, обозначает зарождающийся океан. И данные зоны зарождения литосферы и раздвижения плит компенсируются зонами субдукции, почти все сосредоточенные на западной окраине Тихого океана, в системе глубоководных желобов. Как выход из подобного положения предлагается считать, что движение плит обеспечивают не несколько крупных глобаль-

ных конвективных ячеек, однозначно отражающих на поверхности как зоны спрединга — восходящие ветви и зоны субдукции — нисходящие, а бесчисленное и скорее неизвестное количество мелких ячеек, и тогда «при изучении движения плит, как современных, так и древних, немного можно узнать о конвекции в мантии, даже если эти движения известны в деталях» [71, с. 29]. Плиты в таком случае, очевидно, движутся по равнодействующей, которая вытекает из суммы многих малых конвективных ячеек, располагающихся под плитой. Поразительный результат — «отсутствие заметной связи между движениями плит и мелкомасштабными течениями в нижележащей мантии. Области восходящих течений, вообще говоря, теперь оказываются совсем не обязательно связанными со срединно-океаническими хребтами, а распределены по всему океаническому дну» [71, с. 36]. Это похоже на отказ от первоначальной идеи Г.Хесса и Р.Дитца, давшей толчок развитию всей концепции тектоники плит. Ось спрединга — срединно-океанический хребет — может теперь более или менее произвольно изменять свое место, отмирая в одном и возникая в другом. Важно только, чтобы суммарно соблюдалось примерное равенство протяженности зон спрединга и зон субдукции, а это как раз, по-видимому, имеет место на Земле в настоящее время.

Такие сильно изменившиеся «правила игры» давали почти неограниченную свободу для интерпретации геологической истории. И именно на данном этапе наиболее последовательные сторонники тектоники плит решительно отказываются от попыток связать ее с основными положениями учения о геосинклиналях, отвергают его как отжившее, сослужившее свою службу и годное лишь на то, чтобы занять свое место в архиве науки [16, 74].

В тектонике плит наступает новый виток развития. Отказавшись от закономерностей строения складчатых зон, установленных в рамках учения о геосинклиналях, и от самого понятия геосинклиналь, довольно трудно согласовать разнообразие разновозрастных фаций в складчатых областях, неоднородность и изменчивость самой их структуры. Однако было найдено объяснение понятию экзотических блоков — террейнов [11, 73]. Провозглашается принцип — все, что находится рядом и вместе, составляя современную единую структуру, в момент образования было разобщено [62]. Возникнув для объяснения сложной тектоники канадской части Кордильер, идея террейнов очень быстро широко распространилась. И вскоре практически структура всех континентов была проинтерпретирована как некие «коллажи», собранные в течение времени из разнообразных террейнов, группирующихся вокруг щитов древних платформ. Траектории дрейфа террейнов, чаще всего основанные на палеомагнитных данных, особенно сложны, очень протяженны. Практически вся фанерозойская история Земли представляется как неупорядоченная игра террейнов, постепенно собирающихся в континенты в их современной конфигурации.

Путь концепции плейт-тектоники, пройденный до этого момента, выглядит весьма примечательно. Начав с очень упорядоченной и закономерной глобальной картины, цель которой состояла в том, чтобы дать механизм и понимание основных закономерностей устройства лика Земли, концепция пришла к принципиальному утверждению хаоса и отсутствия каких-либо глобальных закономерностей тектонического процесса во времени и пространстве. Некоторыми наиболее последовательными сторонниками тектоники плит это прямо провозглашается как основной результат развития идей мобилизма [16, 74]. Один из перво-

начальных аргументов всей идеи — параллельность берегов Атлантики, служивший еще А.Вегенеру, оказался забытым, и его предлагается считать результатом игры случайностей, собравших террейны обеих Америк и Африки в такую закономерную картину.

Позже появилась идея двухъярусной, иерархически построенной конвекции [20, 29]. Нижний этаж в этой схеме охватывает нижнюю мантию от границы с ядром до астеносферы. Гигантские диапиры в нижней мантии, достигая подошвы астеносферы, вызывают неустойчивость в ней и служат источником зарождения серии более мелких конвективных ячеек — диапиров, уже непосредственно воздействующих на литосферу. Идея сама по себе может быть и не лишена смысла, но к мобилизму, в его прямом значении, она уже не имеет непосредственного отношения. Хотя были сделаны попытки согласовать с такой моделью иерархической конвекции мобилизм и тектонику плит [26, 49, 52]. При этом предлагается считать, что крупные плиты испытывают воздействие более крупных и глубоких конвективных потоков, а микроконтиненты и террейны, заполняющие пространство между основными плитами и составляющие подвижные пояса, движутся под воздействием более мелких ячеек верхнего этажа конвекции.

Идея, высказанная в таком общем виде, ничего не объясняет и вряд ли сможет послужить основой для расшифровки конкретной геологической истории конкретного региона. В такой схеме остается загадочным, каким образом литосфера может избирательно реагировать на воздействие конвективных потоков разных глубинных уровней, каким механизмом можно обеспечить дифференцированную настройку разных литосферных плит на разноглубинные воздействия.

В самые последние годы была выдвинута новая идея глобального механизма тектогенеза, сформулированная японскими учеными [64, 70]. Суть ее состоит в том, что все тело планеты от границы ядро—мантия до поверхностных геосфер — литосферы, астеносферы — пронизывают струи горячего восходящего вещества, инициируемые преимущественно флюидами — плюмами. При этом предполагается, что в астеносфере и располагающихся выше литосфере и земной коре сохраняются возможности плейт-тектоники по всем установленным ранее правилам. Такая модель, широко разрекламированная и называемая плюм-тектоника, выдается за нечто новое, наконец-то объясняющее глобальную картину тектогенеза, но при этом забывается, что идея плюмов, мантийных диапиров восходит к идее астенолитов Б.Виллиса, подробно разработанной Р.Ван-Беммеленом и В.В.Белоусовым [4, 77]. Во всяком случае, механизмы кинематики плюмов и астенолитов идентичны. Поистине, все новое — это хорошо забытое старое. Разумеется, подобное возвращение к прежним идеям происходит на новом уровне, наполняется новым содержанием, опираясь на новые геофизические и петрофизические данные. Важнейшее значение для реализации механизма плюмов-астенолитов в теле мантии, а, по существу, конвективно-адвективных процессов [41], имеют флюиды высокого энергетического потенциала, рождающиеся на границе ядро—мантия. Им посвящены фундаментальные разработки последних лет [28, 33]. Однако не следует забывать предшественников, и стоит учиться у В.И.Вернадского, который с особой тщательностью перечислял все работы, имеющие отношение к истокам обсуждаемой проблемы [12].

Сторонники крайнего мобилизма и плейт-тектоники стараются любыми способами спасти данную идею, хотя многие из них понимают, что приток новых фактов за последние десятилетия выдвигает перед этой концепцией непреодолимые препятствия. Главные противоречия вызывают те фактические данные о строении и состоянии вещества на больших глубинах, которые получены с помощью сейсмической томографии и могут быть сведены к следующим нескольким основным положениям:

1. Наличие глубоких «корней» континентов, с уверенностью продолжающихся до глубины 400 км, а в некоторых случаях до 700 км.

2. Отсутствие глобально распространенной единой астеносферы, по которой могли бы свободно перемещаться литосферные плиты.

3. Недоказанность процесса субдукции.

4. Глобальная симметрия и асимметрия Земли, выраженная не только в поверхностном распределении суши и моря, но и в структуре мантии и, возможно, отраженная в рельефе поверхности ядра.

К этому можно было бы добавить ряд геологических и петрологических обобщений последних лет, но и сказанного достаточно, чтобы согласиться с Е.Е.Милановским, который справедливо отметил, «что под влиянием новых фактов, соображений и идей плитотектонической концепции в течение последних 30 лет сильно усложнялась, утрачивала первоначальную стройность и простоту, обросла различными оговорками, и ряд ее положений в настоящее время вызывает сомнения и споры. ... она вступила в критическую фазу своего развития, возможно, предшествующую смене ведущей парадигмы теоретической тектоники и шире — геологии...» [35, с. 216].

Становление учения о геосинклиналях. Понятие о геосинклиналях возникло, как известно, более 100 лет назад в трудах американских геологов Дж.Холла и Дж.Д.Дэна. Причем сама суть концепции — горы зарождаются и возникают там, где на предшествовавшем этапе происходили интенсивные опускания и накопление мощных осадочных толщ, была высказана Дж.Холлом на 14 лет раньше (1859), чем Дж.Дэна предложил сам термин «геосинклиналь» (1873), обозначавший специфику и обособленность структуры таких областей. И только в 1900 г. в работе Э.Ога предложен европейский взгляд на геосинклинали и данное учение стало всеобщим. Итоги уточнения представлений о геосинклиналях в последующие десятилетия подробно проанализированы в ряде фундаментальных работ и обобщающих монографий [15, 19, 38, 46, 54]. Поэтому нет необходимости подробно останавливаться на эволюции учения о геосинклиналях. Однако интересно подчеркнуть некоторые примечательные аспекты развития подобной концепции.

По мере распространения понятия «геосинклиналь» на разные складчатые области, отличные от первоначально послуживших основой для эмпирических обобщений (Аппалачи — для американских геологов, Альпы — для европейских), сам термин наполнялся новым содержанием, но дополнялся и терял четкость и определенность, что побуждало некоторых исследователей даже к тому, чтобы просто отказаться от него, заменить терминами «ороген» или «тектороген» (Л.Кобер). Все это сильно сужало понятие, лишало его историзма, и после работ Э.Аргана термин «геосинклиналь» прочно утвердился в тектонике.

На протяжении многих десятилетий работами поколений исследователей в разных горно-складчатых областях

земного шара сформировалось в итоге достаточно определенное обобщенное понятие геосинклинали, которое сводится, по существу, к следующим немногим признакам, отличающим их от тектонически пассивных, относительно спокойных областей:

интенсивное прогибание земной коры, сопровождающееся накоплением толщ осадочных образований, мощность которых на порядок (или порядки!) превосходит мощности таковых на платформах;

последующая деформация накопившихся осадочных толщ, выразившаяся в складчатости различной интенсивности, разрывах, надвигах и покровах;

магматизм, сопровождающий каждую стадию развития геосинклинали и, как правило, имеющий гомодромную тенденцию;

метаморфические процессы, охватывающие обычно значительную часть складчатой области.

Как видно, все эти признаки, определяющие геосинклинальную область, характеризуют сочетание эндогенных процессов, проявляющихся в магматизме, метаморфизме и тектонических движениях. При этом в каждой конкретной геосинклинали интенсивность, характер и вклад каждого из данных процессов в общий процесс тектогенеза может изменяться в широких пределах, что обуславливает индивидуальные особенности каждой области. Такое обстоятельство, по всей вероятности, приводит к тому, что не удастся вычленил более детальные, дробные закономерности строения и развития геосинклиналей.

Неоднократно предпринимались попытки установить общие закономерности продольной зональности отдельных геосинклиналей, геосинклинальных зон, систем, поясов, но всякий раз оказывалось, что схема, разработанная на каком-то одном примере, оказывается нарушенной или вовсе непригодной в общем случае. Это породило множественность терминов для обозначения различных внутренних зон геосинклинальных поясов, отражающих особенности строения и развития различных поясов в каждом конкретном месте. Однако общим остается то, что в геосинклинальном поясе во всех случаях удастся определить чередование прогибов — геосинклиналей и поднятий — геоантиклиналей. Общей закономерностью, хотя с некоторыми оговорками, оказывается также большая интенсивность проявления всех эндогенных процессов во внутренних зонах геосинклинали по сравнению с внешними, прилежащими к стабильным платформенным областям, что отражено в терминах эв- и миогеосинклиналь, более или менее однозначно понимаемых и достаточно широко распространенных. Хотя и в меньшей степени, то же относится к термину парагеосинклиналь, обозначающему прогиб, возникающий на краю подвижного пояса и заполняющийся, по существу, платформенными формациями, имеющими гораздо большие (геосинклинальные) мощности.

В целом необходимо отметить, что создать какую-то стройную обобщенную схему, которая характеризовала всеобщие закономерности строения и развития геосинклинали на примере какой-то одной конкретной области, как предлагали Л.Кобер и Э.Краус на примере Альп, Р.Ван-Беммелен — Индонезии, В.В.Белоусов — Кавказа, Ж.Обуэн — Эллиниды, не удастся, а стремление максимально дифференцировать понятие геосинклинали, предпринятое Дж.Кеем [19] на примере Северной Америки, когда к такому классу структур предлагалось относить чуть ли не любой прогиб, сильно запутало проблему. В итоге оказы-

вается, что каждая геосинклиналь или геосинклинальная область в своем конкретном выражении несет прежде всего отпечаток индивидуальности и бесполезно искать в конкретных регионах какой-либо всеобщий тектонотип.

Примечательно, что относительно Альп, послуживших едва ли не главным объектом для выработки европейского вклада в учение о геосинклиналях, Р.Трюмпи — один из лучших знатоков альпийской геологии, писал: «Альпийская геосинклиналь, несомненно, не может явиться *удобным стандартным образцом* «геосинклинали» как таковой» [76, с. 108]*.

В то же время В.В.Белоусов, открывая большую конференцию по геологии и тектонике Кавказа, отмечал: «Хотя и не все процессы здесь могут быть изучены и не все закономерности раскрыты, но и то, что представляет нам Большой Кавказ — это много больше того, что можно найти в любой другой складчатой зоне. Надо только наблюдать природу и расшифровывать ее письма, а не навязывать ей придуманные сценарии» [7, с. 13].

Точно так же в значительной степени индивидуальными оказываются стадии развития отдельных геосинклиналей, отражающиеся в смене различных осадочных формаций. Хотя и остается справедливым некоторое общее правило. Здесь снова можно обратиться к высказываниям Р.Трюмпи: «Швейцарские геологи могут гордиться, что в их маленькой стране возникли такие термины, как «флиш», «молассы» и «сланцы Бюнднер» («блестящие сланцы» — В.Ш.), которые установлены (или предполагается, что установлены) почти в любой складчатой системе. В действительности, однако, они совсем не так счастливы, как этого можно было бы ожидать. Дело в том, что перечисленные термины в Швейцарских Альпах имеют очень точное смысловое значение, но никто не возьмется дать им четкое определение, и они не предназначены для «экспорта» [76, с. 10]. Наверное, в самом деле, терминам, обозначающим формации, отвечающие этапам или стадиям развития геосинклинали в одном каком-то конкретном регионе, опасно и неправомерно придавать всеобщее значение. В то же время смена формаций и соответствующих стадий развития: геосинклинальной (доинверсионной), позднегеосинклинальной (частной инверсии) и постгеосинклинальной (общей инверсии) — достаточно общее правило. И если породы «блестящих сланцев» Альп решительно отличаются от пород аспидной формации Большого Кавказа, то кавказские образцы (нижняя и средняя юра) вряд ли кто отличит от образцов из доинверсионного (пермо-триас) верхоянского комплекса Верхоянья. Суть состоит в том, что в общем случае ранняя стадия развития геосинклинали — геосинклинальная по Ж.Обуэну, доинверсионная по В.В.Белоусову — проходит в обстановке подавляющего преобладания прогибаний. Затем на стадии частной инверсии, по В.В.Белоусову, позднегеосинклинальной, по Ж.Обуэну, происходит противоборство продолжающихся прогибаний и возникающих растущих поднятий, и, наконец, на стадии общей инверсии, или постгеосинклинальной, решительно преобладают поднятия. Соответствующие этим

*Может показаться неким курьезом, однако кажется весьма поучительным, что более чем за 100 лет до этого, в 1845 г., русский писатель, публицист и философ А.И.Герцен в «Письмах об изучении природы» писал: «В какие грубые ошибки, например, впадала геология, желая обобщить факты, выведенные изучением Альпийских гор, к другим полосам!» (А.И.Герцен. Сочинения. Т. II. — М.: Гос. изд-во худ. лит., 1955. С. 109)

стадиям формации отличаются большим разнообразием и могут быть весьма специфичны в каждой отдельной области или регионе, но именно такая последовательность событий регистрируется едва ли не повсеместно. Однако и в этом случае вряд ли нужно искать какой-то конкретный тектоно-тип, который мог бы служить всеобщим эталоном.

По-видимому, нельзя и не нужно детализировать понятие геосинклинали, а следует остановиться на тех перечисленных четырех общих признаках, которые достаточно надежно отличают подвижные геосинклинальные области от стабильных платформенных. И вполне можно согласиться с тем, что «наиболее общее определение геосинклинали сводится к тому, что *геосинклиналями* (геосинклинальными подвижными поясами) следует называть *зоны высокой подвижности, значительной расчлененности и повышенной проницаемости земной коры, характеризующиеся на ранних этапах своего развития преобладанием интенсивных погружений, а на заключительных — интенсивных поднятий*» [46, с. 157]. Важным дополнением к этому может быть следующая подчеркнутая Ж.Обуэном фраза: «Понятие геосинклинали отражает тип палеогеографического строения и тип тектонической эволюции определенных горных складчатых систем» [38, с. 7]. Из этого следует, что геосинклиналь — эмпирическое обобщение, причем обобщение структурно-историческое, и, очевидно, в первую очередь историческое.

В связи с этим возникает проблема, существующая с давних пор и до настоящего времени вызывающая споры и неоднозначные решения как у сторонников учения о геосинклиналях, так и у тех, кто склонен отрицать накопленные в рамках этого учения закономерности. Это вопрос о том, правомерно ли идентифицировать на сегодняшней Земле современные геосинклинали? Ответы на данный вопрос крайне противоречивы, и именно такая постановка вопроса привела к отрицанию учения о геосинклиналях с позиций мобилизма.

Многие исследователи безоговорочно считают современными геосинклиналями, находящимися на разных стадиях развития, систему островных дуг и окраинных морей восточной окраины Азии [44]. С оговоркой, что нормальный геосинклинальный процесс осложняется здесь наступлением океана на континент. Система поднятий и прогибов Индонезии и Зондского архипелага также относится многими, начиная с работ Р.Ван-Беммелена [77], к современным геосинклиналям. И, действительно, определенные черты сходства с той или иной стадией развития геосинклинали можно отметить почти в любой тектонически активной области на современном этапе ее развития. Однако поскольку понятие геосинклинали прежде всего историческое, то все-таки надо согласиться с теми исследователями, которые всегда считали, что по современному состоянию, одномоментному срезу процессов и структур нельзя относить ту или иную область к геосинклиналям [6, 10, 17, 18, 25, 27, 34, 36]. Наиболее определенно и кратко это сформулировано Г.П.Леоновым: «Право называть какую-нибудь область геосинклиналью мы будем иметь лишь в том случае, если мы установим, что данная область прошла весь цикл геосинклинального развития — от заложения прогиба до возникновения из него горноскладчатого сооружения» [27, с. 30]. В самом деле, не всегда погружение и накопление осадочных толщ геосинклинальной мощности приводит к последующему развитию складчатости и возникновению горноскладчатой структуры, примером чего может служить Прикаспий-

ская впадина, где современная тектоническая активность сводится к приповерхностному диапиризму эвапоритов. В то же время в Южной ванне Каспия, где уже сформировалась соизмеримая по мощности толща осадков, есть признаки продолжающихся активных эндогенных процессов и в самой осадочной толще, и в глубоких частях коры (грязевой вулканизм, сейсмичность). Вряд ли кто может поручиться, что и здесь процесс завершится геосинклинальной складчатостью и формированием горноскладчатой области, так что столь прямолинейно отождествлять современные обстановки тектонической активности с геосинклинальным режимом едва ли правомерно и оправданно.

С этим связано и настойчивое стремление распространить с позиций тектоники плит наблюдаемые на современном этапе сочетания эндогенных процессов в геологическое прошлое, и, отрицая геосинклинальный процесс, заменить геологическую терминологию, выработанную в учении о геосинклиналях, физико-географическими и морфоструктурными понятиями. «Прежде всего это актуалистический подход, позволивший отказаться от специальной геосинклинальной терминологии: геосинклинали, срединные массивы, даже мио- и эвгеосинклинали; эти термины могли быть теперь успешно заменены такими более конкретными понятиями, как островные дуги, микроконтиненты, пассивные, активные континентальные окраины и т.д.» [53, с. 155—156]. Возможно, данные понятия более конкретны, но они лишены исторического содержания в отличие от прежних. К тому же такое неограниченное распространение принципов актуализма давно было отвергнуто многими исследователями, поскольку оно обедняет геологическую историю и позволяет видеть в геологическом прошлом только те явления и процессы, которые можно наблюдать сейчас.

Такой подход к геологическим формациям и, в первую очередь геосинклинальным формациям, привел к тому, что важнейшим из них придается совершенно неприемлемый с исторических позиций смысл. Так, офиолиты (даже отдельные фрагменты триады) непременно считаются реликтами океанской коры, а их присутствие — свидетельством палеоокеана. Флиш — это как бы экзотическое образование континентального склона активной окраины. Б.Г.Лутц показал на примере детального исследования петрологии и литологии офиолитов Средиземноморья и других континентальных подвижных поясов, что они сильно отличаются по составу от современного дна океанов [30, 31]. «Можно твердо сказать, что наиболее распространенным и типичным офиолитам континентальных подвижных поясов нет современных аналогов в структурах океанического дна и в переходных зонах от океана к континентам... Считать такие офиолитовые разрезы остатками океанской коры геологического прошлого нет никаких оснований» [31, с. 89]. Характерно, что разнообразие типов офиолитовых формаций и их распределение в Средиземноморском регионе противоречат общепринятым мобилистским реконструкциям и прямо противоположны этим схемам. В западной части Средиземноморья, где считается, что никогда не было настоящего океана, а был лишь узкий залив Тетиса, офиолиты по составу ближе к океаническим, чем на востоке, где они более сходны с внутриконтинентальными, хотя Тетис здесь якобы расширялся до размеров в несколько тысяч километров и отвечал уже настоящему океану. Наверное, проще связать такую смену состава офиолитовых формаций с удалением от

Атлантики в глубь континента. В исследованиях последних лет, хотя их авторы безоговорочно относят офиолиты к реликтам дна палеоокеанов, показана необычайная сложность и разнообразие геодинамических обстановок, сопровождавших их образование, а также трудности и неоднозначность их классификации [22, 23].

Исследованиями С.Л.Афанасьева установлено настолько тесное родство верхнемеловых флишевых отложений южного склона Большого Кавказа с одновозрастными толщами карбонатных и мергелистых пород северного склона, что никак нельзя относить флиш к чуждым экзотическим фациям [3]. Кроме того, в ряде мест на Кавказе и в Крыму в верхнеюрских толщах титона можно наблюдать непосредственные переходы флишевых толщ в лагунные отложения или фации открытого моря. Причем в Крыму, к востоку от горы Кара-Кая, такой переход совершается всего на протяжении 200—300 м. Естественно, что эти соотношения, сохранившиеся в обнажениях, редки, так как при последующих деформациях по подобным зонам смены фаций чаще всего возникают разрывы. Тем более данным фактам должно придаваться особое значение, и если в современных водоемах не удастся зарегистрировать аналогичные резкие смены фациальных обстановок, то это не значит, что они вообще невозможны и не могли существовать в геологическом прошлом.

Как представляется, из всего изложенного можно сделать вывод, который сводится к тому, что учение о геосинклиналях — прежде всего эмпирическое обобщение, построенное на материалах и фактах континентальной геологии. Все закономерности, установленные в учении о геосинклиналях, основаны на фактах именно континентальной геологии и оставляют в стороне все, что касается океанических пространств (площадь океанов на земном шаре, как известно, более 70%), тоже сыгравших определенную роль в негативном отношении к данному обстоятельству, возникшему в последние годы. Учение о геосинклиналях лишилось глобальности. Однако следует иметь в виду, что только на континентах можно проникнуть в глубины истории Земли, вплоть до самых ранних стадий ее геологического прошлого. Кроме того, определенным звеном, связующим континенты и океаны, без отрицания всего багажа, содержащегося в учении о геосинклиналях, может быть концепция эндогенных режимов В.В.Белоусова [8, 32, 58], где в единой логической схеме находят место и континентальные, и океанические режимы.

Учение о геосинклиналях зародилось, как уже было сказано, в период, когда преобладала контракционная гипотеза, и с тех пор оно пережило возникновение и крушение многих, самых разных геотектонических концепций и гипотез. Ни одна из них не могла исчерпывающе удовлетворительно объяснить все закономерности, установленные в рамках этого учения. Только с позиций тектоники плит ее сторонники пришли к отрицанию учения о геосинклиналях, и полному пересмотру терминологии, выработанной поколениями геологов. Однако должно быть совершенно ясно, что отвергать с позиций гипотезы (а тектоника плит остается в своей основе именно гипотезой) эмпирическое обобщение бесполезно. Скорее наоборот: «...если научное эмпирическое обобщение становится в противоречие с теорией и подтверждается непрерывно при новом накоплении фактов, то научная теория должна пасть или измениться, принять такую форму, которая не противоречила бы эмпирическому обобщению» [12, с. 310]. Что же касается смены терминов и понятий при

«смене парадигмы», то здесь тоже необходима осторожность. Стоит вспомнить предупреждение Вернера Гейзенберга о том, что язык и мышление становятся ненадежными, если мы изменяем основополагающие понятия, а ненадежность несовместима с пониманием.

По всей вероятности, рано все-таки сдавать в архив учение о геосинклиналях, превратившееся по сути дела в учение о геосинклиналях и платформах [18, 54], и дополненное эмпирической частью учения об эндогенных режимах [6]. И это не ностальгические переживания, как иногда расценивают такое отношение к предшествующим этапам развития наук о Земле, а реальная оценка современного состояния идей и концепций в геотектонике. Это не призыв возвратиться к оставленному прошлому. Можно вспомнить афоризм, высказанный кем-то из древних греков: «Все новое — это хорошо забытое старое». История науки полна примеров, подтверждающих справедливость данного выражения. Сама концепция тектоники плит, возродившая мобилистские идеи А.Вегенера, иллюстрирует сказанное. Представления о плюм-тектонике, столь популярные в настоящее время, так же вдохнули новую жизнь в идею астенолитов и мантийных диапиров Р.Ван-Беммелена и В.В.Белоусова, восходящую к понятию, сформулированному Б.Виллисом. Разумеется, на каждом новом этапе «забытое старое» обогащается новым содержанием, опирается на новые факты и приобретает более глубокий смысл и значение. Это нормальный ход развития науки.

Многие из тех возражений и несовместимых с тектоникой плит фактов, на основании которых возникало отрицание идей неомобилизма, остаются в силе и до сих пор. «Пожалуй, наиболее серьезным возражением против мобилизма является доказанный исторической и структурной геологией факт длительной устойчивости и унаследованности структурного плана литосферы, определяемого, в частности, существованием планетарной сетки глубинных разломов — линеаментов, общих для океанов и континентов» [48, с. 480]. Это одно из принципиальных обстоятельств, которое не позволяет принять схему крупномасштабных горизонтальных перемещений литосферы. Хотя надо отметить, что в концепциях, следующих традиционным представлениям, факт упорядоченной, закономерной организации структуры литосферы также не находит удовлетворительного объяснения.

В заключение следует отметить, что все изложенное, на первый взгляд, приводит, казалось бы, к неутешительному выводу — отказу от нереалистичной концепции тектоники плит, возвращению к эмпирическим обобщениям учения о геосинклиналях и платформах и, следовательно, пока не будем думать о причинах и движущих силах тектогенеза. Однако подобный вывод был бы еще более нереалистичен. Поиск источников энергии, причин и механизмов, управляющих эволюцией нашей планеты, остановить, разумеется, невозможно. Не следует только абсолютизировать любую, даже самую остроумную находку на этом пути, превращать ее в непреложную истину и считать тем самым поиск завершенным. Это как будто достаточно тривиальное утверждение, но, тем не менее, часто забывается при рождении новой идеи, когда хочется думать, что наконец-то найден ключ к разгадке всех земных тайн. Колоссальные успехи, достигнутые в последние десятилетия в изучении океанов, исследованиях глубоких недр методами сейсмической томографии, изотопной геохимии, и многие другие новые данные о строении и состоянии Земли в целом, могут создать определен-

ную эйфорию, ощущение, что мы знаем почти все для познания эволюции Земли, но, трезво взглянув на дело, приходится признать, что данных о составе и состоянии глубин все-таки недостаточно. Рекордсмен сверхглубокого бурения — уникальная Кольская скважина проникла в гранитогнейсовый слой континентальной коры более чем на 12 км, принесла при этом много неожиданного [24]. Так что, скорее всего, чтобы достигнуть понимания процессов, происходящих в Земле, предстоит еще долгий путь. Все это не может служить препятствием для того, чтобы наметить направления, которые могут приблизить нас к адекватным моделям эволюции тектоносферы.

Полезно рассмотреть различные геотектонические концепции и идеи с точки зрения того, что их объединяет, поскольку различия и противоречия вполне очевидны, но ни одна из них не может считаться общепризнанной. А общим является то, что во всех случаях геодинамические схемы, когда речь идет о механизмах тектогенеза, опираются на законы и представления классической физики — физику твердого тела, физику сплошных (однородных!) сред. Природная геологическая среда намного сложнее, чем те объемы и тела, которые обычно закладываются в геодинамические модели и математические, и физические. Но самое главное, пожалуй, заключается в том, что деформируемые тела, в каком бы масштабе их ни рассматривать: пачек слоев, всей земной коры или литосферы в целом, пассивно воспринимают приложенные к ним нагрузки, подчиняясь внешним приложенным силам. Такие упрощенные условия, конечно, не могут отразить значительно более сложные природные обстановки, что было понятно и раньше. Вот, например, что было написано по поводу все той же тектоники плит более двадцати лет назад: «...действительная картина движения и развития коры и мантии значительно более сложна, чем это рисуется схемами «новой глобальной тектоники», и, следовательно, она еще не может рассматриваться как всеобъемлющая теория тектогенеза» [48, с. 483]. Все это относится не только к тектонике плит, так как в настоящее время нет «всеобъемлющей теории тектогенеза», нельзя считать таковой и модель, предложенную в последние годы японскими учеными [64, 70], поскольку и данная модель в значительной степени детерминистская.

Очевидно, адекватное приближение к природным условиям могут дать модели, основанные на принципах неравновесной термодинамики неоднородных сложных многофазных систем. В моделях, основанных на этих принципах, деформируемые объемы обладают внутренней потенциальной энергией, которая высвобождается в определенных термодинамических условиях и в каких-то случаях именно эта энергия начинает играть решающую роль в процессе тектогенеза. Тогда структурообразование и тектогенез в целом могут быть оценены как антиэнтропийный процесс, т.е. уводящий систему от равновесия, что и происходит при формировании горноскладчатых сооружений [60].

Только использование таких моделей, где происходят процессы самоорганизации, может пролить свет на проблему упорядоченной организации структуры Земли, выраженной в известных симметриях и антисимметриях в строении планеты [59], а также в иерархии подобий, проявленной на разных масштабных уровнях. Определенные шаги в этом направлении намечены Ю.М.Пущаровским, сформулировавшим основные принципы нелинейной геодинамики [39, 40, 42, 45]. И, по-видимому, надо признать справедливым и отвечающим реальности представление о том, что тектоге-

нез обусловлен сложной системой конвективно-адвективных движений, охватывающих всю мантию Земли [41, 42]. Другой вопрос, стоит ли, даже принимая эту схему в качестве рабочей гипотезы, распространять понятие тектоносферы на весь объем мантии. На каждом глубинном уровне структурно-вещественные преобразования и тектонические процессы, в самом широком смысле, имеют свою специфику, а физико-химические процессы в разных термодинамических условиях протекают по различным законам. Сейчас становится ясно не только из общих соображений, но и доказано конкретными исследованиями [28, 33, 43], что все геосферы пронизаны прямыми и обратными связями обмена веществом и энергией. В конце концов, и движения (смещения) внутреннего ядра должны оказывать влияние на процессы в мантии и на все, что с этим связано [1, 2]. Расшифровка и конкретизация таких взаимосвязей — необозримое поле деятельности для совместной работы всех специалистов в науках о Земле.

В самом общем виде можно сказать, что тектогенез определяется потоками эндогенной энергии, неравномерное распределение которых в теле планеты и периодическое проявление во времени регулируются механизмами внешних воздействий, определяемых эволюцией системы Земля—Луна [1, 2]. Однако даже краткое формулирование главных задач, которые необходимо решать на этом пути, — это отдельная большая работа.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авсюк Ю.Н. Приливные силы и природные процессы. — М.: ОИФЗ РАН, 1996.
2. Авсюк Ю.Н. Внеземные факторы, воздействующие на тектогенез / Фундаментальные проблемы общей тектоники. — М.: Научный мир, 2001. С. 425—443.
3. Афанасьев С.Л. Флишевые формации мезокайнозоя Большого Кавказа / Математические методы анализа геологических явлений. — М.: Наука, 1981. С. 17—33.
4. Белоусов В.В. Земная кора и верхняя мантия материков. — М.: Наука, 1966.
5. Белоусов В.В. Об одной гипотезе развития океанов // Бюлл. МОИП. Отд. геол. 1970. Т. 45. Вып. 4. С. 92—144.
6. Белоусов В.В. Эндогенные режимы материков. — М.: Недра, 1978.
7. Белоусов В.В. Большой Кавказ как тектоническая лаборатория / Проблемы геодинамики Кавказа. — М.: Наука, 1982. С. 9—13.
8. Белоусов В.В. Тектоносфера Земли: взаимодействие верхней мантии и коры. — М.: МГК, 1991.
9. Большой энциклопедический словарь. — М.: БРЭ, 1998.
10. Борисяк А.А. Теория геосинклиналей // Изв. Геол. комитета. 1924. Т. 43. № 1. С. 1—15.
11. Борукаев Ч.Б. Некоторые принципиальные вопросы террейнового анализа (террейнология или террейномания?) // Геология и геофизика. 1998. Т. 39. № 10. С. 1329—1334.
12. Вернадский В.И. Философские мысли натуралиста. — М.: Наука, 1988.
13. Дьюи Дж., Берд Дж. Горные пояса и новая глобальная тектоника / Новая глобальная тектоника. — М.: Мир, 1974. С. 191—219.
14. Дьюи Дж., Берд Дж. Тектоника плит и геосинклинали / Новая глобальная тектоника. — М.: Мир, 1974. С. 180—191.
15. Зонений Л.П. Учение о геосинклиналих и его приложение к Центрально-Азиатскому складчатому поясу. — М.: Недра, 1972.
16. Зонений Л.П. Тектоника плит и геосинклинали / Геохимия магматических пород океана и зон сочленения океан—континент. — Новосибирск: Наука, 1984. С. 6—14.
17. Караулов В.Б. Мобилизм, фиксизм и конкретная тектоника // Бюлл. МОИП. Отд. геол. 1988. Т. 63. Вып. 3. С. 3—13.

18. Караулов В.Б. Учение о геосинклиналях и платформах: эволюция, современное состояние и перспективы // Бюлл. МОИП. Отд. геол. 1998. Т. 73. Вып. 3. С. 10—19.
19. Кей Дж.М. Геосинклинали Северной Америки. — М.: ИЛ, 1955.
20. Кирдяшкин А.Г., Добрецов Н.Л. Моделирование двухслойной мантийной конвекции // Докл. АН СССР. 1991. Т. 318. № 4. С. 946—949.
21. Кириллова И.В., Петрушевский Б.А. Поперечная тектоническая зональность и дрейф континентов // Бюлл. МОИП. Отд. геол. 1972. Т. 47. Вып. 1. С. 5—22.
22. Книппер А.Л. Офиолиты 30 лет спустя / Проблемы геодинамики литосферы. — М.: Наука, 1999. С. 217—226.
23. Книппер А.Л., Савельева Г.П., Шараськин А.Я. Проблемы классификации офиолитов // Фундаментальные проблемы общей тектоники. — М.: Научный мир, 2001. С. 250—283.
24. Кольская сверхглубокая. Научные результаты и опыт исследования / Отв. ред. В.П. Орлов, Н.П. Лаверов. — М.: Технонефтегаз, 1998.
25. Косыгин Ю.А. Основы тектоники. — М.: Недра, 1974.
26. Кравченко С.М., Хаин В.Е. Соотношение унаследованности и новообразования в истории литосферы // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1990. № 1. С. 3—16.
27. Леонов Г.П. Геосинклинальный процесс и его роль в развитии структуры земной коры // Вестник МГУ. Сер. геол. 1974. № 3. С. 21—31.
28. Летников В.А. Флюидный режим эндогенных процессов в континентальной литосфере и проблемы металлогении // Проблемы глобальной геодинамики. — М.: ГЕОС, 2000. С. 204—224.
29. Лобковский Л.И. Схема двухмасштабной двухъярусной тектоники плит и внутриплитные деформации земной коры // Докл. АН СССР. 1988. Т. 302. № 1. С. 62—67.
30. Лутц Б.Г. Геохимия океанического и континентального магматизма. — М.: Недра, 1980.
31. Лутц Б.Г. Формационные ряды офиолитовых разрезов (Интерпретация офиолитов как остатков океанической коры) // Геодинамические исследования. — М.: МГК, 1989. № 13. С. 69—93.
32. Лутц Б.Г. Идеи В.В. Белоусова и их развитие в магматической геологии // Бюлл. МОИП. Отд. геол. 1993. Т. 68. Вып. 3. С. 14—24.
33. Маракушев А.А. Происхождение Земли и природа ее эндогенной активности. — М.: Наука, 1999.
34. Милановский Е.В. Очерк теории геосинклиналей в ее современном состоянии // Бюлл. МОИП. Отд. геол. 1929. Т. 7. Вып. 4. С. 331—379.
35. Милановский Е.Е. Альфред Вегенер. — М.: Наука, 2000.
36. Николаев Н.И. Новейшая геотектоника и геодинамика литосферы. — М.: Недра, 1988.
37. Новая глобальная тектоника (тектоника плит). — М.: Мир, 1974.
38. Обуэн Ж. Геосинклинали. — М.: Мир, 1967.
39. Пуцаровский Ю.М. О трех парадигмах в геологии // Геотектоника. 1995. № 1. С. 4—11.
40. Пуцаровский Ю.М. Тектоника и геодинамика мантии Земли / Фундаментальные проблемы общей тектоники. — М.: Научный мир, 2001. С. 10—33.
41. Пуцаровский Ю.М., Пуцаровский Д.Ю. Геосферы мантии Земли // Геотектоника. 1999. № 1. С. 3—14.
42. Пуцаровский Ю.М., Соколов С.Д. Нелинейная тектоника / Фундаментальные проблемы общей тектоники. — М.: Научный мир, 2001. С. 476—508.
43. Сывороткин В.Л. Рифтогенез и озоновый слой. — М.: АОЗТ «Геоинформмарк», 1996.
44. Фролов В.Т. О науке геологии. Ст. 1. Законы в геологии // Бюлл. МОИП. Сер. 4. Геология. 2000. № 6. С. 3—10. Ст. 2. Геологические теории // Бюлл. МОИП. Сер. 4. Геология. 2001. № 6. С. 3—11. Ст. 3. Теория познания геологии // Бюлл. МОИП. Сер. 4. Геология. 2002. № 1. С. 6—14.
45. Фундаментальные проблемы общей тектоники / Под ред. Ю.М. Пуцаровского. — М.: Научный мир, 2001.
46. Хаин В.Е. Общая геотектоника. — М.: Недра, 1964.
47. Хаин В.Е. О современном положении в теоретической геотектонике и вытекающих из него задачах // Геотектоника. 1972. № 4. С. 3—34.
48. Хаин В.Е. Общая геотектоника. — М.: Недра, 1973.
49. Хаин В.Е. Тектоника плит двадцать лет спустя (размышления о прошлом, настоящем и будущем) // Геотектоника. 1988. № 6. С. 3—17.
50. Хаин В.Е. От тектоники плит к глобальной геодинамике // Природа. 1995. № 1. С. 42—51.
51. Хаин В.Е. Геотектоника на новом переломе своего развития // Геотектоника. 1996. № 6. С. 38—42.
52. Хаин В.Е. Крупномасштабная цикличность, ее возможные причины и общая направленность тектонической истории Земли / Фундаментальные проблемы общей тектоники. — М.: Научный мир, 2001. С. 403—424.
53. Хаин В.Е., Рябухин А.Г. История и методология геологических наук. — М.: Изд-во МГУ, 1997.
54. Хаин В.Е., Шейнманн Ю.М. Сто лет учения о геосинклиналях // Советская геология. 1960. № 11. С. 3—44.
55. Хэллем Э. Великие геологические споры. — М.: Мир, 1985.
56. Шейнманн Ю.М. Новая глобальная тектоника и действительность. Ст. 1 // Бюлл. МОИП. Отд. геол. 1973. № 5. С. 5—28. Ст. 2 // Бюлл. МОИП. 1974. № 1. С. 5—26.
57. Шейнманн Ю.М. Тектоника и магматизм. Избранные труды. — М.: Наука, 1976.
58. Шолло В.Н. Учение В.В. Белоусова об эндогенных режимах и задачи комплексного изучения тектоносферы (к 85-летию со дня рождения) // Бюлл. МОИП. Отд. геол. 1993. Т. 68. Вып. 3. С. 3—13.
59. Шолло В.Н. Симметрии и антисимметрии в структуре Земли / Фундаментальные проблемы общей тектоники. — М.: Научный мир, 2001. С. 461—475.
60. Шолло В.Н. Процессы самоорганизации в тектонике и геодинамические модели // Геотектоника. 2002. № 2. С. 3—14.
61. Abstracts. 30-th International Geolog. Congress. China Beijing. 1996.
62. Allocthonous terrains / Eds. J.F. Dewey, L.G. Gass, G.B. Curry et al. — England: Cambridge University Press, 1991.
63. Dietz R.S. Continent and ocean basin evolution by spreading of the sea floor // Nature. 1961. Vol. 190. № 4779. P. 854—857.
64. Fukao Y., Maryama S., Obayashi M., Inoue H. Geologic implication of the whole mantle P-wave tomography // J. Geol. Soc. Japan. 1994. Vol. 100. № 1. P. 4—23.
65. Hess H.H. History of ocean basins // Petrol. Studies. Volum of honor of A.F. Baddington. 1962. P. 599—620.
66. Keith M.L. Geodynamics and mantle flow: an alternative model // Earth Sci. Rev. 1993. Vol. 33. P. 153—337.
67. Kuhn T.S. The structure of scientific revolutions. — USA.: University of Chicago Press, 1962.
68. Lakatos I. Falsification and the methodology of scientific research programmes / Criticism and the growth of knowledge. — England: Cambridge University Press, 1970.
69. Lakatos I. Anomalies versus «crucial experiments» / Mathematics, science and epistemology: philosophical papers of Imre Lakatos. — England: Cambridge University Press, 1978.
70. Maruyama S. Plume tectonics // J. Geol. Soc. Japan. 1994. Vol. 100. № 1. P. 24—49.
71. McKenzie D.P. The Earth's mantle // Scientific American. 1983. Vol. 249. P. 66—129.
72. Meyerhoff A.A., Meyerhoff H.A. The New global tectonics, major inconsistencies // Bull. Am. Assoc. Petr. Geol. 1972. Vol. 56. № 2. P. 269—336.
73. Monger J.W.H. Correlation of eugeosynclinal tectonostratigraphic belt in North American Cordillera // Geosci. Canad. 1975. Vol. 2. P. 4—9.
74. Sengor A.M.C. Eduard Suess' relation to the pre-1950 schools of thought in global tectonics // Geol. Rundsch. 1977. Vol. 71. P. 331—420.
75. Storetvedt K.-M. Our Evolving Planet. Earth History in New Perspective. — Norway, Bergen, 1997.
76. Trumpy R. Paleotectonic evolution of the Central and Western Alps // Bull. of the Geol. Soc. of America. 1960. Vol. 71. № 6. P. 843—908.
77. Van Bemmelen R.W. Mountain Building. — Hague: Martinus Nijhoff, 1954.

Субдукция и проблемы ее палеореконокструкций

А.Н.БАРЫШЕВ (ЦИНГРИ)

Общие схемы (модели) субдукции. Субдукция как процесс и зоны субдукции как структурные элементы вызывают острую дискуссию применительно к современным и, тем более, древним подвижным частям Земли. В настоящее время в литературе господствует модель субдукции в виде погруженной пластины (плиты) океанической литосферы под менее плотную литосферу и далее в глубь астеносферы, а в некоторых схемах и в нижнюю мантию. Именно в таком понимании в тектонике литосферных плит термин субдукция закреплен 2-ой Пенроузской конференцией Геологического общества Америки [28]. Такая модель с ее частными разновидностями детально описана в огромном числе работ [16, 37, 39 и др.], что позволяет ограничиться здесь лишь рассмотрением вопросов ее исключительности, обоснованности и сравнить с более ранней и, к сожалению, практически забытой моделью, рожденной в Европе.

Как известно, термин субдукция (лат. sub — под, ductio — ведение) был предложен Андре Амштутцем [41] для объяснения *поддвига* эвгеосинклинальных комплексов Монте Роза в Альпах под комплексы Сен-Бернар, сложенные кристаллическими сланцами и гнейсами. Комплекс Сен-Бернар представляет собой покров пеннинского типа (лежачую антиклиналь с замком на северо-западе), смещенный от вогнутой к выпуклой стороне альпийской дуги. Комплекс Сен-Бернар в современной складчатой структуре не только подстилается, но и перекрывается эвгеосинклинальными комплексами. По мнению ряда исследователей, комплекс Сен-Бернар представлял собой кордильеру, разделяющую эвгеосинклинальные бассейны, т.е. соответствовал понятию срединный массив. Однако это вызывает сомнение, как и в отношении многих других срединных массивов, в связи с отсутствием обломков кристаллических сланцев и гнейсов среди раннегеосинклинальных комплексов. Более приемлем вывод А.В.Пейве о том, что на юге Европы многие кристаллические сланцы и гнейсы, относимые к срединным массивам, слагают глубинные покровы пеннинского типа [32], т.е. относятся к громадным складкам нагнетания. В этом аспекте вертикальный разрез альпийской структуры можно схематически представить как S-образную зону, в которой нижняя часть соответствует зоне субдукции, а верхняя — встречной обдукции (лат. obductio — покрытие). В строении верхней зоны могут участвовать раннегеосинклинальные толщии прибортовой части бассейна, под которую нагнетаются сиалические массы.

Очень близкую к упомянутой глубинную геологическую структуру активных окраин предполагал В.В.Белоусов, объясняя, почему зоны Бенюфа наклонны: «Зоны Бенюфа всегда совпадают с температурным контрастом..., отраженным в контрасте тепловых потоков. По одну сторону (под окраинным морем) тепловой поток выше, чем по другую (т.е. в глубоководном желобе и за ним). Очевидно, что более высокий тепловой поток связан с менее плотной верхней мантией и наоборот. ...Более плотная масса должна подтекать под менее плотную, соответственно менее плотная должна натекасть на более плотную. Поэтому наклон зоны Бенюфа всегда направлен в сторону более разогретой мантии» [9, с. 20—21].

В тектонике литосферных плит субдукцию в Альпах относят к особой, альпинотипной субдукции (А-субдукции, по А.Балли), или к коллизии, т.к. считают ее следствием конвергенции, столкновения двух блоков континентальной литосферы [39]. Во всех случаях в тектонике литосферных плит субдукция рассматривается как следствие столкновения этих плит. Однако, приводимое априорное заключение — спорное. Большой набор геологических фактов и теоретических положений позволяет утверждать, что главная причина развития субдукции — краевые эффекты ячеистого глубинного диапиризма. Развитие краевых эффектов при диапиризме наглядно демонстрирует математическая модель адвекции (рис. 1). Модель демонстрирует сопряженное развитие субдукции и встречной обдукции. На поздних стадиях видна эдукция (лат. eductio — извлечение) океанических гипербазитов (2) в тылу глубинного покрова пеннинского типа, сложенного гранит-метаморфическим и габбро-базальтовым слоями. Движение плит, в особенности западный дрейф континентов относительно океанов, может лишь внести изменение в морфологию зон субдукции. Альпийская модель субдукции принципиально сходна по механизму развития с субдукцией под островные дуги.

Структурно-морфологические и тектонофизические соотношения зон субдукции с окружающей средой. Выходы зон субдукции у земной поверхности обрамляют островные дуги всегда с выпуклой стороны и всегда они погружаются под дуги. Сам факт дугообразности достаточно странный, если главной причиной субдукции считать движение крупных монолитных океанических плит. Неслучайно, что Х.Мак-Кунн, В.Кребс, А.А.Смыслов, А.Н.Барышев и другие пришли к выводу о связи сейсмофокальных зон и зон субдукции с мантийными диапирами, расположенными под окраинными морями. Эти ячеистые мантийные диапиры (поднятия) предсказывались ранее В.В.Белоусовым, Е.Н.Люстихом, позже рассматривались П.Н.Кропоткиным, К.А.Шахварстовой [24], Л.Э.Левиным [25] и другими на основании подъема мантии и повышенного теплового потока. Диапиризм — форма проявления адвекции, иначе ограниченной по фазе конвекции. С мантийной конвекцией связывают и движения литосферных плит. Поэтому по интенсивности проявления конвекции можно судить о том, что вызывает прежде всего субдукцию: мантийная конвекция под океанами и соответственно движение литосферных плит или развитие естественной, а не вынужденной, как предполагал Д.Кариг (1971), конвекции под окраинными морями.

Условия проявления конвекции определяются формулой Рэлея, числитель которой характеризует архимедову силу, а знаменатель — факторы, препятствующие всплыванию:

$$R = \frac{\rho \beta \Delta T g H^3}{a \eta}, \quad (1)$$

где R — критическое число Рэлея; ρ — плотность; β — коэффициент объемного температурного расширения; ΔT — разность температур внизу и вверху слоя; g — ускорение силы тяжести; H — мощность слоя, a — коэффициент температуропроводности, η — вязкость. При первом крити-

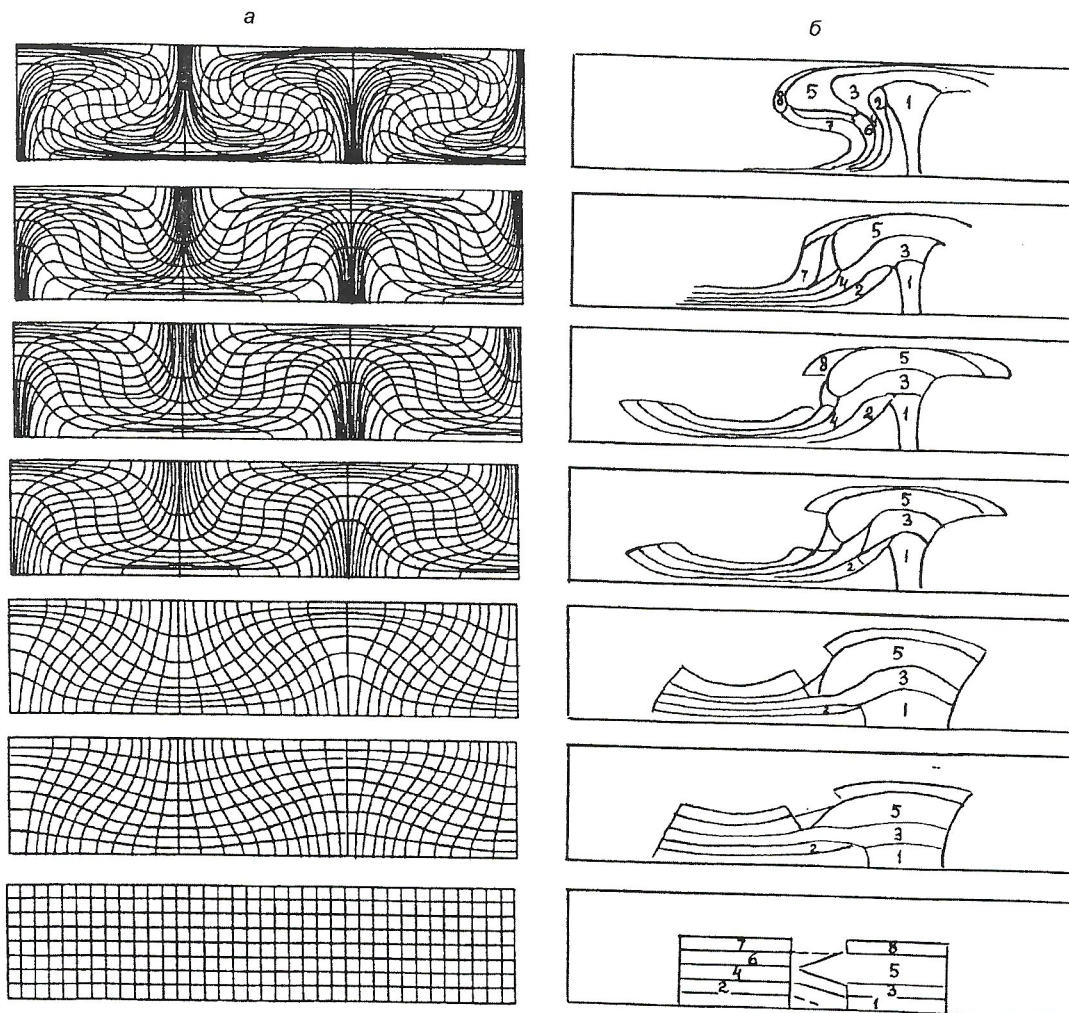


Рис. 1. Математическая модель деформаций слоистой толщи на разных стадиях конвективного процесса (а, по [14]) и относительные перемещения условных слоев Земли, нанесенных на математическую модель (б):

слои литосферы: континентальной (1, 3, 5, 8) и океанической (2, 4, 6, 7); 1, 2 — мантийные; 3, 4 — габбро-базальтовые; 5 — гранит-метаморфический; 6 — эффузивных покровов; 7, 8 — осадочные

ческом числе $R_1 \approx 1,7 \cdot 10^3$ развиваются волны гравитационной неустойчивости одного направления и всплывание происходит в форме валов, а при втором числе $R_2 \approx 10^4$ — волны разных направлений, интерференция которых приводит к всплыванию в форме ячеек [14]. Формула Рэлея останется справедливой, если разуплотнение $\Delta\rho = \rho \cdot \beta \cdot \Delta T$ будет иметь иную причину, необязательно связанную с подогревом снизу.

$$R = \frac{\Delta\rho g H^3}{a\eta}. \quad (2)$$

Так как мощность разуплотненного слоя в формуле (2) имеет показатель третьей степени, то именно по этому параметру следует в первую очередь судить о критических числах Рэлея в астеносфере, а отсюда делать вывод о том, является ли конвекция под окраинными морями естественной или вынужденной, т.е. вызванной субдукцией океанских плит, движение которых связывают с подокеанской конвекцией.

Мощность астеносферы может быть оценена разными способами. Наиболее достоверно о ней можно судить по разуплотнению очагов землетрясений на вертикальных проекциях сейсмофокальных зон, потому что в среде пониженной вязкости происходит диссипация напряжений.

Примером могут служить продольные вертикальные проекции сейсмофокальных зон, погружающихся на глубину от островных дуг Курильской и Тонга под ячеистые окраинные моря Охотское и Фиджи. Здесь зоны разуплотнения очагов имеют линзовидную форму и максимальную мощность около 300 км [5, 6]. При отсутствии глубоких сейсмофокальных зон мощность астеносферы определяется расчетами в априорных моделях. Так по геотраверсу Япония—Гавайи, то есть к востоку от окраинных морей, В.Ю.Косыгин и В.И.Исаев путем расчетов выделили астеносферу на глубинах 20—60 и 90—220 км, или общей мощностью около 170 км [22]. Из упомянутых определений следует, что отношение $300^3 : 170^3 = 5,5$ близко к отношению критических чисел $R_2 : R_1 = 10000 : 1700 = 5,9$ и это явно не случайно. Все это объясняет то, что в отличие от западной периферии Тихоокеанского бассейна, где присутствуют цепочки ячеистых окраинных морей, на остальной части практически отсутствуют ячеистые структуры аналогичного размера, свидетельствующие о такого типа подъемах астеносферы. Проявлены лишь линейные поднятия астеносферы, венчаемые вулканическими спрединговыми и внутриплитными хребтами.

Сопоставить мощности астеносферы под окраинными морями и под океанами можно другим способом, исполь-

зую диаграмму Х.Рамберга [34]. Диаграмма характеризует зависимость длины волны, возникающей на границе гравитационно неустойчивых сред, от мощности всплывающего слоя, разуплотнения, отношения вязкостей всплывающего и перекрывающего слоев. Расстояния между центрами окраинных морей (длина волны) составляет обычно 1—2 тыс.км, на западе Пасифики чаще 1,5—1,9 тыс.км. В океанах расстояния между вулканическими хребтами (длина волны) чаще составляют 600—1000 км. Если принять одинаковыми соотношения вязкостей астеносферы и литосферы под окраинными морями и океанами, то согласно диаграмме Х.Рамберга, мощность астеносферы в разных частях океана составляет 130—200 км, против 300 км под окраинными морями [5].

Итак, большая мощность разуплотненной астеносферы под окраинными морями по сравнению с океанической астеносферой должна, согласно формуле Рэлея (2), обеспечивать более интенсивную конвекцию, вертикальные движения с большей амплитудой, а в связи с компенсационной организацией пластического движения вещества [15] и более интенсивные горизонтальные движения, приводящие внизу к центростремительной субдукции окружающей литосферы, а сверху — центробежной обдукции.

Активное горизонтальное воздействие литосферных масс задуговой ячеи на литосферу океана, а не наоборот, имеет место и на ранней стадии ее развития, когда отсутствует субдукция. Свидетельством может служить разрывная структура Центрально-Индийского и Юго-Западно-Индийского спрединговых хребтов. В Центрально-Индийском ось спрединга смещается по разрывам северо-восточного простирания как по правым сдвигам, а в Юго-Западно-Индийском — по близмеридиональным разрывам как по левым сдвигам, что указывает на сжатие хребтов со стороны дугообразного Маскаренского хребта, который, судя по морфологии, составу вулканитов, наличию в тылу глубоководного бассейна, но при отсутствии сейсмофокальной зоны Беньофа, может представлять зарождение на доостроводужной стадии развития зон перехода континент—океан поднятия типа окраинно-океанического вала, являющегося членом парагенетического структурного комплекса: окраинное море—система островных дуг—желоб—вал. Подробнее это рассмотрено в разделе «Геологические формации и субдукция». На наличие структур сжатия в расширяющихся спрединговых хребтах неоднократно обращал внимание Ю.М.Пушаровский.

По формуле Рэлея можно оценить физическую реальность развития конвекции и сопутствующей ей субдукции, если подставить параметры, определяющие архимедову силу и препятствующие всплыванию. Для этого рассчитаем, каково должно быть разуплотнение $\Delta\rho$ астеносферы по отношению к литосфере, при $H=300$ км $=3\cdot 10^7$ см астеносферы, $\eta=10^{22}$ П (1 П=0,1 Па·с) литосферы (большей чем у астеносферы 10^{20} П), при $R_2=10^4$, средней $a=(6\div 13)\cdot 10^{-3}\approx 10^{-2}$ см²/с горных пород, $g\approx 10^3$ см/с². Из формулы (2) следует, что при таких параметрах $\Delta\rho=0,04$ г/см³. Согласно выводам Х.Рамберга [34], если мощность перекрывающего слоя в двухслойной модели меньше длины волны между конвективными ячейками, то это оказывает такое же влияние, что и снижение его вязкости. В условиях окраинных морей мощность литосферы на порядок меньше расстояний между их центрами, т.е. ячейчатая конвекция может происходить при разуплотне-

нии меньшем, чем 0,04 г/см³. Данное разуплотнение реально, судя по скоростям сейсмических волн, расчетам гравитационных аномалий в верхней мантии бассейнов Западного Средиземноморья и Паннонского [43].

В тектонике литосферных плит как фактор, определяющий источник усилий и направление субдукции, рассматривается не только движение плит относительно осей спрединга, но и так называемые абсолютные движения плит относительно горячих пятен (точек), что приводит к косой субдукции. Во многих публикациях сторонников указанной гипотезы «абсолютные» движения Тихоокеанской плиты рассматриваются относительно принятой за неподвижную горячей точки, находящейся в настоящее время под вулканом Килауэа. По абсолютному К-Аг возрасту вулканитов Гавайско-Императорской цепи рассчитана скорость перемещения плиты $9,41\pm 0,27$ см/год [39]. В эту концепцию, весьма привлекательную на первый взгляд, не укладывается ряд фактов. Во-первых, омоложение возраста вулканов происходит не только вдоль Гавайско-Императорского хребта в той же литосферной плите [1]. Так, на подводном поднятии Маркизских островов, расположенном в 3000 км юго-восточнее Гавайского, используя те же представления и данные о возрасте вулканов Уа-Хука (Вашингтон), Хива-Оа (Доминика), Тахуата, Фату-Хива (Магдалена) и расстояния между ними, получим среднюю скорость перемещения той же Тихоокеанской плиты 14 см/год, а между вулканами Хива-Оа и Фату-Хива — 19 см/год. Во-вторых, концепция неподвижной горячей точки не объясняет одинаковый шаг около 30 км между гавайскими вулканами, на что первым обратил внимание У.Грин в 1875 г. Такое явление представляется закономерным, имеющим в основе волновую природу зарождения адвективных ячеек на валообразном глубинном поднятии, из которых сформировались магматические очаги [5, 6]. Запаздывание роста одних ячеек относительно других должно приводить к возрастному «скольжению» вулканизма. В-третьих, полоса максимальных содержаний органического углерода в осадках Тихого океана сохраняет современную приэкваториальную позицию в толщах позднего мела, палеоцена, эоцена, плиоцена [35], что не согласуется с выводом о смещении тихоокеанской плиты на северо-запад и север, исходя из суждений о неподвижных горячих точках.

Таким образом, «косая субдукция» не является следствием движения океанской литосферной плиты. В связи с тем, что субдукция имеет центростремительную тенденцию по отношению к соответствующей адвективной ячейке (подокраинноморскому диапиру), естественно, ее нормальная ориентировка к оси спрединговых хребтов будет частным случаем, и, следовательно, нет необходимости выделять особую косую субдукцию.

Субдукция и сейсмофокальные зоны Беньофа. В концепции тектоники литосферных плит субдуцируемая плита априори трассируется по зоне очагов землетрясений (зона Беньофа) на всю глубину указанной зоны. Вместе с тем, реконструкция ориентировки главных нормальных напряжений показывает их существенные различия на разных глубинах. Л.М.Балакина [2, 3] по решению очагов землетрясений обосновывает на большом фактическом материале недостаточную корректность выводов Б.Изака и П.Молнара (1971), используемых в тектонике литосферных плит. По Л.М.Балакиной, на приостровном склоне глубоководного желоба параллельно или под небольшим углом к сейсмофокальной зоне погружается ось σ_1 — наименьших сжимаю-

щих главных нормальных напряжений, а на глубинах более 400 км — ось σ_3 — наибольших сжимающих (рис. 2, А).

Возможной моделью, с помощью которой можно объяснить геологическую суть неоднородного поля напряжений при пластических течениях в разных слоях Земли и образование сколовых деформаций, ориентированных подобно сейсмофокальным зонам, может служить пластическое перетекание и трещинообразование в поле тектонического сжатия при региональном метаморфизме. Так, на Быковском месторождении Северного Кавказа происходят пластические перетекания колчеданных руд и хлоритовых сланцев, а также образование трещин скалывания, заполняемых кварцем (рис. 2, Б). Для обоснования аналогии заметим, что формула Рэлея (2), характеризующая условия конвективного течения в гравитационном поле, останется справедливой, если в ее числителе $\Delta\rho \cdot g$ заменить на градиент напряжения (или давления) в объеме H^3 , т.е. должно существовать некоторое подобие между адвекцией в гравитационном поле, приводящей к субдукции, и проявлениями будинажа — структурами малого размера при высокоградиентном тектоническом сжатии перпендикулярно пластам. Верхний колчеданный пласт может имитировать литосферу, нижний — слой Голицына, а разделяющие их менее вязкие хлоритовые сланцы — астеносферу. Пластическое нагнетание осуществляется по оси σ_1 , а выжимание по оси σ_3 .

Помимо отмеченного, данная модель может по-другому объяснить еще два факта, приводимые сторонниками тектоники литосферных плит в обоснование своей концепции. Во-первых, сближение двух более вязких пластов может обеспечить большую добротность (обратную величину диссипативной функции) мантии и не быть следствием пересечения всей астеносферы погружающейся вполне твердой литосферной плитой. Во-вторых, по иному могут быть интерпретированы данные сейсмотомографии. М.Г. Ломизе [39, с. 100] приводит два вертикальных профиля, построенных Р. Ван-дер-Хилстом и др. (1991) через Идзу-Бонинскую и Курило-Камчатскую фокальные зоны с аномалиями скоростей продольных сейсмических волн (рис. 3, А, Б). В поле положительных аномалий, трактуемом как единая субдуцируемая плита, выделяются участки с аномалиями 1,5—2,25%, расположенные в литосфере до глубин почти 200 км, и 1,5—3%, 500—670 км. В промежутке глубин 200—500 км аномалия составляет менее 1,5%. Аномалии более 1,5% вполне согласуются с частичным погружением литосферы в астеносферу и с выступами подастеносферного слоя Голицына. Если плотная, способная тонуть литосферная плита пересекала разуплотненную астеносферу, то она должна была бы обладать значительно большими аномалиями сейсмических скоростей, чего нет в действительности. И весьма трудно объяснить, как литосферная плита, достигнув плотного слоя Голицына, внедряется в него и увеличивает сейсмическую скорость на 3%, превосходя скорости волн в окружающей среде.

Одним из фактов, подтверждающих сомнительность трассирования субдуцируемой плиты на большую глубину по малым скоростным аномалиям на томографических разрезах, может служить сейсмотомографическая модель верхней мантии Тирренского моря (рис. 3, В) [31]. На ней видно, что сейсмофокальная зона, погружающаяся под Калабрию и Эолову вулканическую островную дугу, в интервале глубин 150—180 км характеризуется не положительной, а отрицательной аномалией скоростей. Кроме того, на профиле видно сближение высокоскоростных слоев ли-

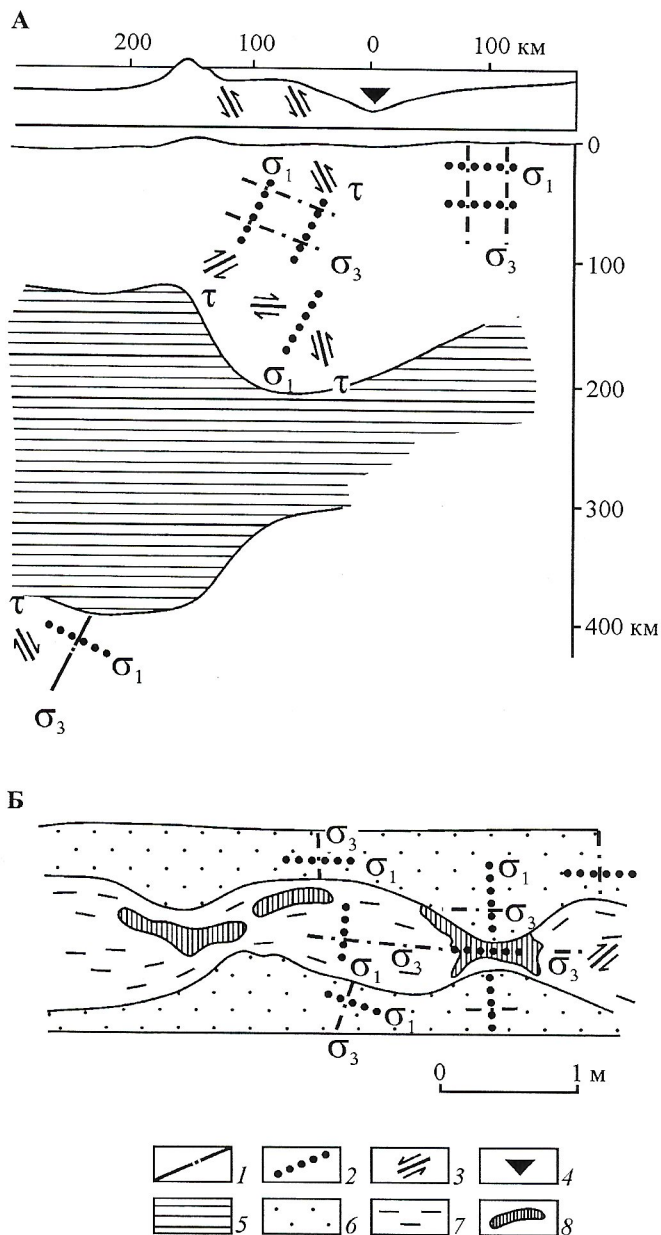


Рис. 2. Тектонические поля напряжений:

А — под Курило-Камчатской дугой и ее окружением (по решению очагов землетрясений [2, 3] с дополнениями); Б — при метаморфогенном выжимании — нагнетании пластов колчеданных руд и разделяющих их хлоритовых сланцев (стенка штольни Быковского месторождения); траектории осей: главных нормальных напряжений относительного: 1 — сжатия, 2 — растяжения; 3 — максимальных касательных напряжений и проекций соответствующих поверхностей скалывания; 4 — ось глубоководного желоба; 5 — астеносфера; 6 — медноколчеданные руды; 7 — хлоритовые сланцы; 8 — жилы метаморфогенного кварца в трещинах и полостях отслаивания

тосферы и слоя Голицына под вулканической дугой и Калабрией, подобно тому, как сближаются колчеданные пласты в области их нагнетания (см. рис. 2, Б).

Н.Н. Пузырев [33] обращал внимание на сомнительность интерпретации глубинных геологических структур Земли по расчетным аномалиям малой интенсивности в томографических разрезах.

Таким образом, сейсмофокальные зоны Беньофа лишь в верхней (200 км) части могут отражать явления, связанные с погружением литосферы. Более того, клинообразное сужение сверху вниз области очагов землетрясений лишний раз указывает на их связь с субдуцируемой синклиналию, а

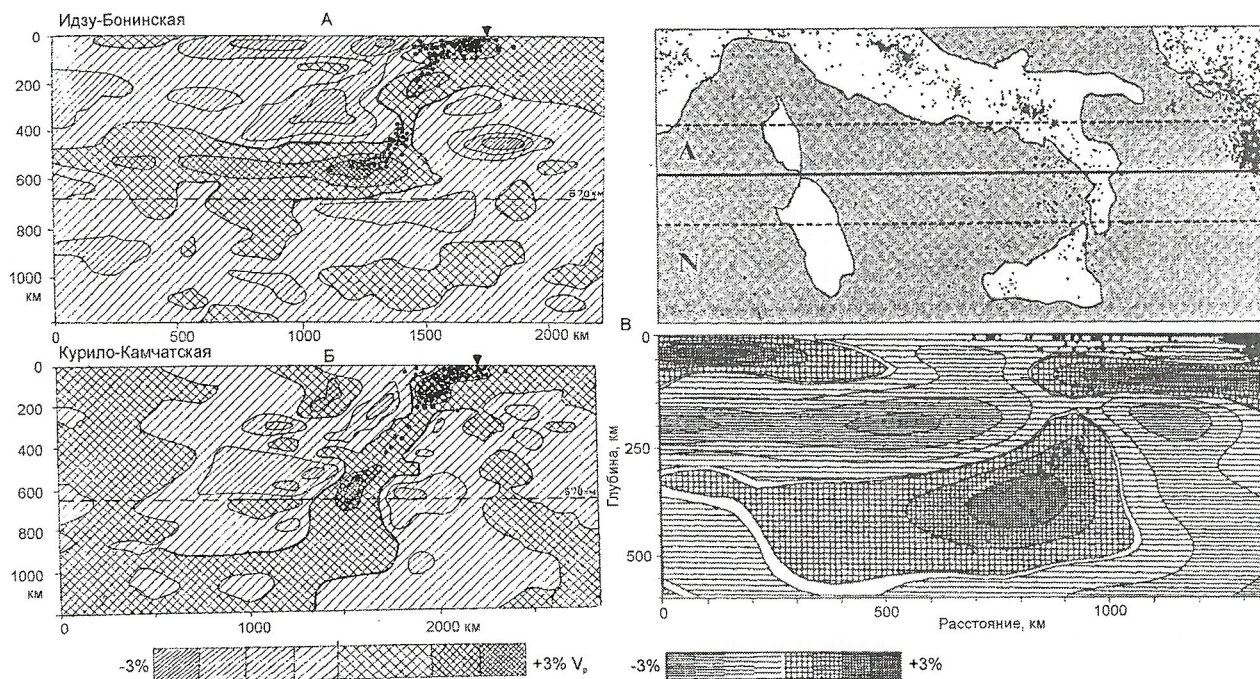


Рис. 3. Сейсмотомографические профили литосферы и верхней мантии:

А, Б — по Р.Ван-дер-Хилсту [39], В — по [31]; точки — очаги землетрясений, треугольник — ось глубоководного желоба

не с плоской плитой. С этой структурой пластического течения вещества под островную дугу (вдоль оси σ_1) вполне согласуется система разрывов вдоль траекторий наибольших касательных напряжений: пологие надвиги с падением под островной склон дуги и взбросы с крутым падением в сторону желоба, вызывающие землетрясения в литосфере [3]. Ниже землетрясения вероятнее всего отражают дифференциальные движения вещества в астеносфере и слое Голицына. Эти движения происходят на фоне общего смещения астеносферы к востоку в результате более быстрого ее вращения вокруг земной оси по сравнению с литосферой, что связано с переносом количества движения при гравитационной дифференциации вещества [5]. Поэтому зоны субдукции, имеющие западное и восточное направление падения, на одинаковых фазах развития становятся круче в первом и положе во втором случаях.

Зона субдукции как элемент парагенетического комплекса структур краевой части адвективной ячеи. В системе геологических структур, расположенных вблизи зоны субдукции, принято детально описывать соседние с ней внешний (океанно-океанический) вал, глубоководный желоб, внешнюю (невулканическую) островную дугу, междугорный бассейн, внутреннюю (вулканическую) островную дугу, задугорный бассейн со своим комплексом структурных элементов. В континентальной обстановке гомологами внешней и внутренней островных дуг являются соответственно береговой и главный хребты. Меньше внимания обращается на глубинные надсубдукционные структурные элементы, а если они рассматриваются, то их развитие трактуется лишь как следствие субдукции, а не как равноправный парагенетический элемент. Вместе с тем, математическая модель конвекции (см. рис. 1) показывает взаимообусловленность субдукции и обдукции и, кроме того, их последовательность возникновения и структурной эволюции. На структурную эволюцию следует обратить особое внимание, т.к. в подавляющем большин-

стве публикаций, рассматривающих субдукцию по модели тектоники литосферных плит, переходные процессы и геологические структуры, предшествующие погружению такой плиты, подробно не приводятся, а сразу рисуется погруженная ровная плита. Недостаточно разработан тектонофизический аспект связи регионального метаморфизма с субдукцией.

Рассмотреть зарождение и эволюционное развитие зон субдукции и сопряженных с ней отмеченных структурных элементов удобно на примере геологии мезозоя—кайнозоя Кубы и палеозоя Урала. Куба и Урал обладают сходными ансамблями тектонических элементов и расположены на сочленении линейных рифтогенов (квазиокеанические бассейны) с ячеистыми структурами типа окраинных или, по Ю.М.Пушаровскому, межматериковых морей (Карибское), либо изометричных континентальных областей или бассейнов (Западная Сибирь, Казахстан) [5, 7]. Поразительное сходство этих ансамблей лишний раз подчеркивает их связь с глубинной адвекцией, волнами гравитационной неустойчивости, и малую вероятность определяющей роли движений литосферных плит. Выбор фанерозойских, а не современных зон для анализа обусловлен тем, что они прошли практически все стадии развития, их структурные элементы поддаются геологическому картированию, так как в процессе орогенных движений были извлечены из глубин, т.е. эдучированы в виде регионально метаморфизованных толщ.

Субдукция и региональный метаморфизм. Ключевые структурные элементы подвижных частей Земли, способствующие пониманию условий развития субдукции, — зоны регионального динамотермального метаморфизма, в которых породы приобретают кристаллизационную сланцеватость. Минералогический аспект образования кристаллизационной сланцеватости при локальном динамотермальном метаморфизме подробно изложен в обширной литературе и может использоваться для анализа тектонофизических условий регионального метаморфизма. Вместе с тем об-

цегеологические условия развития последнего до недавнего времени в достаточной степени раскрыты не были. Указывалось лишь на погружение толщ и наличие стресса.

Субдугирование толщ в виде синклинали, которая опрокидывается с затягиванием ее замка под наплывающие сиалические толщи, превращается в изоклиналиную складку, хорошо объясняет геологическую сущность регионального метаморфизма. Во-первых, подобный процесс охватывает большие (региональные), но не все объемы горных пород. В результате в подвижных поясах (Урал, Куба, Кавказ и др.) присутствуют разновозрастные одинаковые геологические формации, подвергшиеся и не подвергшиеся региональному метаморфизму. Во-вторых, по мере приобретения синклинали изоклинали формы происходит ее расплющивание. Лежащая позиция синклинали обеспечивает устойчивость метаморфических минеральных фаций на больших латеральных пространствах, как по простиранию, так и по падению ее крыльев. Трещины двух сопряженных систем скалывания, возникшие при сжатии, первоначально близкие к траекториям наибольших касательных напряжений, вдоль которых развиваются стресс-минералы (серицит, хлорит и др.), постепенно увеличивают угол между собой от величины менее 90° в начале скалывания до почти 180° при большом расплющивании. Таким образом, они превращаются в трещины «расплющивания» — поверхности смещения сланцеватых микролитов, параллельные осевой поверхности субдугируемой синклинали. В результате на больших территориях кристаллизационная сланцеватость приобретает ориентировку согласную с напластованием, участвуя в более поздней складчатости. Если бы субдугируемая толща просто тонула по модели тектоники плит, то подобного интенсивного расплющивания с развитием кристаллизационной сланцеватости трудно ожидать.

Сложной проблемой регионального метаморфизма, сопряженного с субдукцией, являются условия развития парных метаморфических поясов, а также сформулированная Н.Л.Добрецовым: «...главная проблема — как толщи, погруженные на глубину, значительно превышающую мощность континентальной коры, доставлены назад к поверхности, и как их ассоциации высоких давлений и низких температур сохранились при изменении T и P во время подъема» [16, с. 242].

Вероятно, одним из первых, кто прямо связал региональный метаморфизм с субдукцией, был А.Миясино [30]. Наличие двух разных минеральных фаций, характеризующих, с одной стороны, высокое давление и низкие температуры, а с другой, низкие давления и высокие температуры, А.Миясино связывал с разной скоростью погружения литосферной плиты, а отсюда скоростью ее нагрева. Н.Л.Добрецов и А.Г.Кирдяшкин [16], используя ту же плейттектоническую модель субдукции, более подробно рассмотрели возможную связь с ней минеральных метаморфических фаций. Данные исследователи особо подчеркивают важную роль уменьшения мощности субдугируемой плиты при погружении, что определяет ее заклинивание и обратное выжимание глаукофановых сланцев. Следствием этого является образование аккреционного клина. Большая скорость извлечения сланцев обеспечивает сохранение глаукофана. По сходному сценарию обратного выжимания погруженных и расплющенных на глубине толщ автор настоящей статьи рассматривал метаморфизм и надвигание Восточно-Тагильской зоны на Западно-Тагильскую Урала [4].

Не исключая возможности такого рода выжимания из глубины метаморфизованных толщ, последующее изучение развития зон субдукции привело к выводу о другом, вероятно более масштабном способе извлечения из глубины субдугированных пород (их эдукции). Главным аргументом этого служит присутствие в ядрах орогенных поясов больших объемов регионально метаморфизованных толщ, которые до этого были накоплены в рифтогенную и океаническую стадии развития земной коры (соответственно это терригенные и офиолитовые комплексы). На эдукцию из больших глубин указывает регрессивная смена минеральных фаций в таких комплексах от эклогитовой, гранулитовой и амфиболитовой до зеленосланцевой. В мафит-ультрамафитовых комплексах подобного рода диафторез может быть связан так же и с подъемом мантии, пластическими деформациями в рифтогенный этап развития, на что обращал внимание С.Н.Иванов. На возможность такой интерпретации мог бы указывать пример Срединно-Атлантического хребта, где метаморфизм в кристаллических породах третьего слоя океанской коры происходил до формирования базальтов второго слоя [10]. Однако, учитывая весьма большой диапазон абсолютных возрастов ультрамафитов и мафитов Атлантического океана 2400—500 млн. лет [11], трудно однозначно определить, связан ли региональный метаморфизм пород третьего слоя коры с процессом спрединга или с расслоением мантии при погружении в нее древних, докембрийских зон субдукции. В противоположность этому региональный метаморфизм терригенных и базальтоидных толщ, например, юрско-меловых на Кубе, ордовик-силурийских на Урале, может быть определенно связан с субдукцией.

На юго-востоке Кубы фиксируется антиклиналеподобная перевернутая синклиналь с размахом крыльев более 80 км (рис. 4). Ее северное крыло сложено гипербазит-габбровыми массивами Майяри (Сьерра де Нипе и Сьерра де Кристаль) и Моа-Баракоа, в которых гипербазиты залегают вверх, а габбро вниз. Расслоенность и метаморфогенная полосчатость имеют пологое падение на север. В южном крыле складки залегает гипербазитовый массив Сьерра дель Конвенто. Ядро складки сложено метаморфизованными базальтоидами, хлорит-кварцевыми, кварц-серицит-хлоритовыми сланцами, принадлежащими меловым формациям Сьерра Пурьяль и Санто Доминго. В формации Сьерра Пурьяль присутствуют метаморфизованное колчеданное месторождение Элексион и ряд рудопроявлений.

В современной геологической структуре на гипербазитах массива Майяри залегают амфиболиты, кварциты, тальк-серпентинитовые, графитовые, серицитовые, мусковитовые и глаукофановые сланцы формации Ля Кореа. На крайнем востоке Кубы сходную позицию, примыкающую к дунит-гарцбургитовой части разреза гипербазитов, занимают гранатсодержащие амфиболиты с прослоями гранатовых кварцитов и гранат-биотитовые плагиогнейсы формации Гуира де Хауко. Метаморфические толщи считаются древними, но амфибол в них по К-Аг методу имеет возраст 72—75 млн. лет [29]. Эти метаморфизованные толщи на глубине облекали гипербазитовые слои погруженной складки и были совместно выведены к поверхности (эдукции) в конце мела, о чем свидетельствуют обломки гипербазитов в конгломератах кампан-маастрихтской формации Ля-Пикота. Часть верхнего крыла извлеченной из глубины синклинали сползла в виде аллохтонов к

северу. Аллохтоны и сопровождающая олистограмма присутствуют в массиве Ольгин (см. рис. 4)

Таким образом, геологическая структура Юго-Восточной Кубы аналогична тому синклинальному перегибу, который присутствует на математической модели адвекции (конвекции). Однако в Кубинской ситуации замок лежащей складки поднят выше, чем показано на рис. 1. Эффект процесса может быть уподоблен затягиванию к центру и вверх нижней части грибообразного облака при атомном взрыве — наглядной модели конвективной ячейки.

Одним из факторов, способствующих началу эдукции субдуцированных толщ, может быть то, что мощность литосферы в тылу островной дуги или континентальной окраины больше, чем мощность океанической или квазиокеанической литосферы. Поэтому зона субдукции на глубине может блокироваться, загигаться вверх и извлекаться из-за наплыва литосферных масс со стороны тылового бассейна (окаинного моря). Минеральные фации метаморфитов: хлорит-мусковитовая, двуслюдяная для метapelитов, гранат-эпидотовых амфиболитов и амфибол-цоизитовых эклогитов для базальтов, характерных для эдукции толщ Кубы отвечают давлениям 570—830 МПа

[27], т.е. метаморфизм в зоне субдукции происходил на глубинах 20—30 км, а субдуцируемый блок в виде лежащей синклинали внедрялся в среду, аналогичную первому (глубины 20—60 км) астеносферному слою, установленному по геотраверсу Япония—Гавайи [22].

Геологические формации и субдукция. Модель субдукции в тектонике литосферных плит не рассматривает изменения в строении рядов геологических формаций, слагающих литосферу в субдуцируемом и надсубдукционном блоках. Постулируется лишь увеличение мощности океанской литосферы, ее уплотнение за счет остывания, а после этого ныряние вглубь. Между тем вертикальные и латеральные ряды геологических формаций в фанерозойских подвижных поясах отчетливо фиксируют их существенные предсубдукционные изменения. Они указывают на первичную неоднородность земной коры бассейна как в связи с разной степенью деструкции континентальной коры, так и в связи с пластическими перетеканиями сиалических масс в сторону той части литосферы, которая позже подвергается субдукции.

Примером могут служить раннепалеозойские толщи Урала. Базальтоидные толщи океанической стадии разви-

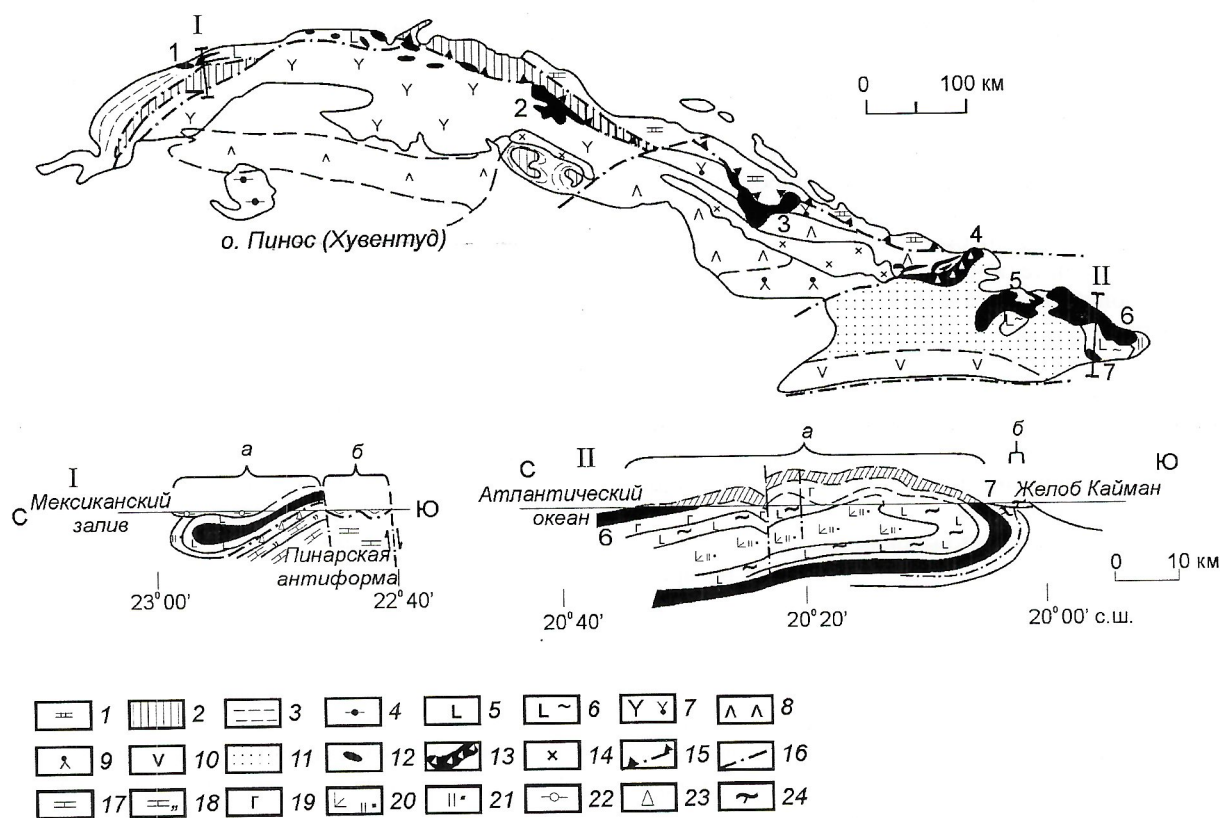


Рис. 4. Позиция зоны субдукции, извлеченной из глубины, относительно геотектонических зон Кубы:

1—9 — мезозойские зоны: 1, 2 — миогеосинклинальная область: 1 — Ремедиос (шельф, прилежащий к Багамской платформе), 2 — суперзона Камахауни—Пласетас—Лос Органос (континентальный склон и его подножье); 3, 4 — зоны рифтогенной области (терригенно-сланцевой эвгеосинклинали); 5 — Пинар дель Рио—Эскамбрай; 6 — Хувентуд — превращенная в фундамент вулканоплутонического пояса; 7—13 — эвгеосинклинальная область, зоны: 5 — Баия Онда (квазиокеанический сектор); 6 — Сьерра Пурьяль (эдукционные, ранее субдуцированные квазиокеанические комплексы); 7 — Санта Клара (северный склон островной дуги); 8 — Камагуэй—Лас Тунас (приосевая часть островной дуги, одинарной в меловой период, внешней в палеогене), пунктир — современная подводная часть; 9 — осевая часть зоны Камагуэй—Лас Тунас с предкампанским разрывом и кампан-маастрихтским вулканоплутоническим поясом; 10—11 — палеогеновые зоны: 10 — Сьерра Маэстра (внутренняя островная дуга, островодужный вулканоплутонический пояс); 11 — Байамо-Норте де Гуантанамо (междугубый бассейн); 12 — дунит-перидотит-гabbровые массивы, 13 — то же меланжированные (1 — Кахальбана, 2 — Санта Клара, 3 — Камагуэй, 4 — Ольгин, 5 — Майяри, Сьерра де Нипе и Сьерра де Кристалль, 6 — Моа-Баракоа, 7 — Сьерра дель Конвенто); 14 — гранитоидные массивы позднего мела; 15 — Главный Кубинский разлом; 16 — прочие крупные разломы; толщи на разрезах: 17 — терригенно-кремнисто-карбонатная (оксфорд—титон); 18 — карбонатно-кремнисто-терригенная (берриас—турон); 19 — габброидная; 20 — метапорфирит-туфогенная (апт—сеноман); 21 — терригенно-кремнистая (апт—сеноман); 22 — конгломерато-песчаниковая (поздний турон—маастрихт); 23 — олистостромовая и тектонический меланж; 24 — метаморфических пород спорного возраста; разрезы: I — опрокидывание геологических толщ зоны Баия Онда (а) при допозднетуронском шарьировании их совместно с зоной Пинар дель Рио (б) на зону Камахауни—Пласетас—Лос Органос; Пинарская антиформа — олигоцен-раннемиоценовое поднятие; II — извлеченная из глубины субдукционная синклиналь, сложенная офиолитовой ассоциацией

тия (ордовик—ранний лландовери) отличаются друг от друга по разрезу и латерали существенно меньше, чем перекрывающие их толщи. Для ордовик-раннелландоверских толщ, находящихся в пространственной близости с дунит-гарцбургитовой формацией, характерна афировая структура основных лав, постепенное к востоку и вверх по разрезу уменьшение в них содержания TiO_2 , возрастание объема кремнекислых вулканитов. Эти различия позволили выделить однородную базальтовую, дацитосодержащую базальтовую, риолит-базальтовую (контрастную) формации, которые принадлежат толеитовой серии. Резкие границы между ними провести затруднительно. Как на востоке, так и на западе Тагильского бассейна в нижних частях базальтоидов присутствуют однотипные серноколчеданные медно-кобальтовые проявления, а чуть выше — медноколчеданные месторождения.

Расположенные выше вулканогенные и вулканогенно-осадочные формации имеют существенную изменчивость по латерали. В восточной части Тагильского бассейна, ближе к активной континентальной окраине, риолит-базальтовая толща (формация) перекрывается толщей, где резко возрастает роль андезитодацитов, пирокластических и других вулканогенно-обломочных пород, а базальтоиды приобретают более выраженную порфировую структуру. Эта часть разреза по ранним схемам относилась к верхней части непрерывной формации, а позже стала выделяться в самостоятельную андезитодацитовую формацию. Вулканы этой формации являются переходными от толеитовой к известково-щелочной серии. Непосредственное продолжение вулканической деятельности от предшествующих (риолит-базальтовых) толщ позволяет считать образования андезитодацитовой формации как отражение завершающей стадии становления тех же, что и ранее, магматических очагов (регрессивной — по возрастанию роли интрателлурических вкрапленников, с большей ролью коровых андезитодацитовых выплавов). Андезитодациты в сочетании с обилием пирокластов, кальдерным развитием вулканов, близостью к крупному блоку с сиалической земной корой побуждают многих исследователей относить данную формацию к островодужной. Вместе с тем, эта формация вмещает медно-цинково-колчеданные месторождения (Им. III Интернационала и др.), которые подверглись региональному метаморфизму, т.е. они после образования были субдуцированы, а не сформированы в надсубдукционном блоке. В схеме эволюции земной коры андезитодацитовая формация относится к началу переходной стадии [36].

По мере удаления от активной окраины риолит-базальтовая формация перекрывается породами не андезитодацитовой формации, а вулканомиктовым флишем и андезитобазальтовыми порфиритами повышенной щелочности (именновская свита), которые А.В.Пейве и др. [36] выделяли на Урале как латеральный аналог андезитодацитовой формации. Этим она отличается от другой андезитобазальтовой формации нормальной щелочности, к которой относятся вулканиты верхней, эйфельской части ирендыкской свиты, накопившейся в надсубдукционной обстановке краевого вулcano-плутонического пояса.

Аналогичная изменчивость формационных рядов присуща девонским толщам Передового хребта Северного Кавказа. Здесь неметаморфизованная риолит-базальтовая формация (кизилкольская свита, вмещающая медноколчеданное Худесское месторождение), перекрывает вулканомиктовым

флишем с черными сланцами (кубилянкольская свита). Расположенные ближе к орогенной зоне Главного хребта риолит-базальтовая формация (сосновская свита с колчеданными месторождениями Уруп, Быковское, Бескес) и перекрывающая ее андезитодацитовая формация (семиродниковская свита с месторождениями Власинчиха, Первомайское и др.) подверглись региональному метаморфизму зеленосланцевой и эпидот-амфиболитовой фаций, т.е. на этапе накопления не принадлежали надсубдукционному блоку.

Базальтовые и андезитобазальтовые порфириты повышенной щелочности — закономерный член чаще верхней части андезитодацитовой или самостоятельной андезитобазальтовой формаций. Такие базальты присутствуют вверху девонской метаморфизованной семиродниковской свиты Северного Кавказа, неметаморфизованных раннекарбоновой вахшиварской свиты Юго-Западного Гиссара (Тянь-Шань), позднеордовикской намасской свиты Юго-Западного Чингиза (Казахстан), которая перекрывается олистостромой, а выше флишем. Характерной особенностью этих пород, в отличие от базальтов более ранней колчеданосной риолит-базальтовой формации толеитовой серии, является присутствие оливина, зонального плагиоклаза, общая повышенная щелочность.

С некоторыми условностями (при разном типе океанических бассейнов) обстановку накопления андезитобазальтовой формации типа именновской свиты можно сопоставить с обстановкой Маскаренского хребта.

Маскаренский хребет обрамляет с востока Маскаренскую котловину. В его строении участвуют вулканиты разного возраста и состава. Наиболее древние — толеитовые базальты с радиометрическим возрастом $^{40}Ar/^{39}Ar$ 67 млн.лет [17]. Составы более молодых базальтов возрастом 33 млн.лет на диаграмме $Na_2O+K_2O-SiO_2$ ложатся в поле щелочной серии. На диаграмме $Nb-Zr-Y$ толеитовые базальты ложатся в поле N-MORB, а более молодые — в поля E-MORB и вулканических дуг [17]. В тылу южного окончания Маскаренского хребта на о.Реюньон (базальтовый щит диаметром 190 км) присутствуют плиоценовые щелочные оливиновые базальты, перекрываемые андезитами (2 млн.лет, вулкан Питон-де-Неж с сиенитами в ядре), оливиновые и толеитовые базальты, анкармиты, трахиты (вулкан Фурнез с современной активностью [1]). Современная асейсмичность Маскаренского хребта, несмотря на его дугообразную форму и наличие вулканических островов, не позволяет отнести его к классу островодужных, и он справедливо рассматривается как внутриплитный. Однако в отличие от многих внутриплитных хребтов его развитие очевидно сопряжено с соседним ячеистым мантийным поднятием. В этом смысле его можно сопоставлять с окраинно-океаническими (внешними) валами типа валов Зенкевича и Хоккайдо к юго-востоку от Курильского глубоководного желоба.

Для окраинно-океанических валов весьма характерна ассоциация пород, которые присутствуют на Урале в раннепалеозойских андезитодацитовой, андезитобазальтовой формациях и комагматичных последней палеозойских интрузивных составляющих дунит-клинопироксенит-габбровой формации Платиноносного пояса. Так, на горе Павловского (вал Зенкевича) драгированы базальты повышенной щелочности (в т.ч. K_2O) с зональным плагиоклазом и клинопироксеном, оливиновые двухпироксеновые базальты и андезитобазальты, туфы дацитов и андезитов, троктолиты, пироксениты, амфиболовые габбро, а также гранат-слюдистые кристаллические сланцы, сопостави-

мые с породами фундамента [12, 13]. На вулкане Горшко-ва (вал Хоккайдо) драгированы щелочной оливиновый базальт, авгитовые базальты, андезитобазальты, двупироксеновые андезиты, андезитодациты, биотит-авгит-роговообманковый дацит, туфы андезитов и дацитов, плагиоклаз-амфиболовый пироксенит, оливиновое габбро, габбро-норит, кварцевый монцитит [20]. Авторы статьи подчеркивают сходство пород вулкана Горшкового с породами островных дуг. На это обращаем внимание, так как в палеообстановке Урала сходная ассоциация пород именновской свиты большинством исследователей относится к обстановкам островодужного вулканизма и выделяется как типичные островодужные комплексы [21, 26]. К.С.Иванов в ряде публикаций, считая образования именновской свиты аналогом островодужной вулканогенно-обломочной формации, относит и комагматичные им интрузивные породы Платиноносного пояса также к островодужным [19]. Обосновывается это близостью их абсолютного возраста (420—430 млн.лет) и возраста осадочных толщ, определенного по конодонтам, собранным из скважины СГ-4 [18]. Подчеркивается обусловленность уральского гравитационного максимума породами Платиноносного пояса. В связи с этим отметим, что и окраинно-океанические (внешние) валы характеризуются наиболее поднятой мантией и положительной гравитационной аномалией, что может быть связано с массивами подобными таковым в уральском Платиноносном поясе. По сопоставлению весьма схожих ансамблей геологических структур, находящихся между Европой и Азией, Северной и Южной Америкой, месту структур, аналогичных Платиноносному поясу Урала, в мезозое должна отвечать аналогичная территория Атлантики либо южный край Багамской платформы севернее островов Гаити, Пуэрто-Рико и глубоководного желоба Пуэрто-Рико. На основании этого был сделан вывод о вероятном соответствии позиции Платиноносного пояса окраинно-океаническому валу [4, 5]. Образования, аналогичные дунит-клинопироксенит-габбровой формации, встречаются в островных дугах, например, пояс Санбагава в Японии [27], но они регионально метаморфизованы, т.е. ранее были субдуцированы.

Происхождение окраинно-океанических валов объясняется по-разному и не имеет однозначной трактовки. Судя по решению очагов землетрясений [2] во время развития островных дуг поле тектонических напряжений в них существенно отличается и характеризуется вертикальным положением оси σ_3 (см. рис. 2, А). В этом аспекте их можно рассматривать в связи с адвективными валообразными поднятиями, как и обычные внутриплитные хребты. Вместе с тем, их позиция и морфология зависят от рядом расположенного ансамбля структур, связанного с развитием ячеистых окраинных морей: напротив наиболее глубоководных впадин этих морей (т.е. как бы компенсируют по латерали деструкцию коры во впадинах), они конформны с островными дугами, но более фрагментарны. Все это может быть результатом воздействия на валы сжимающих усилий со стороны подокраинноморских диапиров. Последнее более вероятно, чем представление тектоники литосферных плит о сжатии со стороны срединно-океанического хребта и о продольном изгибе океанической плиты перед ее погружением в зону субдукции (А.Уоттс, М.Тальвани, 1974).

Итак, отнесение уральских толщ именновской свиты и тем более подстилающих их ордовик-раннесилурийских дифференцированных вулканитов толентовой серии к над-

субдукционным [21] вряд ли оправдано. Тем более сомнительна реконструкция по ним позиции раннесилурийской зоны субдукции. Значительная роль кремнекислых вулканитов в породах контрастной формации ашгиллия—ллан-довери, вероятнее всего, обусловлена неполной деструкцией континентальной земной коры в рифтогенную и океаническую стадии. Этим линейный, относительно узкий Уральский квазиокеанический бассейн отличался от истинных, больших океанов со значительно более длительным и совершенным развитием океанской коры. Той же неполнотой деструкции коры может объясняться некоторое геохимическое и петрографическое сходство вулканитов конца океанической стадии развития Урала с островодужными на периферии больших океанов.

Этап субдуцирования толщ океанической и начала переходной стадий развития земной коры и, соответственно, начало воздымания надсубдукционного блока на востоке Урала логично увязывать по времени с разрушением (размывом) лудловских толщ. Их обломки, в т.ч. олистолиты лудловских известняков, присутствуют в Западно-Тагильской зоне среди толщ позднего силура—раннего девона. В восточном обрамлении Восточно-Тагильской зоны данному времени соответствует перерыв в осадконакоплении.

В конце раннего—начале среднего девона на востоке Урала произошла эдукция (извлечение из глубины) субдуцированных толщ. Она фиксируется по перемию апогипербазитовых серпентинитов с образованием серпентинитовых градационно-слоистых гравелитов и песчаников и по ассоциации этих пород с фаунистически датированными известняками, в которых присутствуют мелкие градационные слои хромпикотита, вымытого из гипербазитов. По таким ранне-среднедевонским известнякам, которые встречены в тектонических пластинах западнее и восточнее медноколчеданного тела Дегтярского месторождения, ряд исследователей неоправданно определяет его возраст как девонский. Руды и вмещающие породы месторождения — более древние, так как претерпели интенсивный региональный метаморфизм, т.е. были ранее субдуцированы, а к концу раннего девона подняты из глубины.

Ассоциация крупных тел апогипербазитовых серпентинитов с известняками, сменяющими во время осадконакопления флишевые толщи, — весьма распространенное явление (например, позднедевонские известняки на границе Передового и Главного хребтов Кавказа). Она фиксирует время извлечения наружу ранее глубоко погруженных пород, после чего развиваются надсубдукционные андезитоподные и габбро-гранитоидные формации краевых вулканоплутонических поясов окраинно-континентальных или островных дуг. Они и поднятые блоки их фундамента подвергаются интенсивному размыву, представляя собой источники накопления новых мощных флишевых толщ. Поднятия служат источником аллохтонных пластин, сползающих чаще в сторону глубоководного желоба, реже в ином направлении — в сторону задугового бассейна или депрессии. Реконструкция позиции зон субдукции с использованием подобных амагматичных блоков весьма затруднена.

Субдукция, невулканические островные дуги и другие аллохтонные блоки. При реконструкции палеозон субдукции большая роль отводится так называемым аккреционным призмам. Название призмы как аккреционной вытекает из модели тектоники литосферных плит, согласно которой толщ верхней части океанской литосферы «сдираются» с субдуцируемой плиты и надвигаются (обдугируют) на ак-

тивную окраину, тем самым наращивая земную кору. По этой модели аккреционная призма должна располагаться между выходом зоны субдукции на дно акватории и внутренней вулканической островной дугой. Так объясняется происхождение внешних островных дуг. Н.Л.Добрецов и А.Г.Кирдяшкин дают иное объяснение образованию аккреционного клина: происходит обратное выжимание в сторону океана заклиненных и метаморфизованных в зоне субдукции пород океанской коры [16].

Внешние островные дуги могут образовываться по другому сценарию, как, например, в северном обрамлении Карибского моря. Практически все зоны Кубы, сложенные неметаморфизованными вулканитами мезозоя, расположенные севернее широты массива Ольгин, в палеогене представляли собой невулканическую островную дугу, оторванную от своих магматических корней и смещенную к северу на шельф окраины Багамской платформы (см. рис. 4). К югу от внешней дуги за полосой эдучированных метаморфических пород, представлявших фундамент междуугового бассейна Байамо-Норте де Гуантанамо, развилась внутренняя вулканическая дуга (красовой вулкано-плутонический пояс) Сьерра-Маэстра с продолжением к западу в виде современного подводного хр.Кайман. Дополнительным фактом, указывающим на то, что внешняя островная дуга формируется не путем перемещения масс от океанического или квазиокеанического бассейна в сторону внутренней вулканической дуги, а наоборот, перемещением орогенного блока в противоположном направлении, является положение замка лежащей антиклинальной, фиксирующей фронт аллохтона. На Кубе он наиболее удален от оси внутренней дуги (см. рис. 4, разрез 1). Первоначальное место выхода зоны субдукции к дну квазиокеанического Северо-Кубинского бассейна определить весьма затруднительно.

Еще сложнее реставрировать зону субдукции по позиции метаморфических толщ в Уральском покровно-складчатом поясе. Фрагменты субдучированных толщ на Урале неоднократно извлекались из глубины и после претерпевали аллохтонные перемещения. Мнения разных исследователей Урала существенно отличаются не только относительно позиции разновозрастных зон субдукции, но и направления их восточного или западного падения. Дискуссионны и отнесения конкретных комплексов геологических формаций к островодужным, окраинно-континентальным либо к квазиокеаническим, автохтонной или аллохтонной их позиции, по которым проводятся реконструкции. Объем статьи позволяет лишь коснуться некоторых фактов и их интерпретации.

Весьма крупной системой аллохтонных блоков (Бурибайский, Гайский, Ирендыкский), сложенных неметаморфизованными породами риолит-базальтовой и андезитодацитовых формаций силура, флишевой раннего девона и базальт-андезитобазальтовой формации эйфеля (верхняя часть ирендыкской свиты), была образована внешняя островная дуга, невулканическая в живете и позже. Смещение блоков в раннем девоне—эйфеле фиксируется наличием полимиктовой олистостромы (шандинская, акчуринская толщ) к западу от них. Прекращение известково-щелочного базальт-андезитобазальтового вулканизма логично связывать с отрывом блоков от магматических корней, имеющих место на Восточно-Уральском поднятии (вулкано-плутонический пояс), где вулканизм продолжался и позже, до раннего карбона включительно. Отнесение

зон этого вулканизма к островодужному или окраинно-континентальному типу зависит от того, были ли в их тылу в это время на территории Западной Сибири и Казахстана бассейны типа окраинных морей. Однозначного ответа на этот вопрос нет. Больше имеется данных, характеризующих окраинно-континентальную обстановку, которые приведены в ряде работ Р.Г.Язевой и В.В.Бочкарева. Вместе с тем, выводы упомянутых исследователей о существовании здесь более древних островных вулканических дуг не представляются достаточно убедительными из-за неоднозначности отнесения геологических формаций к островодужным (при внешнем сходстве) и сомнительности сопоставления Серовско-Маукского шва (гипербазитовой пластины) со следом закрывшегося окраинного моря. Вряд ли обосновано сопоставление раннепалеозойских пород, выходящих вдоль восточного края Восточно-Уральского поднятия, с раннепалеозойской аккреционной призмой [21]. Геологическая сущность отмеченных образований может быть иной, что следует из анализа геологической структуры указанного поднятия и истории развития Урала.

Серовско-Маукская гипербазитовая пластина с частично сохранившимися к западу от нее базальтоидами вполне может представлять остатки восточного борта Тагильского квазиокеанического бассейна в надсубдукционной обстановке, поднятого при подтоке под него с востока сиалических масс, над которыми в конце раннего девона сформировался вулкано-плутонический пояс (Краснотурьинско-Войкарский). Что касается южной (окраинно-казахстанской) части востока Урала, то она демонстрирует не менее чем двухкратные извлечения из глубины масс, которые могут в той или иной степени представлять погруженную в конце силура—начале девона зону субдукции. Первые извлечения фиксируются по налеганию неметаморфизованных вулканогенных формаций базальтоидно-андезитоидной группы девона и карбона на регионально метаморфизованные ордовикские терригенные и ордовик-раннесилурийские вулканогенные комплексы. Второе извлечение фиксируется после того, как эвгеосинклинальные толщ Урала были надвинуты на пассивную окраину Восточно-Европейской платформы, когда возникшая инверсия плотностей привела к адвекции автохтонных масс вдоль всего Урала и развитию палингенных гранитов позднего карбона—ранней перми. В этом отношении интересна геологическая структура двух соседних блоков: Суундукского и расположенного восточнее Джетыгаринского (рис. 5). Суундукский блок сложен преимущественно ордовикскими терригенными толщами, а Джетыгаринский еще и кристаллическими сланцами и гнейсами, которые считаются более древними. В обоих блоках присутствуют позднепалеозойские гранитоидные массивы, создающие весьма сходные ансамбли, что побуждает предположить первичное их единство и сползание Джетыгаринского блока с Суундукского. При сходстве строения блоков фундамент у них, тем не менее, разный: у Джетыгаринского характеризуется положительной, а у Суундукского отрицательной гравиметрическими аномалиями. Так как сверху в обоих блоках присутствуют нормально залегающие порфириновые толщ девона, то сползание Джетыгаринского блока с Суундукского возможно лишь при опрокинутом залегании ордовикских и более древних пород. На их опрокинутое залегание указывает зональность руд и метасоматитов Амурского колчеданно-

полиметаллического месторождения, расположенного в западной части Суундукского блока.

Амурское месторождение ранее считалось девонским, что определялось по возрасту перекрывающих порфири-тов. Однако это перекрытие тектоническое с серпентинитами в пологом шве. Ниже разлома, по данным А.Д.Штейнберга и Т.В.Смирновой, скважины пересекают кварц-серицитовые метасоматиты по углисто-глинистым сланцам, далее вторичные кварциты, ниже которых расположен пласт вкрапленных медных, а еще ниже цинковых руд среди углеродисто-известково-глинистых сланцев. Современная верхняя часть рудного пласта сложена прожилково-вкрапленными сульфидными рудами, ниже сплошными серноколчеданными с вкрапленностью сфалерита, а самая нижняя тонким чередованием слоев (2—10 мм) серного колчедана и слоев (1—2 мм) сфалерита. Руды перекристаллизованы, вмещающие породы регионально метаморфизованы в зеленосланцевой фации. Ниже расположены безрудные известково-глинистые сланцы, сменяемые доломитизированными известняками, карбонат-кварц-биотит-полевошпатовыми сланцами и аркозовыми песчаниками. Аркозовый состав вмещающих пород, а не грауваккый, характерный для девонских толщ Урала, позволяет считать возраст месторождения, как и главных пород Суундукского блока, и аналогичных месторождений Полярного Урала, ордовикским.

Опрокинутый характер сочетания терригенных толщ рифтогенного этапа развития Уральского бассейна с перекрывающими их более древними метаморфическими породами позволяет предположить, что в этой части Восточно-Уральского поднятия мы встречаем субдцированные и обдцированные на них древние толщ. После общего смещения допозднепалеозойских толщ Урала на пассивную окраину Восточно-Европейской платформы и последующего развития палингенных позднепалеозойских гранитов блок Восточно-Уральского поднятия был поднят. От него к востоку сполз Джетыгаринский блок на амплитуду около 60 км. На Восточно-Уральском поднятии и восточнее ордовикские терригенные толщ ассоциируют с метаморфизованными силурийскими вулканитами, очевидно ранее тоже попавшими в зону субдукции. В такой постороженной аллохтонной ситуации относить их к аккреционной призме, реставрировать по ним позицию силурийской островной дуги и зоны субдукции, как сделано в работе [21], вряд ли есть основание.

Субдукция и общие вопросы тектоники, магматизма и металлогении. Все изложенное показывает, что субдукция не является исключительным атрибутом тектоники литосферных плит. Составляя неотъемлемую часть ячеистой адвективной геодинамики (глубинного диапиризма), субдукция вполне вписывается в геосинклинальную концепцию, если обратиться к ее истокам. Уместно напомнить, что Д.Дэна, основоположник концепции и автор термина, определял геосинклиналь как *изгиб* в земной коре («a bend in the earth's crust» [42, p. 430]), образующийся в обстановке горизонтального сжатия. Под земной корой Д.Дэна понимал всю застывшую оболочку Земли над «морем подвижной пород», т.е. то, что мы принимаем соответственно за литосферу и астеносферу. Причиной сжатия Д.Дэна считал контракцию Земли. По Д.Дэна, геосинклиналь располагается по границе континентальных и океанических площадей, принадлежа к мелководью или неритовой области [40]. С позиций исследований XX века развитие геосинклинали представляется как зарождение линейного рифтогена, один из бортов которого позже превраща-



Рис. 5. Сопоставление геологических структурных ансамблей автохтонного Суундукского и аллохтонных Джетыгаринского и прочих мелких блоков, образовавшихся при развале орогена Восточного Урала:

толщ: 1—2 — девона—карбона: 1 — терригенно-карбонатные, 2 — вулканогенные; 3 — вулканогенные раннего силура; 4 — терригенно-сланцевые ордовика; 5 — амфиболитов и гнейсов рифея (?); 6 — гранитогнейсов; 7 — алопериодитовые серпентиниты; 8 — палингенные калиевые граниты позднего палеозоя; 9 — интрузивы габбро-гранитоидного ряда позднего девона—раннего карбона; 10 — тектонические разрывы и границы шарьяжей; 11 — Амурское месторождение; одинаковые цифры — сопоставимые частные массивы Суундукского (с запада) и Джетыгаринского блоков

ется в складчатую зону (краевой пояс) под действием сжатия со стороны соседнего блока, а еще позже происходит рост орогена с калиевыми гранитами под действием вертикальных сил, т.е. условия развития геосинклинали по Д.Дэна больше всего отвечают современным трактовкам позднегеосинклинальной стадии подвижных систем Земли. Раннегеосинклинальная стадия, характеризующаяся горизонтальным растяжением, при котором проседание дна бассейна осадконакопления связано не с изгибом, а с утонением (шейкой) литосферы при подъеме глубинных масс, и должна бы относиться к догеосинклинальной (рифтогенной), если строго следовать условиям, принятым Д.Дэна. Тем более, что в обстановке горизонтального сжатия формируются регрессивные серии осадочных толщ, в противовес трансгрессивным при растяжении (спрединге), которые рассматриваются как раннегеосинклинальные. С боковым сжатием при контракции Д.Дэна связывал образование смежных геоантиклиналей с развитием метаморфизма и магматизма. Фактически геосинклиналь Д.Дэна

— приповерхностное выражение синклинали, глубинная часть которой по изложенной выше модели превращается в зону субдукции, затягиваемую под соседнюю геоантиклиналь, откуда позже выносятся вверх породы, метаморфизованные в глубинных условиях.

Другая важная сторона рассмотренной модели субдукции—обдукции — возможность использования ее как главного геодинамического фактора для объяснения почти повсеместного проявления регионального метаморфизма в породах докембрия. К такому выводу побуждает то, что в раннепротерозойских кратонизированных областях развиты энсиалические и энсиматические зеленокаменные пояса, приуроченные к гексагональным ячейкам, имеющим в поперечнике около 1000 км [38]. Природа их могла быть связана с конвекцией (адвекцией).

Такие же процессы пластического течения в зонах субдукции и обдукции могут быть одним из главных факторов тектонической расслоенности земной коры и верхней мантии. Позже это может обеспечивать возможность горизонтальных перемещений океанических и континентальных масс по рассланцованным слоям на разных глубинах, что вписывается в общую концепцию А.В.Пейве о расслоенности литосферы. Древние зоны субдукции, субгоризонтально внедренные в астеносферное основание ячеек, могут быть одной из причин геохимической неоднородности мантии, в т.ч. типа DUPAL в Атлантике. Эти древние неоднородности могут сохраняться в океанах, если спрединг океанской коры реализуется путем сползания плит по поверхностям расслаивания с поднятой в результате адвекции мантии, а не путем перемещения в единой массе всей литосферы и верхней части астеносферы. Иначе говоря, рассмотренная модель субдукции отводит место для возможного совершенствования петрологических, геохимических и геодинамических представлений о мантии и непротиворечиво увязывает факты, вызывающие дискуссию между сторонниками фиксизма и мобилизма.

Модель встречной субдукции и обдукции, формирования зоны S-образной морфологии раскрывает механическую сущность одновременного увеличения базальтового и гранитного слоев земной коры в орогенных поясах, не отрицая возможных магматических процессов в этом явлении. Она же объясняет преобразование маломощной протокоры в мощную континентальную с возрастом общего объема последней при увеличении общей площади океанской коры в истории Земли.

Опрокинутая (перевернутая) последовательность залегания толщ в смыкающем крыле S-образной зоны субдукции—обдукции влечет за собой ряд особенностей продуктов магматизма и рудообразования в надсубдукционной обстановке. В интрузивных породах кислого состава часто присутствуют ксенолиты основных пород, чего не должно было бы быть при обычной расслоенности магм в очагах. Очаги плавления возникают, очевидно, в первую очередь в менее основной по составу и более влагонасыщенной части толщ, подвергшихся субдукции. Выплавки, поднимаясь вверх, пересекают сначала перевернутый ультрабазитовый слой, а затем — обдуцированные сиалические массы. От этого может зависеть геохимический и минеральный состав руд в близких по типу месторождениях. Так, на Урале золоторудные проявления в Тагильском прогибе, расположенные к западу от полосы регионально метаморфизованных пород, обладают относительно простым составом, где золоту сопутствуют сульфиды меди, свинца, цинка и кварц, т.е. минералы, характерные для присутствующих здесь более ранних колчеданных месторождений. На востоке Урала в

золоторудных проявлениях и месторождениях присутствуют не только отмеченные минералы, но и киноварь, молибденит, вольфрамит, содержащие элементы, ассоциирующие с ультрабазитами и породами сиала.

Главная роль в развитии магматических очагов, в т.ч. рудоносных, связанных с плавлением субдуцированных толщ, принадлежит, очевидно, эдукции, вызывающей декомпрессию нагретых на глубине масс и, как следствие, их плавление. Представляется недостаточно обоснованной пропагандируемая в тектонике литосферных плит модель развития плавления в связи с выделением тепла от трения субдуцируемой плиты на весьма больших глубинах, определяемых по вертикальной проекции вулканов, островных дуг или окраинно-континентальных вулканоплутонических поясов на сейсмофокальную зону Беньофа.

Важная роль метаморфических процессов при субдукции и особенно при последующей эдукции (одновременно с декомпрессией и зарождением магм), приводящих к перетеканию рудоносных флюидов из областей тектонического выжимания в области нагнетания, должна иметь место при образовании золоторудных месторождений в черносланцевых толщах. На приуроченность таких месторождений к областям нагнетания указывает их геологическая структура с обилием складок и отсутствие оруденения в смежных плоскопараллельных толщах без складок [8]. Региональный метаморфизм зон субдукции способствует, кроме того, перекристаллизации и укрупнению зерен сульфидов в колчеданно-полиметаллических месторождениях терригенно-сланцевых толщ, что облегчает технологию обогащения их руд, по сравнению с рудами неметаморфизованных месторождений.

Субдукция и сопутствующая ей обдукция во многом определяют строение фундамента вулканоплутонических поясов. Роль фундамента в металлогении таких поясов на большом фактическом материале показана А.И.Кривцовым и И.Ф.Мигачевым [23]. Она служит основой образования комплексных рудных узлов с разнообразными типами месторождений.

В заключение следует подчеркнуть, что субдукция вполне реальна и является важным структурообразующим процессом в подвижных частях Земли, где имеет место ячейчатая адвекция, проявляющаяся в парагенезисе с встречной обдукцией. Структурные элементы зон субдукции поддаются геологическому картированию там, где они эдуцированы из глубин в ядрах орогенов, и в смещенных с этих орогенов аллохтонных блоках. Субдукция по своей природе — не результат столкновения жестких литосферных плит, а результат пластического течения на краю конвективной ячейки (глубинного диапира), возникающей при большой гравитационной неустойчивости (архимедовой силе), обеспечивающей второе критическое число Рэлея. Движения плит вносят лишь дополнения в морфологию, углы падения зон субдукции.

Зоны субдукции лишь частично совпадают с сейсмофокальными зонами Вадати—Заварицкого—Беньофа. Они не связаны с простым горизонтальным сжатием, а потому не «перескакивают», не возникают парами, отвечающими двум системам трещин скалывания, а всегда при зарождении имеют падение под ячейку адвекции, не падают под стабильные платформы. Зоны субдукции могут изгибаться по простиранию и падению в процессе развития при пластическом течении вещества адвективной ячейки.

Палееореконструкции зон субдукции требуют: предварительного анализа покровно-складчатой структуры территории; анализа рядов геологических формаций; отделения дей-

ствительно островодужных формаций или вулканоплутонических ассоциаций от тех, которые накопились до субдукции или вне зон субдукции, не полагаясь на ярлык «типично островодужный»; анализа позиции фаций метаморфизма. Обязательное условие — анализ геологических и тектонических карт обзорного масштаба, для определения возможной позиции зоны субдукции (структуры протяженностью в многие сотни, до 1—2 тыс. км) в зонах сочленения океанических, квазиокеанических рифтогенных бассейнов с периферией изометричных (овальных) тектонических провинций (типа окраинных морей или типа Западно-Сибирской, Казахстанской, Яно-Колымской, Трансильвано-Карпатской на континенте). При определении параметров субдукции (угла падения зон, скорости погружения) некорректно интерполировать данные между точками, принадлежащими разным звеньям цепи зон субдукции (например, обрамляющих Западную Сибирь и Казахстан), так как представления о монолитной очень крупной литосферной плите, определяющей субдукцию, вместо ячеек, может привести к иллюзорным выводам.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Апродов В.А.* Вулканы. — М.: Мысль, 1982.
2. *Балакина Л.М.* О природе тектонических движений в островных дугах // Бюлл. МОИП. Отд. Геол. 1991. Т. 66. Вып. 1. С. 3—12.
3. *Балакина Л.М.* Субдукция и механизмы очагов землетрясений / Спорные аспекты тектоники плит и возможные альтернативы. — М.: ОИФЗ РАН, 2002. С. 120—141.
4. *Барышев А.Н.* Палеогеодинамика подвижных систем уральского типа в аспекте актуализма и их металлогения / Металлогения современных и древних океанов. — М., 1992. С. 100—112.
5. *Барышев А.Н.* Периодические геодинамические и металлогенные системы, их развитие и взаимодействие. — М.: ЦНИГРИ, 1999.
6. *Барышев А.Н.* Позиция крупнейших рудных районов и узлов в системе адвективных структур Земли // Отечественная геология. 2001. № 2. С. 6—11.
7. *Барышев А.Н.* Тектонические ансамбли над зонами впадин ядра Земли // Тектоника и геофизика литосферы. Материалы XXXV тектонического совещания. — М.: ГЕОС, 2002. С. 37—39.
8. *Барышев А.Н.* Направление миграции золота и его локализация в метаморфизованных терригенных толщах // Материалы V Уральского литологического совещания. — Екатеринбург, ИГГ УрО РАН, 2002. С. 25—27.
9. *Белоусов В.В.* Строение и условия развития переходных зон между материками и океанами / Строение и динамика зон перехода от континента к океану. — М.: Наука, 1986. С. 14—22.
10. *Блюман Б.А.* Земная кора континентов и океанов (анализ геолого-геофизических и изотопно-геохимических данных) / Под ред. В.Л. Масайтиса. — С-Пб.: ВСЕГЕИ, 1998.
11. *Блюман Б.А.* Кристаллические ультрамафиты и мафиты офиолитовых ассоциаций: происхождение и модель становления. — С-Пб.: ВСЕГЕИ, 2000.
12. *Васильев Б.И., Марковский Б.А., Путинцев В.К.* Результаты изучения базальтов окраинно-океанического вала северо-западной части Тихого океана // Тихоокеанская геология. 1985. № 2. С. 44—48.
13. *Васильев Б.И., Тарарин И.А., Говоров И.Н., Коновалов Ю.И.* Новые данные о строении Курило-Камчатского желоба // Тихоокеанская геология. 1986. № 3. С. 64—73.
14. *Гончаров М.А.* Инверсия плотности в земной коре и складкообразование. — М.: Недра, 1979.
15. *Гончаров М.А.* Компенсационная организация тектонического течения и структурные парагенезы // Геотектоника. 1993. № 4. С. 19—29.
16. *Добрецов Н.Л., Кирдяшкин А.Г.* Глубинная геодинамика. — Новосибирск: НИЦ СО РАН, 1994.
17. *Золотарев В.П., Артамонов А.В., Ероцев-Шак В.А.* Вертикальная аккреция океанической коры Индийского океана и проблема мантийных горячих точек // Изв. РАЕН. Секция наук о Земле. 2001. Вып. 7. С. 103—121.
18. *Иванов К.С., Винничук Н.Н.* Геологическая природа главного уральского гравитационного супермаксимума // Докл. РАН. 2001. Т. 376. С. 654—657.
19. *Иванов К.С., Шмелев В.Р.* Платиноносный пояс Урала — магматический след раннепалеозойской зоны субдукции // Докл. РАН. 1996. Т. 347. № 5. С. 649—652.
20. *Кичина Е.Н., Остапенко В.Ф., Пискунов Б.Н.* Магматические комплексы окраинно-океанического вала Хоккайдо // Тихоокеанская геология. 1989. № 6. С. 16—26.
21. *Коротеев В.А., Язева Р.Г., Иванов К.С., Бочкарев В.В.* Палеозоны субдукции в геологической истории Урала // Отечественная геология. 2001. № 6. С. 50—57.
22. *Косыгин В.Ю., Исаев В.И.* Плотностная модель тектоносферы вдоль геотраверса Япония—Гавайи // Тихоокеанская геология. 1986. № 5. С. 3—22.
23. *Кривцов А.И., Мигачев И.Ф.* Металлогения андезитовидных вулканоплутонических поясов. Часть I. — М., 1997.
24. *Кропоткин П.Н., Шахварстова К.А.* Геологическое строение Тихоокеанского подвижного пояса // Тр. ГИН АН СССР. 1965. Вып. 134.
25. *Левин Л.Э.* Геодинамика и вулканизм глубоких окраинных и внутренних морей // Геотектоника. 1982. № 4. С. 72—86.
26. *Леонов Ю.Г., Певзнер Л.А., Савельева Г.Н., Хуторской М.Д.* Уральская сверхглубокая скважина — окно в глубины складчатых поясов // Отечественная геология. 2003. № 2. С. 51—57.
27. *Маракушев А.А.* Петрогенезис. — М.: Недра, 1988.
28. *Международный тектонический словарь.* — М.: Мир, 1991.
29. *Милян Г., Сомин М., Диаз К.* Новые данные по геологии горного массива Сьерра-дель-Пурыаль Восточной Кубы // Докл. АН СССР. 1985. Т. 283. № 6. С. 1442—1446.
30. *Миясиро А.* Метаморфизм и связанный с ним магматизм в свете положений тектоники плит / Новая глобальная тектоника (тектоника плит). — М.: Мир, 1974. С. 243—265.
31. *Павленкова Н.И.* Структура земной коры и верхней мантии и глобальная тектоника / Спорные аспекты тектоники плит и возможные альтернативы. — М.: ОИФЗ РАН, 2002. С. 64—83.
32. *Пейве А.В.* Разломы и тектонические движения // Геотектоника. 1967. № 5. С. 8—23.
33. *Пузырев Н.Н.* Об этапах развития и проблемах структурной сейсмологии // Геология и геофизика. 1996. Т. 37. № 9. С. 3—13.
34. *Рамберг Х.* Моделирование деформаций земной коры с применением центрифуги. — М.: Мир, 1970.
35. *Романкевич Е.А., Ветров А.А., Марина М.М.* Органический углерод в меловых и кайнозойских осадках Тихого и Индийского океанов // Литология и полезные ископаемые. 1998. № 1. С. 3—16.
36. *Тектоника Урала* (объяснительная записка к тектонической карте Урала м-ба 1:1 000 000) / Сост. А.В. Пейве, С.Н. Иванов, В.М. Нечехун и др. — М.: Наука, 1977.
37. *Трубицын В.П., Белафина Ю.Ф.* Геодинамические модели зон субдукции // Физика Земли. 1992. № 7. С. 3—34.
38. *Хаин В.Е., Божко Н.А.* Историческая геотектоника. Докембрий. — М.: Недра, 1988.
39. *Хаин В.Е., Ломизе М.Г.* Геотектоника с основами геодинамики: Учебник. — М.: Изд-во МГУ, 1995.
40. *Хомизури Г.П.* Развитие понятия «геосинклиналь». — М.: Наука, 1976.
41. *Amstutz A.* Sur l'évolution des structures alpines. Archives Sci. 1951, 4 (5). P. 323—329.
42. *Dana J.D.* On Some results of the Earth's contraction from cooling, including a discussion of the origin of mountains, and the nature of the Earth's interior // Amer. J. Sci. and Arts. 1873. Ser. 3. Vol. 5. № 30. Vol. 6. № 31—33.
43. *Yegorova T.P., Starostenko V.I., Kozlenko V.G. and Pavlenkova N.I.* Three-dimensional gravity modelling of the European Mediterranean lithosphere // Geophys. J. Int. 1997. 129. P. 355—367.

О природе «зон пологих дислокаций» Верхоянской складчатой области

В.В.ГОНЧАР (Национальный научно-природоведческий музей НАН Украины)

Проблематика зон пологих дислокаций (ЗПД) Верхоянья вышла на первый план в 50-е годы XX в. в период первых региональных обобщений по тектонике Северо-Востока Азии [8, 12 и др.]. Оказалось, что внутри складчатой области, контрастируя с обрамляющими внешними зонами вертикальной линейной складчатости, широко распространены районы с пологим до горизонтального залеганием пород и прогнутым положением зеркала складчатости, к которым относятся Омолойская, Куларская, Среднеянская, Адычанская, Эльгинская зоны пологих дислокаций и др. (рис. 1). Именно поэтому Верхоянская мезозойская складчатая система выделялась в особый тип геосинклинали — геосинклиналь II рода, парагеосинклиналь, подвижная платформа и т.п. Долгое время наиболее приемлемой казалась точка зрения на зоны пологих дислокаций как на чехол своеобразных «срединных массивов», отражающих тектонику относительно слабо погруженных блоков геосинклинального фундамента [5]. К концу 70-х годов стало ясно, что концепция «срединных массивов» в отношении этих зон не работает, т.к. было доказано наращивание мощности верхоянского комплекса и глубинности осадконакопления к востоку от Западно-Верхоянского хребта, а структура их части при ближайшем рассмотрении оказалась сложной, характеризующейся бескорневыми флексурными складками, интерференцией складчатости и т.д. [4, 10 и др.]. Кризис в отношении зон пологих дислокаций завершился тем, что на два десятилетия исследователи потеряли к ним интерес. Возвращение внимания к тектонике внутренних районов Верхоянья в последнее время вызвано поступлением информации о широком проявлении растяжения в складчатых поясах мира и соответствующим пересмотром их структурного содержания и геодинамического значения. Настоящая статья посвящена данным структурного анализа зон пологих дислокаций, рассматриваемых в контексте проблем геодинамики Верхоянья.

В традиционном понимании данные зоны Верхоянья представляют собой брахиантиклинории и брахисинклинории, структурным содержанием которых наряду с обширными областями пологого залегания слоистости служит развитие «брахиформной сундуочно-щелевой, гребневидной и других типов складчатости

промежуточного типа» [13]. К ним следует отнести зоны асимметричной складчатости и флексур, широко проявленных на восточном крыле Западно-Верхоянского антиклинория [10]. Все эти формы порождают представление о действии вертикального или наклонного сжатия или, по крайней мере, существенном ослаблении горизонтального сжатия, ответственного за формирование линейной вертикальной складчатости в обрамлении зон пологих дислокаций.

Территория Верхоянской области подразделяется на зоны пологих дислокаций. В основу подобного подразделения по-

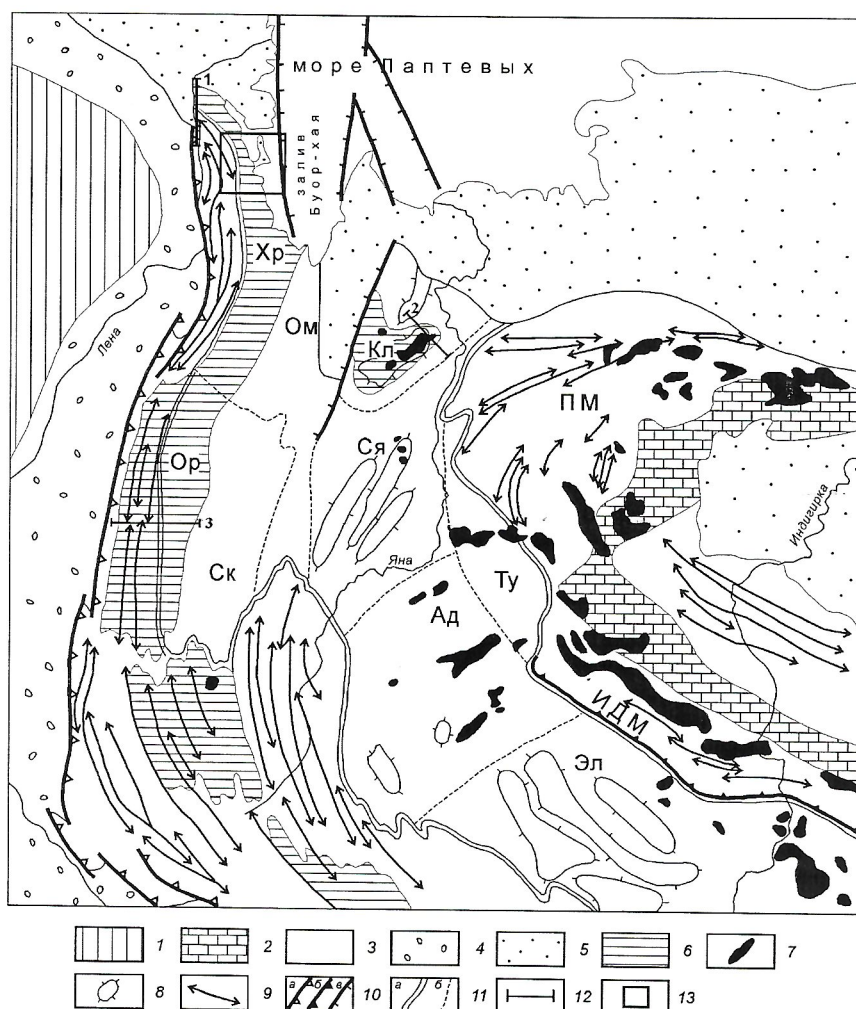


Рис. 1. Схема структурно-тектонического подразделения Верхоянского складчатого пояса. Составлена с использованием работ [4—6, 11, 13] на основе Геологической карты СССР м-ба 1:10 000 000, 1979 и Карты метаморфических поясов СССР м-ба 1:5 000 000, 1975:

1 — чехол Сибирской платформы; 2 — палеозой коллизионного пояса Черского; 3 — верхоянская серия (C_1-J_3); 4 — отложения Предверхоянского краевого прогиба (K_{1-2}); 5 — чехол рыхлых отложений приморской низменности (K_2); 6 — зоны зеленосланцевого метаморфизма пород верхоянской серии; 7 — гранитоиды киммерийского этапа тектогенеза; 8 — отдельные брахиформные поднятия внутри ЗПД; 9 — простираения осей складок вне ЗПД; 10 — разломы: а — фронтальный надвиг верхоянского комплекса на Сибирскую платформу, б — надвиги внутри верхоянского комплекса, в — сбросы Лаптевоморской рифтовой системы; 11 — границы тектонических единиц: а — внутренней части Верхоянского пояса, занятой преимущественно ЗПД, б — отдельных ЗПД; 12 — положение структурных профилей, изображенных на рис. 2 А—В; 13 — участок в пределах Хараулахского хребта, изображенного на рис. 2, Г; отдельные зоны пологих дислокаций: Хр — Хараулахская, Ор — Орулганская, Ск — Саккырыская, Ом — Омолойская, СЯ — Среднеянская, Кл — Куларская, Ту — Туостяхская, Ад — Адычанская, Эл — Эльгинская

ложено описание морфологии и кинематических типов складчатости по Г.С.Гусеву и при этом учитываются проявления так называемой складчатости неполного (промежуточного) типа [4]. В самом общем виде рассматриваемые зоны Верхоянья могут быть систематизированы на основании их расположения и структурных признаков. Естественно выделяются две главные полосы — Западная и Восточная. Западная содержит зоны, входящие в Западно-Верхоянский хребет — Хараулахская (Тиксинская) и Орулганская или примыкающие к нему с востока — Омолейская, Саккырырская. Отличаются эти зоны почти полным отсутствием гранитоидного магматизма, линейностью структур и преобладанием флексурных складок, моноклиналей, пологих коробчатых анти- и синклиналей, параллельных общему структурному плану [10]. В Восточной полосе таких зон, отделенной от Западной Омолейским грабеном (и одноименной зоной пологих дислокаций) на севере и Сартангским ме-гасинклиниорием на юге, расположены Куларская, Среднеянская, Адычанская, Туостахская, Эльгинская и др. В их пределах развиты сложные крупные брахиантиклинали и проявлен гранитоидный магматизм.

В данной статье рассмотрены механизмы деформирования пород зон пологих дислокаций «эксгумационного типа» Северного Верхоянья (Хараулахская, Куларская и Орулганская), к которым приурочены преимущественно выходы метаморфизованных, кливажированных пород по краям Верхоянской области (см. рис. 1). Эти зоны характеризуют относительно деформационный процесс в осадочной призмe верхоянского комплекса, развивавшийся на глубине от 4 км и более [4], так что данные по ним позволяют представить условия, приведшие к формированию внутри-верхоянских слабоэродированных зон пологих дислокаций.

Хараулахский хребет. В пределах хребта выделены две продольные тектонические зоны: Караданский синклиниорий и Тиксинский антиклинорий [4] (рис. 2, А). Караданский синклиниорий сложен главным образом породами перми и триаса, Тиксинский антиклинорий — отложениями нижнего карбона, а также в меньшей степени породами основания верхоянской серии. Принципиальная черта строения Караданского синклинория — почти полное отсутствие в породах метаморфических преобразований и кливажа, а также складчатость субвертикальная и линейная в плане, принимающая облик сплошной сжатый. Восточнее в породах нижней перми и особенно карбона Тиксинского антиклинория повсеместно развиты метаморфические преобразования в фации зеленых сланцев, сопровождаемые кливажем течения, а залегание пород приобретает более простой, часто пологомоноклинальный характер (см. рис. 2, А). Следовательно, можно говорить о Хараулахской (Тиксинской) зоне пологих дислокаций.

Результаты исследования поля напряжений Хараулахского хребта на широте пос.Тикси [1] свидетельствуют о постепенном изменении деформационных обстановок с востока на запад, выраженном в изменении наклона главных осей тензора напряжений (рис. 3, А): от горизонтального растяжения в крайней восточной прибрежной полосе Тиксинского антиклинория через зону наклонных положений осей сжатия и растяжения в осевой части Хараулахского хребта к горизонтальному сжатию в пределах Караданского синклинория. Зона пологих дислокаций характеризуется преимущественно горизонтальным растяжением или наклонными положениями главных осей. В пределах Караданского синклинория развиты условия горизонтального сжатия, позволяющие динамически обосновать структурно-тектоническую зональность Хараулахского хребта [1].

Соотношение реконструированных положений оси сжатия и ориентировок кливажа в целом говорит о двухэтапной схеме деформирования верхоянского комплекса. Первый этап связан с пластической деформацией, в ходе которой была сформирована основная складчато-кливажная структура. Направления главных осей тензоров напряжений, отвечающие ему, согласованы с ориентировкой структур: ось сжатия фиксируется в направлении, приблизительно перпендикулярном кливажным поверхностям (см. рис. 3, В, правая стереограмма). Следующий этап связан с хрупким растяжением пород, отвечающим, очевидно, процессу общего растяжения коры в приполярном сек-

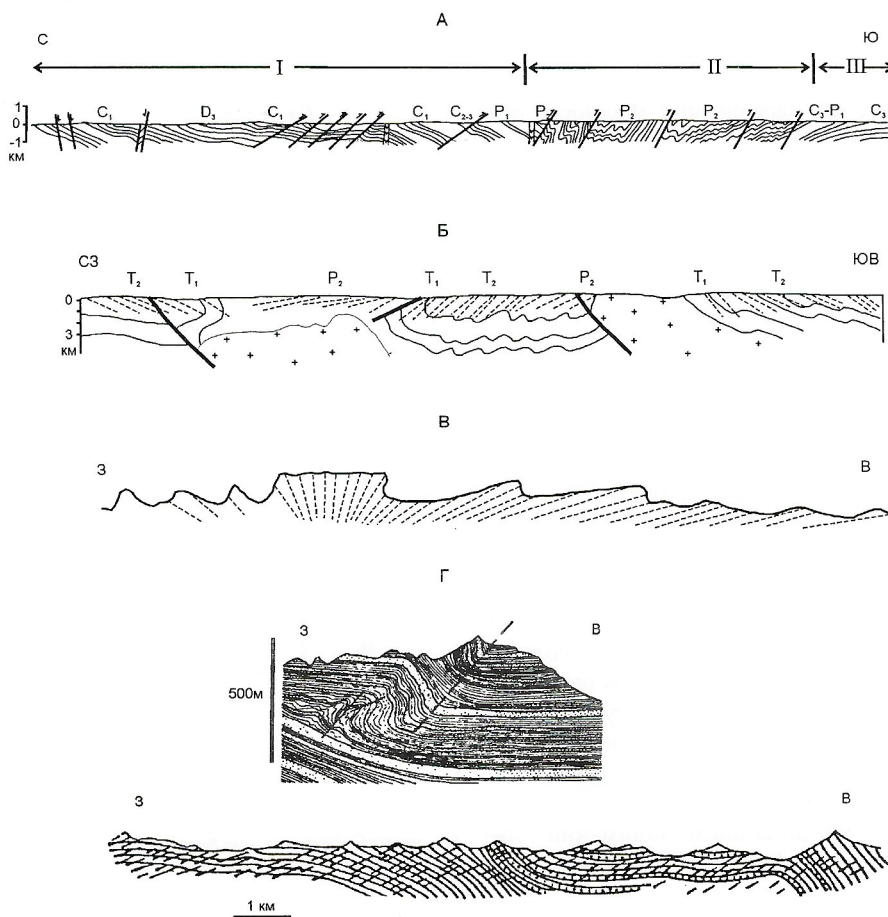


Рис. 2. Структурные и кинематические характеристики деформации пород Верхоянья:

структурные профили: А — Хараулахского хребта (по [4] с изменениями) (I — Тиксинский антиклинорий, II — Караданский антиклинорий, III — выступ Туора-Сис); Б — Кулара (по [6] с изменениями), В — Орулгана (по [11] с изменениями); Г — бескорневые флексурные складки в соотношении с кливажем хр.Орулгана (по [10]), расположение см. на рис. 1

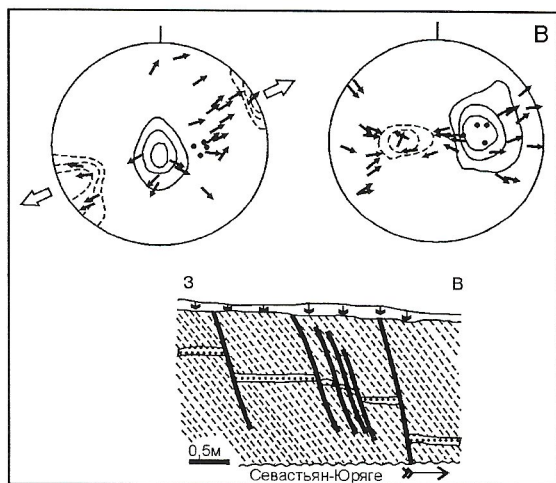
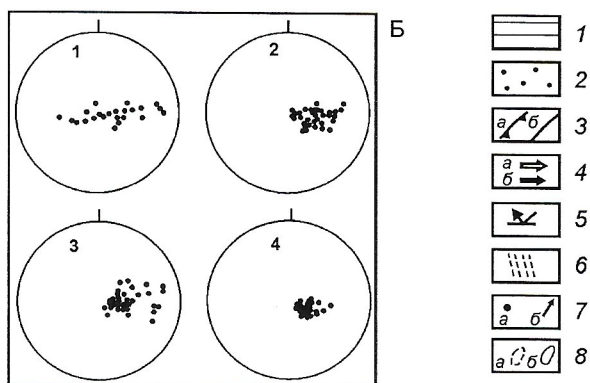
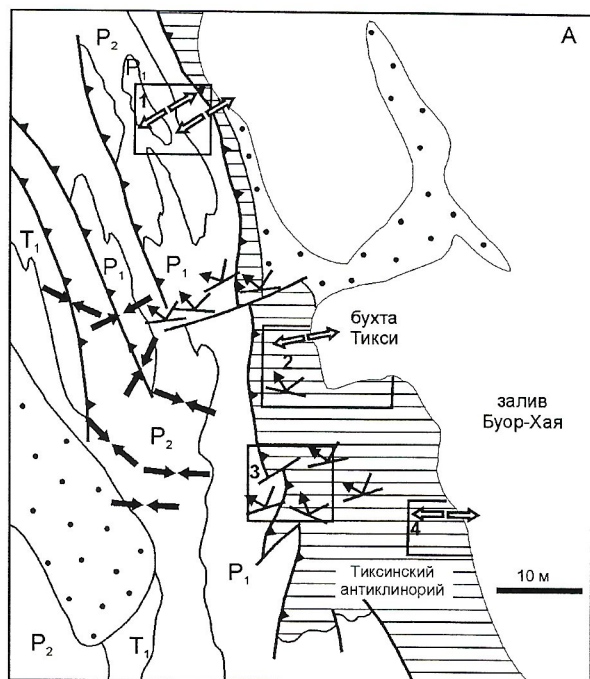


Рис. 3. Схема поля напряжений (А) стереограммы полюсов кливажа (Б) и выделенные этапы пластического несоосного течения и хрупкого растяжения (В) Тиксинского участка Хараулахского хребта. Расположение см. на рис. 1:

отложения: 1 — верхоянской серии; 2 — гыхлые кайнозойские; 3 — основные разломы: а — надвиги, б — неуставленной кинематики; ориентировка осей максимального сжатия и растяжения реконструированных тензоров напряжений (по данным работы [1]) при: 4 — горизонтальном растяжении (а, б), 5 — наклонном положении осей, б — горизонтальном сжатии; 7 — проекции: а — полюсов кливажа, б — вектора смещений вдоль разломов; 8 — изолинии расчетного параметра, характеризующего вероятность положения оси на сфере: а — растяжения, б — сжатия; даны границы локальных участков и их номера, в пределах которых производились замеры кливажа; проекции на стереограммах на верхнюю полусферу

торе мезозойид, в результате которого сформировалась, например, рифтовая система моря Лаптевых [3]. Реконструируемая ось сжатия в подобных случаях — вертикальная, а ось растяжения — горизонтальная и ориентированная в широтном и СВ—ЮЗ направлениях — вкост простирания рифтового грабена Буор-Хая (см. рис. 3, В, левая стереограмма). Своеобразно то, что хрупкое растяжение в восточной полосе хребта пространственно сопряжено с растяжением в пластической форме, выраженным пологими до субгоризонтальных залеганиями кливажных плоскостей. Это позволяет выдвинуть идею об определенной унаследованности в развитии двух этапов [1]. В обнажениях Тиксинской зоны пологих дислокаций часто наблюдаются крутые сбросы, секущие кливажные поверхности (см. рис. 3, В). Они отображают, по-видимому, действие более позднего растяжения.

В целом, кливаж характеризуется выдержанным восточным падением со средними углами 30—40° (см. рис. 3, Б). При этом наиболее пологие его залегания (15—25°) наблюдаются в крайней восточной части антиклинория, к западу отмечается переход к более крутым падениям до 50—60°. Пространственное изменение наклонов кливажа с востока на запад представляет собой фрагмент *обратного* веера. Если учесть, что далее к западу в пределах Караданского антиклинория осевые плоскости складок имеют в основном крутое до вертикального падение (см. рис. 2, А), то в пересечении всего Хараулахского хребта будем иметь полный обратный структурный веер.

На основании приведенных данных можно сделать вывод о том, что вместе структуры двух тектонических единиц Хараулахского хребта (Тиксинский антиклинорий и Караданский синклиний) образуют классическую пару гравитационного тектогенеза: метаморфический купол («ядро») — обрамляющая синклиналь [1].

Хребет Кулар. Складчато-глыбовое поднятие Кулара расположено в крайней северо-восточной части Верхоянского складчатого пояса и вытянуто в северо-восточном—юго-западном направлении на 200 км и более (см. рис. 1). В его наиболее эродированной центральной части выходят метаморфизованные пермские отложения, вдоль оси которых расположена цепочка гранитоидных интрузий. Наличие нескрытых гранитоидных тел на глубине доказываются ореолами контактового метаморфизма и аэромагнитными аномалиями, приуроченными исключительно к осевой части поднятия [9]. Структурный профиль Кулара из работы [6] воспроизведен на рис. 2, Б. Как видно, весьма пологие до горизонтальных залегания кливажа, слоистости и осевых поверхностей складок, маркирующие Куларскую зону пологих дислокаций, фиксируются в сводах и на крыльях брахиантиклиналей, далее они переходят в крутонаклонные (70° и более) залегания в синклинориях. При этом, как и для Хараулахского хребта, здесь вырисовывается *обратный* структурный веер. В другом случае (в восточной части профиля) кливаж образует облекающий узор (типа шалаша) вокруг гранитоидного интрузива, верхушка которого эродирована. Можно полагать, что это фрагмент *прямого* веера.

Зоны пологого кливажа на глубине подстилаются гранитными интрузивами, что говорит о кинематической связи между всплыванием магмы, формированием полого дислоцированной структуры и кливажных вееров Кулара.

Следовательно, как и в случае с Хараулахским хребтом структура Кулара, включающего зоны пологих дислока-

ций, в целом демонстрирует классическую динамопару глубинно-гравитационного тектогенеза: пологодислоцированные метаморфические породы антиклинория («ядро») и обрамляющие их синклинали — с меньшим уровнем метаморфизма и субвертикальной складчатой структурой. Однако в данном случае выход пород «ядра» на поверхность ближе изометрично-кулообразному тектонотипу, тогда как для пород Хараулахского хребта характерна линейность в плане.

Орулганский хребет — крупнейшая орографическая единица, которой отвечает меридиональный отрезок Западно-Верхоянского хребта и одноименного мегантиклинория, где на поверхность выходят породы низов верхоянской серии (визе нижнего карбона) и местами подстилающего их среднепалеозойского комплекса [5]. Орулганская зона пологих дислокаций занимает восточное крыло Западно-Верхоянского хребта (см. рис. 2, В) и переход к ней от расположенной западнее зоны вертикальной складчатости отражен как постепенное изменение угла наклона кливажа и формы складок — от вертикальных симметричных к асимметричным, лежащим складкам и флексурам восточной вергентности (см. рис. 2, В). Как видно, на этот раз структуры образуют в разрезе полный *прямой* веер, в отличие от обратного веера, свойственного зонам пологих дислокаций Хараулаха и Кулара.

Кливаж в пределах Западно-Верхоянского хребта развит более интенсивно, чем в Хараулахском, охватывая не только алевропелиты, но и песчаники и часто затушевывая слоистость [11]. Все это говорит о том, что в пределах Орулгана к поверхности выведены более глубокие уровни осадочного миогеосинклинального комплекса. В рамках Орулганской зоны падение кливажа изменяется от 40° и до 15° к востоку, в региональном плане соответствуя осевым плоскостям асимметричных складок и флексур (см. рис. 2, В). В деталях отмечается определенная независимость ориентировок кливажа по отношению к мелким складкам [11], что может фиксировать наличие более раннего, докливажного этапа деформирования или то, что кливаж развивался до некоторой степени автономно от складчатости на заключительных стадиях деформационного процесса.

Реконструкция деформационных обстановок на основе модели несоосного течения. Простейший, но эффективный инструмент анализа пластической дислокационной структуры — модель несоосного течения [2]. Общее несоосное течение подразумевает суперпозицию двух элементарных деформационных обстановок — чистого и простого сдвигов. В складчатых поясах, по-видимому, преобладает горизонтальное несоосное течение, возникающее на основании изначальной стратификации осадочных пород и реологической расслоенности коры, координирующее течение в горизонтальном направлении, в результате чего на деформацию горизонтального сжатия или растяжения накладывается составляющая деформации горизонтального простого сдвига. В процессе несоосного течения происходит прогрессивное вращение эллипса деформации, так что в итоге главные оси конечной деформации и тензора напряжений не совпадают. В результате возникает неоднозначность в трактовке структур, созданных несоосным течением, т.е. это касается отнесения их к ситуации сжатия или растяжения. Разработанный количественный подход [2] позволяет, в частности, разобраться в данном вопросе.

Параметры эллипса конечной деформации, тензоров деформации и скорости деформации связаны следующими формулами:

$$\operatorname{tg} 2\alpha = \frac{2\operatorname{tg} \gamma / d}{\operatorname{tg}^2 \gamma + d^2 - 1/d^2}; \quad (1)$$

$$\lambda = \sqrt{\frac{2}{R - \sqrt{R^2 - 4}}}, \quad (2)$$

здесь $R = d^2 + 1/d^2 + \operatorname{tg}^2 \gamma$;

$$\ln d = e t \cos 2\beta, \quad (3)$$

$$\operatorname{tg} \gamma = 2e t \sin 2\beta, \quad (4)$$

где α — угол наклона длинной оси — оси эллипса конечной деформации к горизонту; λ — кратная деформация эллипса; γ — угол простого сдвига; d — деформация чистого сдвига (сжатия или растяжения); e — скорость деформации; t — время; β — угол наклона оси сжатия тензора напряжений (рис. 4).

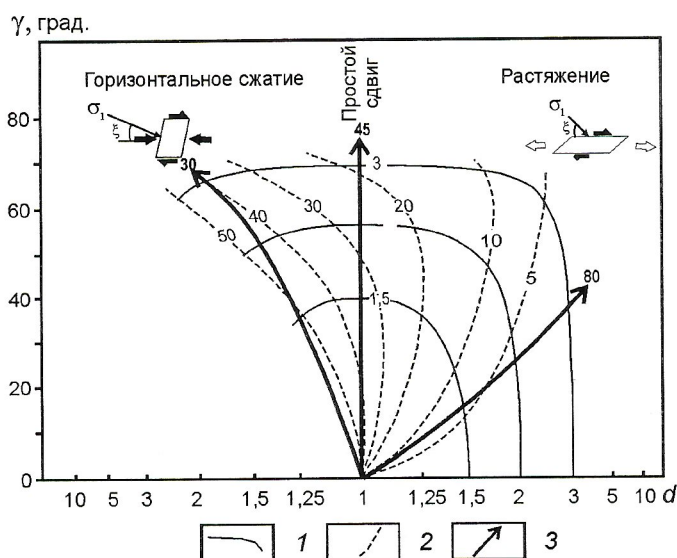


Рис. 4. Фрагмент диаграммы несоосного течения для пологих дислокаций, [2]:

изолинии кратной деформации: 1 — эллипса λ ; 2 — углов наклона его длинной оси α ; 3 — траектории прогрессивной деформации при различных углах наклона оси сжатия тензора напряжений (угол ξ)

Основываясь на выражениях (3) и (4), можно получить важное в практическом отношении уравнение для определения угла наклона оси сжатия тензора напряжений, исходя из конечной деформации:

$$\operatorname{tg} 2\xi = \operatorname{tg} \gamma / 2 \ln d. \quad (5)$$

Соотношения (1)–(4) были использованы для составления универсальной диаграммы несоосной деформации [2]. Представим с ее помощью условия формирования полого дислоцированной структуры. На рис. 3 в поле диаграммы показана область деформационных структур, ограниченная кривыми углов наклона (α от 0 до 50°) и кратной деформации (λ от 1 до 3) эллипса. Здесь же приведены эволюционные кривые прогрессивной деформации, показывающие, как изменяются со временем наклон и форма эллипса деформации при сохраняющихся условиях внешнего нагружения.

Как видно, пологие структуры в данной трактовке развиваются в условиях наклона оси сжатия 30° и более, что соответствует условиям сочетания горизонтального простого сдвига с подчиненным по отношению к нему сжатием (при $\xi < 45^\circ$) или растяжением (при $\xi > 45^\circ$). Средний наклон оси сжатия ($40\text{--}50^\circ$) отображает обстановку простого сдвига с исчезающе малым влиянием чистого сдвига. Подобная ситуация является ситуацией внутреннего покровообразования, т.к. при такой ориентировке оси сжатия активизируются в первую очередь субгоризонтальные поверхности смещения. Не удивительно, что послышное скольжение и шарьяжи так ярко выражены в пределах зон пологих дислокаций. Большая часть отмеченной зоны пологих структур находится в области диаграммы, отвечающей горизонтальному растяжению. Погогие залегания в условиях сжатия могут быть получены при значительной деформации эллипса, тем более высокой, чем положе структура. Учитывая малую вероятность значительных деформаций пород внутри Верхоянской области, следует заключить, что теоретически зоны пологих дислокаций должны отвечать преимущественно обстановкам горизонтального простого сдвига и несоосного течения с растягивающей компонентой.

Выясним в рамках рассмотренной схемы конкретные условия деформирования, которым отвечают пологие структуры Верхоянья, исходя из доступных для них оценок конечной деформации. Наклон эллипса отождествляем с наклоном кливажа или осевой поверхности складки, а деформацию оцениваем приблизительно на основании имеющейся информации. Согласно данным работы [4], а также личным наблюдениям автора, в кливажированных глинистых сланцах Тиксинского антиклинория Хараулахского хребта фиксируется смятие тонких прослоев песчаника и лишь слабая гофрировка песчаниковых пластов мощностью более 10 см, что примерно может соответствовать полуторакратной деформации исходя из тектонофацальной шкалы [7]. С одной стороны, оценить степень дислоцированности пород Кулара и Орулгана можно приближенно, применяя принцип «разгибания» слоев. На основании структурных профилей (см. рис. 2, Б; 3) получим 1,5—2,0, что вполне согласуется с данными Хараулахского хребта.

С другой стороны, исходя из длительности фазы складкообразования 4 млн. лет и типичной скорости деформирования 0,315 млн. лет, конечная деформация достигнет, как можно вывести из уравнений (3), трехкратной величины. На основании этого примем в качестве ориентировочной средней оценки деформации пород Верхоянья двухкратную. Тогда, на диаграмме (см. рис. 4) кривая $\lambda=2$ определяет местоположение точек отдельных структур зон пологих дислокаций и их обрамления, которое (и следующие отсюда выводы) будет контролироваться только углом наклона эллипса деформации — кливажа и(или) осевых поверхностей складок. Как следует из рис. 4, наклон эллипса 25° и менее будет означать условия горизонтального растяжения, для наклона эллипса 10° величина растяжения составит 1,75 раз. Об ощущимом горизонтальном сжатии толщи (1,5 раза и более) можно говорить в случае, если наклон эллипса деформации составляет более 40° .

На рис. 5 для Западно-Верхоянского хребта показан ряд интерпретационных профилей, на которых отображены: положения оси сжатия тензора напряжений (найденные на основании выражения (5)), конечные деформации горизонтального сжатия, растяжения и простого сдвига. Как видно, практически вся восточная часть хребта, относящаяся

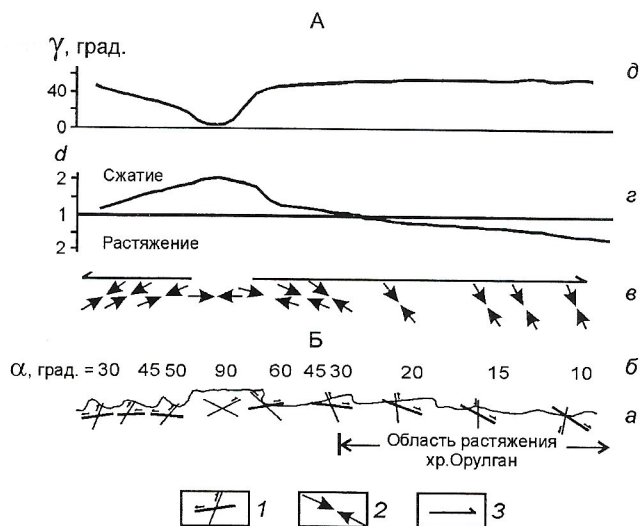


Рис. 5. Реконструкция условий деформирования Западно-Верхоянского хребта на основе модели горизонтального несоосного течения:

А — широтный схематический профиль Западно-Верхоянского хребта (см. рис. 2, В); Б — углы наклона эллипса деформации α ; параметры несоосной деформации: γ — наклон оси сжатия тензора напряжений, компоненты сдвига: d — чистого, d — простого; 1 — сопряженная пара разломов, реализуемая при данном положении осей тензора напряжений и угле скалывания 30° (жирная линия — разлом синкинематический направленно простого сдвига); 2 — направления действия максимальных сжимающих напряжений; 3 — направление простого сдвига

к зоне пологих дислокаций, находится в области растяжения, нарастая к востоку, достигая полуторакратного значения в крайней восточной части хребта. Горизонтальное сжатие максимально в его осевой части хребта (двухкратное), где простой сдвиг уменьшается почти до нуля. Простой сдвиг — доминирующий механизм деформирования в крайней западной, центральной и восточных частях Западно-Верхоянского хребта.

Таким образом, выдвигавшееся ранее предположение о горизонтальном сжатии как основном механизме формирования структуры Западно-Верхоянского мегантиклинория [10 и др.] опровергается полученными данными. На большей его части скорее всего основным механизмом деформирования служило течение в обстановке горизонтального простого сдвига, приведшего собственно к образованию вергентных складок и флексур, который в восточных районах сочетался с общим пластичным растяжением пород. Нарастание компоненты растяжения в восточном направлении — примечательный факт, который может свидетельствовать о возрастающей роли пластичного растяжения во внутренних районах Верхоянья.

Дополнительно на профиль Западно-Верхоянского хребта (см. рис. 5) вынесены вероятные разрывные смещения, ориентировка которых определялась на основании полученного наклона оси сжатия тензора напряжений и угла скалывания, принятого равным 30° . Как видно, в зоне пологих дислокаций Орулгана прогнозируются относительно пологие сбросы, наклон которых увеличивается к востоку, сопряженные с крутыми до вертикальных разломами (взрезами). Однако (см. рис. 5) активными должны быть в первую очередь сбросы, синкинематические по отношению к простому сдвигу. Этот вывод подтверждает фактические данные И.М.Сборщикова о преимущественном развитии в восточной части Орулгана разломов со сбросовой кинематикой. Важно подчеркнуть, что сбросы в пределах зоны пологих дислокаций Орулгана в нашей

трактовке развиваются в связи с пластической деформацией пород, и связанное с ними «хрупкое» растяжение сингенетично процессу формирования собственно полого дислоцированной структуры.

Субгоризонтальные положения прогнозируемых разломов показывают зоны, в которых наиболее вероятны шарьяжи и пологие надвиги. Они расположены в крайней западной и центральной частях разреза Орулгана.

В заключение следует сказать о генезисе структур и геодинамике Верхоянья. Представленный структурный анализ трех районов развития «кливажных» зон пологих дислокаций освещает деформацию глубинного уровня в верхоянском комплексе, он же позволяет ответить на вопрос: каковы могут быть глубинные деформационные условия, определившие формирование близповерхностной пологой структуры в пределах слабоэродированных зон пологих дислокаций Верхоянской области (см. рис. 1). Полученные результаты позволяют сделать следующие выводы и осветить связанные с ними положения:

1. Как видно из приведенного материала, формирование кливажно-складчатой структуры в пределах Хараулахской, Куларской и Орулганской зон пологих дислокаций проходило в условиях горизонтального несоосного течения: простого сдвига в сочетании с дополнительным горизонтальным растяжением в части пологих структур с переходом к дополнительному сжатию — в части более крутозалегающих. Сочетание указанных деформационных обстановок в пространстве проявлено в форме постепенных переходов.

2. Характерный облик зон пологих дислокаций в плане и на разрезах (см. рис. 1 и 2) говорит о том, что развитие их, скорее всего, происходило вследствие глубинно-гравитационного тектогенеза. Об этом свидетельствуют факты пространственного сочетания выходов (линейных или куполообразных) на поверхность глубинных метаморфизованных пород верхоянской серии и обрамляющих их синклиналиев, а также ассоциирующие с ними прямой и обратный структурные веера. Парагенезис указанных форм обеспечивается характером конвективных движений при реализации гравитационной неустойчивости. Причем обратный веер (Хараулах, Кулар) характеризует условия, развивающиеся в кровле глубинного диапира (см. рис. 2, Б), тогда как прямой веер (Орулган) вероятнее всего обозначает деформацию на уровне его корневой зоны.

3. Слабоэродированные зоны пологих дислокаций в центральной и восточной частях Верхоянской области (Среднеянская, Эльгинская и др.) скорее всего являются отражением в чехле нескрытых метаморфических куполов верхоянской серии, а не фундамента, и зон несоосного пластичного течения с растяжением, выведенных на поверхность в кливажных зонах пологих дислокаций по краям. Деформация пород верхоянской серии в восточной части, кроме того, по-видимому, тесно связана с процессами генерации и внедрения гранитной магмы, что доказывалось вскрытием гранитоидных ядер Куларской зоны пологих дислокаций (см. рис. 2, Б).

4. Согласно предварительным данным (см. рис. 5), роль пластичного растяжения возрастает в направлении внутренних районов Верхоянской области.

5. Соскладчатую деформацию пород Верхоянья традиционно принято относить по времени к основному событию в структурном развитии мезозой — завершающей складчатости в конце поздней юры — начале раннего мела [5]. Однако более близкой к реальности будет точка зрения на значи-

тельную во времени эволюцию кливажной (складчатой) деформации верхоянской серии, которая захватывала и часть седиментационного цикла. Об этом можно судить по данным о конседиментационных поднятиях, часто пространственно совпадающих с зонами пологих дислокаций, а также вероятные совместные проявления складчатости и рифтогенеза в период накопления осадков [14].

6. Выводы относительно механизмов деформирования пород Верхоянья, в частности, свидетельства проявления горизонтального растяжения в пределах зон пологих дислокаций, по-новому ориентируют исследования в области геодинамики Верхоянского пояса. Проявление растяжения ставит этот пояс в один ряд с другими подвижными поясами Земли, для которых феномен тектоники растяжения установлен достаточно давно (ближайший аналог Аляска и Северо-Американские Кордильеры). Геодинамическая обстановка растяжения в пластичном и хрупком выражении обычно представляется как «гравитационный коллапс» орогена с утолщенной корой, испытавшего предварительное сжатие на этапе коллизии. Однако такая схема оказывается не единственной, если учесть случаи, когда область растяжения на континенте развивается непосредственно на продолжении рифтовой системы СОХ, как это имеет место на Западе Северной Америки (провинция Бассейнов и Хребтов) и в Папуа-Новой Гвинее [15]. В данном случае континентальное растяжение (и сопровождающий его орогенез) следует связывать с подъемом в мантии [15]. К такой категории структур, стимулируемых эндогенным мантийным процессом, следует, по мнению автора, отнести и Верхоянье [1]. Территория Верхоянья, по крайней мере, с позднего мела развивается, находясь на продолжении Лаптевоморской рифтовой системы, являющейся морским продолжением системы СОХ Гаккеля [3]. Поэтому структуры хрупкого растяжения Верхоянья могут рассматриваться как следствие затухающего влияния мантийного апвеллинга, связанного с СОХ. Однако представляется, что при разработке модели геодинамического развития Верхоянья следует привлекать схему, учитывающую сквозное во времени влияние процессов в подстилающей мантии. В частности, для Северного Верхоянья можно предложить следующую общую схему тектонических событий:

Мезозой. Потеря гравитационной устойчивости верхоянского комплекса в связи с тепловым и механическим воздействием со стороны нижней коры и мантии; складчато-кливажная деформация осадков, всплывание метаморфических валов (на западе) и куполов, сопряженных с магматическими интрузиями (на востоке); остывание пород, образование верхнекорового хрупкого слоя на месте миогеосинклинального чехла.

Кайнозой. Воздействие растягивающих усилий на вновь образованный хрупкий слой коры, связанное с непрекращающейся деятельностью (или возобновлением таковой) мантийной конвекции, что приводит к его растяжению по системе протяженных линейных сбросов, опусканию и заложению рифтовых впадин, подъему и эксгумации нижних горизонтов верхоянского комплекса на плечах рифтов.

Иная, по-видимому, завершающая стадия развития юго-восточных районов Верхоянской области (Адычанская и Эльгинская зоны пологих дислокаций), находящаяся перед фронтом структур коллизионного пояса Черского, который в позднем мезозое и кайнозое мог действовать в их отношении как жесткий индентор, вызывая наложенное горизонтальное сжатие.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гончар В.В. Поле напряжений Хараулахского хребта и проблема происхождения Верхоянского горноскладчатого сооружения // Бюлл. МОИП. 1998. Т. 73. Вып. 3. С. 18—26.
2. Гончар В.В. Конечная и прогрессивная несоосные деформации: приложение в структурном анализе // Изв. вузов. Геология и разведка. 2000. № 6. С. 19—26.
3. Грамберг И.С., Деменция Р.М., Секретов С.Б. Система рифтогенных грабенов шельфа моря Лаптевых как недостающего звена рифтового пояса хр. Гаккеля—Момского рифта // Докл. АН СССР. 1990. Т. 311. № 3. С. 689—693.
4. Гусев Г.С. Складчатые структуры и разломы Верхояно-Колымской системы мезозой. — М.: Наука, 1979.
5. Мезозойская тектоника и магматизм Восточной Азии. — М.: Наука, 1983.
6. Парфенов Л.М., Оксман В.С., Прокопьев А.В. и др. Детальные структурные исследования в Верхоянье, их значение для крупномасштабного геологического картирования / Тектонические исследования в связи со средним и крупномасштабным геокартингом. — М.: Наука, 1989. С. 109—127.
7. Паталаха Е.И. Тектонофациальный анализ складчатых сооружений фанерозоя. — М.: Недра, 1985.
8. Пуцаровский Ю.М. Приверхоянский краевой прогиб и мезозойды Северо-Восточной Азии / Тектоника СССР. Т. 5. — М., 1960.
9. Сатаров Ф.С. Тектоническое строение Куларского антиклинория // Мат-лы по геологии и пол. иск. Якутской АССР. 1970. Вып. XVI. С. 75—81.
10. Сборщиков И.М. Некоторые характерные особенности и природа складчатых дислокаций в пределах восточного крыла Западно-Верхоянского антиклинория // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1968. № 2. С. 85—92.
11. Сборщиков И.М. Кливаж в пределах Верхоянского мегантиклинория // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1971. № 5. С. 41—46.
12. Спрингис К.Я. Тектоника Верхояно-Колымской складчатой области. — Рига: Изд-во АН Латв. ССР, 1958.
13. Тектоника Якутии. — Новосибирск: Наука, 1975.
14. Чехов А.Д. Тектоническая эволюция Северо-Востока Азии. — М.: Научный мир, 2000.
15. Hill E. Extensional deformation of continental crust prior to break up and sea-floor spreading: a study of Misima island, Papua New Guinea // Geol. Soc. Austr. Abstr. 1995. Vol. 40. P. 68—69.

УДК 550.31: (–924.721.76)

© А.Г.Шемпелев, 2004

Западный Кавказ по геофизическим данным

А.Г.ШЕМПЕЛЕВ (ФГУГП «Кавказгеолсъемка»)

Горное сооружение Западного Кавказа (рис. 1) включает несколько складчатых зон, а по мнению некоторых авторов, и фрагменты вовлеченной в орогенное поднятие южной окраины Скифской эпигерцинской платформы. Представлен Западный Кавказ киммерийской Гойтхско-Ачишхинской и альпийскими Абино-Гунайской и Новороссийско-Лазаревской складчатыми зонами [5]. По геологическим и геоморфологическим признакам Западный Кавказ отделен от Центрального Пшехско-Адлерской зоной поперечных нарушений [9].

Роль осевого поднятия в восточной части Западного Кавказа принадлежит Гойтхско-Ачишхинской складчатой зоне, объединяющей фрагменты нескольких совмещенных в киммерийский этап ниже-среднеюрских аллохтонных комплексов, представляющих собой сложное сочетание крутопогружающихся на север узких тектонических блоков и сопряженных с ними тектонических покровов [4, 5]. В целом Гойтхско-Ачишхинская складчатая зона характеризуется дивергентным строением, которое, вероятно, связано с альпийским этапом тектогенеза.

Абино-Гунайская зона, расположенная на северном фланге орогенного сооружения Западного Кавказа, сложена образованиями позднеюрско-мелового возраста. Она представлена гребневидными или сундучными антиклинальными складками кавказского простирания, разделенными широкими и пологими синклинальными структурами, распадающимися на отдельные мульды [2]. По зоне крутопадающего Ахтырского разлома [16] и на ее продолжении в восточной части территории по зоне Хадзыженских надвигов, характеризующихся перемещением покровных масс с севера на юг [5], Абино-Гунайская структура граничит с Западно-Кубанским прогибом. Этот прогиб представляет собой крупную тектоническую депрессию, сформированную в период общего воздымания Кав-

казской альпийской складчатой области в олигоцен-плиоценовое время и наложенную на различные структуры более ранней генерации [15].

Новороссийско-Лазаревская складчатая зона, охватывающая южную часть Западно-Кавказского поднятия, сложена флишевыми терригенными и карбонатно-терригенными отложениями позднеюрско-палеогенового возраста. Внутренняя ее структура характеризуется развитием интенсивной складчатости линейного типа, как правило, с тектонически срезанными южными крыльями антиклинальных складок, что придает им асимметричное строение. По мере приближения к береговой линии Черного моря складки опрокидываются на юг.

Орогенное сооружение Западного Кавказа на юге соседствует с Туапсинским прогибом, охватывающим Кавказско-Черноморский континентальный склон и его подножие. По данным сейсмозондирования, мощность молодых осадков в пределах прогиба достигает 7 км. Внутренняя его структура, особенно северного борта, характеризуется развитием многочисленных бескорневых антиклиналей, парагенетически связанных с надвигами, сместители которых погружаются на север. С северным падением предполагается также разлом между Туапсинским прогибом и складчатыми зонами. Вероятно, это региональный надвиг, запечатанный осадками миоцен-четвертичного возраста. Разрез олигоцен-миоцена по этому надвигу сдвоен, с ним же, возможно, связана и складчатость.

На меридиане г. Анапа отложения мезозоя, а затем и палеогена погружаются под неоген-четвертичный комплекс Керченско-Таманского поперечного прогиба. Границей Западного Кавказа здесь признается Анапская поперечная ступень, ориентированная в север-северо-восточном направлении. Осадочные образования Керченско-Таманского прогиба интенсивно дислоцированы и представлены

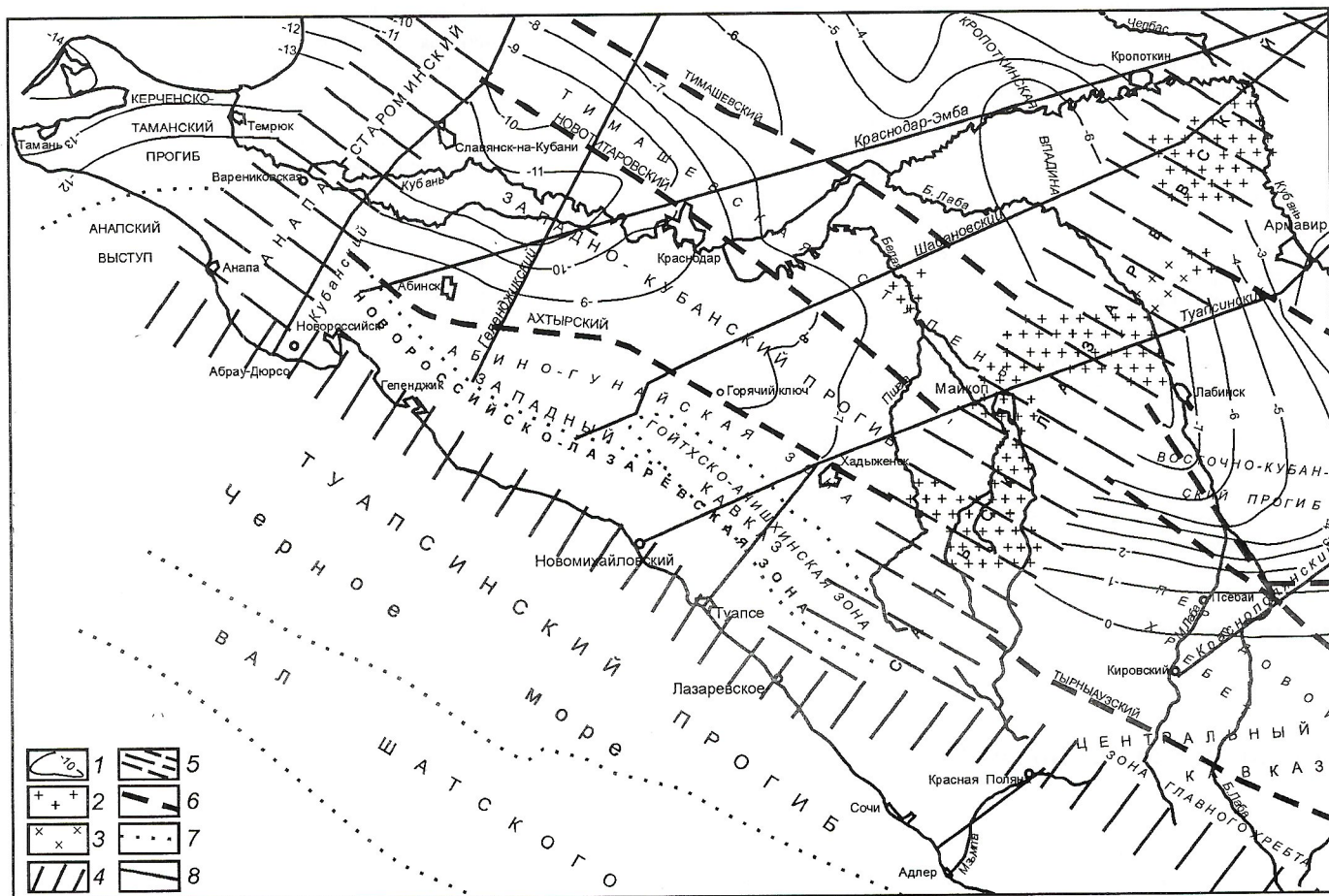


Рис. 1. Схема расположения глубинных профилей:

1 — изогипсы поверхности доюрского основания, км; предполагаемые нескрытые (погребенные) интрузии составов: 2 — кислого и среднего; 3 — основного и среднего; предполагаемые разрывные структуры: 4 — зона Главного Кавказского надвига, 5 — межлыбовые коровые разломы, 6 — крупные разрывные нарушения; 7 — границы некоторых тектонических структур, предполагаемые по геофизическим данным; 8 — профили глубинных геофизических исследований

системой складок уже не кавказского, а крымского простирания, т.е. прямое продолжение складчатых структур Восточного Крыма [2].

Обособленность Западного Кавказа от остальной структуры Большого Кавказа в физических полях, так же как и по геологическим характеристикам, известна давно. Напряженность гравитационного поля Кавказского сегмента Альпийско-Гималайского пояса изменяется в пределах 300 мГал. Причем его центральная и восточная части характеризуются самыми минимальными значениями силы тяжести, а Западный Кавказ выделяется положительными аномалиями с Новороссийским максимумом до 140 мГал (рис. 2). Резкими градиентами гравитационного поля отмечены границы между орогенным сооружением и сопредельными с севера и юга прогибами — Западно-Кубанским и Туапсинским. Многие исследователи связывают их с зонами Ахтырского разлома и Главного Кавказского надвига [12, 14]. Восточное ограничение Западного Кавказа, судя по гравиметрическим данным, ступенеобразно и, вероятно, определяется субмеридианальной структурой северо-восточного простирания, проходящей между городами Adler и Гагра.

Западнее меридиана г. Анапы, т.е. за пределами перегибного погружения Большого Кавказа, значения аномалий Буге резко уменьшаются. Это происходит вдоль так

называемой Анапской поперечной ступени, являющейся составной частью зоны антикавказского Анапа-Староминского глубинного разлома [16], и, возможно, связано с увеличением мощности молодых осадков в пределах опущенного Керченско-Таманского блока. Однако после редуцирования значений гравитационного поля за дефект масс осадочного чехла и исключения регионального фона выделяемая локальная линейная положительная аномалия силы тяжести Западного Кавказа не заканчивается в зоне Анапской ступени (см. рис. 2), а, несколько смещаясь, прослеживается далее на запад, чуть южнее Керченского пролива, в Горный Крым [1, 14 и др.]. Результаты даже элементарных количественных расчетов свидетельствуют о наличии здесь плотных масс на небольшой глубине, что позволяет нам [16] предполагать на Западном Кавказе сокращенную мощность земной коры и ее сиалической составляющей. Поднятие поверхности «базальта» при одновременном увеличении толщины этого слоя признавалось и В.Б.Соллогубом [3] в качестве одного из факторов, обусловивших появление в Горном Крыму положительных гравитационных аномалий. В.Б.Бурьянов и другие считают, что известная в пределах Крымской гравитационной аномалии вулканическая группа Кара-Даг генетически связана с мантийным диапиром изначально ультраосновного состава, а геологическая природа линейного макси-

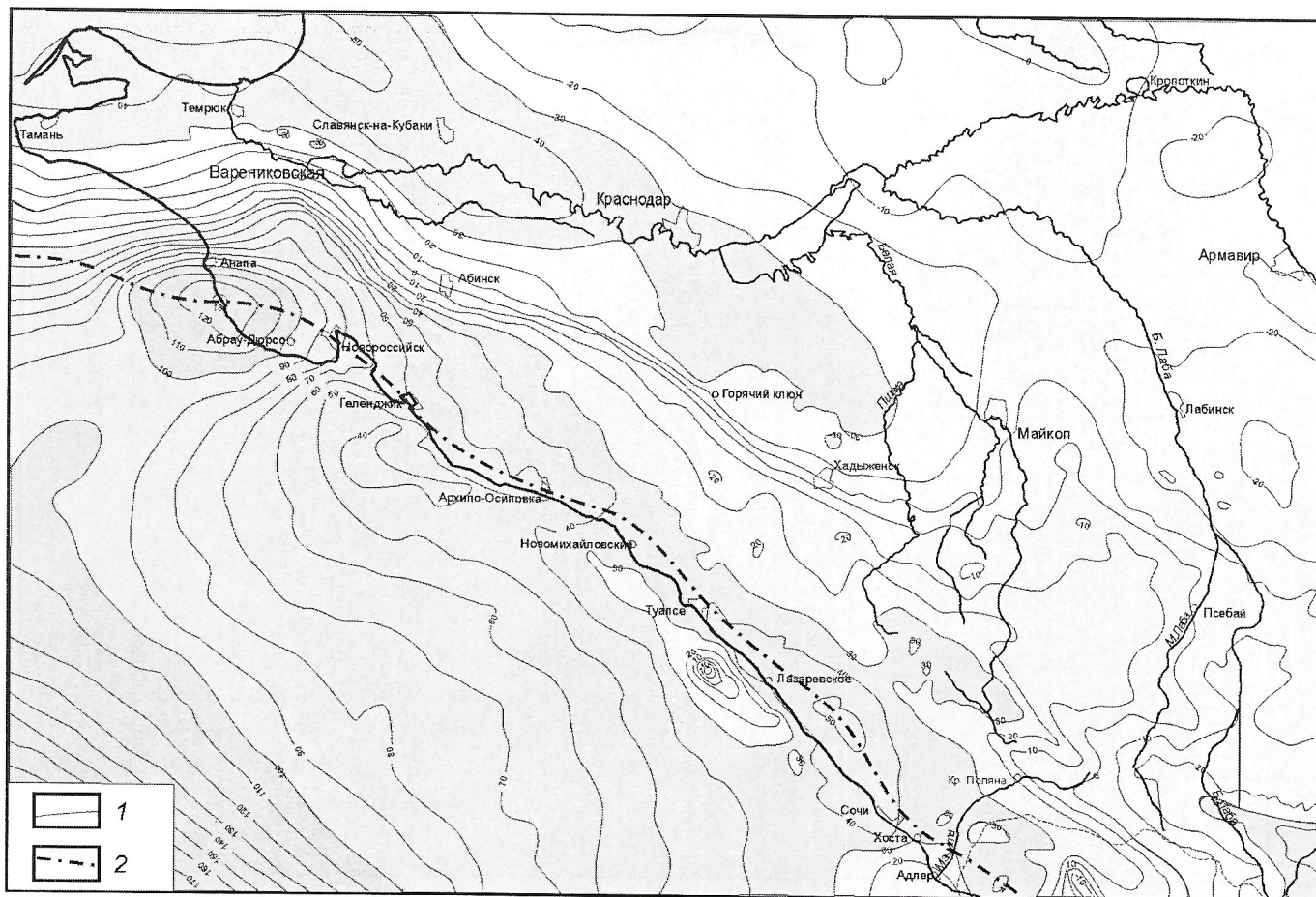


Рис. 2. Схема гравитационного поля:

1 — изоаномалии силы тяжести, мГал; 2 — ось локальной положительной аномалии Δg

муна Крымско-Кавказской гравитационной зоны непосредственно связана с наличием в земной коре плотных магматических пород преимущественно основного—ультраосновного состава [1].

В магнитном поле Западный Кавказ характеризуется, как и вся орогенная структура Большого Кавказа, относительно отрицательными значениями. Диапазон изменения интенсивности магнитного поля невелик (рис. 3), и осложняется локальными аномалиями лишь в районах развития молодого вулканизма (байосские вулканы?). Отсутствие магнитных аномалий над описанными высокоплотными объектами позволяет отнести их с большей вероятностью, как обосновывают Т.С.Лебедев и Б.Я.Савенко, к нормальным гипербазитам континентов или океанов, термобарические условия формирования которых исключают образование магнитных минералов [8]. Полоса Черноморского континентального склона также характеризуется вдоль берега отрицательными значениями магнитного поля, близкими таковым над Большим Кавказом, а южнее — положительными линейными аномалиями северо-западного простирания интенсивностью до нескольких сотен нТл. При аэромагнитной съемке на больших высотах эти локальные неоднородности поля исчезают, и над прибрежной частью акватории мы имеем спокойный переход от минимума магнитного поля Большого Кавказа к максимумам Черноморской впадины [14]. Восточное ограничение структуры Западного Кавказа в магнитном поле четко не просматривается.

Значительно вытянутые положительные магнитные аномалии зафиксированы вдоль границы Западного Кавказа с Западно-Кубанским прогибом, причем в плане они примерно совпадают с зоной повышенных градиентов гравитационного поля, не смещаясь в пределах Анапской ступени, продолжают через Керченский пролив в Горный Крым. Отсюда следует, что гравитационные локальные линейные максимумы могут быть связаны с консолидированной корой, в т.ч. с опущенной и смещенной в Керченско-Таманском блоке, а магнитные максимумы — с аномальными объектами, образовавшимися в процессе альпийского тектогенеза.

Тепловое поле, так же как и все физические поля Земли, естественно зависит от глубинного строения региона. По характеру конвективного теплового потока, в результате обработки В.И.Горным (ВНИИКАМ) цифровых дистанционных данных съемок спутником NOAA, Западный Кавказ отличается от остальной части Большого Кавказа. Причем это максимально проявляется (рис. 4) в анизотропии линейных элементов теплового поля (азимут $320-330^\circ$). Аномальная площадь на севере граничит с Предкавказьем по Ахтырскому разлому, сопровождаемому серией локальных тепловых аномалий. Восточная ее граница, судя по изменению интенсивности и характера конвективного теплового потока, проходит по линии пос.Лео—г.Майкоп, что совпадает с предполагаемой по геолого-геофизическим материалам зоной Сальск-Лазаревского корового разлома [15, 17]. За пределами аномальной площади гене-

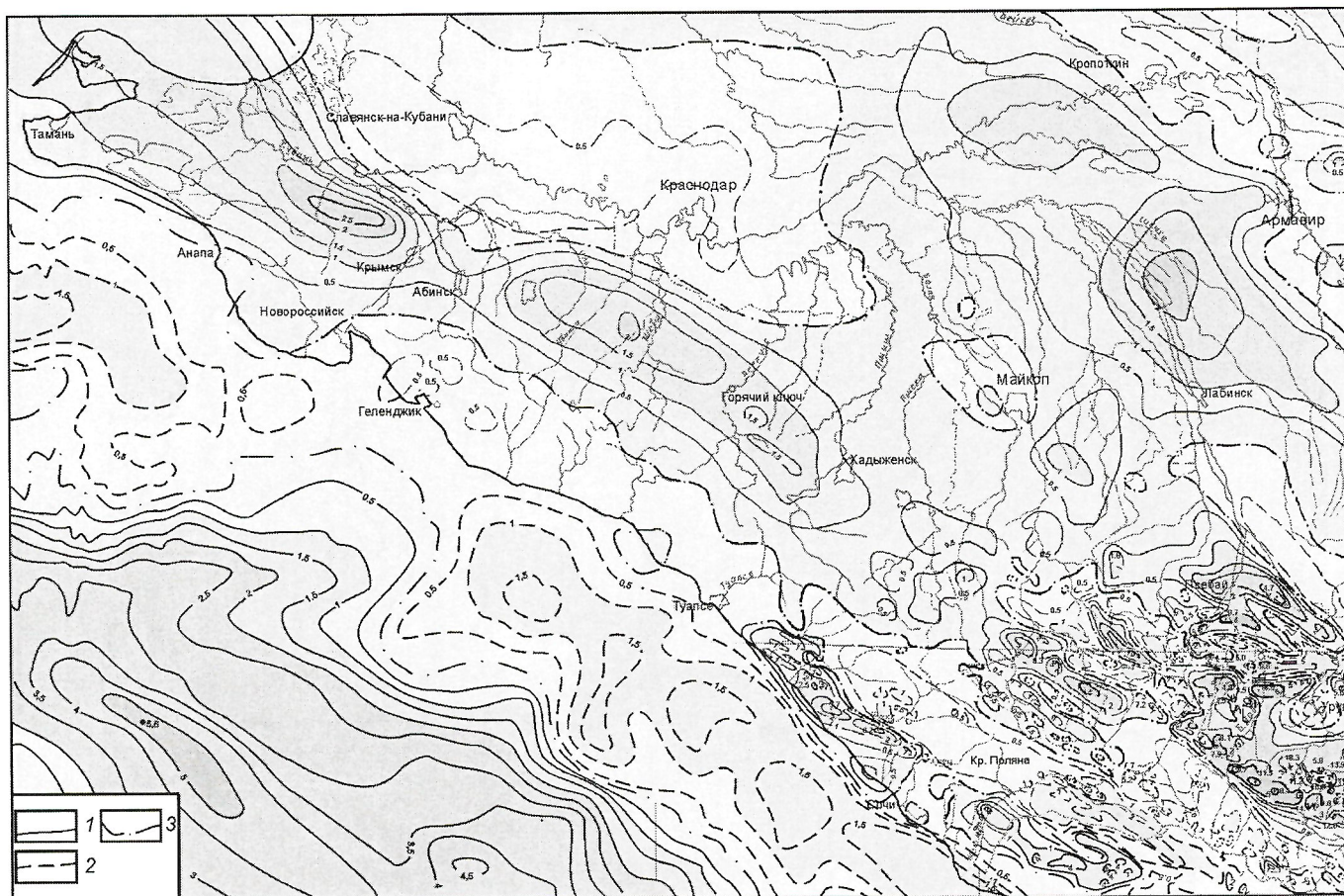


Рис. 3. Схема аномального магнитного поля:

изолинии $(\Delta T)_a$, $n \cdot 10^2$ нТл: 1 — положительные, 2 — отрицательные, 3 — нулевые; точки — экстремумы $(\Delta T)_a$, $n \cdot 10^2$ нТл

ральное направление линеаментов теплового потока изменяется на северное. О западной и южной границах Западного Кавказа по конвективному тепловому потоку сказать ничего нельзя из-за отсутствия у нас материалов съемок над акваториями Черного и Азовского морей.

Основная задача глубинных исследований по Туапсинскому и Кубанскому профилям (см. рис. 1) — пересечение зоны Главного Кавказского надвига. Предполагается, что по нему проходит сопряжение Евразийской литосферной плиты с субдупировавшей Аравийской, а точнее, с одной из коллажа микроплит, обрамляющих Аравийскую с севера, — Черноморской. Сложная тектоно-динамическая ситуация этого региона, естественно, отражена в физических полях разреза земной коры вдоль профилей. Расстановка сейсмических станций АСС-3/12 («Карс») и АСС-6/12 («Черепаша») в методе обменных волн землетрясений реализована при среднем расстоянии между пунктами наблюдений около 5 км. Магнитотеллурические зондирования выполнены с модернизированной станцией ЦЭС-2 в диапазоне периодов от 0,06 до 3000 с и шагом по профилю в среднем около 3 км. В настоящей статье мы рассматриваем результаты работ на южных отрезках этих глубинных профилей, не выходя за границу Западно-Кубанского прогиба. Причем Туапсинский профиль в пределах орогена Западного Кавказа по технологическим причинам методом МТЗ отработан по линии г.Хадьженск — пос.Новомихайловский, а станции МОВЗ были расставлены вдоль железной дороги от г.Хадьженск до г.Туапсе.

По Туапсинскому профилю наиболее аномальна в физических полях его южная часть (рис. 5). Она характеризуется резкой дифференциацией электрических сопротивлений и низкими значениями функции взаимной корреляции волновых форм соседних пунктов между собой, что свидетельствует о сильной дислоцированности разреза. Именно эта его часть соответствует орогенной структуре Западного Кавказа, включающей несколько складчатых зон. Судя по высоким электрическим сопротивлениям (тысячи Ом-м), земная кора Западного Кавказа может представлять собой блок корово-мантийной смеси с максимальной глубиной залегания его подошвы около 60—70 км. Граница Мохо внутри этого блока в геофизических материалах не просматривается или же совпадает с его подошвой. Поверхность предполагаемого кристаллического фундамента Западно-Кавказского блока как бы разделена проводящей субвертикальной зоной, отождествляемой с коровым разломом, и определяется глубиной залегания 12—14 км для южной части блока и 6—8 км для северной. Других более достоверных данных о доюрском фундаменте орогенной структуры, чем полученные методом МТЗ и МОВЗ, до настоящего времени нет.

Высокоомный корово-мантийный блок Западного Кавказа перекрывается относительно проводящим комплексом пород, который прослеживается в область Западно-Кубанского прогиба, где представляет собой средний этаж литосферной плиты. В соответствии с обобщающими работами А.В.Егоркина по территории России, вероятно,

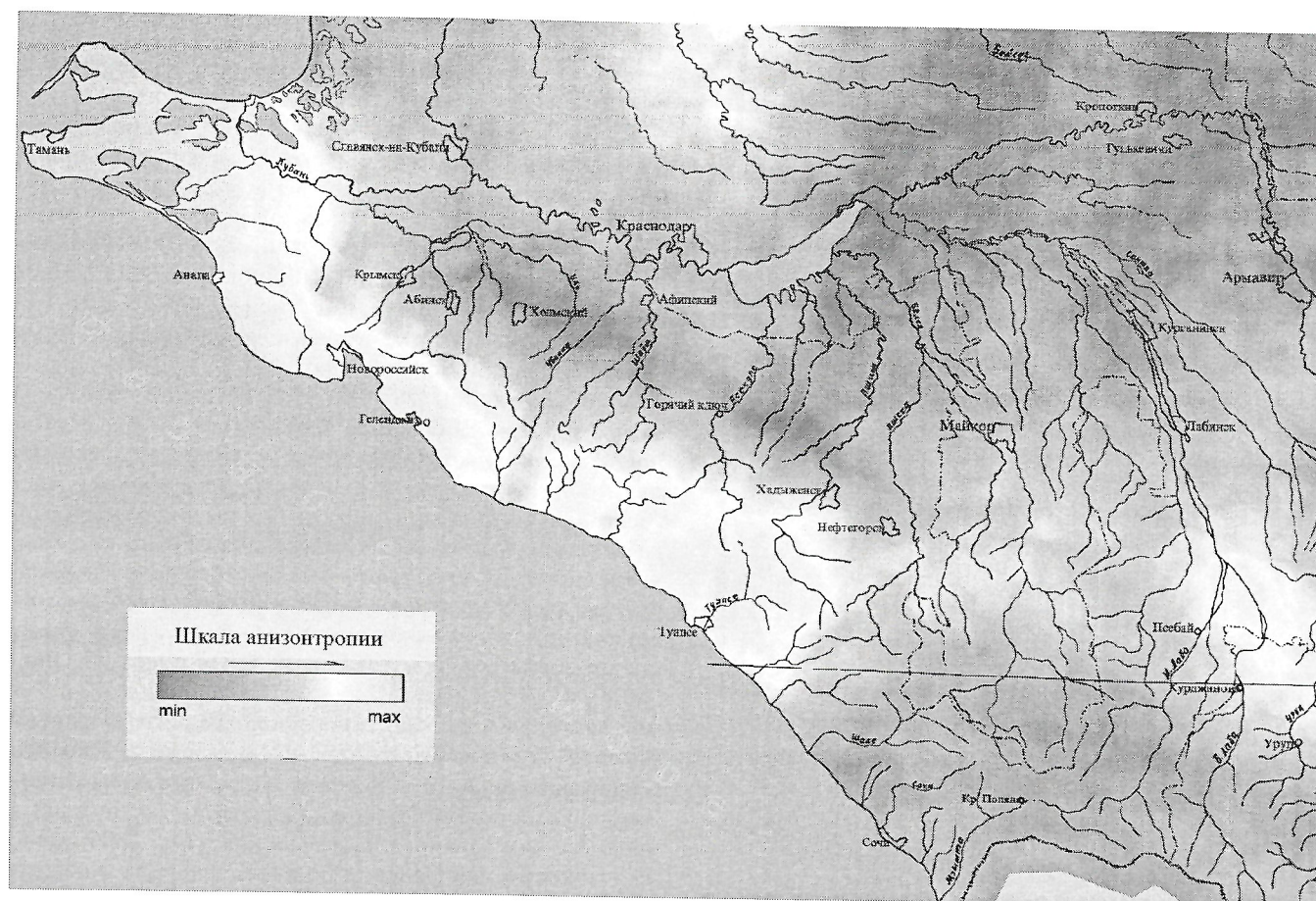


Рис. 4. Карта анизотропии направлений линейных конвективного теплового потока. По В.И.Горному

это гранулит-базитовый слой земной коры [6]. На нем в пределах Западно-Кубанского прогиба залегает гранитно-метаморфический слой, характеризующийся относительно повышенными электрическими сопротивлениями, но отсутствующий над корово-мантийным блоком. Осадочный чехол, представленный мощными толщами мезозойско-кайнозойских отложений вдоль всего Туапсинского профиля, отличается высокой электропроводностью. Причем мел-эоценовый комплекс пород одной из складчатых зон Западного Кавказа — Новороссийско-Лазаревской надвинут на олигоцен-миоценовые толщи Туапсинского прогиба. С крупным субвертикальным нарушением в центральной части корово-мантийного блока, возможно, связаны магнитные разности пород, определяющие аномалии магнитного поля.

Ахтырский разлом, северная граница орогенного сооружения Западного Кавказа, уверенно картируется геологическими и геофизическими методами [16]. По гравиметрическим данным, на глубинах 1—1,5 км он падает на юго-запад под углом 75—80°, что свидетельствует о вергентности северной части мегантиклинория, а по характеристикам МОВЗ и МТЗ, на еще больших глубинах разлом субвертикально уходит в верхнюю мантию. Зона Ахтырского разлома, контролирующего распределение промышленных скоплений нефти и газа, имеет, очевидно, сложное строение и значительную мощность.

Севернее Ахтырского разлома в пределах Западно-Кубанского прогиба глубина залегания догерцинского фундамента, по данным МОВЗ, составляет 10—12 км, а домезозойского, по КМПВ и МОВЗ, 5—7 км. Максимальные

градиенты электрических сопротивлений здесь на глубинах порядка 40 км для одного из графов интерпретации результатов МТЗ [17] могут отвечать границе Мохо, одной из внутренних поверхностей Евразийской литосферной плиты, и отражать физическое состояние среды. Уверенно коррелируемые границы обмена по МОВЗ в этом интервале регистрируют, очевидно, структурно-тектонические поверхности и носят нередко секущий характер по отношению к Мохо, определяемой по электроразведке. Нижний этаж Евразийской плиты, представляющий собой верхнюю мантию, имеет мощность порядка 50—60 км. Он характеризуется повышением электрических сопротивлений, что, вероятно, типично для литосферных плит континентов.

С юга высокоомный корово-мантийный блок Западного Кавказа ограничен зоной низких электрических сопротивлений с резким градиентом и нарушением корреляции границ обмена волн землетрясений. Эта зона нами отождествляется с Главным Кавказским надвигом. Причем на глубинах 60—90 км она, возможно, продолжается в виде падающей в северных румбах зоны проводимости, выходящей на подошву Евразийской литосферной плиты. В верхней части разреза зона Главного Кавказского разлома представляет собой сложную чешую надвигов преимущественно мезозойских отложений на олигоцен-четвертичные осадки Черноморского бассейна, что не редкость для океанических субдукционных зон альпийского Средиземноморского пояса [12, 19].

Расположенная южнее Главного Кавказского надвига Черноморская микроплита не может быть охарактеризована

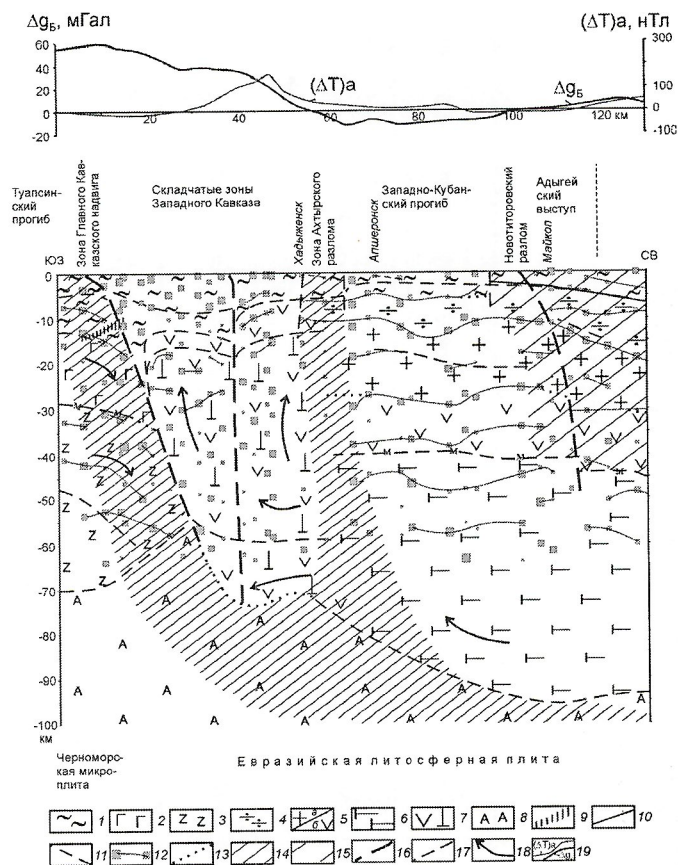


Рис. 5. Геолого-геофизический разрез вдоль Туапсинского профиля:

1 — мезозойско-кайнозойские отложения; Черноморская микроплита; 2 — верхний этаж, океаническая плита, 3 — нижний этаж, верхняя мантия; Евразийская литосферная плита: 4 — верхний этаж, Скифская эпигерцинская платформа, 5 — средний этаж, доэпигерцинский структурно-вещественный комплекс пород, кора: а — средняя, б — нижняя; 6 — нижний этаж, верхняя мантия; 7 — корово-мантийная смесь, Западный Кавказ; 8 — астеносфера; 9 — магнитные разности горных пород; геологические границы и структурные линии: 10 — кровля доюрского фундамента по данным сейсморазведки, 11 — оси зон повышенных градиентов поля электросопротивлений, 12 — точки и границы обмена по МОВЗ (размер символа пропорционален амплитуде РS-волны), 13 — интерполяционные границы разновозрастных образований, М — индекс поверхности, принимаемой за границу Мохоровичича; предполагаемые разрывные нарушения: 14 — зоны глубинных разломов, уходящие в мантию, 15 — зона Сальск-Лазаревского межглыбового разлома, 16 — коровые разломы, 17 — прочие крупные разрывные нарушения; 18 — направления движения крупных блоков; 19 — графики гравитационного Δg и магнитного $(\Delta T)_a$ полей

с достаточной степенью достоверности из-за ограниченного объема геофизических наблюдений на акватории. На разрезе она выделяется как блок относительно повышенных электрических сопротивлений на глубинах от 12 до 30 км, лежащий на низкоомной верхней мантии. Высокая проводимость ее, как отмечается, для океанических плит типична до глубин 180—200 км [18]. Поведение границ обмена в подошве осадочного чехла и верхней мантии может свидетельствовать о погружении Черноморской микроплиты под Евразийскую литосферную плиту. Она, вероятно, представляет собой реликт субокеанской базальтовой земной коры, что определяет повышенные региональные значения гравитационного поля. В свою очередь, олигоцен-четвертичные осадки Туапсинского прогиба вызывают локальные понижения значений поля силы тяжести.

Таким образом, в пределах Туапсинского пересечения Главный Кавказский надвиг, зона сопряжения двух плит, может быть определяющей структурой для орогенного сооружения, что и ранее неоднократно предполагалось для

Кавказа [16, 11, 12 и др.]. Однако вместе с Туапсинским прогибом и мегантиклинорием они составляют единую коллизионную область Большого Кавказа.

По Кубанскому профилю (см. рис. 1), начинающемуся в пределах Новороссийского гравитационного максимума, под орогенным сооружением Западного Кавказа, так же как и на Туапсинском профиле, и под Западно-Кубанским прогибом по данным МТЗ выделяется высокоомный двухступенчатый блок (рис. 6). Глубина залегания поверхностей его ступеней 20—25 и 30—35 км, каждая из которых ограничена субвертикальными зонами проводимости, уходящими за пределы регистрируемых глубин (40—60 км). Методом обменных волн землетрясений вдоль Кубанского профиля установлена серия достаточно четких границ, которые нами принимаются в качестве отдельных поверхностей многослойной земной коры. Внутри же высокоомного блока наблюдаемые по МОВЗ площадки обмена часто неуверенны и их корреляция удается с трудом. По физическим характеристикам выделяемый блок близок аналогичному на Туапсинском профиле и также может представлять собой корово-мантийную смесь. Предполагаемая южная граница такого блока прослеживается по электроразведке как зона проводимости до глубин более 50 км и отождествляется авторами с Главным Кавказским надвигом. Верхняя часть этой зоны сопряжения разнородных блоков, вероятно, затупевана в процессе латерального перемещения масс. Несколькими станциями наблюдения в начале профиля фиксируются относительно четкие границы обмена внутри Черноморской микроплиты, мощность коры которой не превышает 30 км.

Корово-мантийный блок перекрывается относительно электропроводящим слоем, ось которого показана на рис. 6

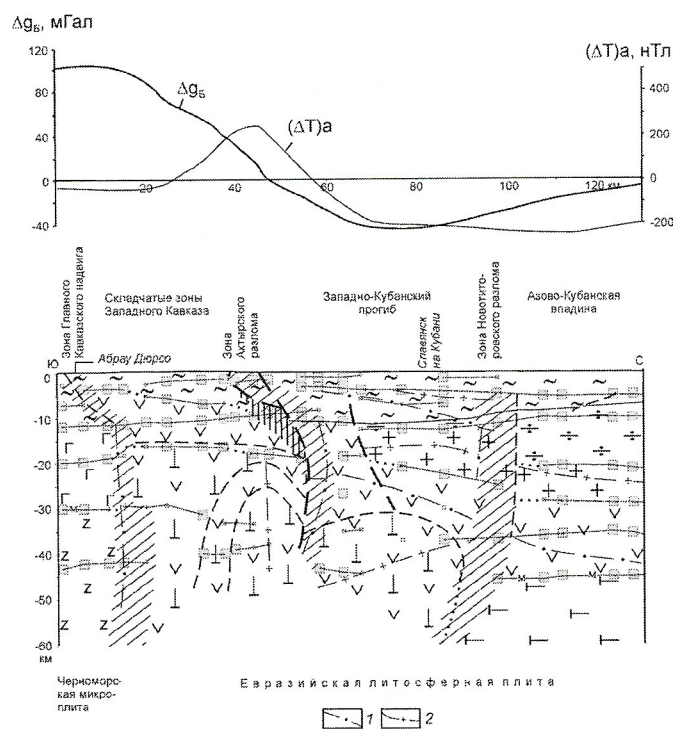


Рис. 6. Геолого-геофизический разрез вдоль Кубанского профиля:

оси зон: 1 — электропроводности, 2 — высоких электрических сопротивлений; остальные условные обозн. см. на рис. 5

и который в пределах Азово-Кубанской впадины представляет собой нижний слой земной коры. Он, так же как и по Туапсинскому профилю, отождествляется нами с гранулит-базитовым слоем, перекрывающимся, очевидно, в пределах орогена Западного Кавказа лишь мезозойско-кайнозойским осадочным чехлом, характеризующимся еще большей электропроводностью. К северу от Ахтырского разлома повышением электросопротивлений отмечен предполагаемый гранитно-метаморфический слой земной коры, ось максимальных сопротивлений которого также показана на рис. 6. Центральная субвертикальная зона проводимости, разделяющая высокоомный блок на две ступени и имеющая в верхней части разреза северное падение, очевидно, является сложно построенной зоной Ахтырского разлома. Северная граница высокоомного блока пространственно тяготеет к зоне Новотиторовского разлома предполагаемой по комплексу методов, ограничивающей с севера структуру Западно-Кубанского прогиба.

Севернее Туапсинского профиля расположен Шабановский (см. рис. 1), отработанный со станцией «Земля» в 1965—1966 гг. (Р.И.Иванченко, С.С.Тарасевич и др.), публикации по которому авторам не известны. Профиль пересекает Абино-Гунайскую складчатую зону и Западно-Кубанский прогиб. В пределах орогенного сооружения Западного Кавказа отбиваются две границы, одна из которых, вероятно, расположена внутри седиментационного комплекса чехла на глубинах 1—3 км, а вторая — поверхность фундамента в среднем на глубинах 4,5—7,5 км с большой амплитудой размещения отдельных площадок, зафиксированных от различных землетрясений. Следующая граница обмена прослеживается относительно уверенно на глубине 30—32 км, которая разбивается, вероятно, зоной Ахтырского разлома, судя по зафиксированным промежуточным площадкам обмена, имеющей южное падение. Поверхности, наблюдаемые фрагментарно на глубинах 65—78 км, отнесены к внутримантийным.

По Геленджикскому профилю (см. рис. 1), расположенному в 30—50 км к востоку от субпараллельного ему Кубанского, отработанному в опытный порядок со станцией «Земля» в начале 60-х годов прошлого столетия, известно несколько публикаций [10, 13]. Профиль, так же как и Шабановский, не пересекает полностью структуру Западного Кавказа. Поверхность Мохо регистрируется, причем неуверенно, только севернее складчатых зон. Границы обмена, отождествляемые И.В.Померанцевой, А.Н.Мозженко [10] с поверхностью условной «переходной толщи», начинают фиксироваться с Абино-Гунайской складчатой зоны, где она предполагается на глубине 5—6 км. Далее по профилю к северу, в пределах южного борта Западно-Кубанского прогиба, на протяжении примерно 20 км данная поверхность погружается до глубины 18—20 км. Причем к этой же поверхности на Западном Кавказе подходит и предполагаемая авторами [10] поверхность Конрада, которая за пределами Западно-Кубанского прогиба представляет собой границу раздела «гранитного» и «базальтового» слоев. Таким образом, по Геленджикскому профилю наблюдается та же картина, что и Кубанскому, т.е. по результатам работ со станцией «Земля» на Западном Кавказе под осадочным чехлом можно также предполагать «базальтовый» слой.

По профилю многоволнового глубинного зондирования Краснодар—Эмба (см. рис. 1), отработанному Центром ГЕОН в 1989 г. [7], относительно уверенные сейсмические границы фиксируются севернее орогенного сооружения, в

частности, в осадочном чехле на глубинах от 5 км в осевой части Западно-Кубанского прогиба до 1,5 км в его прибортовой части. Все остальные внутрикоровые поверхности погружены от центральной части прогиба в сторону переклинали Большого Кавказа.

В результате рассмотрения характера физических полей и данных по глубинным разрезам в пределах Западного Кавказа можно сделать следующие выводы:

1. В общей коллизионной системе Большого Кавказа западная его часть — область сопряжения Евразийской литосферной плиты с Черноморской микроплитой. Горный Крым — естественное продолжение Западно-Кавказской структуры.

2. Южная граница орогена Западного Кавказа — Главный Кавказский надвиг, перекрытый отложениями мезокайнозоя, местоположение которого предполагается в основном по геофизическим данным.

3. Северной границей Западного Кавказа признается Ахтырский глубинный разлом, хорошо картируемый по геолого-геофизическим материалам.

4. Переходная зона от Западного к Центральному Кавказу неконтрастна, и ею, вероятно, служит предполагаемая по комплексу геолого-геофизических данных зона корового Сальск-Лазаревского разлома.

5. Сопряжение по Главному Кавказскому надвику Черноморской микроплиты с Евразийской литосферной плитой определяет особое физическое состояние краевой части последней, всяческого крыла надвига. Нами данное крыло определяется как корово-мантийная смесь. Подошва этого высокоомного блока расположена на глубинах не менее 60 км (Туапсинский профиль).

6. Корово-мантийный блок перекрыт слоем пониженных сопротивлений, названным гранулит-базитовым, залегающим в апикальной части на глубинах 4—8 км и преимущественно представляющим собой кристаллический фундамент Западного Кавказа.

7. Гранитно-метаморфический слой на Западном Кавказе, очевидно, практически отсутствует, что является главной особенностью, отличающей его от остальной орогенной структуры Большого Кавказа.

8. Осадочный чехол характеризуется высокой проводимостью и достигает значительной мощности (10—12 км) в сопредельных с орогенной структурой Туапсинском и Западно-Кубанском прогибах.

9. Корово-мантийный блок и сопровождающие его крутопадающие глубинные разломы хорошо доступны для проникновения мантийных флюидов, и, соответственно, определяют геологию и комплекс возможных полезных ископаемых Западного Кавказа, в т.ч. и локализации углеводородов в пределах зоны Ахтырского разлома.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бурьянов В.Б., Макаренко И.Б., Оровецкий Ю.П., Старостенко В.И. Геологическая природа Крымско-Кавказской гравитационной зоны // Геофизический журнал. 1998. № 6. С. 45—53.
2. Геологическое строение Кавказа / Под ред. М.В.Муратова. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1963.
3. Геофизические исследования и тектоника юга Европейской части СССР / Под ред. С.И.Субботина. — Киев: Наукова думка, 1969.
4. Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:200 000. Изд. 2-ое. Серия Кавказская. Лист К-37-IV (Сочи). Объяснительная записка. — С-Пб., 2000.
5. Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:200 000. Изд. 2-ое. Серия Кавказская. Лист

- L-37-XXXIV (Туапсе). Объяснительная записка. — С-Пб., 2001.
6. *Егоркин А.В.* Содержание кремнезема в консолидированной коре территории России // Разведка и охрана недр. 2000. № 2. С. 15—17.
7. *Костюченко С.Л., Морозов А.Ф., Солодилов Л.Н.* и др. Региональные геолого-геофизические исследования кряжа Карпинского и сопредельных структур юга России // Разведка и охрана недр. 2001. № 2. С. 13—17.
8. *Лебедев Т.С., Савенко Б.Я.* Роль основных ферромагнитных минералов в РТ-изменениях остаточной намагниченности изверженных пород // Геофизический журнал. 1998. № 6. С. 63—82.
9. *Общая характеристика и история развития рельефа Кавказа* / Отв. ред. Н.В.Думитрашко, Б.А.Антонов, Н.Ш.Ширинов. — М.: Наука, 1977.
10. *Померанцева И.В., Мозженко А.Н.* Сейсмические исследования с аппаратурой «Земля». — М.: Недра, 1977.
11. *Хаин В.Е.* Региональная тектоника. Альпийский средиземноморский пояс. — М.: Недра, 1984.
12. *Хаин В.Е.* Сопоставление фиксированных и мобилистских моделей тектонического развития Большого Кавказа // Геотектоника. 1982. № 4. С. 3—13.
13. *Шевченко В.И., Резанов И.А.* Глубинное геологическое строение западной части Кавказа, Крыма и прилегающей акватории Черного моря // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1972. № 10. С. 3—18.
14. *Шемпелев А.Г.* О глубинном выражении Главного Кавказского надвига // Геотектоника. 1978. № 6. С. 75—86.
15. *Шемпелев А.Г.* Разломно-блоковая тектоника Северного Кавказа по геофизическим данным // Геологический журнал. 1982. № 4. С. 97—108.
16. *Шемпелев А.Г.* Результаты изучения тектоники Большого Кавказа геофизическими методами. Автореф. дисс. канд. геол.-минер. наук. — Днепропетровск, 1977.
17. *Шемпелев А.Г., Пруцкий Н.И., Фельдман И.С., Кухмазов С.У.* Геолого-геофизическая модель по профилю Туапсе—Армавир. Тектоника неогена: общие и региональные аспекты // Мат-лы XXXIV Тектонического совещ. — М., 2001.
18. *Forsyth D.W.* The Big MELT. The Mantle Elektromagnetic and Tomography Experiment was the largest seafloor geophysical experiment ever mounted // Oceanus. 1988. Vol. 41. № 2. P. 27—31.
19. *Nicolas A., Mugnier J.-L., Bergerat F.* et al. The location of the deep seismic profile and the geological and geophysical framework // Bull. Soc. Geol. Fr. 1996. № 170. P. 11—26.

Гидрогеология, инженерная геология

УДК 624.131.1

© В.И.Кузькин, Л.А.Ярг, М.В.Кочетков, 2004

Техногенное выветривание горных пород и его влияние на инженерно-геологические условия эксплуатации рудных месторождений

В.И.КУЗЬКИН (ВИМС), Л.А.ЯРГ (МГГРУ), М.В.КОЧЕТКОВ (МНР РФ)

В земной коре под влиянием деятельности человека происходят изменения, сопоставимые с природными геологическими процессами и явлениями, часто необратимые и требующие огромных затрат для восстановления природного равновесия. Одна из важнейших сторон техногенного воздействия человека на окружающую среду — извлечение из недр Земли полезных ископаемых подземными горными выработками и карьерами, вызывающее изменение гидродинамических, гидрогеохимических, термодинамических условий, структуры газовых полей, напряженно-деформированного состояния массива пород, его сплошности, физико-механических свойств, условий разложения породобразующих минералов и формирования новых. Эти изменения приводят к возникновению и развитию инженерно-геологических процессов и явлений, снижающих устойчивость подземных и открытых горных выработок, вызывающих просадки и провалы земной поверхности. К ним, в частности, относится техногенное выветривание. На некоторых сульфидных месторождениях при техногенном воздействии (проходка горных выработок, водопонижающие мероприятия) на природные воды и породы в районе отработки рудных тел увеличивается аэрированность горных массивов, что приводит к интенсификации процессов окисления, а следовательно, сернокислотного и углекислотного выщелачивания оруденения и вмещающих пород.

Совокупное воздействие природных и техногенных факторов вызывает изменение состава и кислотности подземных вод, увеличивая их агрессивность не только к горным породам и рудам, но и горно-техническому оборудованию. Все эти процессы осложняют условия эксплуата-

ции горных предприятий, а дренаж кислых вод оказывает отрицательное воздействие на окружающую среду горнодобывающего района.

Основная цель человека в аспекте учета реакции геологической среды заключается не в том, чтобы не допустить возникновения инженерно-геологических процессов, а в том, чтобы не дать процессам по масштабам своего проявления, форме, интенсивности и скорости выйти за предусмотренные рамки. В этих условиях особенно важное значение приобретают изучение, оценка и прогноз процесса техногенного выветривания на сульфидных месторождениях с целью предупреждения отрицательных последствий его влияния на условия эксплуатации месторождений и воздействия на окружающую среду.

Этот процесс изучался в старейших горнопромышленных районах страны на Урале, Рудном Алтае, Дальнем Востоке, Курской магнитной аномалии, в Кривом Роге, Западной и Восточной Сибири. Изучению процесса техногенного выветривания указанных регионов для решения специальных задач посвящены работы известных ученых: Н.Н.Николаева, М.Е.Королева, С.С.Смирнова, Д.С.Соколова, Г.А.Максимовича, П.Ф.Швецова, Ф.И.Германова, Г.Г.Скворцова и многих других.

Анализ работ показывает, что для решения проблемы техногенного выветривания необходимо выполнить следующее:

изучить условия и причины возникновения и развития процесса;

выявить механизм и закономерности критериев развития процесса;

разработать принципы прогнозирования процесса; определить мероприятия по ослаблению, предупреждению и ликвидации последствий его воздействия.

Для решения поставленных задач при изучении, оценке и прогнозе процесса техногенного выветривания на рудных месторождениях с учетом стадийности вскрытия объектов необходимо оценить: влияние химического состава и pH на состояние и свойства пород и руд в массиве и образце (с учетом НДС в природных и техногенных условиях); изменение микростроения, состава пород и руд под влиянием физико-химических факторов; изменение химического состава и pH вод по результатам лабораторных исследований и полевого гидрогеохимического опробования; окислительно-восстановительный потенциал на контакте рудных тел и вмещающей породы с целью прогноза процесса.

Анализ литературы по проблеме показывает, что, несмотря на достижения в этой области и изучение процесса выветривания и выветрелых пород, остается неисследованным вопрос о техногенном выветривании. Понятие техногенного выветривания как процесса используется многими исследователями, но единый термин на сегодняшний день не определен. К этому выводу пришли В.Н. Андрейчук, Г.Н. Дублянская, В.И. Дублянский [1], обобщившие термины и понятия по проблеме влияния деятельности человека. По их мнению, техногенное выветривание — процесс, обусловленный нарушением природных условий, изменением температуры и влажности воздуха, взаимодействием растворов с твердыми минеральными веществами, основные агенты которого — вода, кислород, углекислый газ, микроорганизмы.

Обобщение материалов, касающихся процесса техногенного выветривания, его влияния на условия эксплуатации и геологическую среду, позволяет сделать выводы о многообразии форм и путей решения конкретных прикладных задач. Изучение и прогноз процесса техногенного выветривания осуществляется по двум направлениям: изучение твердой фазы — породы, и изучение жидкой фазы — подземных вод. Обе фазы могут изучаться как на макро-, так и на микроуровне, как в массиве, так и на образцах, исследуемых в лабораторных условиях. Большая часть исследований (90%), посвященная проблеме техногенного выветривания, отражена в результатах изучения жидкой фазы; значительно меньшая часть (10%) — твердой фазы, т.е. пород [2]. Отмеченная диспропорция в изучении процесса техногенного выветривания нацелила авторов на более детальное изучение твердой фазы (породы), а так как одна из задач — изучение процесса на сульфидных месторождениях, то и руды.

Проведенный анализ материалов разных исследований показал, что комплексное исследование процесса техногенного выветривания на рудных месторождениях с изучением твердой и жидкой фаз, учетом гидрогеологических и инженерно-геологических факторов, их количественной и качественной оценкой на сегодняшний день практически не проводилось. Одна из основных задач в исследованиях процесса техногенного выветривания, решаемая в данной работе, относится к области механики скальных пород и заключается в определении основного расчетного показателя устойчивости — прочности пород на сжатие. При этом нами использовались современные методы исследований (растровая электронная микроскопия, рентгенография, акустические и специальные петрографические), с помощью которых решаются задачи оценки влияния структур, текстур, минерального состава и трещиноватости (в т.ч. техногенной) на про-

чность пород различных генетических типов, слагающих массивы рудных месторождений.

В проводимых исследованиях мы считаем необходимым особое внимание обратить на изверженные (интрузивные и эффузивные) породы, имеющие преобладающее значение в составе пород рудных месторождений горно-складчатых областей. При этом в проведенных исследованиях прочности этих пород под влиянием растворов различного состава в основном изучалось и оценивалось влияние техногенной трещиноватости различной интенсивности, преобладающей в техногенных зонах, формирующихся после проведения буровзрывных работ. Именно этот фактор, по нашему мнению, ведущий при определении прочности хрупких, имеющих высокий модуль упругости, изверженных пород. Лабораторное вещественное моделирование техногенного выветривания позволило воспроизвести основные черты процесса, а соблюдение в эксперименте критериев подобия и условий однозначности дало возможность считать принятую методику вполне достоверной [3, 6].

Необходимое условие реализации физического моделирования — доказательство подобия выбранной модели и оригинала, которое базируется на разработанных нами применительно к процессу техногенного выветривания критериях подобия вещества, структурного подобия модели и оригинала, теплового, гидродинамического, гидрохимического и геологического подобия. Последнее доказательство можно представить в следующем виде: если продукт процесса, воспроизводимого в лабораторных условиях, по составу, структурно-текстурным особенностям и свойствам идентичен продукту моделируемого природного геологического процесса, то и геологическое подобие можно считать доказанным.

Применительно к физическому моделированию процесса техногенного выветривания условия однозначности формулируются следующим образом: 1) идентичность взаимодействующих материальных объектов — горных пород, подземных вод, газов, их состава и свойств в ходе природного процесса и процесса, воссоздаваемого в модели; 2) идентичность условий взаимодействия между вещественными составляющими процесса как в целом, так и на различных этапах, отличающихся механизмом.

В течение многих лет мы занимались лабораторным физическим моделированием, объектами которого были выбраны полиметаллические месторождения Рудного Алтая Енисейского кряжа и Могочинского антиклинария. По результатам этих исследований, проводимых в динамическом и статическом (замедленная фильтрация) режиме взаимодействия, оценивалось влияние химического состава и pH вод на прочностные и упругие свойства скальных и полускальных пород различных генетических типов, изменение трещинной пустотности. Анализ проведенных экспериментальных условий позволил установить взаимосвязь между составом, структурой, текстурой и трещиноватостью пород различного генезиса и формированием физико-механических свойств, а также особенностями процесса изменения этих свойств при техногенном выветривании как результат комплексного изучения петрографических особенностей, природной и искусственной трещиноватости твердой фазы, химического состава, pH, минерализации и скорости фильтрации жидкой фазы [3, 5, 6].

Разработанная методика лабораторного вещественного моделирования процесса техногенного выветривания на

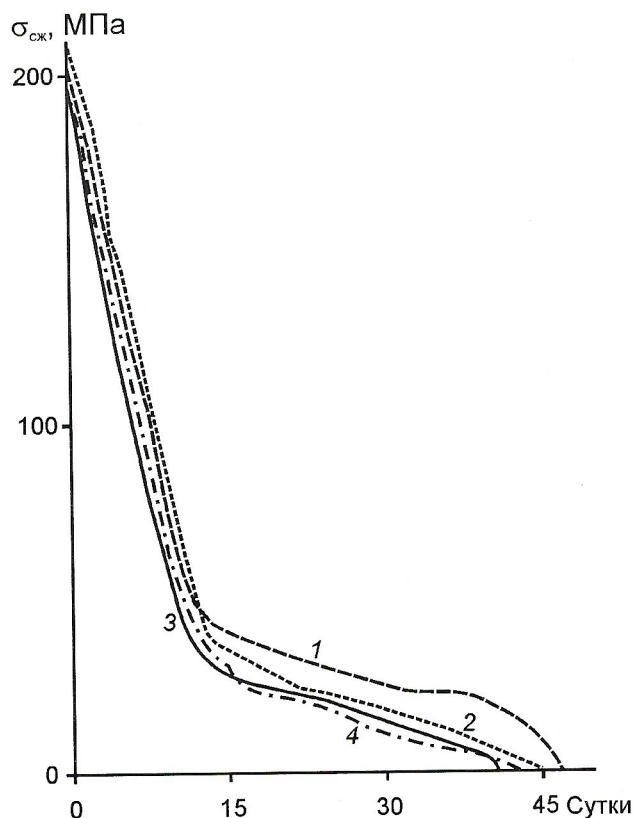
рудных месторождениях, основанная на детальном анализе условий его возникновения и развития, позволяет обосновать критерии геологического подобия и условия соответствия при моделировании указанного процесса. Различный режим взаимодействия пород разных генетических типов с растворами различного состава и кислотности, сравнительный анализ физико-механических свойств пород до и после взаимодействия позволили установить механизм процесса техногенного выветривания. Достоверность результатов изучения свойств пород в процессе техногенного выветривания обеспечивалась использованием комплекса методов (геомеханические, геофизические, растровые электронной микроскопии, рентгенографии, специальные петрографические), позволивших оценить данные об изменениях минерального состава, структуры и трещиноватости (природная и техногенная) пород.

Предварительная нагрузка образцов пород позволила создавать искусственную трещиноватость различной интенсивности. В результате такой методической особенности подготовки образцов пород можно было моделировать техногенную зональность, возникающую вокруг горных выработок после их проходки. Использование взаимодействия растворов с породой непосредственно под нагрузкой дало возможность моделировать перераспределенное напряженно-деформированное состояние пород в техногенных зонах разгрузки и опорного давления.

Анализ изменения физико-механических свойств пород после взаимодействия с различными по составу растворами показал, что кривые снижения прочности во времени имеют вогнутые очертания. Во всех случаях они характеризуются наиболее высокими градиентами снижения прочности в начальный период эксперимента с последующим их уменьшением (см. рисунок). Сопоставление кривых изменения прочности с соответствующими данными химических анализов растворов показало, что в общем случае между снижением показателей прочности пород и выходом в раствор компонентов выщелачивания нет прямой зависимости. Поэтому причина резкого снижения прочности пород в начальный период взаимодействия их с растворами не получила достаточно аргументированного объяснения. Можно предположить, что на прочностные характеристики пород в начальной стадии экспериментов при взаимодействии их с растворами влияет некоторый дополнительный фактор, роль которого в последующем снижается.

Из теории процессов взаимодействия пород и растворов на поверхности раздела твердой и жидкой фаз в частности следует, что водные растворы солей с концентрациями менее 0,1 М, взаимодействуя с пластинками микрокристаллов глинистых минералов, способны увеличивать расстояние между ними (С.С.Ваюцкий, 1975). Речь идет о так называемом расклинивающем давлении, впервые открытым, изученном и измеренном Б.В.Дерягиным и другими в 1935 г.

Экспериментальная проверка подтвердила высказанное предположение. Для этой цели были выбраны растворы щелочных металлов (KCl, NaCl, CsCl, LiCl), молярные концентрации которых составляли соответственно 0,02, 0,02, 0,0165, 0,007, а pH растворов 5,7—6,8. Образцы пород были подвергнуты предварительному нагружению (25% разрушающей нагрузки). Как видно из этих данных, эксперимент был проведен с нейтральными растворами щелочных металлов, где эффект выщелачивания минимален. Контрольные измерения pH до и после взаимодействия растворов с породами указывают на существенные их возрастания, что ис-



Изменение прочности на сжатие во времени трещиноватых порфиров и песчаников с предварительным нагружением при взаимодействии с растворами в динамическом режиме:

доля разрушающей нагрузки (в %): 1 — 25, песчаники, 2 — 25, порфиры, 3 — 50, песчаники, 4 — 50, порфиры

ключает сколько-нибудь значимую роль окислительных процессов в снижении прочности образцов.

Наименьшая прочность оказалась у образцов пород, взаимодействовавших с растворами литиевых солей. В целом по полученным результатам можно констатировать определенное соответствие последовательности снижения прочности пород, выдерживавшихся в солевых растворах различных щелочных металлов, порядку уменьшения атомных масс и соответственно ионных радиусов этих металлов [4].

Известно, что с уменьшением радиусов атомов плотность зарядов на их поверхности возрастает. Соответственно в водных растворах их солей возрастают размеры сольватной оболочки — главного фактора, с которым связан эффект расклинивающего давления в тонких трещинах, в т.ч. разноориентированных техногенных. В связи с приведенными результатами нам представляется, что исследования отражают именно эффект расклинивающего давления, который и теоретически должен быть наибольшим при взаимодействии с растворами солей, характеризующихся минимальным ионным радиусом. В нашем случае это растворы литиевых солей. По О.С.Зайцеву (1990), ионные радиусы Cs, K, Na, Li равны соответственно 0,165; 0,133; 0,098; 0,068, а число молекул воды, образующих сольватный слой, характеризуется относительными числами гидратации, равными соответственно 1; 1,8; 3,3; 5,5.

Высокие градиенты снижения прочности скальных пород на первых этапах взаимодействия с кислыми растворами могут рассматриваться как следствие совместного влияния факторов расклинивающего давления в микротрещи-

нах и выщелачивания породы в результате ее химического взаимодействия с раствором. Перегибы на графиках (см. рисунок), отвечающих этапу перехода к меньшим градиентам снижения прочности, по-видимому, означают уменьшение роли фактора расклинивающего давления. По времени данный этап, судя по результатам экспериментальных данных, наступает через 2—3 недели после начала взаимодействия раствора с породой. Согласно расчетам, это вполне соответствует длительности насыщения микротрещин образцов породы указанного размера компонентами растворов по механизму молекулярной диффузии.

Таким образом, отмеченное явление — эффект ослабления прочности микротрещиноватых скальных пород при взаимодействии с растворами под действием расклинивающего давления — вполне реально и должно учитываться при оценках прочности пород в техногенных зонах.

Дискуссии

УДК 553.2

© Е.С.Кучин, 2004

К вопросу об условиях образования и закономерностях размещения рудных тел

Е.С.КУЧИН (ФГУ «ТФИ по Пермской области»)

В существующей теории рудообразования не рассматривается временная последовательность процессов формирования рудного минерала и рудных тел. Заведомо принимается, что эти процессы происходят одновременно: образуется рудный минерал и тут же формируются рудные тела. Сам процесс возникновения рудного минерала при существующих взглядах на его появление в верхних горизонтах земной коры остается загадкой, потому что никто не может сказать, в каком фазовом состоянии, а также в ионном виде или уже состоявшимся рудные минералы доставляются к месту формирования рудных тел. К тому же предположение о существовании мономинеральных или близких к ним растворов, поступающих из магматического очага, содержащего, по утвердившимся представлениям, разнообразный по минеральному составу расплав, является нереальным. Общепринятая теория рудообразования может быть внешне выглядит красиво, но по сути состоит из одних предположений, в обосновании которых геологи совершенно не преуспели.

В своей работе Е.С.Кучин (1997) изложил иную концепцию процесса рудообразования. Из нее следует, что рудное вещество в виде состоявшихся минералов, имея космическое происхождение, изначально находится во вмещающих породах в рассеянном виде. Магматическое происхождение рудного вещества и возможность формирования интрузивных тел подвергаются сомнению. Генезис всех рудных месторождений определяется как гидротермально-метасоматический или гидротермально-метаморфический. Рудообразование, т.е. концентрация рудного вещества (рудных минералов), начинается только тогда, когда появляется возможность его свободного перемещения для создания скоплений — рудных тел при наличии зон тектонического разуплотнения. Рудное вещество заполняет открытые трещины и (или) цементирует разуплотненные породы. Причины, побуждаю-

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андрейчук В.Н., Дублянский В.Н., Дублянская Г.Н. Влияние деятельности человека на карст (терминология). Секция инженерной геологии и гидрогеологии. — Кунгур: Изд-во УО АН СССР, СГИ, 1990.
2. Кузькин В.И., Ярз Л.А., Кочетков М.В. Техногенное выветривание на рудных месторождениях. Обзор // Геоэкологические исследования и охрана недр. 1993.
3. Кузькин В.И. Изменение прочности пород различного генезиса при взаимодействии с растворами под нагрузкой // Изв. вузов. Геология и разведка. 1996. № 3. С. 77—83.
4. Соболев В.И., Кузькин В.И. Влияние химического состава трещинных вод на прочность скальных пород // Отечественная геология. 1998. № 5. С. 49—51.
5. Пантелеев В.М., Волков Г.А., Кузькин В.И. Биогенез агрессивности шахтных вод сульфидных месторождений и некоторые его геохимические и горнотехнические последствия // Тез. докл. Испания. 1986.
6. Ярз Л.А. Инженерно-геологическое изучение процесса выветривания. — М.: Недра, 1987.

щие именно данный минерал (или минералы) концентрироваться в рудные тела, вряд ли когда-то будут точно определены. Одним из исследователей была высказана интересная мысль о том, что *главная отличительная черта метасоматоза — стремление к мономинеральности*. Этот факт подчеркнут очень правильно, но суть явления, его движущие силы остаются неразгаданными.

Если согласиться с представлением о различных, разорванных во времени процессах образования рудных минералов и рудных тел, то последует вывод, что рудные минералы сформировались значительно раньше рудных тел. И вообще все минералы образовались раньше, чем горные породы, которые они слагают, поэтому *определение абсолютного возраста каких-либо отложений или массивов по минералам в принципе неверно. При этом определяется возраст минералов, а не осадочных и метаморфических образований или рудных тел.*

Как нельзя считать одинаковым возраст рудных минералов и рудных тел, так же нельзя предполагать одинаковые термодинамические условия их образования. Разорванные во времени, эти процессы проходили в разных условиях. *Одни условия были необходимы для формирования минерала, другие — для роста его зерен, т.е. формирования рудных тел.* Можно предположить, что последний процесс проходил при более низких температурах и давлениях. *Механический перенос условий образования минерала, которые обычно определяются, на образование рудных тел некорректен и ошибочен.*

Поскольку в существующей теории рудообразования процессы формирования рудных минералов и рудных тел не разделяются, возникают многие сложности в определении условий формирования месторождений и выработке критериев их прогноза и поиска. Например, установив, что образование минерала алмаза происходит при высо-

ких температуре и давлении, геологи никак не могут допустить, что рост его зерен до промышленных размеров может происходить в менее экстремальных условиях. Именно такое формирование алмазных месторождений всегда стараются увязать с магматизмом, глубокими горизонтами нашей планеты, верхней мантией. Только поэтому месторождения уральских алмазов крайне необходимо было найти магматический носитель, которым и стали в конце концов так называемые туффизиты.

Вроде определившись с алмазоносной магматической породой, геологи не внесли никакой ясности в процесс образования, а также в прогнозирование и поиски алмазных месторождений на Урале, так как не были установлены четкие критерии прогноза. По-прежнему остается неясно, где по прихоти природы могли образоваться месторождения алмазов, поэтому их поиски научно обоснованными назвать никак нельзя, и проводятся они или по методу рудознатцев — «от руды к руде», или методом «тыка», т.е. на авось, с надеждой на случайное везение. Именно такие методы используются в процессе широко развернувшихся в последнее время поисковых работ на алмазы в пределах Пермской области.

Увязывая происхождение рудных месторождений с магматизмом, всегда хочется предположить, что минерализация прослеживается на значительные глубины. Исчезновение промышленной алмазоносности на самых крупных уральских месторождениях уже на глубине 40 м никак не желает подтверждать туффизитовую гипотезу. Горные породы, диагностируемые как туффизиты, в основном состоят из глины, что по аналогии с другими рудными месторождениями позволяет считать их результатом метасоматической переработки разуплотненных вмещающих горных пород и сделать вывод о том, что происхождение алмазных месторождений (появление алмазов промышленной крупности) так же можно считать гидротермально-метасоматическим с использованием рудного вещества (мелких алмазов), находящегося в рассеянном состоянии в горных породах (Е.С.Кучин, 2001). Рудным телом в данном случае служит каждый отдельный кристалл алмаза или сросток кристаллов. Поэтому не может быть никаких сомнений в том, что скопления алмазов, связанные с метасоматитами, — коренные первоисточники уральских алмазных россыпей различного генезиса. Любое иное происхождение алмазов промышленной крупности в условиях складчатой области обосновать трудно (Е.С.Кучин, 1997). Подтверждением метасоматической природы «туффизитов» является то, что их стали «обнаруживать» повсеместно в связи с самой разнообразной рудной минерализацией. Глинистые породы в «туффизитовом понимании» могут служить поисковым признаком алмазной минерализации, но не должны браться в качестве критерия прогноза этой минерализации на глубину.

Алмазные месторождения, как и другие рудные образования, формировались в приповерхностных условиях, что обусловлено особенностями возникновения зон тектонического разуплотнения (Е.С.Кучин, 2001), которые определили размещение промышленной алмазной минерализации. Глубина распространения алмазной минерализации, как и любой другой, зависит от глубины развития зон тектонически разуплотненных и метасоматически измененных пород. Исходя из этого и должны проводиться прогнозирование и поиски новых алмазных месторождений, а также более глубокое изучение уже известных объектов.

Если не обращать внимание на механизм формирования кимберлитовых и лампроитовых диатрем, то критерии образования связанных с ними алмазных месторождений будут аналогичными описанным. Они заключаются в наличии во вмещающих породах (кимберлиты и лампроиты) рассеянного алмазного вещества (мелкие алмазы) и существовании зон тектонического разуплотнения, процессы метасоматоза в пределах которых и привели к формированию месторождений алмазов. Тот факт, что промышленно алмазоносными являются всего лишь 2,5—3,0% известных диатрем, объясняется не повсеместным развитием зон тектонического разуплотнения. Велика вероятность того, что неалмазоносность большого числа диатрем обусловлена просто отсутствием мелких алмазов (рудного вещества) в породах, слагающих диатремы.

В практику геологоразведочных работ на алмазы давно вошел метод поиска по минералам-спутникам. Большое внимание обращается на выявление такого минерала, как пироп. Однако геологи часто упрощают связь основного рудного минерала с его минералами-спутниками. Любое обнаружение в рыхлых отложениях названного граната объявляется чуть ли не как открытие собственно алмазного месторождения. Здесь следует учитывать то, что в процессе метасоматических преобразований увеличиваются размеры зерен и других минералов вместе с рудообразующими присутствующими в горных породах. Только наличие более крупных зерен таких минералов по сравнению с характерными их размерами для данных пород может быть использовано в качестве поискового признака для обнаружения рудных тел.

Формирование зон тектонического разуплотнения, благоприятных для рудообразования, происходит не везде, о чем свидетельствует довольно редкая встречаемость рудных месторождений. Они образуются только в тех местах, где залегание горных пород усложнилось предыдущими тектоническими подвижками. Как указывалось в работе Е.С.Кучина (2001), такими местами чаще всего являются флексуры. В складчатых зонах, где горные породы интенсивно дислоцированы и метаморфизованы, выявить флексурные изгибы очень сложно. Как ни странно, но связь рудных месторождений с флексурами нагляднее всего выражена на платформах. Если учесть, что автор (2001) обосновал тектоническое происхождение рельефа, а процессам эрозии, денудации и выветривания отвел весьма незначительную роль, то борта речных долин и логов — крутые участки флексурных изгибов, наиболее подверженные воздействию последующих тектонических подвижек. Факт приуроченности месторождений и проявлений самых различных полезных ископаемых в пределах платформенной части Пермской области (селенит, белый подолочный гипс, волконскоит, стронциевые руды, медь, марганец) к бортам речных долин и логов наглядно подтверждает такие представления. Однако далеко не все борта долин и логов усеяны проявлениями и месторождениями полезных ископаемых. Для формирования зон разуплотненных пород требуется, чтобы литологический разрез был представлен переслаиванием горных пород с контрастными физико-механическими свойствами — хрупкие и относительно пластичные. Зоны разуплотнения развиваются в хрупких породах, к которым относятся известняки, песчаники, конгломераты. Наблюдаемая преимущественная пространственная связь уральских алмазопоявлений с конгломератами и песчаниками такатинской свиты среднего девона при наличии мелких алмазов в породах других стра-

тиграфических подразделений обусловлена более высокой способностью первых к хрупким деформациям.

Таким образом, к основным критериям, которые должны определять методику прогнозных исследований и поисковых работ и которые можно визуально зафиксировать на местности и в процессе опробования, относятся: 1) наличие искомого рудного вещества в горных породах, слагающих данную территорию; 2) изрезанность рельефа речными долинами и логами; 3) нахождение в литологическом разрезе пород с контрастными физико-механическими свойствами. Наличие рассеянного рудного вещества в горных породах, чаще всего обнаруживающееся в первую очередь при опробовании коренных или рыхлых образований, — всего лишь предпосылка того, что на данной территории существует вероятность обнаружения скоплений этого рудного вещества в виде рудных тел. В положительном прогнозе при наличии рассеянного рудного вещества определяющими являются благоприятные условия формирования зон тектонического разуплотнения, к которым относятся два других критерия. Вероятные размеры предполагаемых рудоносных структур определяются размерами флексурных изгибов и мощностью пластов или прослоев горных пород, способных к хрупким деформациям, а размеры прогнозируемых рудных тел зависят от размеров структур и содержания рудного вещества во вмещающих породах.

Наличие рассеянного рудного вещества в горных породах интересующей нас территории хотя и не является определяющим при прогнозе рудных месторождений, но его отсутствие однозначно указывает на то, что искоемых рудных тел просто не может быть. Некоторые геологи стремятся только на основании отдешифрированных по аэрофото- и космоснимкам разрывных структур без установления присутствия мелких алмазов в горных поро-

дах, слагающих территорию, смело прогнозировать алмазоносные тела, что сразу ставит под сомнение обоснованность таких прогнозов, и не только по причине возможного отсутствия рудного вещества. Еще в 60-х годах прошлого столетия в период поголовного увлечения дешифрированием аэрофотоснимков, проведением опытно-методических работ по геологическому картированию масштаба 1:50 000 отдельных площадей хрусталеносной провинции Приполярного Урала с использованием аэрометодов высококвалифицированными сотрудниками аэрогеологического треста было установлено, что даже крупные хрусталеносные структуры длиной до 1,5 км при всем богатстве отдешифрированной разрывной тектоники не могут быть выявлены этими методами. Строение рудоносных структур таково, что на аэрофотоснимках они не отражаются (Е.С.Кучин, 2001).

С этих же позиций следует критически рассмотреть исследования, проводимые в районе верхнего течения р.Кама, который считается перспективным на обнаружение месторождений золота. Распространение тонкого золота в юрских отложениях не является достаточным основанием прогнозирования на данной территории золоторудных месторождений. Для большей убедительности прогноза нужно удостовериться в наличии в литологическом разрезе юрских золотосодержащих отложений горных пород с контрастными физико-механическими свойствами, обнажавшихся в бортах речных долин и логов. Попытки как-то оконтурить в пределах огромной площади распространения тонкого золота участки его повышенной концентрации без понимания того, чем эта концентрация может быть обусловлена и возможна ли она вообще, к успеху не приведут. Работы, проводимые с надеждой на случайную удачу, только дискредитируют геологическую науку.

УДК 551.551.2:556.332.6

© А.И.Сережников, 2004

О флюидосфере Земли и науке флюидосферной геонимии

А.И.СЕРЕЖНИКОВ

Статья Г.С.Вартаняна [2] посвящена поведению воды на разных глубинах Земли, а также участию воды в эволюции планеты. Автор статьи считает, что развивает принципиально новое направление исследований, которое со временем должно оформиться в самостоятельную синтетическую дисциплину — флюидосферную геонимию. Первой же реакцией на его идеи «могло бы стать создание комплексной программы исследований флюидосферы Земли, в реализации которой принимали участие международные коллективы». В журнале статья помещена в разделе «Идеи и проекты века» и ее обсуждение должно заинтересовать как отечественных читателей, так и зарубежных.

Основа рассматриваемой работы [2] — представление о «флюидосфере» Земли и ее зональности. Выделяются три этажа, функционирующие на протяжении 4 млрд. лет. На самой большой глубине находится плутоносфера, охватывающая «верхнюю мантию и, возможно, самую нижнюю кромку литосферы» (на особенностях употребления тектонофизических категорий мы остановимся дальше). Здесь сосредотачивается большая часть не только магм основно-

го и ультраосновного составов, но и летучих — H_2O , CO_2 , H , He и др. Выше развит следующий этаж — метаморфосфера. Он охватывает большую часть разреза литосферы. Здесь протекает прогрессивный региональный метаморфизм, «который уже с ранних ступеней сопровождается отделением весьма значительных масс таких летучих компонентов как H_2O и CO_2 ». В наиболее высокотемпературных зонах «640—720°C генерируются кислые расплавы, а сам процесс отвечает предельной форме эволюции вещества на стадии прогрессивного регионального метаморфизма». В той же метаморфосфере «на фоне развития зон жидких расплавов в верхней мантии и низах литосферы формируется зона, практически полностью лишенная жидкой фазы...». В ней «господствующая форма флюида, заполняющего все свободное пространство толщи, представлена высоконапорным газом ... Однако ведущее место по объемам здесь занимают пары воды». Эта лишенная жидкой водной фазы зона развита вверх по разрезу вплоть до изотермы 374°C — критической точки (T_K) воды. Здесь «глубинный флюид, содержащий большие количества па-

ров H_2O , попадает в условия, когда начинаются конденсационные процессы и в геологических образованиях впервые появляется жидкая вода». Начинает действовать механизм термобарогидрозатвора (подробнее о нем дальше). В целом функционирование флюидосферы обеспечивает эндодренажные системы — многоярусные экраны, а также флюидоотводящие каналы — тектонические разрывы, выступающие в роли регуляторов-клапанов. С уровня изотермы $374^\circ C$, над термобарогидрозатвором, начинается самая верхняя флюидофизическая зона — гидросфера.

На основе общей теории флюидосферы (с этажами, термобарогидрозатвором и др.) предлагается решение крупных проблем, и прежде всего образования Тихого, Атлантического и Индийского океанов за счет функционирования очагов глубинного разогрева с дифференциацией вещества и геологически длительного существования крутых флюидоотводящих каналов: возникает дефект геологического пространства и поэтому растут океанические впадины. Решается также проблема гранитного слоя земной коры, объясняются причины регрессивного метаморфизма пород, обосновывается прогноз сильных землетрясений.

Изучение больших глубин Земли связано со значительными сложностями. В.В.Белоусов [1] отмечал, что собственно геологическими методами, в т.ч. с помощью глубоких скважин можно изучить лишь самую верхнюю часть земной коры, а также комплексы пород, преимущественно метаморфизованных, которые в прошлом в течение какого-то времени находились на глубинах приблизительно до 20 км. Далее за пределами, доступными для непосредственного наблюдения, глубинные зоны Земли изучаются преимущественно геофизическими методами. Несмотря на сложность всей проблемы и обилие в этой области чисто умозрительных заключений, к настоящему времени все же сложились достаточно строгие представления о глубинном строении Земли, которые следует учитывать при любых, в т.ч. и гидрогеологических построениях.

Обсуждаемая статья [2] в этом плане выглядит обособленно. Располагая по разрезу Земли флюидофизические зоны, Г.С.Вартанян некоторые тектонофизические категории истолковывает неверно. Так, по его мнению, под литосферой находится верхняя мантия, тогда как должна быть астеносфера. Кора и мантия — понятия вещественно-геологические, тогда как литосфера и астеносфера — реологические, причем к литосфере пространственно относится и верхняя относительно жесткая часть мантии [15]. Собственно, поэтому и возможно движение литосферных плит.

В современной геологии — как в науке, так и на производстве — широко используется такая категория, как земная кора, причем для всех регионов имеются данные о ее мощности и физических свойствах. В рассматриваемой статье [2] о земной коре только упоминается. Можно также прийти к выводу об утонении коры, когда автор отмечает, что «современный вулканизм контролируется зонами с наиболее высоким стоянием границ верхней мантии». Кстати, в содержательном плане подобное утверждение не бесспорно. Например, территория Камчатки, включая активные вулканические зоны, характеризуется корой континентального типа достаточно большой мощности [9].

В результате свободного отношения к тектонофизическим категориям флюидосферные зоны в статье Г.С.Вартаняна [2] расположены по разрезу Земли в значительной степени произвольно.

Начнем с самой нижней флюидосферной зоны — плутоносферы, которую Г.С.Вартанян располагает в мантии и, возможно, частично в коре («нижней кромке литосферы»), в то время как по представлениям петрологов, процессы магматизма более сложны и не ограничиваются какой-либо сферой, а охватывают и мантию, и значительную часть коры. Так, наиболее распространенные породы континентальных окраин — андезиты — связаны и с мантией, и с ассимиляцией корового материала [8]. Поэтому выделение какой-либо зоны (сферы) магмообразования, к тому же действующей в течение 4 млрд. лет, не оправдано.

Метаморфосфера имеет еще более неопределенную тектонофизическую привязку, чем предыдущая. На рисунке в работе [2, с. 18] она совпадает с базальтовым слоем (коры), а в тексте говорится о том, что метаморфосфера охватывает большую часть литосферы. Верхняя ее граница проводится по изотерме $374^\circ C$ — T_k воды. В данной сфере «господствуют термогеохимические реакции разложения и синтеза вещества», а протекающий там же прогрессивный региональный метаморфизм «обусловлен широким течением разнообразных геохимических реакций между комплексами горных пород и поступающими с глубин высокотермальными флюидами».

Существование метаморфосферы, по [2], доказывают «гигантские провинции проявлений глубинного углекислого газа» — «скопление высоконасыщенных углекислых вод» (Забайкалье, Приамурье и др.). Речь в данном случае идет о рассредоточенных на площадях обширных регионов источниках углекислых (отлагающих травертины) вод, чаще всего малодебитных. Если искать геологическую природу таких источников, например, в Байкальском регионе, то можно заметить, что здесь преобладают (а на глубине, по-видимому, развиты повсеместно) породы архея и протерозоя, метаморфизованные (0,5—1,0 млрд. лет назад, а возможно, и более ранние) в условиях гранулитовой, амфиболитовой и реже — зеленосланцевой фации. Какой же еще региональный прогрессивный метаморфизм необходим для этих пород? Вероятно, протекание современных процессов регионального метаморфизма можно ожидать на глубинах наиболее молодых вулканических областей, особенно в островных дугах (хотя никакими строгими данными это не доказано). Однако углекислые воды (отлагающие травертины) для подобных регионов в целом мало характерны. На Камчатке, например, они развиты преимущественно на площади ее срединного массива (Срединный и Ганальский хребты [3, 11]), который сложен метаморфическими породами гранулитовой—зеленосланцевой фаций метаморфизма. На Курильских островах, где все породы молодые и выходов метаморфических толщ нет, типичные углекислые воды никем не описаны. Таким образом, можно говорить о каких-то локальных и возможно глубинных потоках углекислого газа в горных складчатых областях, главным образом на площадях их кристаллических массивов. Связывать эти потоки с современным прогрессивным региональным метаморфизмом нет никаких оснований.

Вне зависимости от рассмотрения работы [2], можно предположить, что в современный этап эволюции Земли процессы прогрессивного регионального метаморфизма на глубинах земной коры, по крайней мере, континентальной, вообще не протекают, а угасли в достаточно древние эпохи (возможно, до фанерозоя). По разрезу континентальной земной коры породы верхнего осадочного слоя в

целом незначительной мощности, а основной объем представлен «консолированными» породами — метаморфическими и интрузивными. Их подразделяют на гранитоидный слой (с метаморфизмом вплоть до амфиболитовой фации) — сверху и гранулит-базальтовый (с гранулитом и эклогитами) — внизу [1]. Граница между осадочным и «консолированным» слоем, по-видимому, достаточно резкая. Об этом свидетельствуют не только геофизические данные, но и тот факт, что литологам не удается установить постепенный переход между литогенетическими преобразованиями толщ осадочных пород и их региональным метаморфизмом [18]. Известно, что ни одна скважина не вскрыла зоны перехода осадочных пород в метаморфические, не считая разрезов, где осадочные толщи залегают на размытой поверхности метаморфических образований [18].

Выделение самой верхней зоны — гидросферы — не противоречит имеющимся работам [7, 10 и др.]. Ранее ее нижнюю границу аналогично определял А.М.Овчинников. Он считал, что подземная гидросфера охватывает значительную часть литосферы и прослеживается предположительно до глубины критической температуры воды, изменяющейся в результате различия минерализации в интервале 374—450°C [7]. Другие ведущие гидрогеологи, определяя границы литосферы, не придают значение данной изотерме воды, но учитывают плотность и проницаемость пород и распространенность в них воды.

В статье Г.С.Вартаняна [2] T_k воды придается очень большое значение, ее величина здесь всегда однозначна — округленная до градуса T_k чистой воды (374,15°C). Отмечается, что глубже изотермы 374°C господствует глубинный флюид, в котором больше всего паров воды. Зона пара, развитая ниже T_k воды, играет роль «термобарогидрозатвора: восходящие парогазовые смеси «несут» на себе весомую вышележащую толщу с жидкой водой и другими флюидами». Термобарогидрозатвор, таким образом, отвечает границе с температурой 374°C, на которой «процессы парообразования препятствуют нисходящему движению гравитационных вод». Данная граница «представляет собой один из важнейших геофизических и геохимических рубежей, существенным образом определяющих эволюцию всех вышележащих толщ». Подчеркивается, что «прямые геохимические исследования интервала глубин ниже границы раздела парообразной и жидкой воды могли бы существенно способствовать пониманию генезиса таких природных образований, как углеводороды» и др.

Термобарогидрозатвор Г.С.Вартаняна противоречит данным о термодинамических свойствах воды в области высоких температур и давлений. Никакого пара глубже границы T_k воды ожидать не следует. Известно, что T_k — конечная точка линии двухфазного равновесия [13]. Выше T_k и P_k (критическое давление) жидкость и ее насыщенный пар становятся тождественными по всем свойствам [16]. Вещество выше T_k находится в однородном флюидном состоянии [14]. Воду в таком состоянии чаще всего называют надкритическим флюидом [19]. Образование же зон пара, т.е. разделение воды на жидкость и пар, в природных условиях осуществляется на небольших глубинах и хорошо изучено на разбуренных месторождениях современных парогидротерм [12 и др.].

При давлениях, преобладающих на глубинах Земли, которые могут отвечать изотерме воды $T_k=374,15^\circ\text{C}$ и более, в результате повышения минерализации, а это 15 км и бо-

лее, т.е. выше 400—500 МПа (4—5 кбар), плотность водного надкритического флюида будет примерно такой же, как у жидкости. Важно также подчеркнуть, что плотность (удельный объем) флюида изменяется постепенно, причем интервалы с переходом к T_k и с полностью надкритическим флюидом ничем друг от друга не отличаются (см. таблицу), т.е. резкой границы по T_k нет.

Удельный объем воды ($\text{см}^3/\text{г}$) при высоких температуре и давлении [19]

Температура, °C	Давление, кбар*				
	1	3	5	7	10
300	1,213	1,078	1,007	0,961	0,911
400	1,446	1,176	1,074	1,013	0,951
500	1,894	1,300	1,152	1,072	0,992

*1 кбар=100 МПа

Термобарогидрозатвор Г.С.Вартаняна в значительной степени заменяет дренажную оболочку С.М.Григорьева, описанию которой посвящена целая книга [4] (автор рассматриваемой статьи на нее не ссылается). По представлениям С.М.Григорьева, в земной коре глубже изотермы 374°C, вплоть до изотермы 425—450°C (T_k минерализованных водных растворов), существует раздел — парогазовая оболочка. В ее границах происходит восходящее движение пара (газов). Выше изотермы 374°C пар конденсируется, а затем в виде воды опять проникает на большие глубины. Это и есть дренажная оболочка земной коры. Верхняя граница оболочки совпадает с разделом Конрада и формирует его — разделяет гранитный и базальтовый слои земной коры, нижняя — с границей Мохоровичича, где из пара и газов выпадают тяжелые элементы, вследствие чего породы уплотняются. Приложения теории дренажной оболочки грандиозны. На ее основе предлагается решение таких проблем, как горообразование и происхождение океанических впадин, природа землетрясений и др. [4]. Намечается даже практическое использование энергетического потенциала и минеральных ресурсов оболочки [5].

Критика термодинамической основы дренажной оболочки дана в работе Н.Л.Кафенгауза [6]. В ней отмечалось, что «...фазовые превращения пар—жидкость, испарение и конденсация, сопровождающиеся резким изменением физических свойств, могут происходить лишь при давлениях ниже критического (для воды — ниже 22,5 МПа). При давлениях выше критического все свойства вещества изменяются плавно». Последнее относится к давлениям на глубинах дренажной оболочки. Гипотеза С.М.Григорьева критиковалась и с позиций гидрогеологии [10 и др.].

Если не оперировать очень большими глубинами (до P_k воды), но иметь высокие температурные градиенты, то дренажная оболочка С.М.Григорьева выглядит правдоподобнее термобарогидрозатвора Г.С.Вартаняна. Действительно, если по одной разломной зоне на глубину проникает минерализованная вода, то по другой — в более высокотемпературной области при определенных геологических условиях она может подниматься вверх в виде пара или во-

обще относительно легкого флюида. Термобарогидрозатвор же в этих условиях образоваться не может, т.к. пар или флюид не станут «нести» более тяжелую и к тому же минерализованную воду и при отсутствии какого-либо твердого экрана продвинуется к поверхности.

Для более глубинных условий можно предположить, что если какой-нибудь блок земной коры вместе с заключенными в нем подземными и поровыми водами погрузится до изотермы T_k воды, то воды этого блока станут надкритическим флюидом (участие какой-либо глубинной составляющей при этом не обязательно). Флюид, как и залегающие выше подземные — поровые воды, геологически длительное время будет приходить в равновесие с вмещающей твердой фазой и без изменения тектонической обстановки никуда не переместится.

В статье Г.С.Варганяна [2] флюидосфера участвует в эволюции Земли, но в то же время все ее зоны (сферы) консервативны и существуют 4 млрд. лет. Строение Земли за этот огромный отрезок времени изменилось. Первые 1,5—2 млрд. лет были периодом «магматического океана», из которого выплавлялись «серые гнейсы» и основные гранулиты [17]. И лишь намного позже, в начале фанерозоя (~0,57 млрд. лет назад), кора консолидировалась и образовались геодинамические обстановки современного типа [17].

Обсуждаемая работа [2] изобилует новыми терминами и наукообразными выражениями. Отметим лишь некоторые: флюидосфера (с ее флюидофизическими зонами), флюидосферная геонмия, эндодренажные системы, дренажные артерии, инъекционные механизмы, перегретый флюид, кванты флюида, термобарогидрозатвор, тяжелые и легкие жидкости, Курильская геосинклинальная котловина. Упоминаются энерго-массоперенос, открытые термодинамические системы, синергетика, косная материя (по В.И.Вернадскому) и др.

Пробираясь через наукообразные выражения, построения и расчеты, все же можно разобраться, что главная идея — теория статьи — представление о флюидосфере Земли с ее тремя зонами, развитыми повсеместно и на континентах, и в океанах. Две нижние зоны — плутоно- и метаморфосфера — надуманны. Верхняя зона — гидросфера — выделена уже более полувека назад Ф.П.Саваренским и с тех пор осмысливается и подробно изучается. При этом особенно интересно определить возраст и глубины развития гидросферы (воды на Земле). Автор настоящей дискуссии с тревогой от-

носится к намечаемому в работе [2] прогнозу землетрясений при подобной ее теоретической основе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белоусов В.В. Основы геотектоники. — М.: Недра, 1989.
2. Варганян Г.С. Флюидосфера и эндодренажные системы Земли как ведущие факторы геологической эволюции // Отечественная геология. 2000. № 6. С. 14—22.
3. Геология СССР. Т. XXXI. Камчатка, Курильские и Командорские острова. Часть I. Геологическое описание. — М.: Недра, 1964.
4. Григорьев С.М. Роль воды в образовании земной горы. — М.: Недра, 1971.
5. Григорьев С.М. Дренажная оболочка земной коры и ее энергетические и минеральные ресурсы / Фундаментальная и прикладная гидрогеотермия. — Алма-Ата: Наука Казахской ССР, 1990. С. 144—151.
7. Климентов П.П. Общая гидрогеология. — М.: Высшая школа, 1980.
8. Магматические горные породы. Эволюция магматизма в истории Земли. — М.: Наука, 1987.
9. Мишин В.В. Глубинное строение и типы земной коры юга Камчатки // Тихоокеанская геология. Т. 15. 1996. № 1. С. 110—119.
10. Основы гидрогеологии. Общая гидрогеология. — Новосибирск: Наука, 1980.
11. Сережников А.И. Геология и процессы формирования гидротерм Камчатки // Бюлл. МОИП. Т. 61. 1986. № 3. С. 108—120.
12. Сережников А.И., Селецкий Ю.Б., Миначева Л.И., Пятницкий Н.В. Геохимическая характеристика подземных вод и пара Мутновского геотермального месторождения на юге Камчатки // Геология рудных месторождений. Т. 28. 1986. № 2. С. 110—114.
13. Физическая энциклопедия. Т. 2. — М.: Советская энциклопедия, 1990. С. 523.
14. Фишер М. Природа критического состояния. — М., 1968.
15. Хаин В.Е., Ломизе М.Г. Геотектоника с основами геодинамики. — М.: Изд-во МГУ, 1995.
16. Химическая энциклопедия. Т. 2. — М.: Советская энциклопедия, 1990. С. 541—543.
17. Шкодзинский В.С., Зедгенизов А.Н. Специфика ранней эволюции Земли и докембрийских геодинамических обстановок // Отечественная геология. 2000. № 5. С. 60—62.
18. Янаскрут О.В. Предметаморфические изменения осадочных пород в стратифере. Процессы и факторы. — М.: ГЕОС, 1999.
19. Franks F(ed). Water: A Comprehensive Treatise. Vol. 1. Plenum Press. — N-Y—London, 1972.
6. Кафенгауз Н.Л. О гипотезе С.М.Григорьева относительно дренажной оболочки земной коры // Физика Земли. 1972. № 2. С. 100—101.

Не противоречить требованиям логики познания (по поводу статьи Н.И.Литовченко «К проблеме происхождения железистых кварцитов»)

И.А.БЕРГМАН (ВИМС)

В «Отечественной геологии» 2001 № 6 опубликована критическая статья Н.И.Литовченко [5], инициированная статьей И.А.Бергмана [3].

В этой статье Н.И.Литовченко приветствует открытие дискуссии по проблеме генезиса докембрийских железисто-кремнистых формаций и на основе критического анализа «известных литературных материалов о докембрийских железистых формациях с учетом личного опыта поисково-разведочных работ ... и проведения глубинного геологического картирования докембрия в регионе Курской магнитной аномалии приходит к выводу об образовании железисто-кремнистых формаций в результате сложных многостадийных эндогенных рудообразующих процессов в межблоковых зонах смятия кристаллического фундамента». Изложение материалов статьи сопровождается критикой ряда положений осадочной гипотезы и выводом о том, что «докембрийские железистые формации не могут быть природным эталонным объектом для корректного обсуждения обозначенных в статье И.А.Бергмана проблем прогрессивного метаморфизма осадочных пород» [5, с. 75].

С самого начала следует заметить, что критике подвергаются те положения осадочной гипотезы, которые И.А.Бергман никак не использует для обоснования осадочного происхождения докембрийских железисто-кремнистых формаций и, следовательно, к ним не имеют никакого отношения. Естественно возникает вопрос, почему чужие просчеты становятся поводом для отрицания осадочной гипотезы, представленной И.А.Бергманом. Однако дело здесь не только в этом, но и в том, что обоснование эндогенного происхождения таких формаций в изложении Н.И.Литовченко имеет те же недостатки, что и обоснование других гипотез, включая различные варианты осадочного формирования формаций данного типа.

Проблеме генезиса подобных формаций посвящены десятки монографий, сотни статей, и на основании проведенных исследований предложены десятки гипотез их образования. Как разобраться в этом хаосе знаний и незнаний, отделить объективное от субъективного, наконец, что нужно сделать, чтобы придать исследованиям более рациональный, целенаправленный характер? Очевидно, нужна основа, на которой базировались бы исследования по проблеме. В последнее время все больше специалистов в области естественных наук, к которым относится и геология, приходят к выводу о том, что такой основой научного знания вообще и по данной проблеме в частности служит методология. Более того, практика изучения докембрийских железисто-кремнистых формаций показывает, что вне методологии решение проблемы их генезиса вообще невозможно. Что же в таком случае представляет собой методология? Почему она нужна при проведении научно-исследовательских работ по проблеме генезиса аналогичных формаций? Наконец, почему методология служит основой, фундаментом научного знания по обсуждаемой проблеме?

В настоящей статье под методологией понимается наука об интерпретации результатов наблюдений исследователя, представляющая собой не что иное, как приложение диалектической логики к ведению научных исследований. Чем вызвана необходимость соединения философии с геологией, да еще в определенной субординации? Дело в том, что геологи, интерпретируя результаты своих исследований, не имеют права не считаться с общими законами природы, познанием которых занимается именно философия. Один из них — закон непрерывного движения, развития, изменения природы. И, поскольку вся научная работа зиждется, в частности, на системе эталонов, в т.ч. природных, одно из следствий названного закона — требование проведения исследований на основе эталонов, соответствующих каждой геологической эпохе. Поэтому для реконструкции природы подобных формаций нельзя использовать современные геологические эталоны.

Основополагающая роль методологии в исследованиях по проблеме генезиса указанных формаций (и не только) выражается также в том, что именно эта наука: 1) устанавливает неравноценность признаков явлений природы; 2) классифицирует признаки явлений природы и формы их связей на внешние (несущественные) и внутренние (существенные); 3) устанавливает субординацию признаков (в единстве внешних и внутренних признаков и форм связей явлений природы определяющее значение имеют внутренние); 4) определяет относительный характер признаков (зависимость их достоинства от конкретной системы) и т.д. Важно подчеркнуть, что в отсутствие эталонных докембрийских формаций такого типа внешние признаки (несущественные) и формы связей (пространственные) в любом количестве и любом соотношении не обладают необходимой доказательностью генезиса железисто-кремнистых формаций архея и протерозоя. Так, В.Н.Гусельников (1972) для обоснования джеспилитовых лав в докембрии приводит 12 только геологических признаков и форм связей железистых кварцитов Михайловского месторождения Курской магнитной аномалии. Все они внешние (шлировидная и потокообразная формы и соответствующие размеры тел; почти одинаковая грубая и тонкая полосчатость железистых кварцитов и типичных эффузивов; локализация джеспилитов и железистых роговиков в виде стратифицированных тел среди габброидов; и т.п.). Поскольку эталонных джеспилитовых лав для докембрия не существует, гипотеза этого автора не выходит за рамки предположения. Исследователи никак не хотят или не могут осознать ту простую, но, возможно, не вполне очевидную истину, что в сфере внешних признаков и форм связей докембрийских железисто-кремнистых формаций нельзя преодолеть те разногласия, которые в итоге воплощены в десятках гипотез их образования. Многообразие внешних признаков и форм связей таких формаций, неоднозначность их восприятия исследователями, изменчивость признаков и форм связей этого типа, исчезновение одних и появление других на протяжении длительной геологической

истории — вот неполный перечень причин, который заставляет отказаться от их использования в решении проблемы генезиса древних железных руд.

Наконец, именно методология определяет условия объективности гипотез образования данных формаций путем проверки выдвигаемых положений на практике, т.е. независимыми методами исследований (каждый из которых отвечает требованиям логики познания). Необходимость такой проверки обусловлена объективными и субъективными причинами. Одна из них, часто упускаемая геологами, — ограниченные возможности методов познания вообще. Например, эффективность петрографических методов особенно кратковременна. В принципе, даже одна перекристаллизация протовещества метаморфизованных пород должна вести к утрате этими методами возможности реконструировать первичную природу слагающих их пород, а если принять во внимание, что в процессе метаморфизма исчезают одни минеральные фазы и появляются другие и т.п., станет ясно, что неконтролируемое использование результатов петрографических исследований для обоснования их генезиса должно быть полностью исключено из практики геологических работ. Кроме того, геологи часто не осознают, что исследования, проведенные одним методом, пусть даже «очень хорошим», не решают и не могут решить проблему в целом хотя бы потому, что в этом случае полученные результаты не могут быть проверены на практике. «Для генетического расчленения их (т.е. железистых кварцитов, *И.Б.*), — утверждает Ю.Д.Панков (1984), — есть только один способ — выяснение характера контактных взаимоотношений железистых кварцитов с вмещающими породами. Если последние замещаются кварцитами, кварцитами метасоматическими, если нет — седиментогенными». А как быть в этом случае с практикой? Ведь если нет второго способа (при соблюдении прочих требований), проверить правильность выводов, основанных на одном способе, нельзя. Следовательно, такие представления не могут быть объективными на современном уровне знаний.

Все сказанное и есть та основа, руководствуясь которой мы рассмотрим наиболее важные положения эндогенной гипотезы происхождения докембрийских железисто-кремнистых формаций в изложении Н.И.Литовченко.

Приветствуя открытие дискуссии по проблеме генезиса таких формаций, уместно заметить: истина рождается в процессе дискуссии, но не всякая дискуссия рождает истину. Чтобы дискуссия по обозначенной проблеме принесла пользу науке и способствовала хотя бы какому-то продвижению вперед, следует сначала сформулировать цель и задачи дискуссии и определить принципы и методы исследований.

Цель дискуссии очевидна — обеспечить прогресс в расшифровке природы и условий образования докембрийских железисто-кремнистых формаций. С этим, по-видимому, согласны все. Расхождения начинаются с определения задач, принципов и методов достижения указанной цели. Так, судя по цитируемому заключению редколлегии журнала «Известия АН СССР. Серия геология», по итогам дискуссии 1969—1973 гг., Н.И.Литовченко главную задачу в исследованиях по проблеме видит в углубленном изучении месторождений железистых кварцитов. При этом, с одной стороны, руководствоваться в такой работе, с его точки зрения, следует принципом актуализма, а решать по-

добную задачу геологическими и петрографическими методами, включая глубинное геологическое картирование. С другой, с точки зрения И.А.Бергмана, задачи определяются преодолением тех трудностей, которые стоят на пути расшифровки природы древнейших железисто-кремнистых формаций: 1) отсутствие соответствующих природных эталонов, т.е. аналогичных формаций известного состава, происхождения и эпигенетического изменения; 2) эволюция геологических образований в истории Земли, блокирующая применение современных эталонов и антиисторических принципов и методов исследований, включая принцип актуализма; 3) эпигенетические изменения (диагенез? метаморфизм? метасоматоз? выветривание? деструктивная тектоника?); 4) отсутствие сформулированных принципов и разработанных корректных методов реконструкции подобных формаций, в т.ч. обеспечивающих проверку исследований практикой.

Задачи исследований и дискуссии сводятся в т.ч. к выявлению и обсуждению в формациях данного типа таких признаков, которые можно было бы применять в отсутствие эталонов, на которые не влияла бы эволюция геологических образований в истории Земли и которые были бы устойчивы к перечисленным эпигенетическим изменениям. Имея это в виду, в целях реконструкции вещественной природы и механизма полосчатого строения докембрийских железисто-кремнистых формаций И.А.Бергман выдвинул следующие основополагающие идеи: признаки, используемые в указанных целях, не должны зависеть от геологического времени (в этом случае устраняется фактор эволюции геологических образований в истории Земли) и по своему достоинству должны одновременно относиться к категории внутренних (существенных), определяющих предмет тем, чем он и является. Кроме того, такие признаки должны быть достаточно устойчивыми к эпигенетическим изменениям и деструктивной тектонике. В этом случае отпадает необходимость в еще не утвердившихся эталонных докембрийских железисто-кремнистых формациях.

Признаки, удовлетворяющие перечисленным требованиям, выявлены, в частности в сфере элементной геохимии осадочных железных руд. Естественно, возникает вопрос: может быть такие формации не осадочные, а, например, эндогенные образования, как считает Н.И.Литовченко, и тогда эти признаки к ним не применимы? Разработанная И.А.Бергманом реконструкция природы и механизма полосчатого строения подобных формаций имеет трехступенчатый характер [1, 2]. Она основана на параллельно-последовательном контроле результатов исследований и на второй ступени включает реконструкцию фациального профиля пород этих формаций. Именно установленный тип фациального профиля свидетельствует о принадлежности слагающих его пород бассейновым осадкам второй, более глубоководной части обобщенного фациального профиля, по Н.М.Страхову (1962), и, следовательно, об осадочной природе докембрийских железисто-кремнистых формаций. В качестве таких главных признаков — элементарно-геохимических критериев — предложены величины сорбционной емкости (в супергруппу элементов-сорбатов входят V, As, P, B, TR, Y, Sc, Mo, U, Th, Cr, Co, Ni, Sb, Bi и др.), литий-магниевого отношения и закономерности распределения этих признаков в зависимости от мощности слоесоборования. Специфика данных при-

знаков-критериев обусловлена задачей альтернативного выбора между двумя наиболее вероятными формами отложения железа — гидроксидами (и гидросиликатами) и карбонатами. Их главное достоинство в независимости от геологического времени и принадлежности к категории внутренних (существенных) признаков. Последовательное и детальное изложение принципов и методов реконструкции вещественной природы и механизма полосчатого строения этих формаций дано в работах [1, 3 и др.], и в данной статье нет необходимости их повторять.

Теперь логично перейти к обсуждению тех положений, которые, с точки зрения Н.И.Литовченко, имеют значение для обоснования эндогенного происхождения подобных формаций. Главные из них следующие:

1. Нахождение среди железистых кварцитов реликтов незамещенных вмещающих изверженных и метаморфических пород [4, с. 71]. Речь, по-видимому, может идти, как отмечал А.А.Глаголев (1984), лишь о краевых фациях докембрийских железисто-кремнистых формаций в областях с высокой степенью метаморфизма, представленных пироксеновыми породами, которые Д.А.Михайлов и некоторые другие принимают за исходные пироксениты. В остальных случаях изверженные породы (диабазы, габброиды, пегматиты, граниты и др.), встречающиеся в указанных формациях, несут признаки пострудного образования. Стоит напомнить об одном курьезном случае с определением возраста магматических пород геологическими методами, произошедшем на Костомукшском месторождении (Северо-Западная Карелия). Речь идет о геллефлинтах, которые на стадии геологоразведочных работ рассматривались геологами Карельского филиала АН СССР (В.Я.Горьковец и др.) как синрудные подводные согласные излияния, и только потом, когда заложили карьер, выяснилось, что геллефлинты — послонно-секущее пострудное дайковое тело. Часто причина противоречивого толкования природы древних изверженных пород и их отношения к железорудному процессу в отсутствии соответствующих эталонов, а при их отсутствии — в ограниченных возможностях геологических, петрографических, петрохимических методов для решения данного круга вопросов. В настоящее время И.А.Бергман разработал эффективные методы реконструкции аналогичных формаций [1, 3 и др.], и поэтому нет никакой необходимости разбираться в возрастных соотношениях изверженных пород с породами этих формаций (имеется в виду их происхождение).

2. Приуроченность докембрийских железисто-кремнистых формаций к сравнительно узким тектонически нарушенным (рассланцованным, катаклазированным, милонитизированным) зонам [4, с. 71]. В принципе, вопросы пространственного нахождения (сонахождения) геологических объектов и значение такого признака для использования в генетических целях рассмотрены в критикуемой Н.И.Литовченко работе [3]. Поэтому в данной статье ограничимся следующим дополнением. К сравнительно узким тектонически нарушенным зонам приурочены не только железистые кварциты. Например, в г.Кривой Рог к ним приурочены сельскохозяйственные угодья, шахты, поселки шахтеров. Сам город находится в узкой тектонически нарушенной зоне, и т.д. Однако от этого они не превратились в эндогенные образования. Приведенного примера достаточно, чтобы понять, что вопросы генезиса в геоло-

гии докембрия нельзя обосновывать закономерностями пространственного положения природных объектов.

3. Железистый метасоматоз наложен на породы различных ступеней метаморфизма [4, с. 71]. В шлифах хорошо заметно, что магнетит — один из поздних реакционных минералов и замещает по трещинам зерна эгирина, гиперстена, куммингтонита, граната, и т.д. [4, с. 73]. Действительно, признаки замещения перечисленных выше минералов магнетитом имеют место, но дело в том, что петрографические методы — методы относительной геохронологии. И, как показывает выполненная И.А.Бергманом реконструкция подобных формаций, приведенные признаки замещения — следствие ремобилизации рудного вещества, по-видимому, в самом начале регрессивной стадии метаморфизма. Как показывает сопоставление материалов упомянутой реконструкции и петрографических исследований железистых кварцитов Кривого Рога под микроскопом, имеются два нюанса, «работающие» на гипотезу Н.И.Литовченко, или, вернее, вводящие его в заблуждение относительно времени образования магнетита в железистых кварцитах. Суть первого из них состоит в том, что признаки замещения железистых карбонатов магнетитом в отличие от признаков замещения магнетитом силикатов носят нечеткий характер. Это обусловлено тем, что железистые карбонаты в отличие от силикатов легко подвергаются перекристаллизации, что приводит к утрате железистыми кварцитами признаков замещения сидерита (сидероплезита) магнетитом, второго — что в процессе окварцевания железистых кварцитов (точнее, рудных и силикатных слоев), приуроченных к началу регрессивной стадии метаморфизма, кварц вытесняет железистые карбонаты, причем этот процесс начинается с вытеснения их в контакте с кристаллами магнетита. Сначала образуются так называемые кварцевые дворники, а затем, по мере усиления процесса, кристаллы магнетита оказываются полностью в кварцевой «рубашке». В результате происходит пространственное разобщение кристаллов магнетита и карбонатной матрицы и, как следствие, полная утрата и без того нечетких признаков замещения карбонатов магнетитом. Наконец, судя по названиям, исследуемые Н.И.Литовченко объекты претерпели довольно высокий метаморфизм, подверглись щелочному метасоматозу и интенсивной деструктивной тектонике, т.е. их первичные петрографические признаки должны были заведомо исчезнуть. Если к сказанному добавить отсутствие эталонных докембрийских железисто-кремнистых формаций и ограниченные возможности геологических и петрографических методов в расшифровке природы геологических объектов вообще, станет понятно, почему в своих исследованиях Н.И.Литовченко пришел к ошибочным выводам.

4. Отмечаемая многими исследователями Кривого Рога и Курской магнитной аномалии «аномальность в проявлении метаморфизма, когда пространственно совмещены породы, содержащие андалузит (аномальные температуры) и кианит (аномальные давления); зоны ультраметаморфизма (с развитием анатектической магмы калиевых гранитов) и зоны гнейсофикации (с развитием плагиогранитов), а также закономерно чередуются породы гранулитовой, амфиболитовой и зеленосланцевой температурных ступеней, возможна лишь в тектоническом меланже, выполняющем региональные зоны смятия типа Ветренного пояса... Все известные железорудные месторождения приурочены

именно к таким региональным дислокациям» [4, с. 75]. Это положение Н.И.Литовченко автор привел с целью проиллюстрировать односторонность подхода оппонента к решению генетических вопросов, суть которой состоит в стремлении решать генетические проблемы, в данном случае, подобных формаций, на основе закономерностей пространственного размещения геологических объектов, игнорируя два самых важных (наряду с пространством) свойства материи — время и движение. Если Н.И.Литовченко введет в свои исследования время и движение, то образование «Тектонического меланжа» приобретет совершенно другую логику.

5. «Среднестатистический химический состав железистых кварцитов тождественен составу ультраосновных магматических пород» [4, с. 75]. Даже если рассматривать это положение в отрыве от минерального состава (в железистых кварцитах содержание кварца массовое 35—45% и объемное около 60%, а в ультраосновных магматических породах его нет) и элементной геохимии (в железистых кварцитах V, Cr, Co, Ni, Sc находятся на уровне $n \cdot 10^{-4}$ — $n \cdot 10^{-5}$ г/т, тогда как в ультраосновных породах, по [13], г/т: V 40, Cr 1600, Co 150, Ni 2000, Sc 15, т.е. на 1—3 порядка выше), тождественности нет и в химическом составе: в железистых кварцитах Fe 26—30%, в ультраосновных породах 7,5—10%, оксида магния соответственно <1,5—2,5% и 30—40%.

6. Фактические материалы, доказывающие в той или иной степени эндогенное происхождение докембрийских железистых формаций, приведены также в работах М.Т.Козлова (1969), В.В.Жданова и Т.П.Малковой (1974) по Кольскому полуострову, В.К.Ермакова (1968) Тараташскому комплексу Урала и т.д. [4, с. 72]. С этим трудно согласиться. Дело в том, что просто абстрактных фактических материалов, что-либо подтверждающих или отвергающих, не существует. Все они в зависимости от того, к какой категории достоинства относятся, делятся на внешние (несущественные) и внутренние (существенные). Фактические материалы, полученные цитируемыми в статье Н.И.Литовченко разработчиками эндогенной модели (моделей) образования докембрийских железисто-кремнистых формаций, основаны на геолого-петрографическом изучении таких формаций и, следовательно, на признаках, относящихся к категории внешних (несущественных), которые при отсутствии эталонов в любом количестве и комбинации требуемой доказательностью не обладают.

7. Ряд выводов Н.И.Литовченко основан на порочной логике мышления от формы к содержанию (при отсутствии соответствующих эталонов). Так, в работе [4, с. 73] читаем: «По структурно-текстурным особенностям железистые кварциты Курской магнитной аномалии представляют собой аналогию полимигматитам, в которых катаклазированные и рассланцованные породы субстрата инъецированы не кварц-полевошпатовым, гранитоидным материалом, а кварц-гематитовым, кварц-магнетитовым и карбонатно-магнетитовым материалом (см. рисунок)». Помимо сказанного, следует заметить, что предполагаемый Н.И.Литовченко состав инъекций — геохимический абсурд, поскольку условия подвижности цитируемых соединений в магматических и гидротермальных процессах диаметрально противоположны. Еще одно утверждение [4, с. 71]: «Полосы, образованные такими силикатными минералами, как куммингтонит и биотит, могут развиваться на

контакте между карбонатными и кварцевыми полосками. В этом случае для них обычно асимметричное строение и неправильные внешние очертания, характерные для биметасоматических образований». Поясним порочность такого рода логики на следующем примере. Отдадим образец гранита на анализ в химико-аналитическую лабораторию. Там аналитик раздробит образец, разотрет его в порошок, сплавит с плавнем или растворит в кислоте (кислотах), одни компоненты отделит в виде коллоидного осадка, другие — в виде кристаллического, и т.д. Форма гранитного вещества в процессе подготовки пробы и ходе анализа неоднократно изменяется, тогда как суть остается той же — мы получаем химический анализ гранита — именно того, который сдали на анализ.

В своих исследованиях Н.И.Литовченко ориентируется, по-видимому, на приводимое им резюме по итогам дискуссии по проблеме генезиса докембрийских железисто-кремнистых формаций, инициированной редколлегией журнала «Известия АН СССР. Серия геология» в связи с публикацией статьи Г.И.Князева и др. [4]. В этом резюме, как подчеркивает Н.И.Литовченко, редколлегия отметила, что прошедшая дискуссия была полезной и необходимо дальнейшее углубленное изучение конкретных месторождений железистых кварцитов. Хотя на время дискуссии (1969—1973) и, по существу, на протяжении всех 70-х годов XX в. степень изученности таких формаций находилась еще не на очень высоком уровне. Уже тогда надо было ставить вопрос об изменении парадигмы мышления, ориентировать исследователей на отказ от использования принципа актуализма, восстановление историзма в геологии раннего докембрия, приведение исследований в соответствие с требованиями диалектической логики. Соответственно, с нашей точки зрения, исследованиям Н.И.Литовченко присущи следующие главные недостатки в обосновании предлагаемой им модели докембрийского железного рудогенеза:

1. Антиисторизм, проявляющийся в том, что реконструкция объектов раннего докембрия строится на принципе актуализма, а также в гиперболизации реконструктивных возможностей геологических и петрографических методов. В самом деле, как, руководствуясь принципом актуализма, перейти, например, от человека к динозаврам, а от динозавров к трилобитам, как восстановить исчезнувшие в геологической истории породы и т.д. Кажется, и этих примеров достаточно, чтобы понять непригодность принципа актуализма для ведения исследований в области геологии раннего докембрия. Расшифровывать природу докембрийских железисто-кремнистых формаций надо не теми методами, которыми владеют те или иные исследователи, а теми, которыми эта проблема может быть решена.

2. Игнорирование разделения признаков и форм связей природных объектов на внешние (несущественные) и внутренние (существенные) и проистекающего из этого различия в обосновании генезиса геологических объектов.

3. Подмена практики как критерия объективности знаний ссылками на исследователей, фактические материалы которых якобы подтверждают эндогенное происхождение формаций данного типа.

4. Основной акцент в исследованиях сделан на минеральном составе и структурах пород, которые являются наиболее изменчивыми и, следовательно, ненадежными признаками и, наоборот, оказались проигнорированными сложение (тек-

стура) пород и их элементная геохимия — самые устойчивые и надежные, а также информативные признаки.

5. Игнорирование в исследованиях железистых кварцитов и других пород указанных формаций за пределами зон сматия, в частности, с широким распространением железистых карбонатов.

Отмеченные недостатки, кроме последнего, — прямое следствие невнимания Н.И.Литовченко к требованиям методологии (диалектической логики) как основы научного знания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Бергман И.А.* Принципы и методы реконструкции первичной природы докембрийских железистых формаций в связи с про-

блемой их генезиса и прогнозом месторождений. Автореф. дисс.докт. геол.-минер. наук. — М.: ВИМС, 1991.

2. *Бергман И.А.* Особенности химизма атмосферы и осадочного минералообразования на Земле в докембрии // *Минеральное сырье*. 1997. № 1. С. 34—49.
3. *Бергман И.А.* Насколько достоверно выделение минеральных парагенезисов, равновесных минеральных ассоциаций, метаморфических/минеральных фаций // *Отечественная геология*. 2000. № 2. С. 71—76.
4. *Князев Г.И., Решитко В.А., Федоровская Л.И.* О генезисе железистых кварцитов // *Изв. АН СССР. Сер. геол.* 1969. № 12. С. 33—46.
5. *Литовченко Н.И.* К проблеме происхождения железистых кварцитов // *Отечественная геология*. 2001. № 6. С. 70—76.
6. *Turekian K.K., Wedepohl K.N.* Distribution of the elements in some major units of the Earth's crust // *Geol. Soc. Amer. Bull.* 1961. Vol. 72. № 2. P. 175—192.

60-летие Григория Анатольевича Машковцева

Машковцев Григорий Анатольевич — генеральный директор ФГУП Всероссийский научно-исследовательский институт минерального сырья им. Н.М.Федоровского, доктор геолого-минералогических наук, «Заслуженный геолог Российской Федерации», «Почетный разведчик недр».

Г.А.Машковцев родился 11 марта 1944 г. в г.Москва. В 1967 г. окончил Московский геологоразведочный институт им. С.Орджоникидзе по специальности «Геология и разведка месторождений редких и радиоактивных металлов». В том же году был принят на работу в ВИМС* и с тех пор его научная и производственная деятельность, да и сама жизнь были неразрывно связаны с институтом и Первым главком.

Долгие 15 лет он занимался изучением урановых месторождений учкудукского типа и комплексной прогнозной оценкой ураноносности осадочных формаций Средней Азии, Казахстана, Зауралья и других территорий СССР. Разработками Г.А.Машковцева были существенно раздвинуты перспективы на уран крупных регионов страны и представления об условиях формирования многих объектов и в первую очередь флагмана минерально-сырьевой базы урана — месторождения Учкудук. Им были получены принципиально новые данные о существенной роли в рудообразовании специфических тектонических, геохимических, гидрогеологических и других факторов, что было отражено в новаторской кандидатской диссертации, успешно защищенной Григорием Анатольевичем в 1979 г.

Позднее Г.А.Машковцев вместе с большим коллективом специалистов Центральной экспедиции Первого главка осуществил масштабную многолетнюю разработку по комплексной переоценке ураноносности территории СССР на основе материалов космических съемок, в результате которой были выделены крупные, нетрадиционные рудоперспективные районы.

В 1987 г. Г.А.Машковцев во главе группы специалистов ВИМС был направлен в Монголию, где в итоге трехлетних сезонных исследований всесторонне изучены урановые объекты в осадочных формациях, выявлены месторождения бурого угля и цеолитов и проведена прогнозная оценка рудоносности крупных депрессионных структур МНР, которая и до настоящего времени является надежной основой планирования геологоразведочных работ и лицензионной деятельности.

В 1990 г. Г.А.Машковцев назначается заведующим Первым уран-редкометалльным отделением ВИМС, крупным головным подразделением отрасли по научно-методическому обеспечению геологоразведочных работ на уран. На этом посту со всей полнотой проявились его незаурядные организаторские способности. Григорий Анатольевич резко усилил разработку новых методических подходов по поискам и оценке месторождений, актуализировал деятельность межведомственного координационного научно-методического совета по геологии урана, обеспечив тесное, продуктивное взаимодействие науки и производства.

Он создал принципиально новые теоретические основы рудообразования, базирующиеся на эволюционно-геологических и геодинамических факторах. На этой базе Г.А.Машковцевым разработана методология и технология безэталонной оценки ураноносности территорий, которая не имеет мировых аналогов и даже сейчас успешно используется в современной научной деятельности и производственной практике. Эти и другие результаты были положены в основу блестяще защищенной докторской диссертации.

В 1995 г. Григорий Анатольевич по конкурсу избирается директором ВИМС. Уже сложившимся крупным руководителем



отраслевой науки он дал мощный импульс развитию ряда крупных направлений. Под его руководством разработана серия федеральных программ по развитию минерально-сырьевой базы черной металлургии и атомной промышленности, созданы современные технологии обогащения руд марганца, хрома, редких металлов, так необходимые для эффективного освоения резервной минерально-сырьевой базы страны, введен в эксплуатацию уникальный аналитический центр, оснащенный современной аппаратурой.

Важным звеном в достижениях Г.А.Машковцева явилось возрождение издательской деятельности и в первую очередь серии «Минеральное сырье». За последние годы вышло большое число монографий по редким металлам и урановому сырью, современным достижениям минералогии, основам горного бизнеса и другим проблемам. Особенно следует выделить серию геолого-экономических обзоров и карт, раскрывающих современное состояние, перспективы развития и использования минерально-сырьевых баз черных, легирующих металлов, уранового и нерудного сырья.

В свои 60 лет Г.А.Машковцев — один из ведущих ученых страны в области геологии рудных месторождений. Им опубликовано более 150 научных работ. Григорий Анатольевич — действительный член Российской академии естественных наук, Академии горных наук и Международной академии минеральных ресурсов, активно действует в редколлегиях ведущих журналов «Отечественная геология», «Разведка и охрана недр», «Минеральные ресурсы России», «Литология и полезные ископаемые», «Руды и металлы».

Коллектив ВИМС и редколлегия журнала «Разведка и охрана недр» желает Г.А.Машковцеву доброго здоровья и дальнейших успехов в научной и организационной деятельности на благо нашего Отечества.

*Государственная геологическая
служба МПР России
Ученый совет ВИМС
Ученый совет ЦНИГРИ
Редколлегия журнала*

Первая в XXI веке Всероссийская научная конференция по происхождению нефти и газа

Ю.И.ПИКОВСКИЙ (МГУ)

Научные дискуссии о генезисе нефти и газа плавно перешли из XX в XXI век. В апреле 2003 г. состоялась первая в новом столетии Всероссийская научная конференция по проблемам происхождения нефти и газа. Конференция была организована отделением наук о Земле Российской академии наук, ее научным советом по проблемам геологии и разработки месторождений нефти и газа и двумя главными институтами: Институтом проблем нефти и газа (академик А.Н.Дмитриевский) и Институтом геологии нефти и газа СО РАН (академик А.Э.Конторович). В конференции приняли активное участие не только российские ученые, но и их коллеги из Украины, Белоруссии, Азербайджана, Таджикистана, а также из Соединенных Штатов Америки. Поэтому прошедшую конференцию с полным правом можно назвать международной.

В России и республиках бывшего Советского Союза всегда понимали важность проблемы происхождения нефти и газа для многих звеньев нефтегазового комплекса, и, прежде всего, для повышения эффективности поисков новых месторождений. В настоящее время все яснее становится значение адекватного решения проблемы для добычи и переработки нефти и газа, а также для охраны окружающей среды. Высокая активность исследований по данной проблеме и внимание к ней научной общественности и производственных ведомств не ослабевали практически все прошлое столетие. Первая научная конференция по происхождению нефти и природного газа была созвана Московским нефтяным институтом в апреле 1946 г. Она проходила под председательством академика А.В.Топчиева. На этой конференции обсуждались преимущественно разные варианты органической теории. Вместе с тем участники не сбрасывали со счетов необходимость внимательного отношения и к вопросам абиогенного нефтегазообразования. «Гениальность теоретической схемы образования жидких и газообразных углеводородов, данной Менделеевым, заключается в ее простоте и универсальности» [1, с. 3]. «Отсутствие промышленных скоплений нефти и газа, которые можно было бы связывать с неорганическим синтезом углеводородов, не должно служить основанием для пренебрежительного отношения к исследованиям в этом направлении» [1, с. 11]. «Эта теория (теория Д.И.Менделеева — Ю.П.) заслуживает большого уважения и внимания, и от нее нельзя откисываться, причисляя ее к «спекулятивным» теориям о неорганическом синтезе нефти» [1, с. 79].

В 50—60-х годах прошлого столетия Всесоюзные дискуссии о происхождении нефти и газа состоялись во Львове (1954 и 1957) и Москве (1958 и 1968). Они проходили под знаком острой борьбы между сторонниками органической и неорганической концепций нефтегазообразования. Позднее в г.Львов были созваны еще две конференции всесоюзного значения по проблеме «Происхождение нефти и газа и зако-

номерности образования и размещения их залежей (1977 и 1981). На этих конференциях между приверженцами органической и неорганической точек зрения уже царила толерантная атмосфера, хотя заметного сближения позиций не отмечалось. Таким образом, прошедшая в 2003 г. в г.Москва конференция по генезису нефти и газа с 40-х годов была уже восьмым специализированным форумом, где и обсуждалась подобная проблема.

Вопросы происхождения нефти и газа были поставлены и на других конференциях всесоюзного значения. Нужно упомянуть симпозиумы по проблеме «Дегазация Земли и геотектоника», организованные академиком П.Н.Кропоткиным в Геологическом институте РАН (1977, 1981, 1985 и 1991); конференцию по проблеме «Дегазация Земли, геодинамика, геофлюиды, нефть и газ» памяти академика П.Н.Кропоткина в ИПНГ (2002); конференции «Природные газы Земли и их роль в формировании земной коры и месторождений полезных ископаемых» в Московском геологоразведочном институте (1976 и 1982); шесть международных конференций «Новые идеи в геологии и геохимии нефти и газа» в Московском государственном университете им. М.В.Ломоносова в 1997—2002 гг. и др.

Несмотря на столь активное участие специалистов в обсуждении проблемы генезиса нефти и газа, дискуссии эти представлялись до сегодняшнего дня еще более далекими от завершения, чем 100 лет назад. За эти годы геологи-нефтяники получили поистине гигантский фактический и экспериментальный материал, но происхождение нефти было и остается камнем преткновения уже нескольких поколений исследователей.

Необходимо понять причины такого научного казуса и найти пути выхода из создавшегося положения. С этой точки зрения интересно посмотреть, как решалась такая задача на конференции в 2003 г.

На конференцию был заявлен 261 доклад. Все присланные тезисы опубликованы, но в программу конференции включить все доклады, естественно, не представлялось возможным. В итоге Оргкомитет оставил в программе пленарных заседаний 52 доклада и 112 докладов было предложено продемонстрировать у стендов. Тематика всех заявленных докладов и научные позиции их авторов показаны в таблице.

На основании вопросов, по которым были представлены доклады и научные позиции их авторов, можно сделать два важных вывода:

1. Единой парадигмы нефтегазообразования, которой придерживаются все или подавляющее большинство исследователей проблемы, уже не существует. Традиционной органической концепции придерживаются авторы лишь 37% представленных докладов, авторы 30% докладов пришли к выводу об участии в нефтегазоаккумуляции целиком или частично глубинной составляющей, т.е. эндо-

Темы докладов	Число докладов, представленных на конференцию по различным концепциям				
	Органическая	Абиогенная глубинная	Полигенеза	Необъявленная (нейтральная)	Всего
<i>Проблемы, отраженные в докладах</i>					
Общие вопросы нефтегазообразования	8	11	9	2	30
Источники и геохимия вещества	57	16	9	8	90
Проблемы миграции углеводородов и формирования их скоплений	25	14	11	33	83
Критерии прогноза месторождений нефти и газа	5	3	4	33	45
Другие вопросы, связанные с проблемой нефтегазообразования	1	—	1	9	11
Вопросы, прямо не связанные с темой конференции	2	—	—	—	2
Всего	96	44	34	87	261
<i>Доклады пленарных заседаний</i>					
Общие вопросы нефтегазообразования	7	6	3	1	17
Источники и геохимия вещества	15	2	1	—	18
Проблемы миграции углеводородов и формирования их скоплений	8	1	3	2	14
Критерии прогноза месторождений нефти и газа	3	1	—	1	1
Всего	31	9	8	4	52
<i>Доклады стендовых секций</i>					
Общие вопросы нефтегазообразования	—	4	3	—	7
Источники и геохимия вещества	36	12	6	1	55
Проблемы миграции углеводородов и формирования их скоплений	11	11	4	11	37
Критерии прогноза месторождений нефти и газа	—	1	—	8	9
Другие вопросы, связанные с проблемой нефтегазообразования	1	—	1	2	4
Всего	48	28	14	22	112

генного вещества, образованного ниже осадочного слоя земной коры. Доклады 33% авторов показывают возможность решать вопросы нефтегазовой геологии, вообще не опираясь на какую-либо концепцию происхождения нефти и газа. Надо также отметить, что больше трети авторов докладов, отражающих традиционные взгляды на органическое происхождение нефти и газа, допускают возможность поступления углеводородов биогенного происхождения из глубоких недр в результате рециклинга, образования углеводородов микробиологическим путем на эндогенном субстрате или другими путями.

2. Авторы более 70% докладов, посвященных поисковым проблемам, вообще не вводят в оборот какую-либо концепцию происхождения нефти и газа. По вопросам поисков Оргкомитет конференции оставил в программе 12 из 45 докладов, из них только 3 доклада были включены в по-

вестку пленарных заседаний. Это говорит о том, что в настоящее время многие вопросы поисков и разведки решаются независимо от теории генезиса нефти и газа, поэтому практики часто говорят, что им все равно, какого происхождения нефть, лишь бы она была.

Оба вывода свидетельствуют о переосмыслении под давлением новых фактов некогда незыблемых положений нефтегазовой геологии, прежде всего в отношении масштабов влияния внутренней энергии Земли на осадочную оболочку и диапазона структурных этажей земной коры, в пределах которых могут находиться ресурсы углеводородного сырья.

Общие вопросы происхождения нефти и газа. Наиболее четко идея смены парадигмы в проблеме нефтегазообразования прозвучала в докладе академика А.Н.Дмитриевского «Полигенез нефти и газа», открывшем конферен-

цию, в котором большое внимание обращено на вопросы взаимодействия энергетических полей геосфер. Это взаимодействие, считает докладчик, в итоге приводит к концентрации энергии в отдельных очагах, что способствует формированию зон разломов и каналов, по которым обеспечивается энергичный транспорт глубинных флюидов. Энергия глубинных флюидов способствует образованию месторождений нефти и газа за счет абиогенных источников, мобилизации биогенных источников, преобразованию органического вещества горных пород и вод в углеводороды, в т.ч. прошедшего глубинные сферы земной коры. По мнению автора, такая концепция отвечает современному уровню знаний. Она укрепляет позиции сторонников органической и неорганической концепций, объединяя их положительные стороны, позволяет непредвзято интерпретировать накопленный фактический материал, расширяет перечень перспективных объектов, дает возможность прогнозировать современную подпитку залежей новыми порциями углеводородов.

Близкую концепцию генезиса углеводородов, названную геодинамической («микстгенетической») выдвинул профессор В.П.Гаврилов. Автор допускает возможность термokatалитического синтеза углеводородов в низах коры в результате взаимодействия углекислоты с водородом и водой и рассматривает общий углеводородный поток, идущий из недр, как смешанный — абиогенно-биогенный. Исходя из этой концепции, в качестве глобальной закономерности распределения месторождений углеводородов в земной коре следует рассматривать пояса нефтегазоаккумуляции, классификация которых основана на главенствующем геодинамическом режиме недр в период их формирования.

Созвучна с такими взглядами «геосинергетическая концепция углеводородогенерирующих систем» А.Е.Лукина (Украина). В ней утверждается, что нафтидогенез связан с импульсной активизацией разнообразных субстратов (черные сланцы, тяжелые нефти и битумы ранних генераций, угленосные отложения, кристаллические породы с газовой-жидкими включениями, осадочные породы с дисперсным органическим веществом, хемосинтетические микробиологические системы и др.), возникающей под влиянием глубинных высокоэнтальпийных флюидов и влекущей лавинообразную генерацию углеводородов. В подтверждение концепции приводятся данные изотопно-геохимических закономерностей и детального структурно-вещественного изучения субстратов.

К полигенетической концепции нафтидообразования в осадочных бассейнах пришел в итоге К.Н.Кравченко, представивший на конференцию доклад незадолго до своей кончины. По его мнению, формирование месторождений углеводородов происходит за счет смеси высокотемпературного газа органического генезиса и идущих из газифицирующих астенолитов активной мантии глубинных флюидов. При этом преобладает вертикальный прорыв флюида из днища бассейна до надежных покрышек и ловушек. Такой вывод сделан на основании изучения всех крупных нефтегазоносных бассейнов мира.

По общим вопросам нефтегазообразования с позиций абиогенного происхождения нефти и газа выступили Б.М.Валяев, Р.П.Готтих, Б.И.Писоцкий, В.Н.Мораховский, В.Ф.Никонов, В.И.Сазанский, Ю.И.Пиковский.

В докладе Б.М.Валяева приведены новые геологические данные в подтверждение и развитие концепции глубинной

углеводородной дегазации Земли, конкретизированы представления о характере глубинных углеводородных флюидов. В рамках абиогенной, глубинной концепции, идущей, по мнению автора, на смену концепции «микронепти», генезис углеводородов должен увязываться с глобальными геодинамическими (эндогенными) процессами, которые определяют приход, аккумуляцию и рассеивание трансформирующихся углеводородных флюидов в недрах осадочных бассейнов. При этом рассматривается энергетика процессов, охватывающих не только недра осадочных бассейнов, но и всю Землю в целом. Автор не исключает и процессов рециклинга, смешивания углеводородов разного исходного состава в конкретных месторождениях и бактериальных процессов трансформации вещества залежей. Следовательно, по его мнению, можно говорить о полигенезе месторождений нефти и газа.

Обоснованию глубинности нефтеобразующих флюидов был посвящен доклад Р.П.Готтих и Б.И.Писоцкого. Опираясь на детальные петрографические исследования и широкий круг современных геохимических методов, авторы пришли к выводам о подобии геохимических характеристик мантийных (по первичным включениям в алмазах) и нефтеобразующих (по вторичным включениям в породах фундамента и осадочного чехла) флюидов. Обоснованы важные заключения, относящиеся к позднему времени поступления флюидов в осадочные породы, температурам поступления флюидов в породы разных бассейнов (50—100°C), содержанию и характеру распределения микроэлементов в битумах и нефтях, которые допускают их перенос в восстановительных условиях, и др. Происхождение восходящих нефтеобразующих флюидов связывается с дефлюидизацией всплывающего глубинного легкого материала с уровня примерно 100 км и последующим обособлением в самостоятельную фазу.

Близка к подобным идеям ювенильная модель нефтегазообразования, основанная на освобождении огромных объемов углеводородов, запечатанных в газовой-жидких включениях в коре и мантии Земли. Внедрение нефти в осадочный чехол характеризуется как восходящее перетекание освобожденного флюида под давлением по «коридорам» высокой проницаемости из верхней коры (А.А.Кичка, Украина).

Выступавшие с позиций абиогенного происхождения скоплений нефти и газа приводили свидетельства о закономерностях распространения нефти и газа в осадочных бассейнах, которые могут создаваться только в результате вторжения углеводородсодержащих флюидов в осадочные бассейны из глубоких очагов фундамента и контролироваться разными эндогенными режимами (В.Ф.Никонов). Подчеркивалось, что с позиций неорганического образования нефти и газа углеводородные ресурсы человечества практически неисчерпаемы, необходимы только оптимальная концепция их поисков, а также бережное и грамотное отношение к их извлечению и использованию (В.И.Сазанский).

Традиционная концепция органического происхождения нефти и газа в варианте осадочно-миграционной теории Н.Б.Вассоевича активно защищалась в выступлении академика В.Е.Хаина и программном докладе академика А.Э.Конторовича.

В.Е.Хайн подчеркнул, что чисто осадочный генезис органического вещества для образования месторождений нефти и газа не вызывает никаких сомнений. При этом так-

лась нефть, находясь внутри биосферы, она неизбежно должна нести в себе какие-то ее признаки, в частности, растворять биогенные органические соединения или подвергаться микробиологическому воздействию. Поэтому очевидно, что нельзя принимать отдельные биологические признаки за доказательство генезиса вещества в целом. Проблему нефтегазообразования автор видит не в биогенном или абиогенном, не в органическом или неорганическом происхождении нефти, а в *осадочном или глубинном* источнике вещества и в *ведущих геологических процессах*, приводящих к формированию скоплений углеводородов. Именно понимание нефтегазообразования как процесса образования тела, состава и структуры нефтегазовой залежи, по его мнению, поставит дискуссию о генезисе нефти и газа на конструктивную основу.

Проблемы миграции углеводородов и формирования их скоплений. По общим и региональным проблемам миграции углеводородов и формирования месторождений нефти и газа сторонники абиогенной и полигенетической концепций нефтегазообразования вместе представили на конференцию такое же число докладов, как и сторонники органической концепции. Однако чаще авторы не привязывались к какой-либо генетической теории, а опирались в основном на геодинамические и геотектонические построения.

Лишь немногие исследователи, которые придерживаются осадочно-миграционной концепции, пытались рассмотреть механизм первичной миграции рассеянных углеводородов из материнских горных пород. Л.А.Абукова, А.А.Карцев, В.С.Лашкевич и В.Д.Иванова привели экспериментальные данные, подтверждающие способность связанных вод осуществлять первичную миграцию углеводородов из нефтегазоматеринских глинистых пород в коллекторы в промышленных масштабах.

В.В.Иванов и И.С.Гулиев выдвинули концепцию формирования залежей нефти и газа, основанную на наблюдениях интенсивности газообразования в осадочных бассейнах, создающих субвертикальные и протяженные зоны разуплотнения. Залежи, по их мнению, образуются вследствие гравитационной сепарации порового флюида по фазам и агрегирования дисперсных частиц в непрерывные тела. Зоны формирования углеводородов по этой концепции сосредоточены не в материнских породах, а при контактных полостях раздела диффузии и конвекции.

Ряд исследователей видят возможность образования месторождений в осадочной толще и фундаменте без привлечения глубинных флюидных потоков. Например, В.Д.Кукуруза с соавторами обосновывает проникновение флюида из осадочной толщи в фундамент в момент формирования глубинного разлома (перепад давления, электрическое поле зоны деформаций).

В большинстве представленных докладов достаточно отчетливо проявилась общая тенденция в исследовании механизмов образования нефтяных и газовых месторождений независимо от взглядов авторов на генезис нефти и газа. Это поиски связи энергетики процесса с глубинным строением Земли, динамикой напряжений и глобальной геодинамикой. Приводились многочисленные примеры наличия таких связей. Например, по данным глубинных сейсмических исследований, обнаружилась приуроченность крупных месторождений нефти и газа к контактам блоков кристаллической коры среднего и кислого составов, разделенных разломами, уходящими в мантию (А.В.Егоркин).

Процесс формирования месторождений связывается с особым энергетическим режимом земной коры, сочетающим в пространстве и во времени процессы локализации и рассеяния энергии и вещества. Синергетический принцип локализации аномальных объектов позволяет обосновать энергетику глубинной энергетической подпитки осадочного чехла (В.И.Шаров).

Система сейсмoeлектрических слоев, соединенных глубинными нарушениями, которые прослеживаются в верхней мантии до глубины 400—700 км рассматривается как основные каналы движения глубинных флюидов. При образовании месторождений наиболее важную роль играют волноводы на глубине 10—15 км (Н.И.Павленкова).

Вынос в верхние горизонты коры глубинного флюида — мощный фактор энергетического и геохимического обеспечения эффективности нефтегазоаккумуляции, связанный с фронтом активного взаимодействия на уровнях геофизических разделов («волноводов») в верхней мантии и коре (В.В.Муравьев).

Перекачка глубинных флюидов путем «схлопывания» глубинных флюидизированных очагов («сейсмопампинг») рассматривается как один из механизмов современного восполнения нефтегазовых залежей (А.Н.Дмитриевский, Б.М.Валиев, М.Н.Смирнова).

Близкий механизм перекачки флюидных систем глубинного генезиса исследователи видят в периодической смене полей напряжения в фундаменте — периодическое открытие (декомпрессия) и закрытие (компрессия) (В.Г.Изотов, Л.М.Ситдикова, Р.Х.Муслимов).

В.А.Трофимов указывает на необходимость выявлять глубинные нефтепроводящие каналы, которые служат как для формирования месторождений, так и для современной подпитки нефтяных месторождений.

К.А.Клещев рассматривает возможный механизм образования месторождений нефти и газа Западной Сибири, который он видит не только в гравитационных и гидродинамических факторах миграции, но и в мощном источнике энергии для перемещения флюидов — ритмической смене геодинамических напряжений (растяжение—сжатие), возникающих в шовных зонах и охватывающих кору на всю ее толщину.

Обращено серьезное внимание на пространственно-временную связь формирования и режима месторождений нефти и газа с мелко- (Н.Б.Шевченко с соавторами) и глубоководными землетрясениями. Мелкие землетрясения вызывают миграцию флюидов в верхних частях земной коры, а глубокие связаны с периодическим взрывным процессом, где отражаются и землетрясения, и движение флюидов из глубоких очагов под высоким давлением (М.Н.Смирнова).

В ряде докладов процессы формирования месторождений нефти и газа связываются с генерацией углеводородов и образованием месторождений в зонах поддвига плит, в т.ч. в результате серпентинизации пород океанической коры (О.Г.Сорохтин, И.Е.Баланюк, Л.Ш.Донгарян). Выказывалось мнение о необходимости поставки осадочных толщ в мантию, обеспечивающей постоянный процесс образования углеводородов в зоне континентальной субдукции (Г.В.Тарасенко).

М.В.Багдасарова рассмотрела роль гидротермальных систем в миграции флюидов и формировании пористо-трещинного пространства в горных породах. Было показано, что функционирование таких систем — наиболее

реальный механизм образования углеводородных месторождений. Разный состав флюидных систем, разгружающихся в осадочные комплексы по проводящим глубинным разломам, определяется составом земной коры и состоянием мантии при разных эндогенных режимах. Различная фугитивность кислорода определяет тип флюидных систем (с малым или большим количеством воды) и соответствующий характер вулканических проявлений.

Н.А.Озерова с соавторами обратили внимание на факт появления высоких концентраций ртути в месторождениях нефти и газа, что, по их мнению, свидетельствует об участии мантийных флюидов в формировании месторождений.

Критерии прогноза месторождений нефти и газа. В программе конференции теме прогноза месторождений нефти и газа было уделено совсем немного внимания (всего 3 доклада включено в программу пленарных заседаний и еще 9 докладов в стендовые секции).

Е.В.Артюшков и П.А.Чехович рассмотрели геодинамические условия, по которым можно отличить продуктивные и непродуктивные осадочные бассейны. Характерные геодинамические признаки нефтегазоносных бассейнов — быстрые погружения коры без ее значительного растяжения, а также размягчение литосферы, фиксируемое по проявлению ее коротковолновых деформаций.

Доклад М.И.Берлина и М.М.Мариной был посвящен историко-генетическому методу оценки перспектив нефтегазоносности акваторий, основанному на осадочно-миграционной теории нефтегазообразования. Метод включает изучение традиционных параметров, которыми пользуются все исследователи, строящие прогнозные оценки на базе органической концепции. Оригинальной частью метода авторы считают систему численных моделей, с помощью которых изучается распределение органического вещества, изменение литофизических свойств отложений, геотермические условия и т.д.

Р.Х.Муслимов в своем докладе привел аргументы, позволяющие обосновать методику поисков углеводородов в породах кристаллического фундамента Татарского свода и оценить его нефтегенерационный потенциал. Поиски в фундаменте бассейнов исходят из концепции полигенеза нефтегазообразования, которая, не отрицая нефтепроизводящие возможности осадочных пород, признает наличие глубинных углеводородов абиогенного происхождения. Именно глубинные углеводороды и являются объектом поисков в кристаллическом фундаменте платформ. Основа поисковых работ — это получение данных сейсмического профилирования и глубинного зондирования, на основании которых можно выделить зоны разуплотнения или деструкции фундамента, обладающие высокими коллекторскими свойствами. Важную роль играют также геохимические и геотермические исследования, способствующие установлению зон восходящей миграции глубинных флюидов.

Н.К.Булин и Ю.М.Эринчек рассмотрели возможность использования данных глубинных сейсмических исследований для выявления промышленных нефтегазовых скоплений. Установленная по массовому материалу территориальная связь контуров нефтегазовых скоплений с аномальными зонами преимущественно с повышенной скоростью продольных сейсмических волн в верхах мантии, являющихся предположительно следами глубинных тектономагматических плюмов, интерпретируется авторами с позиций абиогенной природы нефтегазообразования при

ведущем процессе субвертикальной миграции исходных продуктов нафтидогенеза.

Для прогноза нефтегазоносности представляют интерес данные по термобарическим критериям распределения залежей углеводородов в Днепровско-Донецкой впадине, приведенные в докладе Н.Т.Пашовой, В.А.Кривошея и В.И.Еремина (Украина). На фоне классического возрастания давления с глубиной, здесь установлены аномальные «линзы» низких и высоких давлений, с которыми связаны пористо-проницаемые зоны в горных породах. Распределение термобарических полей отражает структуру напряженного состояния региона, влияющего на формирование и распределение нефтегазовых залежей.

В данном обзоре нет возможности упомянуть все представленные или сделанные доклады. Эти исследования вносят свой ценный вклад в нефтегазовую геологию и решение проблемы происхождения нефти и газа.

Представляется, что одна из причин разногласий между «органиками» и «неорганиками» состоит в том, что те и другие спорят о разных предметах. Сторонники органической концепции в основном доказывают биологический источник исходного вещества, отделяя образование углеводородов в материнских породах от формирования нефтяных и газовых скоплений, а сторонники абиогенной концепции доказывают возможность образования нефтегазовой залежи путем миграции вещества из глубоких недр. В разных задачах не может быть общего решения.

Вместе с тем конференция показала, что по многим частным вопросам геологи-нефтяники постепенно приходят к общему согласию. Это относится прежде всего к пониманию роли эндогенной энергии Земли в процессах нефтегазообразования, независимо от источника исходного материала. Очевиден факт тесной связи размещения нефтегазоносных бассейнов, зон нефтегазоаккумуляции и, по крайней мере, крупнейших месторождений с глубинным строением Земли и глобальными геодинамическими процессами как в течение геологического времени, так и современными. Необходимость привлекать для моделирования процессов формирования месторождений флюидодинамические модели заставила признать решающую роль конвективных потоков глубинной энергии, а, следовательно, и участие в геодинамике осадочных бассейнов глубинных флюидов как ее носителей. Мало кто уже отрицает реальные процессы неорганического синтеза углеводородов в глубоких недрах и внедрения этих углеводородов в осадочную оболочку в составе глубинных флюидов. Споры идут только о составе, масштабах проявления и участия этих углеводородов в формировании месторождений. Все это заставляет многих исследователей если не отказаться от традиционной органической концепции, то все же переходить в вопросах нефтегазообразования на позиции полигенеза. Мы наблюдаем, как постепенно органическая парадигма сменяется парадигмой полигенеза.

Однако парадигма полигенеза вовсе не представляется полным решением проблемы генезиса нефти и газа, так как все же в каждом конкретном случае остается открытым вопрос об исходном веществе или соотношении источников исходного вещества. Биогенная и абиогенная концепции нефтегазообразования сосуществуют долгие годы еще и потому, что могут универсально со своих позиций объяснить факты, получаемые в ходе разведки и разработки нефтяных и газовых месторождений. Объяснение, как известно, еще не доказательство, тем более не прогноз.

Пока результаты исследований по генезису нефти и газа не востребованы в достаточной мере нефтегазопроисковой практикой. Прогнозы перспектив нефтегазоносности территорий и акваторий строятся на основе тектонических и палеотектонических построений, а также анализа литолого-стратиграфических комплексов. Сами поиски нефти и газа опираются преимущественно на сейсморазведку и глубокое бурение. Геохимические методы поисков, призванные сократить затраты на бурение, не выходят уже 70 лет из стадии опытно-методических работ, а закономерности, связанные с генезисом нефти и газа, не представляют серьезного интереса для нефтегазовых компаний, что было видно по отсутствию на конференции их представи-

телей. Главная цель научных исследований по генезису нефти и газа должна заключаться в том, чтобы помочь стране наращивать углеводородные ресурсы в короткие сроки и условиях ограниченного финансирования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Происхождение нефти и природного газа. Современное состояние вопроса* / Под ред. А.В.Топчиева, И.О.Брода, М.М.Чарыгина, М.А.Мессиневой. — М.: Бюро технико-экономической информации ЦИМТНЕФТИ, 1947.
2. *Генезис нефти и газа* / Под ред. А.Н.Дмитриевского, А.Э.Конторовича. — М.: Геос, 2003.
3. *Программа Всероссийской конференции «Генезис нефти и газа»*. — М., 2003.

Рецензии

УДК (049.32)

© М.В.Шумилин, 2004

Книга «Уран Монголии»

М.В.ШУМИЛИН (ВИМС)

В 2003 г. ООО «Олимп» в Санкт-Петербурге выпущена в свет монография сотрудника ВСЕГЕИ Юрия Борисовича Миронова «Уран Монголии» (20,5 печ.л.).

Данная монография — крупное обобщение результатов собственных исследований автора и многолетних специализированных работ на уран в Монголии, проведенных коллективами СОВГЕО, ФГУП «Сосновгеология», МГСЭ, ВСЕГЕИ, ВИМС, ИГЕМ, Геологической службы Монголии, Бурятского и Читинского ГУ и ряда других организаций в 1970—1991 гг.

Основное внимание автор обратил на вопросы ураноносности территории Монголии. Вместе с тем, в ней дана характеристика ряда объектов других полезных ископаемых (полиметаллы, золото, редкие металлы, флюорит и др.), которые были открыты и изучены в процессе работ на уран.

В монографии отражены новейшие достижения в области методики прогнозирования месторождений урана, получившие дальнейшее развитие применительно к обстановкам рудных районов сложной металлогении. Один из интереснейших разделов работы — сравнительный прогнозный анализ двух крупнейших урановорудных районов — Северо-Чойболсанский в Монголии и Стрельцовский в России. На основе данного анализа автору удалось подойти к решению проблемы количественного прогнозирования и наметить основные критерии оценки масштабности уранового оруденения, связанного с вулcano-тектоническими структурами внутриконтинентальных подвижных поясов.

Автор показал, как важно выделение в пределах металлогенных вулканотектонических сооружений специфических литолого-структурных рудоконтролирующих обстановок и предложил оригинальные способы локального прогноза скрытого оруденения путем объемного картирования геолого-геофизических и минералого-геохимических факторов рудообразования.

Важно подчеркнуть, что указанные разработки были частично внедрены Ю.Б.Мироновым в процессе его не-

посредственного участия в проведении поисковых и оценочных работ на территории Монголии, что позволило открыть ряд новых месторождений, в т.ч. крупное Уланское полиметаллическое и др.

Работа состоит из 7 глав. В главе 1 изложена история изучения ураноносности Монголии; главы 2 и 3 посвящены особенностям тектонического районирования территории Монголии и анализу ее минерализации; в главе 4 дан уникальный по полноте обзор радиогеохимических особенностей основных складчатых систем Центральной Азии; в главе 5 рассмотрены основные урановорудные и ураноносные формации этого обширного региона, в соответствии с которыми проводится металлогеническое районирование территории Монголии. В главе 6 автор приводит детальные характеристики урановорудных и перспективных на уран районов Монголии, на основе анализа которых формулирует основные предпосылки и признаки выделения рудоперспективных объектов. При этом автор рассматривает урановые концентрации как гидротермального, так и гидрогенного типов, и дает оценку отдельных территорий на оба эти типа оруденения. Глава 7 посвящена сравнительной характеристике ураноносности Монголии с определившимися в качестве промышленных источников урана районами сопредельных стран. Здесь же дана цифровая оценка прогнозных ресурсов урана для всей территории Монголии.

Книга Ю.Б.Миронова представляет собой законченное исследование важной минерально-сырьевой проблемы, имеющей значение не только для экономики непосредственно Монголии, но и соседних с ней стран. Она имеет также большой научный интерес как опыт широкого металлогенического анализа крупного региона на ряд полезных ископаемых. Данная работа, несомненно, будет полезна широкому кругу специалистов, связанных с изучением и поисками месторождений урана, полиметаллов, флюорита и т.д.

Введение в учение о Земле XXI века с новой (научной) минерагенцией алмазов

Т.М. УТКЕЛЬБАЕВ (ТУ «Секазнедра»)

Данный труд* не только о геологии, а обо всех земных процессах, которые происходят на планете Земля в настоящее время, в их синтетическом единстве. В книге затрагивается большой спектр проблем о современном обществе, его отношении к фундаментальной науке, о состоянии геологии и ее основах.

По каждой из рассматриваемых тем автор собрал множество изречений авторитетных мыслителей, исследователей природы и общества, великих поэтов и писателей. Опираясь на них, часто сплетая из них целые страницы, автор предлагает собственные решения описываемых проблем. Книга состоит из краткой предыстории, шести глав, заключения.

Предыстория написана в мемуарном стиле. Здесь отражен творческий путь автора, приведены воспоминания о людях, с которыми он встречался в течение 35-летнего периода продвижения своих идей.

Глава 1 посвящена состоянию естествознания в современном обществе. Вслед за многими учеными с мировым именем, в работе показан кризис современной науки, обоснована актуальность синтеза знаний, полученных различными методами.

Главы 2 и 3 содержат «Поиски путей выработки новой (научной) теории Земли, нового естественно-научного мировоззрения» и представления о «Геологическом строении и развитии Земли». В этих главах автор заостряет внимание на многообразии, неповторимости, необратимости природных, в т.ч. геологических явлений, на возможном рождении химических элементов в земных условиях, расширении Земли за счет вещества из энергии вселенной, возможном происхождении пород, считающихся в настоящее время магматогенными, из осадочных отложений путем их преобразования без существенного перемещения.

Главы 4 и 5 посвящены описанию «Земного вещества в космосе» и «Земле – главному центру развития материи во Вселенной». Высказано предположение об образовании метеоритов, астероидов за счет вулканического выброса земного вещества в космос, подчеркивается особая роль Земли во вселенной как планеты единственно несущей жизнь и разум.

С использованием выводов и предположений в предыдущих главах и данных по алмазоносным породам мира в главе 6 делается заключение об экзогенном происхождении кимберлитов и возможности обнаружения ювелирных

алмазов в кокшетауской глыбе, а также аналогичных докембрийских выступлениях Земли.

В заключении сделан акцент на выработку нового ноосферного мышления, базирующегося на натуралистическом синтезе знаний, построении общества на гуманистических принципах. Здесь же автор книги делает оптимистический вывод о неисчерпаемости недр.

В данной работе представлен огромный исторический, энциклопедический материал по ключевым вопросам естествознания, происхождения Земли, земных и космических образований на уровне макро- и микромира. Выводы и предположения автора оригинальны, но во многом дискуссионны. Некоторые высказывания А.М. Мауленова, насколько мне представляется, противоречат самим себе. Так, с одной стороны он говорит о многообразии в природе, а с другой, предлагает единственное решение.

Состояние современного естествознания, в т.ч. геологии, многими исследователями оценивается как критическое, революционное. Это же подтверждают и представители точных наук. Человечество пришло к новому, невиданному сегодня рубежу развития мировоззрения, и «для того чтобы выжить, человечеству потребуются принципиально новый образ мышления», о чем неоднократно высказывались многие великие исследователи (А.Эйнштейн, В.Вернадский).

А.М. Мауленов в своей книге попытался дать ответы на вопросы нашего времени. В его труде остро ощущается боль за состояние отечественной геологии. Он прекрасно понимает, что проблемы геологии и общества неразрывны. Проблемы геологии не могут быть решены без решения проблем всего общества.

Геологическая наука выходит на третий, геодинамический этап своего развития, на уровень анализа геологического движения. Уже полвека ожидается создание синтез-картины строения и развития Земли, которая должна вобрать в себя достижения прошлого времени.

Проблема слишком сложна, чтобы ее могла решить отдельная личность. Нужны коллективные усилия специалистов различного профиля, необходимо создание научных центров по синтезу геологических знаний.

Полагаю, что научный и жизненный опыт А.М. Мауленова будет полезен на пути создания новой геологии, соответствующей реалиям нашего времени, тем более что создание и издание данного труда являет собой примеры преданности науке и геологии, любви к нашему будущему.

*А.М. Мауленов «Введение в учение о Земле XXI века с новой (научной) минерагенцией алмазов». – Алматы, 2001.

Памяти Владимира Владимировича Семеновича

8 декабря 2003 г. на 84 году жизни скоропостижно скончался крупный ученый в области нефтяной и газовой геологии, доктор геолого-минералогических наук, профессор Владимир Владимирович Семенович.

В.В.Семенович родился в г.Красный Холм в семье врача. В 1939 г. поступил в Московский нефтяной институт им. И.М.Губкина, который закончил в 1946 г. В годы Великой Отечественной войны в 1944 г. работал старшим геологом треста «Туркменозокерит», где продолжил работу после защиты диплома уже в должности главного геолога этого треста. В 1949—1958 гг. он исполнял обязанности главного геолога геолого-поисковой конторы объединения «Туркменнефть», главного геолога нефтепромыслового управления «Челекеннефть». При его непосредственном участии была создана крупная база нефтедобычи в Западной Туркмении.

В 1958 г. Владимир Владимирович был назначен главным геологом Управления геологии Туркменской ССР и возглавил широкомасштабные работы по изучению геологического строения и нефтегазоносности территории республики. В результате был открыт ряд газовых месторождений на Центрально-Каракумском своде и в Амударьинской синеклизе, среди которых крупнейшие по запасам Даулетабад-Донмезское и Шатлыкское, на востоке республики был создан крупный газодобывающий комплекс.

В 1962 г. В.В.Семенович возглавлял Государственный Комитет по координации научно-исследовательских работ Совета Министров Туркменской ССР, затем был назначен заместителем начальника Главного управления нефти и газа Среднеазиатского совнархоза. В течение ряда лет он принимал активное участие в организации и проведении поисково-разведочных работ на нефть и газ на территории среднеазиатских республик.

В 1965 г. В.В.Семенович был переведен на работу в Госгеолком СССР на должность начальника отдела нефти и газа. Затем при создании Министерства геологии и охраны недр был назначен начальником Управления поисковых и разведочных работ на нефть и газ, являлся членом коллегии министерства и в этой должности работал до 1985 г. В течение последующих лет под его руководством и при непосредственном участии был выполнен громадный объем научных исследований и поисково-разведочных работ в Западной и Восточной Сибири, Тимано-Печорском бассейне, Прикаспийской впадине, на Украине и в других регионах страны, что привело к открытию сотен новых месторождений и созданию мощной ресурсной базы нефтяной и газовой отрасли промышленности, которая вывела нашу страну на передовые позиции в мире.

Одновременно с производственной деятельностью Владимир Владимирович вел научные исследования. В 1958 г. он защитил кандидатскую диссертацию, а в 1966 г. по совокупности выполненных работ ему была присуждена ученая степень доктора геолого-минералогических наук. Результаты его научных трудов отражены в многочисленных публикациях. Он был организатором и главным редактором серии карт и атласов месторождений Средней Азии, Украины и других регионов, Карты нефтегазоносности СССР, Тектонической карты нефтегазоносных областей, обобщающих геологические материалы.

Большое место в деятельности В.В.Семеновича занимало участие в работе Государственной экспертной комиссии Госплана СССР, Государственного комитета по запасам, Высшей аттестационной комиссии Министерства образования СССР, редколлегий ряда геологических изданий.



В 1982 г. В.В.Семенович был приглашен на должность заведующего кафедрой геологии и геохимии горючих ископаемых геологического факультета Московского государственного университета, а с 1985 г. полностью отдается преподавательской работе, посвятив себя подготовке кадров для геологической службы страны. В этот период он создает учебники и пособия по курсам, которые он читал и постоянно совершенствовал.

В последние годы его сильно беспокоили проблемы восстановления ресурсной базы нефти и газа в стране, резкое снижение поисковых и разведочных работ, о чем он неоднократно писал в своих последних публикациях.

Заслуги В.В.Семеновича были отмечены правительственными наградами — двумя орденами Трудового Красного Знамени и двумя орденами «Знак Почета», медалями «За оборону Москвы», «За доблестный труд в годы Великой отечественной войны» и др., присуждением ему Государственной премии СССР за открытие и освоение крупного газового месторождения Шатлыкское в Туркменистане, знаками Почета министерств геологии, нефтяной и газовой промышленности. Он удостоен звания «Заслуженный деятель науки и техники Туркменской ССР», избран Почетным членом Российской академии естественных наук.

Коллеги и друзья будут помнить Владимира Владимировича как человека, отличавшегося высокой ответственностью и организованностью, требовательностью и доброжелательностью.

*Государственная геологическая
служба МПР России
Ученый совет МГУ
Ученый совет ЦНИГРИ
Редколлегия журнала*

Памяти Николая Алексеевича Солодова

8 января 2004 г. на 78-м году жизни после продолжительной тяжелой болезни ушел из жизни главный научный сотрудник ИМГРЭ Николай Алексеевич Солодов — выдающийся исследователь месторождений редких металлов, профессор, доктор геолого-минералогических наук, почетный разведчик недр, действительный член Международной академии минеральных ресурсов, академик Нью-Йоркской академии наук.

После окончания Московского института цветных металлов и золота им. М.И.Калинина (1948 г.) Николай Алексеевич работал участковым геологом Актюзского рудоуправления Киргизской ССР, затем старшим геологом Коктагайского рудника (КНР).

Многогранная и плодотворная научная и производственная деятельность Н.А.Солодова прошла в стенах ИМГРЭ, в котором он работал почти 50 лет, пройдя путь от аспиранта до главного научного сотрудника, заведующего отделом редких металлов института. В 1960 г. он защитил кандидатскую диссертацию, а в 1967 г. стал доктором геолого-минералогических наук.

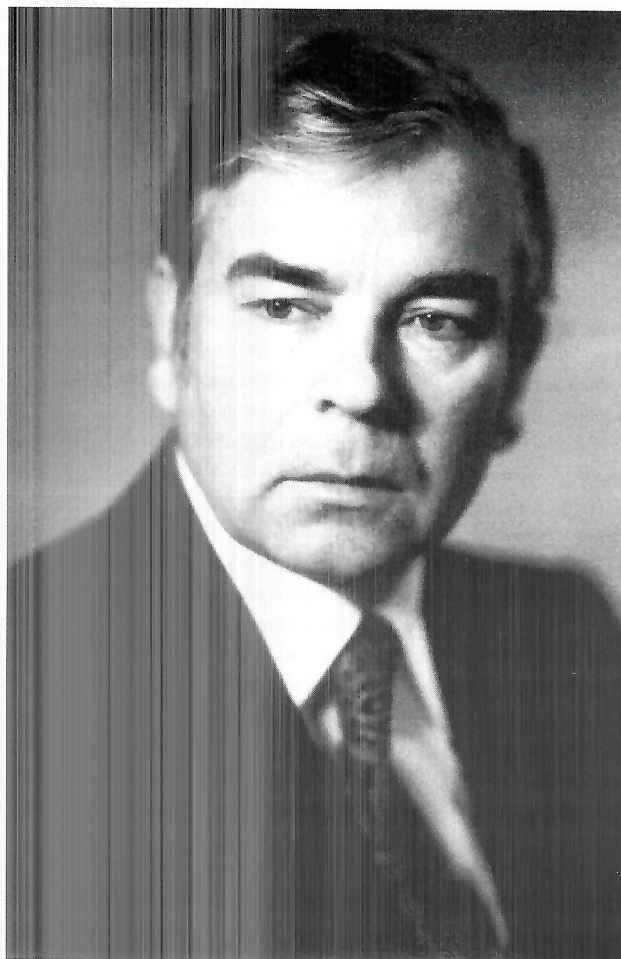
Николай Алексеевич Солодов — создатель минерагении литофильных редких металлов. Он внес весомый вклад в разработку научных основ прогноза, поиска и перспективной оценки редкометалльных месторождений. При его участии были изучены наиболее крупные месторождения тантала, ниобия, лития в Туве, Восточном Забайкалье, Саянах, на Калбе, в Китае и Афганистане.

Н.А.Солодовым были оценены перспективы редкометаллоносности всех крупных редкометалльных провинций России, что позволило сконцентрировать геологоразведочные работы на наиболее актуальных направлениях и локализовать перспективные территории.

В результате тридцатилетних исследований пегматитов главных провинций СССР, КНР и Афганистана Николаем Алексеевичем были выявлены закономерности зонального строения пегматитовых полей, что с успехом используется и в настоящее время при выборе направлений прогнозно-поисковых и разведочных работ, разработана формационно-парагенетическая классификация редкометалльных месторождений, широко применяющаяся как при поисках и перспективной оценке месторождений, так и в научных исследованиях. Им создана научная школа, положившая начало новым подходам к системе изучения минерагении литофильных редких металлов.

Являясь преподавателем Московского государственного открытого университета, Московского геологоразведочного университета (МГГРУ) и Курсов повышения квалификации, он воспитал плеяду высококвалифицированных специалистов в области развития и анализа минерально-сырьевой базы редких металлов России и зарубежных стран.

Н.А.Солодов — автор более чем 250 научных работ, в том числе 25 монографий, которые представляют собой уникальную базу знаний для нынешних и будущих поколений геологов.



Заслуги Николая Алексеевича удостоены правительственными и отраслевыми наградами.

В личной и общественной жизни Николай Алексеевич Солодов был удивительно обаятельным, доброжелательным, чистосердечным человеком. Сотрудники ИМГРЭ глубоко уважали и любили его.

Добрая память о Николае Алексеевиче — выдающемся ученом-геологе и человеке сохранится в сердцах его сослуживцев и коллег.

Выражаем глубокие соболезнования родным, близким друзьям и коллегам Николая Алексеевича Солодова.

*Ученый совет ИМГРЭ
Ученый совет ЦНИГРИ
Президиум МАМР
Редколлегия журнала*

Памяти Бориса Александровича Соколова

11 января 2004 г. на 74 году жизни после тяжелой болезни скончался крупный геолог-нефтяник, член-корреспондент РАН, заведующий кафедрой геологии и геохимии горючих ископаемых геологического факультета Московского государственного университета им. М.В.Ломоносова, доктор геолого-минералогических наук, профессор Борис Александрович Соколов.

В 1948—1953 гг. Б.А.Соколов получил геологическое образование в Московском университете. Основной специальностью его стала геология и разведка нефтяных и газовых месторождений, а его главным учителем и наставником профессор И.О.Брод, под руководством которого Борис Александрович в первые годы своей работы принял участие в составлении и написании монографии «Нефтегазоносные бассейны земного шара», провел исследования по оценке перспектив нефтегазоносности Западной Грузии и прилегающих районов Краснодарского края. По этим материалам он в 1962 г. защитил кандидатскую диссертацию.

В 1962—1964 гг. Б.А.Соколов работал в Пакистане с группой советских геологов, исследовавших тогда еще мало изученные области этой страны. Результатом исследований стала коллективная монография «Очерк геологии Пакистана».

Основным направлением научной деятельности Бориса Александровича стало изучение стадийности развития нефтегазоносных бассейнов различного типа. Он возглавил исследования нефтегазоносности осадочных бассейнов ряда районов Сибирской и Восточно-Европейской платформы, одним из первых обратив внимание на проблемы нефтегазоносности древнейших осадочных образований рифейского и вендского этапов их развития. Тогда же были проведены исследования нефтегазоносности плитных образований Степного Крыма.

В 1978 г. он успешно защитил докторскую диссертацию «Эволюция осадочных бассейнов и ее значение для оценки перспектив нефтегазоносности» и был избран профессором кафедры. Итогом выполненных региональных исследований стал ряд монографических публикаций совместно с якутскими и красноярскими геологами.

Б.А.Соколов впервые обратил внимание исследователей на нефтегазоносность акваториальных бассейнов мирового океана и стал инициатором написания коллективной монографии по этой проблеме, изданной в 1973 г. и позже переведенной на английский язык, а также был одним из авторов монографии «Океан: экономические проблемы освоения» (1975 г.), переизданной за рубежом.

В последние годы Борис Александрович занимался созданием общей теории нефтегазообразования и нефтегазоаккумуляции, разрабатывая флюидодинамическую концепцию этих процессов, отмечая роль рифтогенеза и шарьяжно-покровных движений не только в осадочных образованиях, но и в комплексах фундамента осадочных бассейнов платформенных областей.

В 1992 г. Б.А.Соколов возглавил кафедру геологии и геохимии горючих ископаемых и был избран деканом геологического факультета, проработав в этой должности до конца 2002 г. В трудные годы перестройки в нефтегазовой отрасли и высшем образовании, ему вместе с коллективом факультета при поддержке ректората удалось не только сохранить накопленный опыт организации научного и педагогического процессов, но и развить его путем создания институтов бакалавриата и магистратуры, введения на кафедрах новых специализаций с учетом развития науки и требований практики. В эти годы Борис Александрович был председателем учебно-методического объединения геологических факультетов университетов страны. При его непосредствен-



ном участии разработана концепция высшего геологического образования, утвержденная Министерством природных ресурсов и Министерством высшего профессионального образования Российской Федерации. Много внимания он уделял укреплению международных связей.

Б.А.Соколов стал инициатором проведения на геологическом факультете Московского университета международных научных конференций под общим названием «Новые идеи в геологии и геохимии нефти и газа».

В 1997 г. Борис Александрович был избран членом-корреспондентом Российской Академии наук, академиком Российской Академии наук, Международной академии наук высшей школы и других научных обществ. Он удостоен почетного звания «Заслуженный деятель науки РФ», ему вручен «Орден Почета». Отраслевые министерства и ведомства отметили его труды почетными званиями и наградами. Ученый совет Московского университета присвоил Б.А.Соколову звание «Заслуженный профессор МГУ» и отметил Ломоносовской премией за научные достижения.

Уход из жизни Бориса Александровича Соколова — большая потеря для геологической науки и высшего геологического образования. Памятью ему станут опубликованные им труды, научная и производственная деятельность его учеников и последователей.

*Государственная геологическая служба МПР России
Президиум РАН
Ученый совет МГУ
Ученый совет ЦНИГРИ
Редколлегия журнала*

ВНИМАНИЮ АВТОРОВ!

Требования к статьям, представляемым в редакцию

При оформлении статей необходимо руководствоваться следующими правилами:

1. Рукопись представляется с установленными сопровождающими документами, подписанными руководством организации или лично автором (авторами).

2. Статья подписывается автором (авторами), в конце ее необходимо написать фамилию, имя и отчество автора полностью, место работы, занимаемую должность, ученую степень, адрес и телефоны (домашний и служебный).

3. Объем статьи не должен превышать 15 страниц машинописного текста, включая таблицы, список литературы. Текст печатается через два интервала на одной стороне листа. Оставляются поля: сверху (2 см), снизу (2 см), справа (1 см) и слева (3 см). Все страницы рукописи нумеруются. В редакцию представляются два экземпляра статьи — распечатка с принтера, а также текст на дискете в Text format (*.rtf) или 8,0/98 (*.doc) с использованием шрифта Times New Roman Cyr. (размер 9—10, один межстрочный интервал). В отдельные файлы помещаются статья, таблицы. По окончании работ дискеты по желанию автора возвращаются. Возможна передача статей по электронной почте: E-mail tsnigri@pol.ru, tsnigri@tsnigri.ru.

4. Точность приведенных цитат должна быть заверена подписью автора на полях рукописи, обязательно указывается источник по списку литературы.

5. Математические формулы и химические символы вписываются в текст четко от руки тушью или черными чернилами. Во избежание ошибок следует тщательно писать буквы, имеющие сходные как прописные (подчеркнуть двумя линиями снизу), так и строчные (подчеркнуть сверху) начертания (V, S, O, M, P, Z). Греческие буквы обводятся красным карандашом, латинские — синим (кроме символов химических элементов). Для набора математических формул и химических символов рекомендуется использовать Microsoft Equation 2.0

6. Список литературы дается сквозной нумерацией в алфавитном порядке. Иностранная литература помещается после отечественной. Ссылки в тексте на источник из списка литературы приводятся соответствующим порядковым номером в квадратных скобках. В список не следует включать неопубликованные работы.

7. Рисунки и другие графические материалы (не более 4) прилагаются к статье в двух экземплярах в отдельном конверте. На обратной стороне каждого рисунка карандашом указываются его порядковый номер, фамилия автора и название статьи. Размер оригиналов рисунков не должен превышать формата страницы журнала. Рисунки принимаются в виде фотоконии (на глянцевой бумаге), на дискетах с распечаткой на бумаге. Цифры и буквы в условных обозначениях, вынесенных за пределы рисунка, даются курсивным шрифтом. Текстовые надписи на рисунках набираются на компьютере. Размер букв и цифр должен быть не менее 2 мм. Каждый рисунок помещается в отдельный файл в одном из следующих форматов: TIFF bitmap (*.tif), Paint Brush (*.pcx), Encapsulated Post Script (*.eps), Corel Draw (*.cdr), Диаграмма Microsoft Excel (*.xls). Графика должна быть прямо связана с текстом и способствовать его сокращению. Оформление и содержание иллюстративного материала должны обеспечивать его читаемость после возможного уменьшения.

8. Подрисуночные подписи печатаются на отдельной странице (текстовый файл, после списка литературы). Рисунки, не удовлетворяющие требованиям редакции, возвращаются автору. Ксерокопии и сканированные ксерокопии не принимаются.

УВАЖАЕМЫЕ ЧИТАТЕЛИ!

Вышли из печати книги:

История геологической службы России (1700—2000). Персоналии / В.П.Федорчук. Под редакцией В.П.Орлова. — М.: ООО «Геоинформцентр», 2002. 663 с.

Приведены краткие биографические справки о работниках геологической службы России—СССР—Российской Федерации, внесших значительный вклад в познание геологии и развитие минерально-сырьевой базы страны. Охарактеризованы их научные и производственные достижения, сделанные ими открытия.

Российский металлогенический словарь / И.А.Неженский, И.Г.Павлова, К.А.Марков, К.Б.Ильин, А.И.Кривцов, Ю.Г.Старицкий. Под редакцией А.И.Кривцова. — СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2003. 320 с.

Дано определение около 4000 терминов и понятий, используемых при металлогенических, прогнозных и сопутствующих им исследованиях с учетом современного состояния геологической науки и практики.

Предназначен для широкого круга специалистов в области наук о Земле, чьи творческие и прикладные интересы связаны с металлогенией, прогнозированием, поисками и оценкой месторождений твердых полезных ископаемых, а также многих естествоиспытателей, решающих проблемы выявления и использования ресурсов земных недр.

Л.Ф.Наркелюн. Геолого-технологическая оценка минерального сырья. Учебное пособие. — Чита: ЧитГУ, 2003. 366 с.
Табл. 105, ил. 14, библи. — 96 наим.

Рассмотрены вопросы геолого-технологической оценки минерального сырья наиболее характерных месторождений цветных, редких и благородных металлов. Большое внимание уделено крупным медным, вольфрамовым, молибденовым, свинцово-цинковым и редкометалльным месторождениям Забайкалья. Выделены геолого-генетические критерии руд, и показана их связь с обогащением. Концентрация металлов в рудах, их минеральный состав, парагенетические ассоциации рудных элементов и минералов, формы выделения рудных элементов в минералах, степень окисленности рудных минералов, текстурно-структурные характеристики руд и другие показатели рассмотрены с позиций переработки полезных ископаемых.

ПРАВИТЕЛЬСТВО РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ПОСТАНОВЛЕНИЕ

От 6 апреля 2004 г. № 171
МОСКВА

Вопросы Федерального агентства по недропользованию

В соответствии с Указом Президента Российской Федерации от 9 марта 2004 г. № 314 «О системе и структуре федеральных органов исполнительной власти» Правительство Российской Федерации постановляет:

1. Установить, что Федеральное агентство по недропользованию является федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим функции по оказанию государственных услуг, управлению государственным имуществом, а также правоприменительные функции в сфере недропользования.

2. Федеральное агентство по недропользованию находится в ведении Министерства природных ресурсов Российской Федерации.

3. Федеральное агентство по недропользованию осуществляет свои функции непосредственно и через свои территориальные органы.

4. Основными функциями Федерального агентства по недропользованию являются:

- а) организация работ по воспроизводству минерально-сырьевой базы и ее рациональному использованию;
- б) проведение геологического изучения недр на территории Российской Федерации и континентальном шельфе Российской Федерации;
- в) ведение федерального и территориальных фондов геологической информации о недрах, а также банка данных по вопросам недропользования;
- г) управление в пределах своей компетенции федеральным имуществом в сфере недропользования, в том числе управление государственным фондом недр;
- д) управление государственным имуществом в определенных федеральными законами, актами Президента Российской Федерации и Правительства Российской Федерации пределах и порядке, осуществляя полномочия собственника в отношении федерального имущества, в том числе переданного федеральным государственным унитарным предприятиям, федеральным казенным предприятиям и государственным учреждениям, подведомственным Агентству;
- е) ведение государственного кадастра месторождений и проявлений полезных ископаемых, государственного учета работ по геологическому изучению недр, участков недр, предоставленных для добычи полезных ископаемых, а также для целей, не связанных с их добычей, и включение их в государственный реестр, ведение государственного баланса запасов полезных ископаемых, осуществление мониторинга состояния недр;
- ж) предоставление в установленном порядке права пользования недрами;
- з) оказание государственных услуг, связанных с проведением:
 - в установленном порядке геолого-экономической и стоимостной оценки месторождений полезных ископаемых и участков недр;

государственной экспертизы запасов полезных ископаемых, геологической и экономической информации о предоставляемых в пользование участках недр, а также проектно-сметной документации на ведение работ по геологическому изучению недр.

5. Разрешить Федеральному агентству по недропользованию иметь до 4 заместителей руководителя, а также в структуре центрального аппарата до 4 управлений по основным направлениям деятельности Агентства.

6. Установить предельную численность работников центрального аппарата Федерального агентства по недропользованию в количестве 130 единиц (без персонала по охране и обслуживанию зданий) и предельную численность работников его территориальных органов в количестве 1140 единиц (без персонала по охране и обслуживанию зданий).

7. Согласиться с предложением Министерства природных ресурсов Российской Федерации о размещении центрального аппарата Федерального агентства по недропользованию в г.Москве, ул. Б.Грузинская, д. 4/6, корпуса А и Б.

Председатель Правительства
Российской Федерации
М.Фрадков

ENERGY MINERAL RESOURCES

<i>Aplonov S.V., Lebedev B.A., Timoshenkova N.V.</i> A problem if oil and gas content of Mezensky sedimentary basin	3
--	---

<i>Kravchenko K.N., Ivanova O.V.</i> A comparative analysis of predicting oil and gas content of naphthide basins in the Russian arctic shelf	11
--	----

METALLOGENY AND MINERAGENY

<i>Lavrov M.M., Trofimov N.N., Golubev A.I., Slyusarev V.D.</i> Geology and petrology of Burakovsky layered intrusive	23
--	----

<i>Grushinsky A.N., Stroyev P.A., Koryakin E.D.</i> Structure of the Antarctic Region's lithosphere and its isostatic state	30
--	----

GEODINAMICS AND SEISMICITY

From the Editorial Board.....	37
-------------------------------	----

<i>Sholpo V.N.</i> Progressive role of antagonisms	37
---	----

<i>Sholpo V.N.</i> The role of empiric generalization and hypotheses in geotectonics.....	41
--	----

<i>Baryshev A.N.</i> Subduction and problems of its paleoreconstruction	50
--	----

<i>Gonchar V.V.</i> Of the nature of low-angle dislocation zones in the Verkhoyansk folded area.....	63
---	----

<i>Shempelev A.G.</i> Western Caucasus — geophysical data	69
--	----

HIDROGEOLOGY, ENGINEERING GEOLOGY

<i>Kuzkin V.I., Yarg L.A., Kochetkov M.V.</i> Technogenous weathering of rocks and its impact on engineering and geological conditions of ore deposit exploitation	76
---	----

DISCUSSIONS

<i>Kuchin E.S.</i> The issue of orebodies' formation conditions and location regularities.....	79
---	----

<i>Serezhnikov A.I.</i> On the Earth fluid sphere and the science of fluid sphere geonomy	81
--	----

<i>Bergman I.A.</i> Avoidance of getting contradictory to requirements of the cognition logic (with regard to the paper «On the problem of ferruginous quartzite origin» by N.I.Litovchenko)	85
---	----

60-year anniversary of Grigory Anatolyevich Mashkovtsev ..	90
--	----

CHRONICLE

<i>Pikovskiy Yu.I.</i> The 20 th century's first All-Russian scientific conference on oil and gas origin	91
--	----

REVIEWS

<i>Shumilin M.V.</i> Book «Uranium of Mongolia».....	98
---	----

<i>Utkelbayev T.M.</i> Introduction to the Earth science of the 21 st century with a new (scientific) minerageny of diamonds	99
--	----

In memory of Vladimir Vladimirovich Semenovich	100
--	-----

In memory of Nikolay Alexeevich Solodov	101
---	-----

In memory of Boris Alexandrovich Sokolov.....	102
---	-----