

Отечественная ГЕОЛОГИЯ



Журнал выходит один раз в два месяца

Основан в марте 1933 года

Учредители:

Министерство природных
ресурсов Российской Федерации
Российское геологическое общество

Центральный
научно-исследовательский
геологоразведочный институт
цветных и благородных металлов

6/2007

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор А. И. Кривцов

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

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

МОСКВА

Содержание

Ледовских А.А.

Предисловие к книге Е.А.Козловского «Страны СНГ: исследование недр — стратегическая проблема»

Романченко А.А.

На пути реструктуризации геологической отрасли

МЕТАЛЛОГЕНИЯ И МИНЕРАГЕНИЯ

Иволга Е.Г.

Минерагеническая интерпретация аномалий гравитационного и магнитного полей юга Дальнего Востока России..

Горбачев В.Ф., Лузин В.П., Лисов А.С., Шильников А.А.
Слюдистые каолины Орского Зауралья как перспективный вид сырья для получения мелко- и микроразмерного мусковита

Гаврилов А.А.

Новые данные о структурном положении Кавалеровского и Дальнегорского рудных районов (Приморье)

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВЫЕ РЕСУРСЫ

Якимов А.С., Ермолова Т.Е., Волков Д.С.

Перспективы поиска неантклинальных ловушек в терригенных отложениях верхнего девона и нижнего карбона на северо-востоке Республики Татарстан

СТРАТИГРАФИЯ, РЕГИОНАЛЬНАЯ ГЕОЛОГИЯ И ТЕКТОНИКА

Конанова Н.В.

Плотностные неоднородности литосферы Тимано-Североуральского региона

Дундо Г.П.

Сухарно-бокситовый комплекс в нижнекаменноугольном разрезе северо-западного крыла Московской синеклизы .

Зорина С.О.

О взаимосвязи литологического строения морских осадочных разрезов с эвстатическими колебаниями и тектоническими движениями

Вафин Р.Ф.

Нетрадиционный взгляд на геологическое строение Алданского щита: линеаментная концепция.....

ГИДРОГЕОЛОГИЯ, ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ

3	<i>Островский В.Н.</i> Об условиях формирования питьевых подземных вод в криолитозоне Восточной Сибири	62
5	<i>Лисьева Н.М.</i> Изучение процессов водообмена с помощью метода среднемноголетнего водного баланса (на примере Южного Приуралья).....	67

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

8	<i>Семенов Е.И.</i> Лингвистика минералогических названий	72
---	--	----

ДИСКУССИИ

20	<i>Жирнов А.М.</i> Смена научных парадигм в геологии как фактор прогресса и регресса	74
----	---	----

27	<i>Дерябин Н.И.</i> Критические замечания по тектонике плит с позиции пульсационного развития Земли	81
----	--	----

33	<i>Лесовой Ю.И.</i> К вопросу о «феномене» черносланцевых отложений....	88
----	--	----

33	<i>Кучин Е.С.</i> Есть ли жизнь на Марсе?	95
----	--	----

33	<i>Апанович И.А.</i> Источники достоверности радиологического датирования	96
----	--	----

42	К 100-летию со дня рождения Василия Васильевича Фролова	98
----	---	----

45	К 100-летию со дня рождения Николая Никитича Ростовцева	99
----	---	----

52

55	Список статей, опубликованных в журнале «Отечественная геология» в 2007 г.	101
----	---	-----

Редакция: Р.В.Добровольская, Н.С.Рябова

Верстка и оригинал-макет Н.П.Кудрявцева

Журнал включен в Реферативный журнал и Базы данных ВИНТИ

Подписано в печать 26.11.2007. Формат 60×88/8. Бумага мелованная.
Печать офсетная. Тираж 1000 экз.

А д р е с р е д а к ц и и: 117545 Москва, Варшавское шоссе, 129 кор. 1
Т е л е ф о н: 315-28-47. Факс: 313-18-18. E-mail: tsnigri@tsnigri.ru

Отпечатано ООО «Арт Медиа Хауз»

Предисловие к книге Е.А.Козловского «Страны СНГ: исследование недр — стратегическая проблема»*

А.А.ЛЕДОВСКИХ (Роснедра)

Представляемая книга является результатом глубокого размышления автора о путях развития системы исследования недр как объединяющей силы стран СНГ, учитывая, что минерально-сырьевой комплекс наших стран остается мощным рычагом экономики указанных стран.

Выбор темы автором далеко не случаен. Будучи почти в течение 15 лет министром геологии СССР, профессор Е.А.Козловский досконально знает историю создания минерально-сырьевой базы Советского Союза, ее сильные и слабые стороны, и тот урон, который был нанесен геологии за годы после распада СССР.

На территории бывшего Советского Союза самоотверженным трудом нескольких поколений русских и советских геологов открыты и разведаны более 20 000 месторождений полезных ископаемых, полностью обеспечивавших все отрасли народного хозяйства всех бывших союзных республик. Надо отдать должное разведчикам недр — они при поддержке государства сделали все возможное, чтобы укрепить экономику: страна выстояла в тяжелые годы испытаний, в годы Великой Отечественной войны и послевоенный восстановительный период своего развития.

Следует отметить, что геология в период перестройки пережила не лучшие времена: потеряла в значительной мере материальную базу, снизила уровни восполнения минерально-сырьевых запасов. Сейчас положение несколько поправляется, но еще предстоит многое сделать для того, чтобы восстановить систему исследования недр, поднять научный потенциал и в практических мерах воплотить теоретические замыслы.

Мы многократно обсуждали эти вопросы с крупнейшим геологом, профессором Е.А.Козловским и в предлагаемом труде он излагает свои взгляды на состояние сотрудничества стран СНГ и перспективу их развития. Именно в этом направлении с первых дней своего существования вынуждено было заниматься созданное в конце 1991 г. Содружество Независимых Государств (СНГ). Это его главнейшая приоритетная задача!

Следует отметить, что, несмотря на провозглашенную независимость, в странах Содружества с первого дня их существования не угасало понимание необходимости восстановления тесного сотрудничества и взаимодействия в области исследования недр и недропользования, прерванных в связи с распадом СССР. Поэтому уже в 1997 г. странами СНГ были подписаны: Соглашение о Сотрудничестве в области изучения, разведки и использования минерально-сырьевых ресурсов, Горная Хартия и образован Межгосударственный совет по разведке, использованию и охране недр. Это был оправданный шаг!

Основная цель документов — обеспечить практическую реализацию жизненно необходимого сотрудничества в области изучения недр, обеспечения промышленных предприятий минеральным сырьем, электроэнергией, новыми технологиями добычи, переработки и транспортировки полезных ископаемых.

За 15 лет существования между странами Содружества были подписаны сотни договоров, соглашений, протоколов и т.п. Многие из них явились спасительными для функционирования целых отраслей народного хозяйства ряда стран СНГ, особенно в области энергетики. К сожалению, многие из них оказались нежизнеспособными.

Как нам представляется, для дальнейшего развития эффективного сотрудничества стран Содружества в сфере минеральных ресурсов требуется объективная оценка важнейших показателей и условий, необходимых для сотрудничества, как:

разработка общих принципов исследования недр, исходя из политических и экономических интересов;

* Козловский Е.А. Страны СНГ: исследование недр — стратегическая проблема. —М.: ООО «Центр информационных технологий в природопользовании», 2007. 202 с.

анализ состояния и перспектив развития минерально-сырьевых баз и горнодобывающих комплексов; определение уровня научно-технического и промышленного потенциала и путей его развития в горно-геологических отраслях;

определение состояния, перспектив унификации и сближения нормативно-правовых актов стран СНГ;

разработка перспективных проектов совместных работ в области поиска, разведки и использования минерального сырья.

Примерно эти и другие направления научных исследований в сфере минеральных ресурсов стран СНГ были рассмотрены и одобрены X сессией Межправительственного совета по разведке, использованию и охране недр (4—6 июля 2006 г.).

В книге профессора Е.А.Козловского дается обоснование необходимости углубленного понимания значения минерально-сырьевых ресурсов в развитии стран СНГ, для чего автор приводит анализ широкого спектра вопросов, связанных с оценкой состояния и развития минерально-сырьевой базы мира, России, стран СНГ. Среди них особый интерес представляют такие аспекты проблемы минеральных ресурсов, как: минерально-сырьевые тенденции в мире, агрессивная сущность процессов глобализации; пути развития экономики, оценка состояния и обострение проблем обеспечения минерально-сырьевыми ресурсами экономики стран СНГ; перспективные направления развития сотрудничества стран Содружества в сфере минеральных ресурсов; оценка последствий вступления стран СНГ в ВТО. При этом он обращает внимание на тенденции мировой экономики, в частности, на заинтересованность «золотого миллиарда» в минерально-сырьевых ресурсах стран СНГ и приводит примеры открытых «призывов» к агрессии. Это должно, как считает автор, насторожить специалистов и, естественно, правительственные органы.

Но следует понять, что главное в работе — это разработка идей, объединяющих геологические службы во имя развития экономик стран СНГ: исследование недр должно определяться как важнейшая государственная задача, решение многих проблем технического, технологического и организационного порядков, выбор наиболее удачных решений в науке и практике геологической «жизни».

Автору, как известному специалисту, нельзя отказать в продуманном подборе методов сравнения, обобщения и выборе рекомендательных пожеланий.

Я рассматриваю книгу выдающегося геолога профессора Е.А.Козловского как «пионерный» вариант обсуждавшейся нами тематики «Научное обобщение минерально-сырьевых проблем стран СНГ и повышение уровня сотрудничества». Такое направление получило поддержку на заседании Межправсовета в Минске (4—6 июля 2006 г.)

Работа трудная, тяжелая! Но я думаю, что под руководством профессора Е.А.Козловского она выполнима. Не зря участники заседания с глубокой заинтересованностью восприняли его подключение к этой сложной проблеме.

Хочу выразить надежду, что в результате выполнения этой научно-практической работы будет создан задел для вывода сотрудничества стран СНГ на новый уровень. В этом и заключается задача грандиозной «задумки», а настоящая пионерная работа автора лишний раз убеждает нас в том, что это возможно.

На пути реструктуризации геологической отрасли

А.А.РОМАНЧЕНКО (Роснедра)

В настоящее время вряд ли найдется хоть один специалист любого ранга, который бы не осознавал, что реструктуризация геологической отрасли необходима и неизбежна. Другого подхода к проблеме расширения минерально-сырьевой базы России и повышению эффективности деятельности геологической службы не существует. Это определено общими тенденциями экономического развития страны в целом и различных отраслей промышленности в частности.

Социально-экономическое, геополитическое положение, а также роль нашей страны в мировом сообществе и в настоящее время, и в перспективе в существенной мере определяются ее минерально-сырьевым потенциалом и государственной стратегией его использования. Более того, минерально-сырьевая база — основа нашей национальной безопасности. Добывающими и геологоразведочными отраслями обеспечивается около 30% ВВП и около 50% объема экспорта. Экспорт минерального сырья и продуктов его переработки приносит около 80% валютных поступлений в государственную казну.

Тем не менее, несмотря на всю сверхзначимость отрасли для интересов России, на момент создания Федерального агентства по недропользованию (Роснедра) геологическая отрасль находилась в глубочайшем кризисе. Мы получили в наследство как многочисленные и бесспорные за-воевания российской геологии, так и весь комплекс ее проблем, которые в первую очередь возникли в результате ложного представления, что в стране все есть и запасов достаточно на ближайшие 100—120 лет. Некоторые горячие головы высказывали свои соображения: а нужна ли нам в ближайшие 50 лет геологическая служба?

Разрушение государственной геологической службы привело к тому, что за период перестройки геологические работы сократились в три раза, в результате чего прирост запасов перестал компенсировать добычу почти всех видов полезных ископаемых. Минерально-сырьевая база использовалась недостаточно эффективно.

Со всей остротой всталась проблема воссоздания стратегических запасов минерального сырья. Состояние сырьевой базы многих действующих предприятий ухудшилось, на большинстве горнодобывающих предприятий обеспеченность разведенными запасами достигла критического уровня.

Были резко сокращены отчисления из бюджетного фонда как на воспроизводство минерально-сырьевой базы, так и на научные исследования. При крайне низкой заработной плате в отрасли и нелегких условиях труда началось «вымывание» из геологии наиболее квалифицированных кадров. Люди вынуждены были искать другие способы прокормить свои семьи.

Такое положение продолжалось, и не просто продолжалось, а и усугублялось не один год. Поэтому решение о создании Федерального агентства по недропользованию было крайне своевременным, хотя все понимают, что одним росчерком пера все накопленные годами проблемы решить невозможно.

Очевидно, что прогнозируемый рост мирового потребления природных, в т.ч. минерально-сырьевых ресурсов, дик-

тует необходимость выработки новой минерально-сырьевой политики всеми промышленно развитыми государствами. Все государства вынуждены прежде всего защищать свои интересы. Россия не только не является исключением, но занимает в этой области особое место. Процветание нашей страны в будущем обусловлено теми решениями, которые принимаются уже сегодня. Медленно, но кризис в геологической отрасли преодолевается. Однако проблем, которые ждут своего решения, остается немало.

Чтобы иметь возможность в полной мере обеспечивать решение задач и реализацию функций, возложенных на Роснедра, в частности, по воспроизведству минерально-сырьевой базы, необходимой для выполнения крупнейших проектов, связанных со строительством трубопровода на Восток, развитием сети трубопроводов на Северо-Западе, освоением континентального шельфа; эффективному и продуктивному расходованию ежегодно увеличивающихся объемов финансирования геологоразведочных работ и т.д., должна правильно и слаженно функционировать система управления. В настоящее время, к сожалению, эта система находится не в лучшем состоянии и требует существенной корректировки. Такое положение связано в первую очередь с тем, что по разным причинам происходит последовательное ослабление и переориентация региональных геологических организаций, большая часть которых не находится в ведении Роснедр. Эту ситуацию нужно срочно и кардинально менять.

Так, из-за недальновидной, непродуманной, огульной приватизации в настоящее время большая часть предприятий безвозвратно потеряна для геологической отрасли. Достаточно сказать, что в 1996—2003 гг. в ведении Министерства природных ресурсов России находилось 193 предприятия и 65 учреждений геологического профиля. Из них:

прекратили свое существование или ликвидированы по суду через процедуру банкротства 39 предприятий;

перепрофилировано 3 предприятия;

передано в собственность субъектов Российской Федерации 5 предприятий;

реорганизовано в форме присоединения или слияния 35 предприятий;

приватизировано или находится в стадии приватизации 89 предприятий.

Та же участь постигла и ряд учреждений, обеспечивавших слаженную и продуктивную деятельность геологической службы.

Из МГР России в ведение Роснедр в 2004 г. было передано 22 предприятия и 4 учреждения, что явно недостаточно для обеспечения решения задач и реализации функций, возложенных на Роснедра.

Анализ деятельности геологоразведочных предприятий, изменивших свой юридический статус в процессе приватизации, проведенной с середины 1990-х до начала 2000-х годов показывает, что наряду с незначительными позитивными результатами, такими как:

рост активности компаний в работе с другими организациями различных форм собственности в сфере недрополь-

зования по вопросам выполнения государственных заказов по геологическому изучению недр;

существенное расширение спектра оказываемых ими услуг;

оптимизация системы управления предприятиями.

Значительно возрастают и негативные последствия:

изменение предприятием профиля своей деятельности вплоть до полного ее прекращения (так как возраст сотрудников предприятий геологической отрасли в основном составляет 50—65 лет);

потеря недвижимого имущества, геологического оборудования и снаряжения;

переход квалифицированных специалистов в другие сферы экономики приводит к резкому снижению качества выполняемых работ по государственным заказам;

погоня за получением «быстрых денег» в значительной степени наносит вред природе, экологии окружающей среды при освоении новых площадей;

охотное участие частных компаний в разработке месторождений высоколиквидного сырья (золото, платина, алмазы, нефть, газ и др.) и нежелание включать в сферу своей деятельности освоение других видов полезных ископаемых, необходимых для обеспечения безопасности России;

не разрабатываются новые и не совершенствуются известные методы и методики ведения геологоразведочных работ и др.

Очевидно, что одной из главных организационных задач, стоящих перед Роснедрами в настоящее время, является реструктуризация и укрепление действующих геологических организаций, формирование эффективного и конкурентоспособного научно-производственного потенциала геологической отрасли.

На начальном этапе реструктуризации отрасли, как представляется автору данной публикации, под эгидой Роснедр необходимо создать холдинг как наиболее совершенную структуру, обеспечивающую эффективную систему управления производством, в котором необходимо объединить все предприятия геологической отрасли, прошедшие процесс акционирования со 100%-ным капиталом (акций), принадлежащим государству. При этом сохраняются Федеральные государственные унитарные предприятия (ФГУП) с последующей, на втором этапе, их приватизацией (включенные в прогнозный план-программу) как наиболее авторитетная составляющая Роснедр, обеспечивающая научно-методический уровень работ, отвечающий мировым стандартам.

На сегодняшний день руководство такими предприятиями с момента их включения в Прогнозный план (программу) приватизации осуществляет Росимущество, отстранив тем самым Роснедра от управления геологическими предприятиями.

Это лишь краткое перечисление проблем, остро стоящих перед отечественной геологической отраслью. Понятно, что львиную их долю решает и будет решать Федеральное агентство по недропользованию.

Цель реструктуризации отрасли — необходимость приведения структуры подведомственных Роснедрам предприятий в соответствие со стратегическими целями государственной политики в области использования минерального сырья и недропользования, предусмотренными распоряжением Правительства Российской Федерации от 21 апреля 2003 г. N 494-р «Основы государственной политики в области использования минерального сырья и недропользования».

Для обеспечения эффективной, качественной и оперативной деятельности по исследованию недр и воспроизведству минерально-сырьевой базы страны необходимо восстановление системы исследования недр, основанной на создании опорных баз по исследованию недр в минерально-сырьевых регионах, использованию существующих геологических организаций для выработки научно обоснованных направлений геологоразведочных работ и выполнения конкретных задач. Анализ систем организации геологических служб за рубежом, в странах, близких России по размерам и минерально-сырьевому потенциалу, показал, что созданная в США модель рационального использования недр наиболее адаптирована для Российской Федерации.

Преобразование структуры подведомственных Роснедрам предприятий вызвано объективной необходимости концентрации научного, производственно-технического и технологического, а также кадрового потенциала предприятий отрасли. Именно в этом направлении сосредоточены усилия центрального аппарата агентства, руководителей предприятий в последние годы.

Деятельность Роснедр направлена на реализацию всех функций, определенных положением о Федеральном агентстве по недропользованию. Работы по геологическому изучению недр и воспроизводству минерально-сырьевой базы осуществляются в соответствии с положениями «Долгосрочной государственной программы изучения недр и воспроизводства минерально-сырьевой базы России» подведомственными организациями отрасли на основе баланса потребления и воспроизводства минерального сырья и соответствующего бюджетного финансирования.

Так, затраты федерального бюджета на геологическое изучение недр и воспроизводство минерально-сырьевой базы в 2006 г. выросли в 1,5 раза по сравнению с 2005 г., более чем в 3 раза по сравнению с 2004 г. и составили 16,4 млрд.руб. В 2007 г. объем финансирования увеличился до 20 млрд.руб. К освоению огромных денежных средств, выделяемых Правительством Российской Федерации, привлекаются не только подведомственные Роснедрам предприятия, но и организации различной организационно-правовой формы, не находящиеся в ведении Роснедр, но обеспечивающие выполнение ряда геологических задач новейшими методами, такими как аэросъемка, космосъемка и др.

Для объединения усилий всего геологического сообщества России, оказания действенной и эффективной помощи руководству Роснедр может быть актуальным создание некоммерческой структуры — Ассоциации Российских геологических предприятий.

Создание же холдинга обеспечит координацию деятельности российских геологических организаций в сфере исследования недр, воспроизводства минерально-сырьевой базы и недропользования, защиту интересов геологических предприятий — членов Ассоциации при реализации инвестиционных проектов в тендерах, аукционах и конкурсах на проведение геологоразведочных, научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, проведение и опубликование на основании независимых экспертиз финансово-экономических заключений рейтингов геологических организаций.

Вместе с тем, на период создания этих организаций с целью принятия конкретных решений, обеспечивающих их стабильное функционирование на длительный период, необходимо временно приостановить процесс приватизации в геологической отрасли. Незначительные потери в ее темпах обязательно приведут к повышению качества предлагаемой реструктуризации в организационной и научно-производственной сферах деятельности Роснедр.

Предполагается поддержание эффективной связи между отраслью и научной общественностью по вопросам развития отрасли, оказание помощи в издании методической, нормативной и учебной литературы, содействие во взаимном обмене научными разработками, информацией, консультациями для приумножения знаний в этой отрасли, обобщение опыта отдельных геологических организаций для совершенствования геологоразведочных и научно-исследовательских работ, а также проведение связанных с этим маркетинговых исследований, изучение и анализ предпринимательской деятельности, аналитические и экспертные исследования. Особое внимание необходимо обратить на вопросы обучения в геологических вузах страны и на курсах повышения квалификации. На смену нынешнему поколению геологов должны прийти хорошо образованные специалисты, владеющие всеми новейшими методами ведения геологоразведочных работ. При этом есть убежденность, что значительно более оперативно и эффективно будут решаться поставленные Роснедрами задачи.

Будет проанализировано применение действующих в данной области нормативных актов и внесены предложения по их совершенствованию. Планируется установление и развитие деловых связей не только с иностранными партнерами и общественными кругами, но и с объединяющими или представляющими их организациями, участие в работе различных международных организаций.

Предполагается ведение негосударственного реестра российских геологических предприятий, финансовое и экономическое положение которых свидетельствует об их надежности как партнеров в профильной деятельности для

предпринимательской деятельности в России и за рубежом, оказание информационных и консультационных услуг по вопросам организации и ведения геологической деятельности, изучения рынков, издание газет, журналов и других печатных материалов для обеспечения геологической деятельности, содействие развитию системы образования и подготовки кадров для геологической отрасли, организация экспертиз проектно-сметной документации геологических и других работ. В этом случае будут исключены недобросовестная конкуренция и неделовое партнерство.

Холдинг как организация задуман как единый живой организм, способствующий реальному сотрудничеству стран СНГ в геологической сфере, который позволит, помимо всего прочего, объединить кадровые и финансовые усилия, что особенно важно на смежных, крупных и многопрофильных объектах, избегая при этом недобросовестной конкуренции, которая вредит всем, в т.ч. и заказчикам.

Автор статьи надеется, что со временем Холдинг сможет участвовать и в решении важнейших геополитических проблем России. Речь идет об активном продвижении на восток, в Азиатско-Тихоокеанский регион, чему будет способствовать интенсификация всех видов геологоразведочных работ, что повлечет за собой создание необходимой инфраструктуры, обеспечивающей развитие региона. Восток страны крайне медленно осваивается. Здесь низкая плотность населения. Так что, это один из действенных способов закрепления экономических интересов, поскольку одними политическими средствами ситуацию удержать не удастся.

Думаю, выражу общее мнение представителей геологической общественности, руководителей предприятий и учреждений, подведомственных Роснедрам, широкой геологической общественности о том, что предлагаемая реструктуризация геологической отрасли непременно приведет в ближайшее время к расширению минерально-сырьевой базы России и, как следствие, к приумножению ВВП государства.

Металлогения и минерагения

УДК 553.087:(550.312+550.387)

© Е.Г.Иволга, 2007

Минерагеническая интерпретация аномалий гравитационного и магнитного полей юга Дальнего Востока России

Е.Г.ИВОЛГА (Институт тектоники и геофизики им. Ю.А.Косыгина ДВО РАН)

Предложен оригинальный методический подход анализа гравитационного и магнитного полей для металлогенических целей на примере юга Дальнего Востока России. Анализ выполнен на двух иерархических уровнях — региональном и локальном. На региональном уровне предложен путь перехода от районирования физических полей к металлогеническому районированию. На основе комплексного гравимагнитного районирования выделены типы геофизических районов и определена их металлогеническая специализация (построены диаграммы спектра и экстенсивности оруденения). Это позволяет рассматривать геофизические районы как металлогенические подразделения (уровень металлогенической области), характеризующиеся разноуровневыми региональными неоднородностями земной коры.

На локальном уровне исследован характер выраженности рудных районов с разными типами эндогенного оруденения в локальных аномалиях гравитационного поля (минимумах, максимумах, градиентах). Анализ показал, что все виды эндогенного оруденения разделились на две группы: элементы, для которых преобладающие аномалии рудоконтроля определились, и элементы, для которых такие аномалии выделить не удалось. Показано, что тип аномалий гравитационного поля указывает не столько на вид оруденения, сколько на особенности его рудно-магматической системы. Минимумы — это мезозойские очаговые структуры; зоны градиентов — тектонические разломы (гидротермальные, гидротермально-метаморфогенные системы); максимумы — в зависимости от принадлежности к геологической структуре — это блоки плотных осадочно-метаморфогенных пород (метаморфогенные, метаморфогенно-гидротермальные рудные системы), очаговые структуры палеозойского возраста. Обращается внимание на то, что при определении границ рудных районов необходимо привлекать карты локальных аномалий гравитационного поля, поскольку такие карты позволяют уточнить указанные границы с учетом распределения неоднородностей земной коры.

Результаты выполненного анализа могут быть использованы при металлогенических исследованиях регионального и среднемасштабного уровня в регионе для создания среднемасштабных прогнозных моделей разных типов оруденения и формирования их геолого-геофизических поисковых комплексов, а предложенный методический подход анализа указанных полей может быть применен в других регионах.

Многообразие существующих способов использования информации геофизических полей для прогнозно-металлогенических целей отражает два основных подхода, когда информация полей используется: 1) в интерпретируемом виде путем создания вещественно-структурных моделей; 2) в неинтерпретируемом виде путем использова-

ния неоднородностей самих полей. Настоящие исследования выполнены по второму направлению. Информация полей не заменяет интерпретационные геофизические модели, а является дополнительным материалом для оперативного выделения общих пространственно-площадных закономерностей рудлокализации разных классов рудных объектов. Актуальность исследований обусловлена слабой изученностью региона глубинными методами (небольшое число профилей ГСЗ и МТЗ). Поэтому информация полей еще долго будет применяться с целью прогнозных построений, в связи с чем, с одной стороны, важно оценить разрешающую возможность такой информации для металлогенических целей, а с другой, требуется разработка нетрадиционных подходов анализа для выделения «рудной» составляющей из гравитационного и магнитного полей.

Поводом к выполнению указанных исследований послужили результаты работ по количественному прогнозированию на основе ГИС-технологий [5, 7], в процессе которых были доказаны прогностические возможности разных элементов полей. Однако ввиду того, что для оперативных прогнозных оценок, как правило, ГИС-технологии не используются, перед данными исследованиями ставилась цель — изучить возможности качественного анализа гравитационного и магнитного полей для решения металлогенических задач путем изучения выраженности рудных объектов в физических полях на примере юга Дальнего Востока России.

Тектоническая позиция и особенности металлогении региона. Регион размещается в зоне сочленения Алдано-Станового щита, Центрально-Азиатского и Тихоокеанского складчатых поясов. В качестве главных тектонических элементов, согласно работе [17], здесь выделяются: юго-восточная часть докембрийской Сибирской платформы; Цзямусы-Малохинганский, Ханкайский и Охотский палеозойские массивы, Монголо-Охотский (восточная ветвь), Верхояно-Колымский (южная часть), Сихотэ-Алинский орогенные пояса и наложенные плутонические или вулкано-плутонические пояса — Восточно-Сихотэалинский, Охотско-Чукотский, Становой, Алданский. Согласно металлогеническому районированию В.И.Сухова [13], территория размещается в пределах Внешней и Переходной мегазон Тихоокеанского рудного пояса, отличающихся структурными геодинамическими и металлогеническими особенностями. Внешняя мегазона представляет собой дискретно размещенные ареалы рудоносности, отвечающие крупным блокам литосферы, которые чаще ортогонально ориентированы относительно простирания тихоокеанских структур. Металлогеническая специализация таких блоков характеризуется парагенезами сидерофильных (P-Fe-Ti, Fe, Mn, Mo, C), халькофильных (Cu, Pb-Zn,) и лиофильных (TR, RM, W, Sn, Mo, F) рудных элементов. Переходная мегазона носит характер, резко на-

ложенный на окраину континента, и отвечает тихоокеанскому структурному направлению, отражая крупную структурную перестройку, произошедшую в процессе глобально проявленной тектономагматической активизации. Металлогенез мегазоны в значительной степени унаследована от Внешней мегазоны с существенно возросшей ролью парагенезов (Au, Ag, Cu-Mo, Sn-Cu-Pb-Zn).

Большинство исследователей основную металлогенезию региона связывает либо с орогенным этапом развития территории (субдукция или коллизия плит), либо с периодами тектономагматической активизации (внутриплитные эндогенные процессы). Наиболее продуктивный период — мезозойский [1, 16].

Использованные материалы и методика исследований. Для анализа применялись изданные карты: гравитационного поля масштаба 1:2 500 000, аномального магнитного поля масштаба 1:2 500 000 [9], карта локальных аномалий гравитационного поля $\Delta G_n - \Delta G_{R=50 \text{ км}}$ [18], горизонтального градиента гравитационного поля, локальных аномалий магнитного поля $\Delta T - \Delta T_{R=50 \text{ км}}$, металлогеническая масштаба 1:1 500 000, регистрационная 1:1 500 000; схема металлогенического районирования масштаба 1:10 000 000 [13].

Анализ выраженности металлогенических объектов в физических полях выполнялся на основе изучения региональной составляющей полей Δg и ΔT и локальной составляющей поля ΔG . Реализован методический принцип соответствия уровня изучаемого металлогенического подразделения уровню физических неоднородностей полей.

Изучение региональных особенностей полей ΔG и ΔT проводилось на основе их комплексного районирования (рис. 1, А), что позволило выделить геофизические районы (геофизические типы полей), характеризующие разноглубинные неоднородности территории.

По уровню интенсивности поле ΔG разделено на три класса: 1) области положительного поля Δg интенсивностью до 40 мгл; 2) области слабо отрицательного поля интенсивностью 0...–60 мгл; 3) области резко отрицательного поля интенсивностью ниже –60 мгл. Резко отрицательное поле характерно для интрузивных и интрузивно-вулканогенных поясов и ареалов мезозойского магматизма — Джугджуро-Становой минимум Станового гранит-зеленокаменного пояса; Куйдусунский — Верхоянско-Колымского орогенного пояса; Баджальский — зона сочленения Цзямысы-Малохинганского массива с Сихотэ-Алинским орогенным поясом. Для них характерна повышенная мощность земной коры и высокая степень насыщения гранитоидными образованиями [3, 14]. Положительное поле охватывает три типа структур: окраинно-материковую зону (вулканогенные пояса), где отмечается сокращение мощности земной коры и литосфера в целом; наложенные молодые кайнозойские впадины (области континентального рифтогенеза), Цзямысы-Малохинганский и Ханкайский палеозойские массивы со средней мощностью земной коры и увеличенной мощностью литосферы [11]. Слабо отрицательное гравитационное поле наблюдается на большей части территории складчатых поясов и жестких структур, характеризующихся дифференцированной мощностью земной коры.

Указанным областям гравитационного поля соответствует 6 типов аномальных площадей магнитного поля, которые отличаются по уровню интенсивности и морфо-

логии (см. рис. 1, А). По соотношению указанных типов гравитационного и магнитного полей на рассматриваемой территории выделено 16 геофизических районов (рис. 1).

Проведен анализ распределения рудных объектов (месторождения и рудопроявления) с различными видами оруденения в выделенных геофизических районах (см. таблицу). Для каждого типа определялись экстенсивность оруденения (число рудных объектов на единицу площади) и спектр рудной минерализации, на основании процентного соотношения видов оруденения. Экстенсивность оруденения показана радиусом круговой диаграммы, а видовой его состав — площадью сегмента круга, отражающей его процентное соотношение в общем спектре рудоносности. На основе указанных признаков составлена карта металлогенической специализации геофизических районов (см. рис. 1, Б), где для каждой выделенной области приведены два ведущих элемента специализации и номер геофизического района.

В выделении самих геофизических районов приоритетное значение имеет магнитное поле как более чувствительное к неоднородностям земной коры, а поэтому более информативное с позиций металлогенезии.

Анализ выраженной рудных объектов в локальных элементах поля выполнялся на основе анализа карт локальных аномалий, показавшего, что совместное рассмотрение аномалий гравитационного и магнитного полей невозможно, поскольку они характеризуют рудные объекты разного иерархического уровня. Следовательно, исследования ограничены только аномалиями гравитационного поля.

Был проанализирован стандартный набор элементов, наиболее часто используемый в геологической практике: локальные максимумы, локальные минимумы (карта локальных аномалий $G_n - G_{R=50 \text{ км}}$ [18]), зоны градиентов (карта полного горизонтального градиента). Карты локальных аномалий указанного радиуса осреднения выбирались по результатам количественного прогнозирования. Аномалии этого уровня отражают неоднородности средней коры, ответственной за формирование и рудную специализацию рудно-магматических систем. Размеры аномалий указанной карты, согласно работе [13], ближе всего соответствуют размерам рудного района — металлогенической зоны ($600—2000 \text{ км}^2$). Поскольку границы рудного района, выделенного на основе карты рудоносности и аномалий поля, не всегда совпадают (отражают разноглубинные объекты), основное внимание обращалось на наличие связей, а не на соответствие границ.

Приуроченность рудных районов и металлогенических зон с разным типом оруденения к указанным элементам гравитационного поля показаны на рис. 2. Результаты анализа приведены в виде диаграмм, которые отражают процентное соотношение определенных типов оруденения, относительно указанных элементов поля (рис. 3).

Обсуждение результатов. Согласно таблице, ширина спектра (число видов оруденения) выделенных геофизических районов изменяется от 7 до 3 видов. Подавляющее большинство районов (80%) имеют ширину спектра от 3 до 5 элементов. В группу с широким спектром попало 20% районов, из них 7 элементов характерно для одного района (1), а шесть — для двух (4, 9).

По экстенсивности оруденения (размер круга) районы разделились на 5 групп (очень низкая, низкая, средняя, высокая и очень высокая). В группу очень низкой экстенсивности попало 33% районов с Mo и Au-Mo-рудной специа-

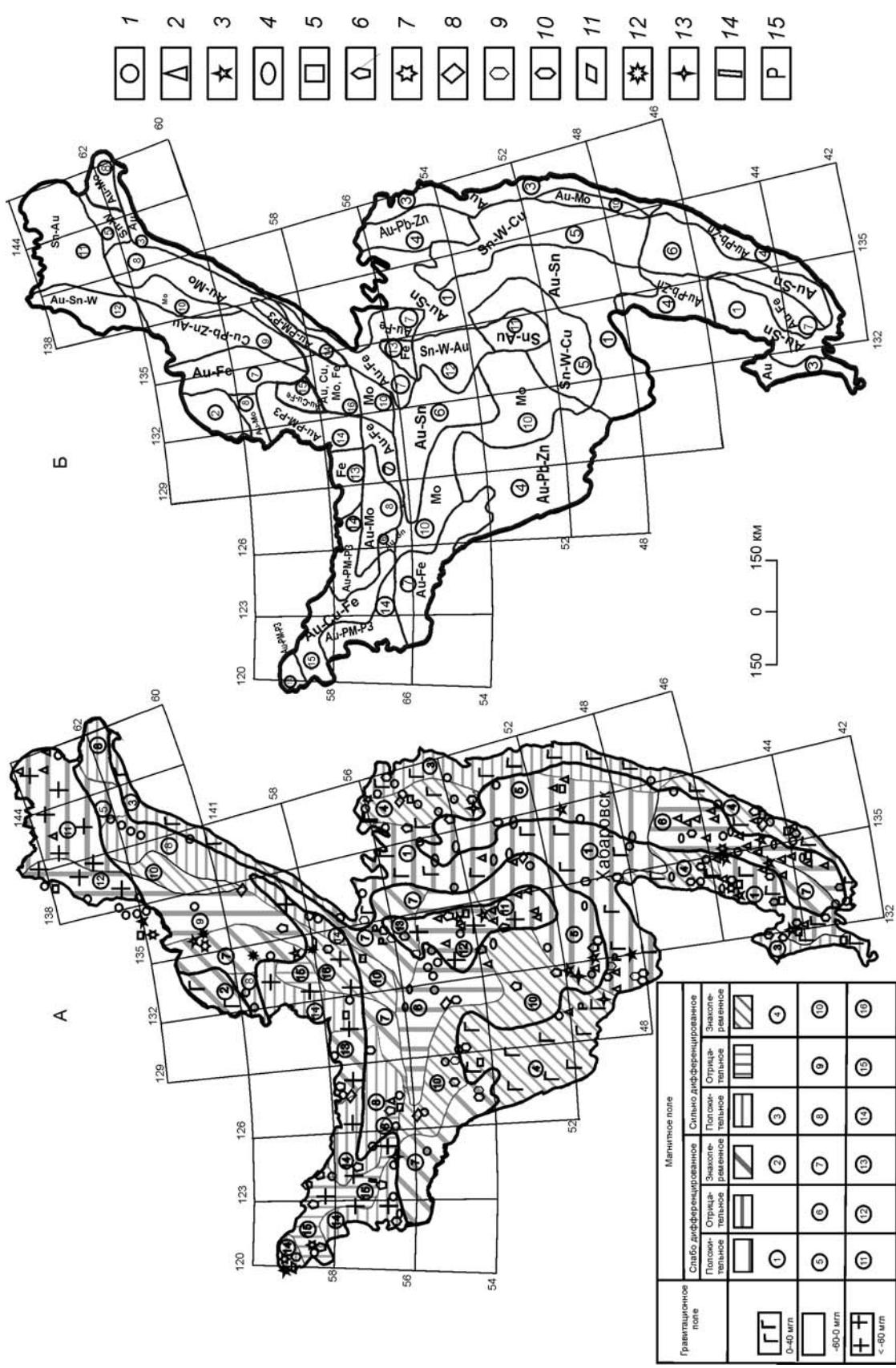


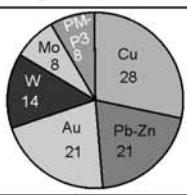
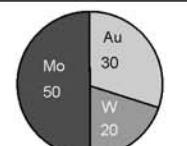
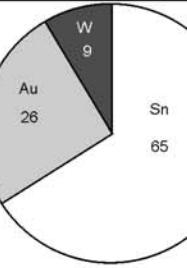
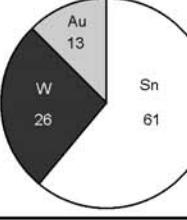
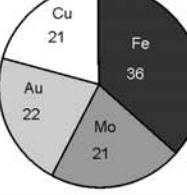
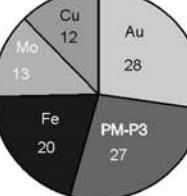
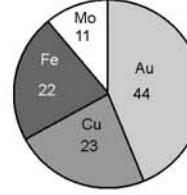
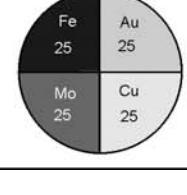
Рис. 1. Районирование (А) и металлогеническая специализация (Б) физических полей:

месторождения: *I* — золота, *2* — олова, *3* — редких металлов, *4* — вольфрама, *5* — полиметаллов, *6* — молибдена, *7* — редких земель, *8* — меди, *9* — марганца, *10* — железа, *11* — титана, *12* — платины, *13* — ртути, *14* — никеля, *15* — фосфора; цифры в кружках — геофизические районы

Геофизическая и металлогеническая характеристики разных типов геофизических полей юга Дальнего Востока России

Тип геофизического района	Тип геологической структуры по [7]	Преобладающая минерализация	Экстенсивность и спектр рудоносности, %																
1 Положительное гравитационное поле до 40 мгл и слабо дифференцированное положительное магнитное поле до 1 нТл	1. Самарка-Ванданская зона Сихотэ-Алинского ОП 2. Ниланская и Ульбанская зоны Монголо-Охотского ОП 3. Ханкайский массив 4. Малохинганский блок Цзямысы-Малохинганского массива	Au-Sn	<table> <tr><td>PM-P3</td><td>5%</td></tr> <tr><td>Au</td><td>35%</td></tr> <tr><td>Sn</td><td>20%</td></tr> <tr><td>Fe</td><td>10%</td></tr> <tr><td>Mo</td><td>10%</td></tr> <tr><td>Pb-Zn</td><td>5%</td></tr> <tr><td>Cu</td><td>2%</td></tr> <tr><td>W</td><td>1%</td></tr> </table>	PM-P3	5%	Au	35%	Sn	20%	Fe	10%	Mo	10%	Pb-Zn	5%	Cu	2%	W	1%
PM-P3	5%																		
Au	35%																		
Sn	20%																		
Fe	10%																		
Mo	10%																		
Pb-Zn	5%																		
Cu	2%																		
W	1%																		
3 Положительное гравитационное поле до 40 мгл и сильно дифференцированное положительное магнитное поле до 10 нТл	1. Кава-Ямская зона Охотского массива 2. Совгаванская, Нижнеамурская зоны Восточно-Сихотэ-Алинского ВП	Au	<table> <tr><td>Fe</td><td>8%</td></tr> <tr><td>Pb-Zn</td><td>9%</td></tr> <tr><td>Sn</td><td>8%</td></tr> <tr><td>Au</td><td>75%</td></tr> </table>	Fe	8%	Pb-Zn	9%	Sn	8%	Au	75%								
Fe	8%																		
Pb-Zn	9%																		
Sn	8%																		
Au	75%																		
4 Положительное гравитационное поле до 40 мгл и сильно дифференцированное знакопеременное магнитное поле от -10 до 10 нТл	1. Аргуно-Мамынские, Турано-Чжангуанцайлинские массивы 2. Аргуно-Мамынский массив 3. Бикинская подзона Самарка-Ванданской зоны, Северно-Сихотэ-Алинская подзона Журавлевско-Амурской зоны Сихотэ-Алинского ОП 4. Амур-Кавалеровская зона Восточно-Сихотэ-Алинского ВП	Au-Pb-Zn	<table> <tr><td>Mo</td><td>11%</td></tr> <tr><td>W</td><td>11%</td></tr> <tr><td>Fe</td><td>11%</td></tr> <tr><td>Cu</td><td>11%</td></tr> <tr><td>Pb-Zn</td><td>25%</td></tr> <tr><td>Au</td><td>31%</td></tr> </table>	Mo	11%	W	11%	Fe	11%	Cu	11%	Pb-Zn	25%	Au	31%				
Mo	11%																		
W	11%																		
Fe	11%																		
Cu	11%																		
Pb-Zn	25%																		
Au	31%																		
5 Отрицательное гравитационное поле до 60 мгл и слабо дифференцированное положительное магнитное поле до 1 нТл	1. Куйдусунская и Кава-Ямская ВЗ Охотского массива 2. Малохинганский блок Цзямысы-Малохинганского массива 3. Северно-Сихотэ-Алинская, Восточно-Сихотэ-Алинская, Ванданская, Самаркинская подзоны Сихотэ-Алинского ОП	Sn-W	<table> <tr><td>Au</td><td>7%</td></tr> <tr><td>Cu</td><td>14%</td></tr> <tr><td>Sn</td><td>42%</td></tr> <tr><td>Mo</td><td>14%</td></tr> <tr><td>W</td><td>21%</td></tr> </table>	Au	7%	Cu	14%	Sn	42%	Mo	14%	W	21%						
Au	7%																		
Cu	14%																		
Sn	42%																		
Mo	14%																		
W	21%																		
6 Отрицательное гравитационное поле до 60 мгл и отрицательное слабо дифференцированное магнитное интенсивностью до 1 нТл	1. Самарка-Ванданская и Журавлевско-Амурская зоны Сихотэ-Алинского ОП 2. Кербинская, Ниланская зоны, Монголо-Охотской ОП 3. Сулукский блок	Au-Sn	<table> <tr><td>W</td><td>20%</td></tr> <tr><td>Sn</td><td>40%</td></tr> <tr><td>Au</td><td>40%</td></tr> </table>	W	20%	Sn	40%	Au	40%										
W	20%																		
Sn	40%																		
Au	40%																		
7 Отрицательное гравитационное поле до 60 мгл и знакопеременное магнитное от -1 до +1 нТл	1. Учуро-Майский прогиб Алданской плиты 2. Купуринский, Баладекский блоки, Удинская ВЗ Становой гранит-зеленокаменной области 3. Уда-Сунтарская, Ульбанская зоны, Баладекский блок Становой гранит-зеленокаменной области	Au-Fe	<table> <tr><td>PM-P3</td><td>14%</td></tr> <tr><td>Pb-Zn</td><td>15%</td></tr> <tr><td>Mo</td><td>15%</td></tr> <tr><td>Fe</td><td>28%</td></tr> <tr><td>Au</td><td>28%</td></tr> </table>	PM-P3	14%	Pb-Zn	15%	Mo	15%	Fe	28%	Au	28%						
PM-P3	14%																		
Pb-Zn	15%																		
Mo	15%																		
Fe	28%																		
Au	28%																		
8 Отрицательное гравитационное поле интенсивностью до 60 мгл и сильно дифференцированное положительное магнитное поле до 10 нТл	1. Нутская подзона на фундаменте Ульинской ВЗ Охотского массива 2. Ульинская ВЗ Охотского массива 3. Учуро-Майский прогиб Алданской плиты 4. Мульмугинский, Иликанский блоки Становой гранит-зеленокаменной области	Au-Mo	<table> <tr><td>Cu</td><td>15%</td></tr> <tr><td>Fe</td><td>15%</td></tr> <tr><td>W</td><td>15%</td></tr> <tr><td>Mo</td><td>27%</td></tr> <tr><td>Au</td><td>27%</td></tr> </table>	Cu	15%	Fe	15%	W	15%	Mo	27%	Au	27%						
Cu	15%																		
Fe	15%																		
W	15%																		
Mo	27%																		
Au	27%																		

Продолжение таблицы

Тип геофизического района	Тип геологической структуры по [7]	Преобладающая минерализация	Экстенсивность и спектр рудоносности, %
9 Отрицательное гравитационное поле до 60 мгл и сильно дифференцированное отрицательное магнитное поле до 10 нТл.	1. Нельканская, Сетте-Дабанская, Южно-Верхоянская зоны Верхояно-Колымского ОП	Cu-Pb-Zn-Au	
10 Отрицательное гравитационное поле до 60 мгл и сильно дифференцированное знакопеременное магнитное поле от -10 до 10 нТл	1. Майский выступ фундамента Охотского массива 2. Аргуни-Мамынкий массив 3. Турено-Чжангуанчайлинский массив	Mo-Au	
11 Отрицательное гравитационное поле ниже 60 мгл и слабо дифференцированное положительное магнитное поле до 1 нТл	1. Северная часть Куйдусунской ВЗ Охотского массива 2. Баджальская ВЗ Сихотэ-Алинского ОП 1. Верхне-Индигирская зона Верхояно-Колымского ОП	Sn-Au	
12 Отрицательное гравитационное поле ниже 60 мгл и слабо дифференцированное отрицательное магнитное поле до -1 нТл	1. Южно-Верхоянская зона Верхояно-Колымского ОП 2. Селенга-Кербинская зона Монголо-Охотского ОП 3. Сулукский блок	Sn-W	
13 Отрицательное гравитационное поле ниже 60 мгл и слабо дифференцированное знакопеременное магнитное поле, от -1 до 1 нТл	1. Сутамский, Холбоюхский, Туксанинский блоки Становой гранит-зеленокаменной области	Fe-Au-Mo	
14 Отрицательное гравитационное поле ниже 60 мгл и сильно дифференцированное положительное магнитное интенсивностью до 10 нТл	1. Тырканский блок Алдано-Станового щита 2. Джугджурский, Удско-Майский блоки, Предджугджурская ВЗ Алдано-Станового щита 3. Иликанский, Мульмугинский блоки Становая гранит-зеленокаменная область 4. Олекминская ГЗО	Au-PM-P3	
15 Отрицательное гравитационное поле ниже 60 мгл и сильно дифференцированное отрицательное магнитное до -10 нТл	1. Олекминская и Становая гранит-зеленокаменные области	Au-Cu-Fe	
16 Отрицательное гравитационное поле ниже 60 мгл и резко дифференцированное знакопеременное магнитное от 10 до -10 нТл	1. Тырканский, Чогарский, Удско-Майский блоки Алдано-Станового щита	Fe-Au-Mo-Cu	

Примечание. В таблице (колонка 1) поставлены номера, соответствующие рис. 1; приняты сокращения: ОП — орогенный пояс; ВП — вулканогенный пояс; ВЗ — вулканическая зона.

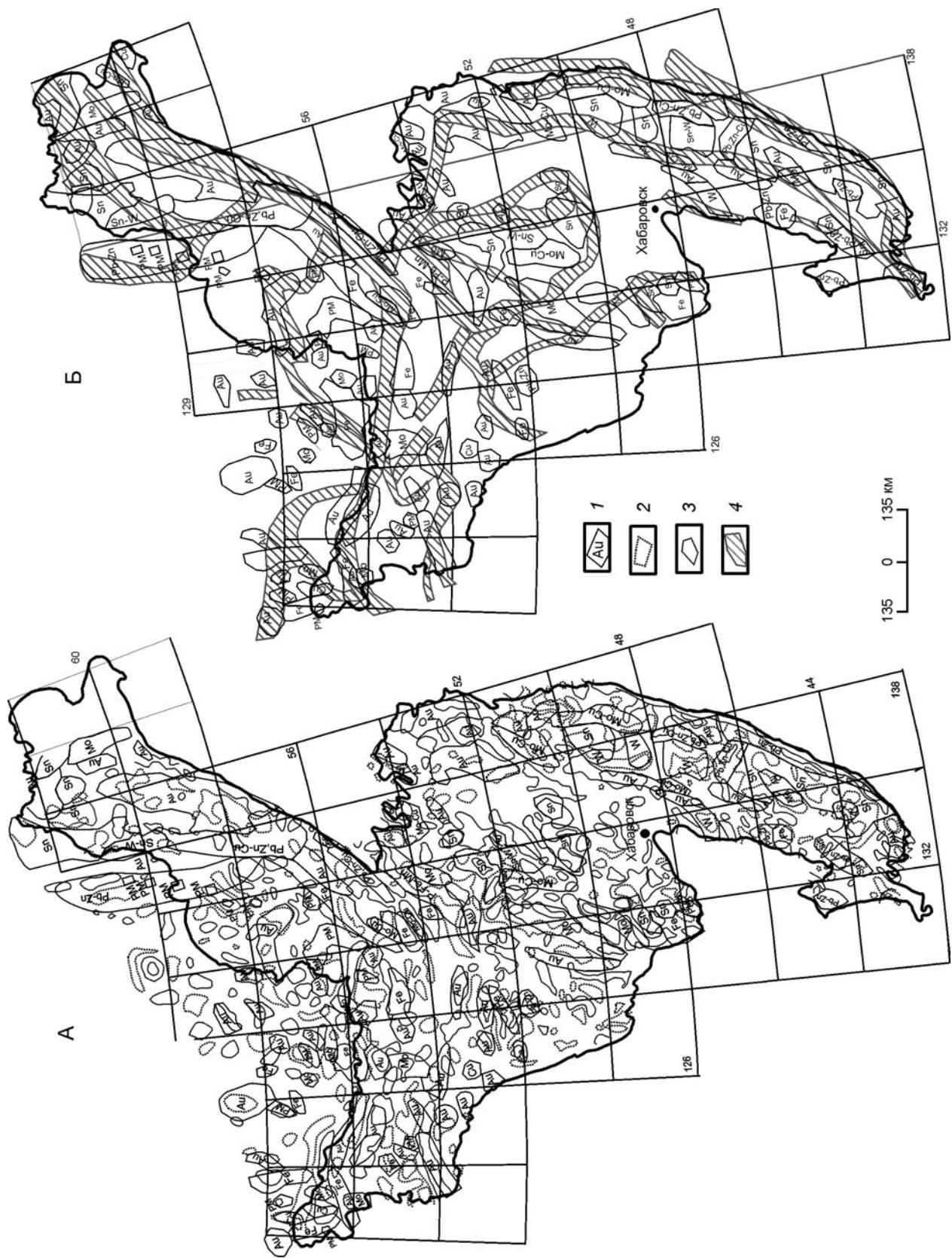
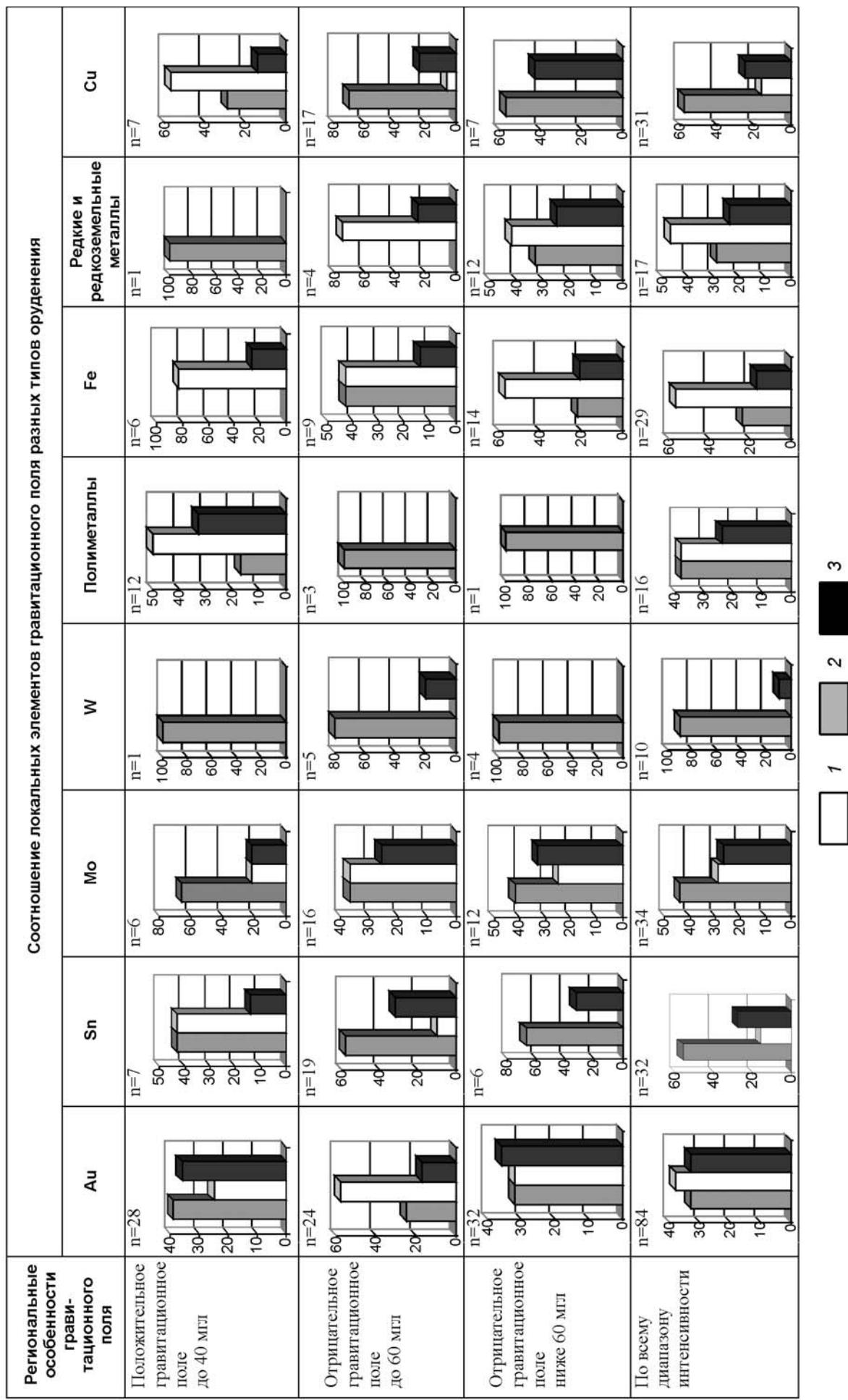


Рис. 2. Позиция рудных районов относительно локальных элементов гравитационного поля:

1 — рудные районы и их специализация; локальные аномалии (А) гравитационного поля $G_h - G_r = 50 \text{ km}$; 2 — отрицательные; 3 — положительные; 4 — региональные зоны градиентов (Б) гравитационного поля



лизацией; низкой — 27% районов с преимущественно Au-Sn; средней — 15% районов с Au-Fe-Cu; высокой — 14% Fe-Au-редкометалльно-редкоземельной; очень высокой — 11% Sn-Au-рудной.

Выполненный анализ позволяет отметить следующие особенности:

1. Золотая минерализация является общим металлогеническим фоном для всего рассматриваемого региона, в том или ином процентном соотношении она характерна для всех выделенных геофизических районов.

2. Геофизические районы 11, 12, 5 характеризуются оловянной минерализацией: 11 — Sn-Au; 12 — Sn-W; 5 — Sn-W-Au. Районы с крупным промышленным оруденением характеризуются наибольшей экстенсивностью и размещаются в пределах региональных минимумов поля ΔG (Баджальский, Комсомольский рудные районы, Кулу-Ямская металлогеническая зона).

3. Для геофизических районов 8, 10 характерна Mo или Au-Mo минерализация, низкая экстенсивность и средний по широте спектр оруденения (3—5); они размещаются в близкой тектонической обстановке, в пределах жестких структур — областей Алдано-Станового щита и палеозойских массивов.

4. Районы 1, 6 характеризуются Au-Sn минерализацией, близкой экстенсивностью и видовым составом минерализации, но отличаются числом элементов рудного спектра; размещаются в разных орогенных поясах — краевой части Тихоокеанского и на восточном обрамлении Центрально-Азиатского.

5. Для районов 7, 13, 15, 16 характерен сложный видовой состав оруденения, но типоморфным элементом является железо (13, 7 — Fe и Au-Fe, а 15, 16 — Au-Cu-Fe, последний с молибденом). Они характеризуются близким спектром оруденения по ширине рудного спектра и составу, но различаются экстенсивностью. В тектоническом отношении размещаются в гранит-зеленокаменной области Алдано-Станового щита. По преобладанию медной минерализации к последним двум типам тяготеет район 9, характеризующийся близкой шириной спектра и экстенсивностью, но несколько отличающийся составом оруденения (Cu-Pb-Zn-Au) и местоположением (Южно-Верхоянская зона Верхояно-Колымского пояса).

6. Районы 14 с золото-редкометалльно-редкоземельной минерализацией характеризуются высокой экстенсивностью, размещаются в гранит-зеленокаменных структурах Алдано-Станового щита и контролируются региональным Джугджуро-Становым минимумом гравитационного поля. По составу, широте спектра, тектонической позиции они близки к предыдущей группе.

7. Для районов 3 с ярко выраженной золотой (золотосеребряной) специализацией характерны широкий спектр оруденения, низкая экстенсивность; размещаются они в пределах окраинных вулкано-плутонических поясов, в областях положительного гравитационного и дифференцированного интенсивного магнитного полей.

8. Достаточно обоснованную позицию занимают районы 4 с золотополиметаллической минерализацией, широким спектром минерализации, очень низкой экстенсивностью; размещаются они на обрамлении массивов Турган-Чжангуанцайлинского, Цзямысы-Малохинганского, Ханкайского, Сергеевского блока.

Анализ полученных материалов показывает, что широта спектра рудной эндогенной минерализации находится в

прямой корреляции с уровнем гравитационного поля и в обратной с экстенсивностью. Наиболее широкий спектр рудной минерализации характерен для областей положительного поля, средний — слабо отрицательного, наиболее узкий — для районов сильно отрицательного гравитационного поля (см. рис. 2). В настоящее время в объяснении природы региональных областей разуплотнения доминируют две основные причины — изменение мощности земной коры [2, 10] и насыщенность земной коры образованием гранитоидного состава разной природы [6, 8, 14, 15, 16], количественный вклад которых определяется на основе количественной интерпретации с привлечением данных других методов [2, 4, 12]. Выявленная тенденция позволяет говорить о том, что с понижением уровня гравитационного поля более четко проявляется рудная специализация геофизических районов. Однако пространственная приуроченность рудных объектов к тектоническим структурам показывает, что конкретный видовой спектр оруденения определяется не только степенью разуплотнения (гранитизации) и мощностью земной коры, но и характером субстрата, в котором она проявилась. Например, рудная минерализация в пределах Станового минимума носит сидерофильтро-халькофильтральный характер, соответствующий мафическому составу докембрийской коры, а Куйдусунского, Баджальского, Сихотэ-Алинского минимумов — халькофильтро-литофильтральный, соответствующий мафическо-салическому составу палеозойской коры.

Таким образом, выделенные геофизические типы полей (геофизические районы) — это блоки земной коры, характеризующиеся близкими физическими неоднородностями, в которых могут развиваться рудогенерирующие структуры с определенным спектром рудных элементов.

Для определения пространственного размещения более локальных объектов внутри выделенных блоков изучалась локальная составляющая гравитационного поля. Выраженность площадей с различным типом оруденения (районов) в локальных особенностях полей анализировалась с двух позиций:

изучение возможности выделения преобладающего элемента гравитационного поля для разных типов оруденения как индикатора преобладающей геологической структуры контроля рудного района (см. рис. 3);

изменение соотношения указанных аномалий для разных типов рудных объектов в зависимости от их принадлежности к типу тектонических структур [17] (рис. 4).

Основные результаты выполненного анализа сводятся к следующему:

1. Золоторудные районы выражены всеми тремя видами локальных аномалий и развиты во всех геологических структурах. Для них не характерно четкое преобладание какого-то одного элемента. Локальные минимумы ΔG больше всего развиты в пределах положительного регионального поля, локальные максимумы — отрицательного, зоны градиентов — резко отрицательного поля (см. рис. 3). В пределах Алдано-Станового щита преобладающим рудоконтролирующим элементом являются локальные максимумы, а в пределах Центрально-Азиатского и Тихоокеанского тектонического и вулкано-плутонических поясов — локальные минимумы. Контроль золотого оруденения градиентными зонами характерен для всех тектонических структур за исключением редуцированных блоков массивов [11]. Градиентные зоны (зоны разломов) разделяют крупные блоки земной коры, протяженность их со-

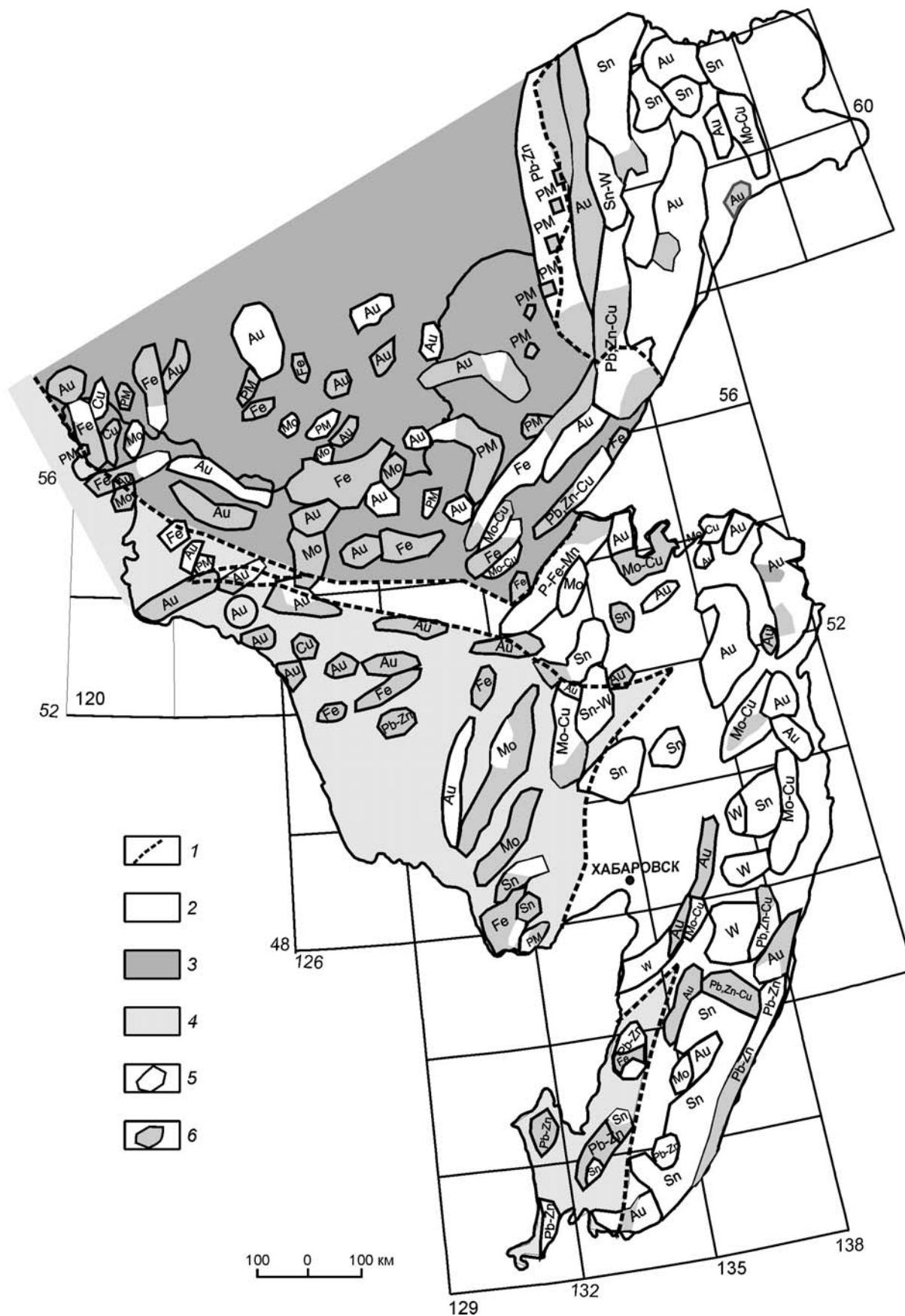


Рис. 4. Пространственное положение рудных районов разной выраженности в тектонических структурах:

1 — границы тектонических структур; 2 — Тихоокеанский складчатый пояс; 3 — Алдано-Становой щит; 4 — Центрально-Азиатский складчатый пояс; рудные районы, выраженные локальными аномалиями гравитационного поля $G_h - G_{r=50 \text{ км}}$; 5 — отрицательными, 6 — положительными; см. услов. обозн. к рис. 2

ти километров, ширина десятки километров и перепад поля силы тяжести десятки миллигаль. Такие зоны часто осложнены изгибами, расхождением изоаномал с образованием двойной гравитационной ступени, появлением внутри градиента небольших локальных аномалий разного знака.

Главная особенность рудоконтроля золоторудных районов во всех тектонических структурах — наличие региональных линейных зон разломов, обеспечивающих транспортировку вещества и энергии не только корового, но и мантийного происхождения.

2. Подавляющее большинство оловорудных районов вне зависимости от уровня регионального гравитационного поля и типа тектонических структур контролируется локальными минимумами гравитационного поля (Баджальский, Комсомольский, Ям-Алинский, Буту-Копинский районы), что связывается с существованием в верхней (средней) коре структур очагового типа [3]. В то же время во всех указанных обстановках, а в области положительного поля жестких массивов в преобладающем количестве существует группа районов, где эти минимумы четко не выражены (Хинганский), или проявлены локальными максимумами гравитационного поля (Вознесенский). Крупномасштабные исследования в них показывают [6, 12], что характеристика оловорудных районов связана не столько с отсутствием очаговых структур вообще, сколько с особенностями их проявленности. Верхний структурный ярус указанных районов сложен породами повышенной плотности и только при снятии гравитационного эффекта от верхней высокоплотной части разреза в пределах Кавалеровского и Вознесенского рудных районов в остаточном гравитационном поле начинают проявляться локальные отрицательные аномалии, обусловленные очаговыми магматическими структурами среднего уровня коры. Для оловорудных районов преобладающим рудоконтролирующим элементом гравитационного поля являются локальные гравитационные минимумы, интерпретируемые большинством исследователей как очаговые коровые структуры, часто тяготеющие к градиентным зонам.

3. Вольфрамовые объекты вне зависимости от типа вмещающих геологических структур (орогенный пояс мезозойского возраста) и уровня поля контролируются локальными гравитационными минимумами — очаговыми магматическими структурами.

4. Рудные районы молибденового оруденения проявлены всеми элементами гравитационного поля, но преобладают локальные минимумы во всех группах региональных полей. Локальные элементы в тектонических структурах распределяются следующим образом: для Алдано-Станового щита и Центрально-Азиатского пояса характерно преобладание локальных максимумов и зон градиентов ΔG , а для Тихоокеанского и вулкано-плутонических поясов — локальных минимумов и зон градиентов ΔG . При этом для рудоконтроля важны не столько линейные, сколько кольцевые зоны градиентов на границе положительных и отрицательных локальных аномалий. Большинство молибденовых рудных районов размещается в осадочно-метаморфических блоках древних структур, в обрамлении предполагаемых гранитоидных интрузий на периферии очаговых структур, или на активизированном основании древнего фундамента.

5. Для полиметаллического оруденения доминирующего контроля не выявлено: объекты поровну разделились

между локальными минимумами и локальными максимумами. В складчатых поясах, которые характеризуются отрицательным региональным полем, они тяготеют к локальным минимумам, а в древних жестких структурах и окраинных вулкано-плутонических поясах — к локальным максимумам. Это, вероятно, отражает условия формирования двух ведущих генетических типов оруденения региона — гидротермального, связанного с гранитоидным магматизмом (минимумы), и скарново-метасоматического, где обширные карбонатные образования создают локальные положительные аномалии.

6. Для железорудных районов основным типом рудоконтролирующих аномалий являются положительные локальные аномалии, которые характерны для всех уровней региональных полей и тектонических структур. Локальные минимумы значимо проявились лишь в области отрицательного поля в пределах активизированных блоков Алдано-Станового щита (см. рис. 4). Природа положительных локальных аномалий разная и зависит от принадлежности аномалий к тектоническим структурам и генетического типа оруденения: одни аномалии связаны с габбро-анортозитовыми интрузивами, а другие — с плотными блоками осадочно-метаморфических пород, третьи — с зонами скарнов и т.д.

7. Для большинства рудных районов редкометалльного и редкоземельного оруденений, вне зависимости от особенностей регионального гравитационного поля (глубинных неоднородностей) и типов вмещающих тектонических структур, главным рудоконтролирующим элементом являются локальные максимумы. Указанные объекты и по проявленности, и по условиям размещения (Алдано-Становой щит и палеозойские массивы Центрально-Азиатского складчатого пояса) близки к железорудным районам.

8. Важнейшие рудоконтролирующие элементы медного оруденения — локальные минимумы и зоны градиентов. Они преобладают во всех структурах и региональных полях за исключением области положительного регионального поля в пределах Восточно-Сихотэ-Алинского вулкано-плутонического пояса. Градиентные зоны большое значение имеют для всего Тихоокеанского тектонического пояса.

Анализ пространственного размещения рудных районов разной минерализации, локальных аномалий поля ΔG и магматизма в пределах различных тектонических структур (см. рис. 4) показывает следующее. Для **Алдано-Станового щита** выделяется три возрастных уровня рудных объектов — архейский, протерозойский и мезозойский. Локальные максимумы характерны для районов, в пределах которых магматические образования на поверхности отсутствуют. Им соответствуют блоки плотных метаморфизованных образований (Ломамский, Джелтулинский, Нелюки-Ималыкский, Крестяхский железорудные районы) с древним метаморфогенным оруденением. Большинство локальных минимумов на поверхности отмечены телами мезозойских магматических гранитов среднекислого или кисло-щелочного состава (Становой, Алданский интрузивные пояса), что дает основание предполагать их очаговую природу (Центрально-Алданский, Оноконский золоторудные районы, и др.). Имеет место также ситуация, когда молодые граниты встречаются в пределах локальных максимумов (Верхне-Сутамский, Дамбукинский), что, вероятнее всего, обусловлено небольшой мощностью гранитоидных тел, которые не проявились в аномалиях

рассматриваемого глубинного уровня. Районы с протерозийским метаморфогенно-гидротермальным оруденением отмечаются как максимумами (Джелтулинский), так минимумами (Нюкжа-Зверевская металлогеническая зона, Одолгинский), на периферии которых выходят граниты палеозойского и мезозойского возрастов. Все это в совокупности может указывать на длительность и полиформационность образования оруденения в указанных районах. Преобладающим элементом рудоконтроля в целом для Алдано-Станового щита являются локальные максимумы (Au, Mo, Fe, элементы редкометалльно-редкоземельного ряда, Cu). Оруденение, как правило, тяготеет к зонам градиентов, соответствующим глубинным разломам — Олекминский, Становой, Джелтулинский. Локальные минимумы имеют важное значение для медного и частично золотого оруденения. Таким образом, устанавливается тенденция связи гравитационных аномалий с возрастом оруденения: древнему оруденению больше соответствуют максимумы, а молодому — минимумы, что для палеозойского однозначно не устанавливается.

Особенностью Алдано-Становой области является также и то, что здесь в наибольшей степени наблюдается несовпадение границ геофизических аномалий и рудных районов, оконтуренных по прямой рудоносности. Например, границы Геранского молибден-медного района проходят вкрест аномалий гравитационного поля. Однако, анализируя пространственное распределение указанной рудоносности в целом, можно видеть, что оруденение приурочено к периферии локального минимума. Это относится и к Верхне-Сутамскому золоторудному и Сутамскому молибденовому районам, которые металлогенистами рассматриваются как разные рудные районы, в то же время они находятся в разных частях одного максимума (одной геологической структуры). Аяно-Шевлинская металлогеническая зона наложена на разные геологические структуры. Сехтакский титано-магнетитовый район и южная часть Аяно-Шевлинской медно-полиметаллической зоны находятся в границах единой положительной аномалии, а северная ее часть с медно-золотым оруденением контролируется широтным локальным минимумом. Рудные районы Кондер, Инглийский и Юдомо-Майский расположены в единой положительной аномалии с тремя локальными максимумами разной интенсивности. В данном случае интенсивность аномалий может указывать на разный уровень эрозионного среза единой рудно-магматической системы: максимальный — для района Кондер и минимальный — для Инглийского, что не противоречит наблюдаемой на поверхности формационной принадлежности магматических пород (ультраосновные для Кондера, щелочные для Инглийского).

Для Центрально-Азиатского складчатого пояса характерно сочетание локальных минимумов и локальных максимумов с преобладанием последних. Оруденение района связано с двумя возрастными периодами магматизма — палеозойским и мезозойским. Все районы с поверхности за редким исключением имеют магматическую выраженность. Большинство районов, связанных с мезозойским магматизмом (Соловьевский, Талданский, Дуссе-Алинский), вне зависимости от вида оруденения проявлены гравитационными минимумами. Там, где на поверхности встречаются палеозойские гранитоиды — локальными максимумами (Чагоянский, Быссинский, Верхне-Селемджинский, Вознесенский). Имеется достаточно боль-

шая группа районов, где на поверхности встречены оба возрастных комплекса. В этом случае в зависимости от объемов господствующего магматизма районы могут быть проявлены или максимумами (Биджанский, Эзопский), или минимумами (Ям-Алинский), или сочетанием аномалий обеих знаков (Притуранская зона, Акишма-Ниманская, Спасская).

В пределах *Тихоокеанского складчатого пояса* подавляющая часть рудных районов выражена минимумами гравитационного поля, которые с поверхности контролируются разнообъемным мезозойским магматизмом. Локальные максимумы большей частью характерны для районов, приуроченных к зонам градиентов, «трассирующихся» на поверхности выходами неоген-четвертичных молодых базальтов. Зоны градиентов здесь имеют разную геологическую природу: в одних случаях это пограничная зона континент—океан, а в других — внутриконтинентальные разломы, сопровождающиеся молодым вулканизмом. Локальными минимумами проявлены рудные районы Sn, W, полиметаллов; локальными максимумами — Au, Fe, Mo.

Восточно-Сихотэ-Алинский и Охотско-Чукотский наложенные вулкано-плутонические пояса по особенностям выраженности рудных районов не отличаются от вмещающих их орогенных поясов. Однако на рассматриваемом глубинном уровне в пределах указанных поясов аномалии гравитационного поля группируются в две параллельные полосы. Вдоль побережья протянулась цепочка положительных локальных аномалий, контролируемая зоной регионального градиента. В глубь континента она сменяется поясом обширных отрицательных аномалий. На поверхности обеим типам аномалий соответствуют широкие поля вулканитов. Прибрежная зона северного Сихотэ-Алиня отличается от сопредельных районов тем, что в ее пределах на побережье наблюдается не положительные, а отрицательные локальные аномалии, т.е. характер границы континент—океан здесь не похож на границы других регионов побережья, а Нижнеамурский рудный район имеет своеобразную глубинную структуру. Большинство рудных объектов континентальной части пояса выражено локальными минимумами, а прибрежной — локальными максимумами, расположенными вдоль пограничной региональной зоны градиента (полиметаллические, медные, золоторудные).

Выполненный анализ показал, что все рудоносные площади по особенностям преобладающего контроля локальными элементами гравитационного поля делятся на три класса: 1) преимущественно контролируемые локальными минимумами — Sn, W, Cu; 2) преимущественно контролируемые локальными максимумами — железо, редкоземельно-редкометалльное оруденение; 3) группа, для которой рудоконтролирующий класс аномалий столь четко не выделяется — молибден, полиметаллы, золото. Зоны градиентов играют важную роль в первую очередь для золота, а также молибдена, полиметаллов, группы редких и редкоземельных металлов.

Преобладание рудоконтролирующего элемента поля для определенного вида оруденения указывает на доминирующий вид рудно-магматической системы — очаговой, метаморфогенной, гидротермально-метаморфогенной, гидротермальной. Площадные параметры аномалий близки металлогеническому подразделению рудный район, тип неоднородностей отражает характер контролирующей его геологической структуры.

В заключение можно сделать следующие выводы:

1. Выполненный способ изучения раздельной выраженности рудных объектов в двух иерархических уровнях поля — региональном и локальном (геофизические районы и аномалии), позволяет геофизически (на основе физических неоднородностей) качественно охарактеризовать два иерархических уровня металлогенических объектов — металлогеническая область и рудный район. В дальнейшем количественная оценка параметров геологических неоднородностей и привязка их по глубине возможна на основе построения интерпретационных вещественно-структурных моделей.

2. Выявленные связи между типами полей и их рудной специализацией можно использовать при формировании среднемасштабных прогнозных моделей в качестве региональных геофизических критериев, где геофизические неоднородности отражают характер глубинной структуры, а металлогеническая специализация — ожидаемые виды оруденения.

3. Особенности контроля локальными гравитационными аномалиями разных типов оруденения могут быть использованы в качестве районных геофизических критериев, где геофизический тип аномалии отражает геолого-генетический тип рудоконтролирующей структуры, а конкретная рудная проявленность — ожидаемый тип месторождений.

4. Общее соотношение локальных рудоконтролирующих элементов гравитационного поля изменяется от древних структур к молодым: в древних большинство видов оруденения выражено максимумами поля ΔG_a в молодых — минимумами, что подтверждает мнение [13] о преобладании в древних сооружениях линейно-метаморфогенных рудоносных структур, а в молодых — очаговых.

5. В гравитационном поле хорошо выражены молодые мезозойско-кайнозойские очаговые структуры, палеозойские либо проявлены очень слабо, либо не выделяются вовсе. Для их выделения требуются специальные нестандартные подходы интерпретации. С учетом сказанного в некоторых случаях выраженность рудных районов в гравитационном поле может быть использована для ранжирования рудоконтролирующих структур по возрасту, особенно в древних сооружениях.

6. По соотношению выраженности рудных районов рассмотренными элементами гравитационного поля можно также косвенно судить об условиях и глубине формирования рудно-магматических систем. Рудные районы, приуроченные к протяженным зонам градиентов (разломов), вероятнее всего, имеют мантийный или мантийно-коровый уровень заложения рудно-магматических систем (характерно для древних структур); если районы контролируются локальными минимумами (очаговыми структурами) — мантийно-коровый, коровый уровень заложения рудно-магматических систем.

7. Приведенные материалы показывают (см. рис. 3), что для выделения границ рудных районов необходимо учитывать локальные аномалии гравитационного поля, в частности, карты локальных аномалий $G_h - G_{R=50 \text{ км}}$, которые отражают особенности глубинной коровой структуры кон-

тролирующей рудный район. Границы районов, выделенные по прямым признакам [13], часто или объединяют разные глубинные обстановки (разные аномалии), или одна аномалия разбивается на разные районы с разными условиями образования.

Работа выполнена в рамках проекта ДВО РАН 06-1-ОНЗ-113.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бакулин Ю.И. Систематизация оловоносных и золотоносных рудных систем для целей прогнозирования. —М.: Недра, 1991.
2. Брянский Л.И. Плотностная структура земной коры и верхов мантии восточной окраины Азиатского континента. —Владивосток: Дальннаука, 1995.
3. Глубинная структура рудных районов очагового типа: Центрально-азиатский сегмент Тихоокеанского рудного пояса. —М.: Наука, 1992.
4. Глубинное геолого-геофизическое картографирование при среднемасштабных геологосъемочных работах. —Владивосток: Дальннаука, 2002.
5. Иволга Е.Г. Геофизическая выраженность металлогенических зон и рудных районов юга Дальнего Востока России, ее прогнозная реализация с использованием ГИС ПАРК / Тезисы докладов Международной геофизической конференции. —С.-Пб., 2000. С. 523—525.
6. Иволга Е.Г. Оценка перспектив глубинной рудоносности промышленных рудных районов на базе объемного геофизического картирования / Вопросы геологии, металлогении, поисков и оценки месторождений Дальнего Востока. —Хабаровск, 2002. С. 84—95.
7. Иволга Е.Г. Возможности прогнозирования рудных районов и металлогенических зон юга Дальнего Востока на основе анализа физических полей с использованием компьютерных технологий // Тектоника, глубинное строение и геодинамика Востока Азии: IV Косыгинские чтения. —Хабаровск, 2003. С. 327—345.
8. Изучение объемного строения эндогенных рудных районов при геолого-съемочных работах. —С.-Пб., 2000.
9. Карта аномального магнитного поля ΔT_a СССР. Континентальная часть и некоторые прилегающие акватории. Масштаб 1:2 500 000. —Л., 1977.
10. Лишневский Э.Н. О некоторых особенностях строения земной коры и размещении оловянного и золотого оруденения на Дальнем Востоке в свете гравиметрических данных // Докл. АН СССР. Т. 181. 1968. № 6. С. 1455—1458.
11. Малышев Ю.Ф. Типы земной коры Восточной Азии и их геологическая интерпретация // Тихоокеанская геология. 2001. № 6. С. 3—16.
12. Манилов Ф.И., Саксин Б.Г. Объемное геолого-геофизическое картирование (на примерах Буреинского и Ханкайского массивов). —Владивосток, 1984.
13. Металлогения Дальнего Востока России. —Хабаровск, 2000.
14. Павлов Ю.А., Рейнлиб Э.Л. Гравитационные аномалии и гранитоидный магматизм юга Дальнего Востока. —М.: Наука, 1982.
15. Петрищевский А.М. О гранитах, гранитизации и природе региональных разуплотнений земной коры на Дальнем Востоке // Геотектоника. 1985. № 5. С. 80—91.
16. Романовский Н.П. Петрофизика гранитоидных рудно-магматических систем Тихоокеанского пояса. —М.: Наука, 1987.
17. Тектоника, глубинное строение, металлогения области сочленения Центрально-Азиатского и Тихоокеанского поясов. Объяснительная записка к Тектонической карте масштаба 1:1 500 000. —Владивосток—Хабаровск, 2005.
18. Тектоническая природа геофизических аномалий Дальнего Востока. —М., 1984.

Слюдистые каолины Орского Зауралья как перспективный вид сырья для получения мелко- и микроразмерного мусковита

Б.Ф.ГОРБАЧЕВ, В.П.ЛУЗИН (ЦНИИГеолнеруд), А.С.ЛИСОВ, А.А.ШИЛЬНИКОВ (ООО «Компания Вотемиро»)

К мелкоразмерным слюдам относят их пластинчатые частицы площадью менее 4 см^2 . Однако для технических целей требуется также дисперсная слюдяная продукция размерами частиц в доли миллиметра, которые в России получают путем помола (сухой и мокрый) на специальном техническом оборудовании. Пригодность слюдяного продукта для изготовления того или иного материала или изделия определена требованием потребителей, наиважнейшими из которых обычно являются: преобладающая размерность частиц, их толщина, белизна, адгезийные свойства, удельная поверхность, химический состав.

Ежегодно в мире производится и потребляется более 200 тыс.т мелкоразмерного мусковита. Большая часть производства приходится на США и Канаду (150 тыс.т). Наряду с этим мелкоразмерный мусковит получают и во многих других странах (Китай, Республика Корея, Тайвань, Франция, Испания). Применяется мелкоразмерный мусковит в качестве наполнителя при производстве кровельных материалов, цемента, электродов, пластмасс, обоев, керамики, резины, эмалей, красок, буровых растворов, строительных материалов и др. Структура потребления может быть рассмотрена на примере США: изготовление цемента 44%, красок и лаков 30%, полимеров 3%, буровых растворов 5%, прочих изделий и материалов 18%.

Продуктивными являются четыре главные группы геологических формаций: 1) гранитные пегматиты — источник листовой слюды и скрапа — отходов добычи и переработки листового (пластины площадью более 4 см^2) мусковита, идущего на производство дробленой и молотой слюды; 2) грейзены с мелкоразмерным мусковитом, извлекаемым попутно с минералами цветных и редких металлов; 3) слюдистые сланцы с неисчерпаемыми запасами мелкоразмерного мусковита; 4) коры выветривания пород, содержащих мелко- и микроразмерный мусковит (серицит).

За рубежом мелкоразмерный мусковит добывают в основном из грейзенизованных гранитов, содержащих его до 15%, и как попутный компонент при обогащении первичных (элювиальных) каолинов. Примеры слюдоносного элювия известны во многих странах [10, 11, 12, 13].

В России запасы мелкоразмерного мусковита составляют 9,76 млн.т категории В+С₁, из них в Иркутской области 82,8%, Читинской 10,7%, Свердловской 6,3%, Мурманской и Карелии 0,2%. При этом в России нет ни одного целенаправленно разведенного месторождения мелкоразмерного мусковита, приуроченного к формациям коры выветривания. Однако имеются сведения о том, что на месторождении Голец Центральный (Иркутская область) помимо первичных (слюдистые сланцы) выделены и выветрелые руды мощностью 6—16,5 м при содержании мусковита 20,7% [3].

Явно недостаточно изученные серицитсодержащие каолины с телами серицититов (выветрелых серицитолитов) присутствуют в коре выветривания Пластовского массива плагиогранитов Челябинской области с содержанием серицита до 30—60% [6].

Южнее, в Орском Зауралье, выделено 16 прогнозных площадей распространения слюдоносного элювия, в числе

которых наиболее изучена к настоящему времени Саздинская площадь (64 км^2), расположенная на самом юге восточной части Оренбургской области в 20 км к юго-востоку от пос.Домбаровский. На данной площади в 2000—2002 гг. впервые в Российской Федерации проведены специализированные поиски, ориентированные на изучение и оценку ресурсного потенциала мелко- и микроразмерного мусковита (серицита) в коре выветривания.

Геологическая характеристика Саздинской площади. Саздинская мусковитоносная площадь расположена в западной части Восточно-Уральского поднятия, в зоне сочленения его с Магнитогорским прогибом, в юго-западной части Карагандысайской горст-антеклиниали.

Существует мнение [4], что значительная часть Мугоджарской части Восточно-Уральского поднятия представляет собой микроконтинент, претерпевший значительные структурно-вещественные преобразования. Статус этого крупного тектонического блока предполагает его повышенную изостатическую устойчивость, в связи с чем обеспечивались благоприятные условия как для формирования мезозойской коры выветривания, так и для ее сохранения от денудации в последующем. При анализе каолиноносности Мугоджар [3] было обращено внимание на важную роль структурного фактора, в т.ч. на недостаточно еще учитываемое влияние Северо-Мугоджарского субширотного тектонического пояса [1, 7, 8], в пределах которого наблюдается повышенная, в целом, сохранность верхней зоны профиля выветривания, которая проявляется дифференцированно в зависимости от знака и интенсивности тектонических движений структур уральского простирания.

В геологическом строении слюдоносной Саздинской площади (рисунки 1, 2) принимают участие преимущественно нижнерифейские метаморфические породы бескрюковской толщи (R_{1bs}) и раннепалеозойские интрузивные метаморфизованные породы крыклинского комплекса ($gpyO:S_k$).

Породы бескрюковской толщи слагают центральную и северную части площади и представлены кварц-полевошпат-биотитовыми, кварц-полевошпат-слюдистыми с гранатом и гнейсами, кварц-полевошпат-хлоритовыми, полевошпат-слюдистыми, кварц-слюдистыми, двуслюдянymi и полевошпат-хлоритовыми сланцами.

Метаморфизованные магматические породы крыклинского комплекса прорывают породы бескрюковской толщи и распространены преимущественно в южной части площади. Представлены они разgneйсованными плагиогранитами и тоналитами, в меньшей степени диоритами. Гранитоиды комплекса содержат крупные ксенолиты и ценные блоки пород бескрюковской толщи, в разной степени ассилированные.

На западе и юго-западе Саздинская площадь ограничена по разломам грабен-синклиналями, которые выполнены ордовикскими отложениями маячной свиты ($O_{1-2}mc$), представленными хлоритовыми сланцами и филлитами, и нижнекаменноугольными отложениями кугутыкской свиты (C_1kg), состоящими из известняков.

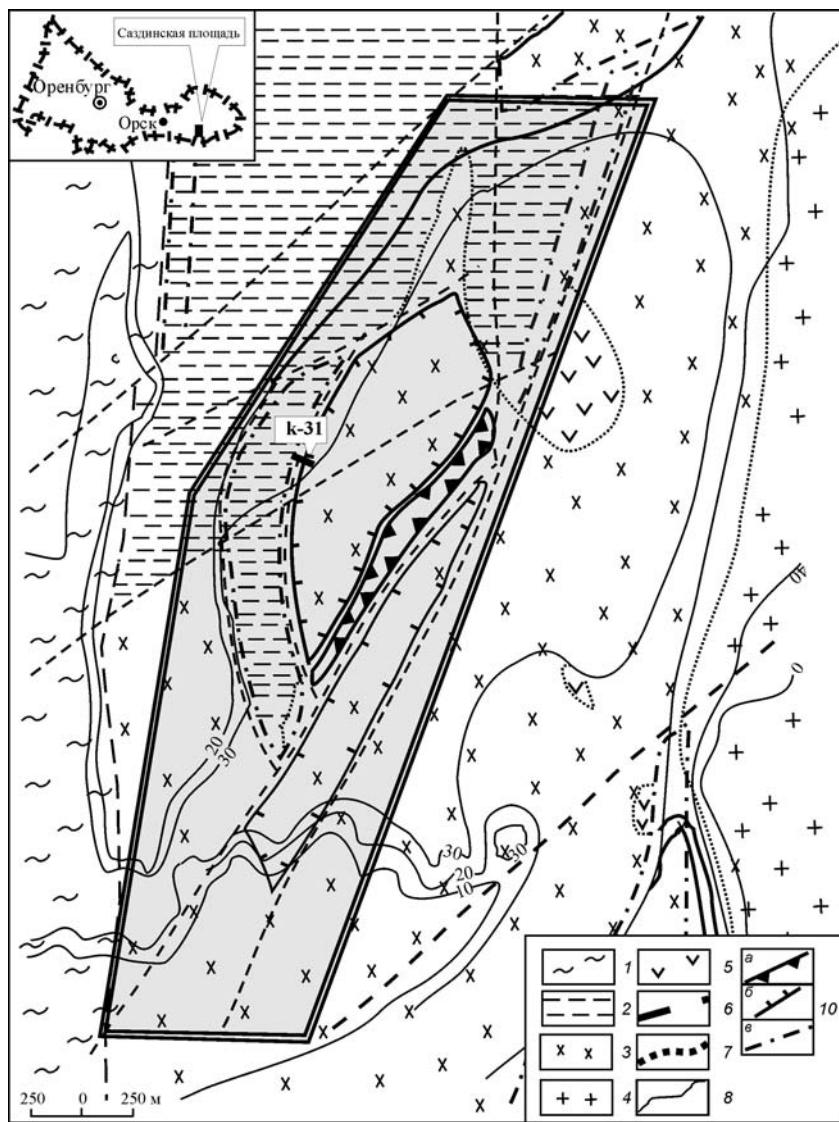


Рис. 1. Схематическая геологическая карта домезозойских образований Центрального участка Саздинской площади развития мусковитоносного каолиново-глинистого элювия:

1 — маячная свита ($O_{1-2}mc$) — хлоритовые, мусковит-гранитовые и кварц-полевошпат-мусковитовые сланцы; 2 — бескрюковская толща ($R?bs$) — полевошпат-слюдистые сланцы и гнейсы; 3 — крыклинский интрузивный комплекс ($gryO:Sk$) — гнейсоплагиограниты, гнейсоналиты, гнейсодиориты; 4 — среднеушкотинский интрузивный комплекс ($\gamma-\gamma\delta D_{3su}$) — гранодиориты, граниты; 5 — урускиненский комплекс ($\delta-\delta D_{3u}$) — диориты, габбро-диориты; 6 — разрывные нарушения; 7 — геологические границы; 8 — линии изомощности коры выветривания, м; 9 — контур Центрального участка; 10 — границы зон с слюдоносностью: а — повышенной и выдержанной (Саздинское проявление), б — прерывистой, в — с недостаточно изученной

Восточная граница площади проходит по контакту с крупным Среднеушкотинским массивом ($\gamma-\gamma\delta D_{3su}$), сложенным преимущественно биотитовыми среднезернистыми гранитами позднепалеозойского возраста, в меньшей степени гранодиоритами. Для жильной фации характерны мелко-среднезернистые лейкократовые биотит-мусковитовые и мусковитовые граниты, многочисленные дайки которых прорывают как гранитоиды массива, так и вмещающие его породы.

Значительное влияние на развитие процессов мусковитизации пород оказала верхнеордовиково-силиурская фаза регионального метаморфизма, по-видимому, субсинхронная формированию интрузивных пород крыклинского комплекса. На границах тектонических блоков в условиях направленного давления проявился динамотермальный метаморфизм.

В среднедевонскую фазу регионального метаморфизма произошло внедрение гранитоидов среднеушкотинского комплекса, в результате чего вмещающие породы подверглись процессу мигматизации. Мигматизация сопровождалась развитием жил и оторочек кварц-мусковитового состава.

Грейзенизация, с которой связано формирование основной массы мелкозернистого мусковита, проявилась в зонах локальной неоднородности субстрата — вдоль жил и линз мигматитов, контактов пород, тектонических нару-

шений различного порядка. Поскольку мусковит замещает и серицит, его формирование предполагается более поздним, близким по времени внедрению мелких тел девонских гранитов, не испытавших оgneйсования.

Исходя из изложенного, на Саздинской площади можно выделить следующие морфогенетические разновидности мусковита: 1) метаморфогенный мелко-тонкочешуйчатый тип, связанный с региональным и локальным (динамотермальным) метаморфизмом; 2) ретроградно-метасоматический микрочешуйчатый тип, генерированный процессом серитизации плагиоклазов; 3) мигматитовый средне-крупночешуйчатый тип, образующий оторочки прожилковых, жильных и пегматитовидных образований неосомы; 4) грейзеновый мелкочешуйчатый тип, субсинхронный внедрению даек лейкократовых гранитов среднеушкотинского комплекса; 5) пегматитовый средне-крупночешуйчатый, развитый незначительно и связанный с телами пегматитов среднеушкотинского и, возможно, более молодых комплексов.

Совмещение в пространстве продуктов указанных процессов привело к формированию зон с содержанием мусковита (серицита) до 10—30%.

Выветривание обогащенных мусковитом (серицитом) пород приводит к образованию в коре выветривания залежей мелко- и микрочешуйчатого мусковита элювиального (остаточного) типа, которые, в т.ч. по технологии добычи

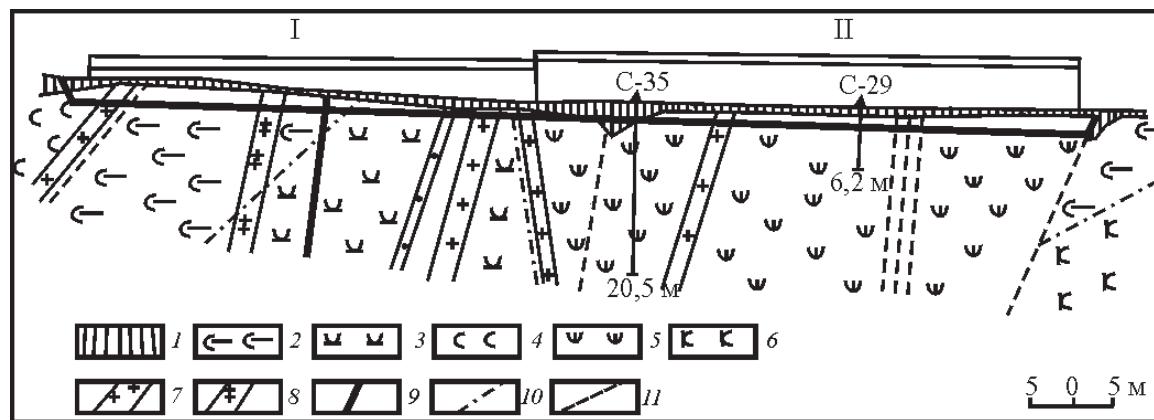


Рис. 2. Схематический геологический разрез выветрелых домезозойских образований (канава 31):

1 — покровные образования (Q-N₂); бескрюковская толща (R?bs); 2 — гнейсы, 3 — мигматиты, 4 — кварц-полевошпат-мусковитовые сланцы; крыклиновский комплекс (gruO:Sk); 5 — гнейсо-гранодиориты, 6 — гнейсоплагиограниты; дайки: 7 — гранитов, 8 — диоритов, 9 — габбро-диоритов; 10 — геологические границы; 11 — тектонические нарушения; I — прока 95 (53 м — сп. 11,9%); II — прока 96 (65 м — сп. 10,4%)

и обогащения, во многом соответствуют понятию элювальных россыпей.

Мусковитоносная кора выветривания перекрыта рыхлыми неогеновыми отложениями, представленными бурыми загипсованными глинами и четвертичными отложениями, глинами, суглинками и песками. Их суммарная мощность составляет 0,2—3,0 м, достигая на отдельных участках 8—12 м.

Мусковитоносность элювия. На площади поисков повсеместно развиты мезозойские коры выветривания (площадной и линейно-трещинный морфотипы). Мощность площадной коры 15—35 м, участками под воздействием эрозии сокращается до 5—7 м, мощность линейно-трещинной коры 80 м. В зависимости от состава субстрата выделены (по минеральному составу верхней зоны) три основные модификации профиля выветривания: 1) слюдисто-каолиновая (по гранитоидам, гнейсам, мигматитам, крыклиновским комплексам); 2) слюдисто-монтмориллонит-каолиновая (по сланцам бескрюковской толщи); 3) слюдисто-монтмориллонитовая (по основным и средним интрузивным породам урус-киссенского комплекса).

Наиболее продуктивен элювий, сформированный по породам крыклиновского комплекса, среди которых доминируют серые и зеленовато-серые огненосные биотитовые, реже амфибол-биотитовые пластины и тоналиты. Структура пластины гипидиоморфно-зернистая, в той или иной степени испытавшая бластез. Их минеральный состав представлен (в %): пластины (олигоклазом) 30—35, кварцем 25—30, калиевым полевым шпатом до 5, биотитом измененным 10—15, редко амфиболом 5—7, мусковитом до 15, серицитом, замещающим пластины на 20—50, титаномагнетитом 1—3, хлоритом до 10, кальцитом до 3. В меньшей степени перспективны продукты выветривания гнейсов и сланцев бескрюковской толщи из-за их часто наблюдаемой ожелезненности. В сухом состоянии элювий гранитоидов рыхлый, сыпучий с небольшим количеством слабоуплотненных комковатых образований, белого, светло-серого, бежевого, желтоватого до желтого цветов.

В профиле выветривания зональность выражена нечетко в связи с неоднородностью субстрата, вызванной миг-

матизацией, грейзенизацией, присутствием даек кислых и основных пород. Элювий в основном состоит из мусковита, каолинита и кварца. Мусковит (серийт) и кварц унаследованы элювием из протопород. По химическому составу слюдистые каолины следует относить к щелочным разностям, поскольку они содержат K₂O выше 2% (табл. 1).

В обогащенном каолине (фракция <50 мкм) по результатам рентгеновского количественного фазового анализа (РКФА) и дифференциального термического анализа (ДТА) содержится мусковита до 50%, каолинита 45—70%, кварца 2—4%. Мелкие частицы слюды определяют своеобразие свойств продуктов обогащения.

Основными параметрами Саздинской мусковитоносной площади являются следующие: средняя мощность элювия 23 м, содержание в нем мусковита от 5 до 30% (среднее около 15%). На указанной площади выделены три поисковых участка: Южный, Центральный и Северный. На Южном участке элювий преимущественно залегает под мощным покровом четвертичных образований и к тому же обводнен. Северный участок изучен пока недостаточно, только в единичных горных выработках и скважинах. Самым перспективным на данной стадии изучения признан Центральный участок (см. рис. 1), в котором выветренный субстрат в основном представлен мигматизированными и грейзенизованными пластины гнейсогранитами крыклиновского интрузивного комплекса, прорванными серией даек лейкогранитов среднеушкотинского комплекса. Для оценки прогнозных ресурсов выделены 5 блоков. Из них наиболее продуктивен блок 1, расположенный вдоль разлома северо-восточного простирания, который рассматривается в качестве Саздинского проявления. Площадь блока 2000×200 м. Содержание мусковита в элювии в среднем по блоку 18%. Его прогнозные ресурсы кат. Р₁ оценены до глубины 20 м приблизительно в 1,5 млн.т мусковита. Для Центрального участка в целом ресурсы мусковита оценены приблизительно в 20 млн.т по категориям Р₁+Р₂.

Распределение слюды в элювии по гранитоидам крыклиновского комплекса. При документации керна скважин и стенок горных выработок на Южном и Центральном участках фиксировались особенности окраски

1. Химический состав мусковитсодержащего элювия и продуктов его фракционирования

Содержание оксидов на абсолютно сухую навеску, %	Элювий по		Обогащенный каолин, фракция <50 мкм		Пески-отходы обогащения, фракция >50 мкм	
	серicitизированному плагиогнейсограниту (проба С-1/2)	пегматоидному грейзенизированному граниту (проба К-16/3)	1'	2'	1''	2''
	1	2				
SiO ₂	68,76	70,12	52,58	49,75	97,62	98,16
TiO ₂	0,60	0,54	0,85	1,18	0,16	0,23
Al ₂ O ₃	19,64	18,75	30,05	31,98	1,20	0,95
Fe ₂ O ₃	1,94	1,66	2,90	2,49	0,14	0,03
MnO	0,01	0,01	0,01	0,02	<0,01	<0,08
CaO	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
MgO	0,64	0,68	0,96	0,8	0,10	<0,2
Na ₂ O	0,30	0,32	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3
K ₂ O	3,57	3,51	5,26	4,56	0,31	0,23
п.п.п.	4,58	4,46	7,11	8,90	0,26	0,14

Примечание. Аналитики: М.Н.Морозова, Е.Н.Шуннина (ФГУП «ЦНИИгеолнеруд»).

элювия, его минерального состава, текстурно-структурные признаки, позволяющие с достаточной уверенностью судить о петрографических типах протопород. На основании подобных наблюдений установлено, что первичные породы представлены огненосанными плагиогранитами и тоналитами на 60—70%, гранитоидами с массивной текстурой на 25—35% и прочими породами (неосома мигматитов, пегматиты, дайки основных пород) приблизительно на 5%. Содержание слюды в нижних горизонтах элювия заметно увеличивается (приблизительно в 1,5 раза), что, по-видимому, связано с ее частичной каолинизацией в верхних горизонтах. В целом, несмотря на изменяющееся содержание слюды, в 83% проб элювия её от 8 до 20%, на Южном участке отмечается ее среднее содержание 10—12%, и на Центральном — 15—18%.

Использованная методика извлечения мелкоразмерной слюды из 34 проб каолинового элювия Южного участка позволила выделить ее частицы от крупных до наиболее мелких (<0,63мм). Среднее распределение частиц слюды по их крупности показано в табл. 2.

Проведено сравнение содержаний разноразмерных фракций в концентратах слюды, выделенных из элювия по разным типам протопород (рис. 3). Для концентратов, выделенных из элювия плагиогнейсогранитов, характерно пониженное содержание частиц крупнее 1,6 мм. Концентраты из элювия по гранитоидам с массивной текстурой характеризуются соотношением фракций, близких к паритету. Грейзенизация протопород предопределяет увеличение в концентратах доли крупных пластинок мусковита. Над зонами катаклаза и милонитизации в результате присущей им вещественной однородности, высокой внутренней поверхности и хорошей проницаемости формировался элювий со средним содержанием слюды 18—20%. Выделенные концентраты в этом случае отличаются повышен-

ным содержанием (до 60—70%) частиц микрочешуйчатой слюды (серicitца) размером <5 мкм.

Эксперименты по извлечению мусковита позволяют высказать мнение о том, что все пробы слюдоносного элювия независимо от типа пород предшественников можно отнести к одному технологическому типу.

Морфология, состав и свойства мусковита. Морфология частиц мусковита таблитчатая, пластинчатая, серicitца — чешуйчатая. Некоторые таблички имеют гексагональный облик, обычны также неправильно округлые и

2. Распределение слюды в каолине и концентрате по фракциям крупности

Фракции, мм	Содержание фракции, %	
	Каолин	Концентрат
+1,0	0,15	1,00
-1,0+0,63	0,40	3,50
-0,63+0,315	1,50	13,00
-0,315+0,250	0,60	5,00
-0,250+0,160	1,80	15,50
-0,160+0,100	1,40	12,00
-0,100+0,063	1,90	16,50
-0,063	3,90	33,50
Сумма	11,65	100

Примечание. Аналитик Л.П.Лузина (ФГУП «ЦНИИгеолнеруд»).

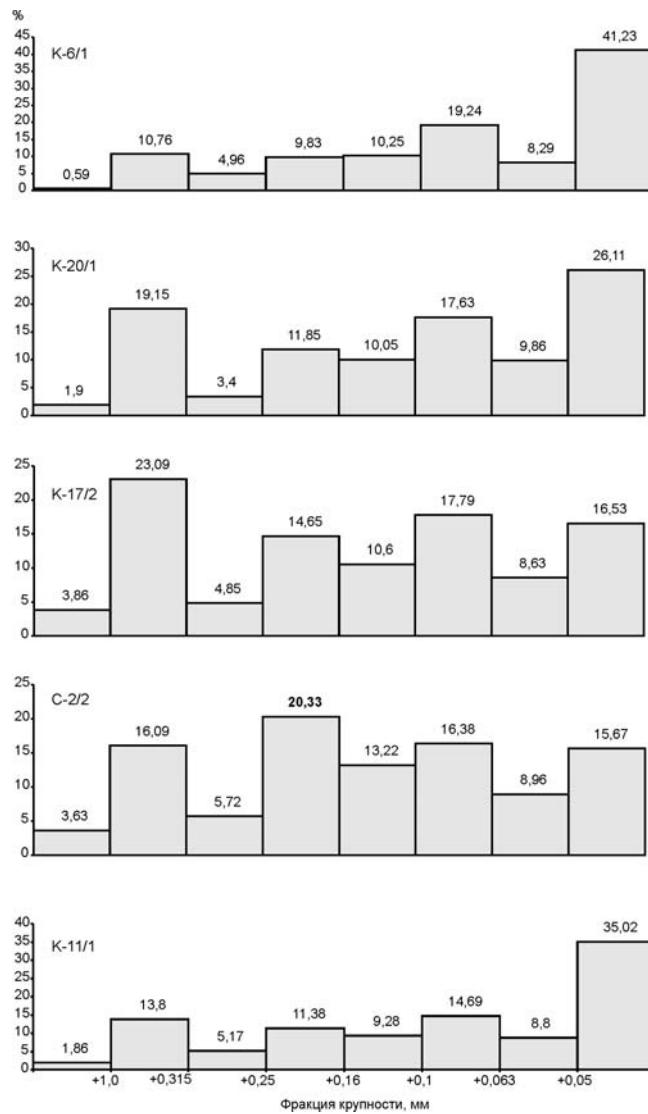


Рис. 3. Распределение частиц по их размерности в слюдяных концентратах из элювия гранитоидов Южного участка, в разной степени затронутых процессами серитизации и грейзенизации (в % относительных):

элювий: К-6/1 — миллионитизированного плагиогранита, К-20/1 — гранитизированного огнейсованного плагиогранита, К-17/2 — грейзенизированного пегматоидного гранита, С-2/2 — среднезернистого микроклинового слабо грейзенизированного гранита, К-11/1 — огнейсованного плагиогранита

кристаллов мусковита проявлены в виде трещиноватости, фрагментации, изогнутости, клиновидности. Большей частью названные дефекты вызваны постгенерационной деформацией и деструкцией мусковита. Определенный вклад вносят процессы каолинизации, вдоль плоскостей спайности {001}, приводящие как бы к разбуханию периферической части кристаллов мусковита с формированием характерных спонго- и вееровидных микротекстур, наблюдавшихся в разрезах перпендикулярно {001}. Деформации, испытанные кристаллами слюды, снижают их прочность и ведут к фрагментации, что способствует повышению содержания тонких фракций мусковита. Реже близкий эффект оказывает монтмориллонит.

Химический состав мусковита целесообразно рассмотреть пофракционно по той причине, что мусковит во фракциях разной размерности в неодинаковой степени подвержен каолинизации (табл. 3). Помимо компонентов, приведенных в табл. 3, в мусковите установлено присутствие MnO (0,01—0,1%), P₂O₅ (0,01—0,03%), Li₂O (2—4 мг/кг). Данные, приведенные в этой таблице, свидетельствуют о том, что чем мельче фракция слюды, тем меньше содержится в ней K₂O и увеличивается потеря массы при прокаливании (п.п.п.).

Кристаллическая структура. Согласно результатам рентгеноструктурного анализа мусковит во всех классах размерности его частиц отнесен к политипу 2M₁, обычному для магматических пород и пород высоких ступеней метаморфизма [6]. При насыщении препаратов этиленгликолем расширения базальных рефлексов мусковита не отмечено. По-видимому, при выветривании мусковита развитие вдоль плоскостей спайности {001} каолинита и реже монтмориллонита, не сопровождалось формированием смешаннослоистых образований.

слегка вытянутые формы. Края табличек извилистые, заузренные, иногда присутствуют одна или две кристаллические грани. Наиболее крупные кристаллы мусковита редко превышают 10 мм в поперечнике. Толщина кристаллов меньше их диаметра не менее чем в 20 раз. Поверхность кристаллов при изучении ее под микроскопом неровная, с углублениями и бугорками различной формы, часто наблюдаются ступенчатые формы. Дефектность

3. Химический анализ фракционированного мусковита

Фракция, мм	H ₂ O	Массовое содержание в % на абсолютно сухую навеску								
		SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	п.п.п.
-15+0,0	0,45	49,27	0,92	31,37	3,49	<0,03	0,81	0,25	7,52	6,16
-15+0,0	0,33	48,58	0,69	31,95	3,46	<0,03	0,85	0,41	8,10	5,75
-15+0,0	1,44	46,79	1,13	27,31	7,45	0,29	2,42	0,30	6,87	6,46
-0,05+0,0	0,50	52,69	1,24	29,01	2,88	<0,03	0,82	0,22	5,85	7,09
-0,05+0,0	0,32	51,26	0,98	30,26	3,07	<0,03	0,85	0,7	5,64	7,80
-0,05+0,0	1,91	46,74	1,16	24,91	9,16	0,43	3,14	0,88	5,89	6,93

Примечание. Аналитики М.Н.Морозова, Е.Н.Шунин (АТСИЦ ЦНИИГеолнеруд)

4. Минеральный состав мусковитовых концентратов (в %)

Проба	Фракция, мм	РКФА				ДТА	
		Мусковит	Каолинит	Монтмориллонит	Кварц	Каолинит	Кальцит
К-16/3	+1,0	93	5	2	—	4	7,5
К-16/3	-0,05	50	45	—	5	44	—
C-1/2	-0,05	63	32	1	4	Не опр.	Не опр.
K-1/14	-0,05	24	74	—	1	Не опр.	Не опр.

Примечание. Аналитики С.А.Волкова и Е.Н.Шляпкина (ФГУП «ЦНИИгеолнеруд»).

Минеральные примеси. Результаты РКФА и ДТА (табл. 4) свидетельствуют о том, что состав извлекаемого мусковитового концентрата не является мономинеральным, хотя составляющие его частицы внешне имеют все признаки слюды. Постоянно наблюдается присутствие каолинита, замещающего слюду, иногда примесь кальцита, монтмориллонита.

Даже в мономинеральном относительно крупнопластинчатом мусковите ручной выборки по данным РКФА присутствует каолинит до 5% и монтмориллонит 2%. В тонкой фракции (серицит) содержание каолинита в слюде изменяется от 16 до 74%, т.е. можно полагать, что в этих случаях могут иметь место (в разной степени развития) параморфозы каолинита по слюде. В ряде случаев установлено присутствие в концентратах монтмориллонита до 30%. Термическим анализом во фракциях мусковита определены приблизительно те же содержания каолинита.

Цвет зависит от крупности частиц слюды, минеральных примесей; изменяется от преобладающего светло-серого серебристого до желтовато-серого, кремового, бежевого. Разные фракции слюды одной пробы имеют несколько разную окраску — в большинстве случаев мелкие фракции имеют более светлые оттенки. Прозрачность характерна для наиболее тонких чешуек.

При нагревании прозрачность сохраняется, но при 1000°C слюда становится желтоватой. Белизна слюдяных концентратов изменяется от 55 до 62,5%, для их использования в лакокрасочном производстве желательно белизну повысить химической или биохимической отработкой до 60—70%.

Следует отметить, что природный мелко- и микроразмерный мусковит по сравнению с дробленым и молотым (техногенными) состоит из более ровных и тонких пластинок и чешуек, в результате чего имеет большую укрывистость, свойство, весьма ценимое для изготовления красок, бумаг, электроизоляционных и противокоррозионных материалов.

Концентраты слюды, полученные из мусковитодержащего элювия Саздинской площади, отвечают требованиям к маркам «слюда дробленая» и «слюда молотая» [3]. Из отходов обогащения путем мокрого рассева и классификации могут быть получены кварцевый концентрат и обогащенный слюдистый каолин, химические составы которых приведены в табл. 1. Обогащенный каолин из-за существенной примеси серицита спекается при относительно низких температурах (1250—1350°C), что помимо использования в качестве наполнителя позволяет вводить его в

состав сырьевых масс для изготовления строительной керамики.

Перспективы промышленного использования мелкоразмерного мусковита из каолиновых кор выветривания. Общемировая тенденция — поиск и вовлечение в эксплуатацию месторождений мусковита, в т.ч. мелкоразмерного, с высоким содержанием полезного компонента слюды хорошего качества, залегающих в благоприятных горно-геологических условиях, обеспечивающих при максимальной механизации добычи и обогащения низкую себестоимость продукции.

Природно диспергированные слюдосодержащие каолины с этих позиций — весьма перспективные и активно разрабатывающиеся в ряде зарубежных стран (Испания, Франция и др.) с целью получения попутно с обогащенным каолином слюдяных концентратов. В России в отличие от зарубежной практики мелкоразмерный мусковит из каолинов при их обогащении не извлекается, разведка каолиновых месторождений не сопровождается изучением возможностей попутной добычи мелкозернистого мусковита. Вся мелкоразмерная слюда добывается из пегматитов, грейзенов, слюдистых сланцев, включая сорта, получаемые дроблением и помолом отходов добычи листовой слюды, однако выпуск такой продукции сокращен практически до нуля: в 2003 г. добыто всего 20 т на руднике Чуя в Иркутской области, в небольшом количестве (около 100 т в год) молотую слюду, применяемую в производстве сварочных электродов, резинотехнических изделий, лаков и красок, выпускает горнообогатительный комбинат «Мамслюда».

Преимущества добычи мелкоразмерного мусковита из кор выветривания обогащенных мусковитом пород очевидны: весьма значительные запасы месторождений, отказ от буровзрывных работ, минимизация затрат на дезинтеграцию горной массы, простота схем обогащения, возможность получения рассевом (без дробления) слюдяных концентратов с различным размером частиц в соответствии с запросами потребителей.

Высокая стоимость мелкоразмерного мусковита на мировом рынке и относительно низкие затраты на добычу и переработку рыхлого обогащенного слюдой элювия позволяют прогнозировать высокую рентабельность горнообогатительного производства и быструю окупаемость затрат.

Предварительная геолого-экономическая оценка Саздинского месторождения, проведенная по методике, разработанной ВИЭМС, в расчете на получение в год 50 тыс.т

мусковитовых концентратов по цене от 3 до 6 тыс. руб. за тонну, показала не только рентабельность и прибыльность такого предприятия, но и его устойчивость от конъюнктурных коллизий. Резервом сохранения рентабельности предприятия являются возможности реализации попутно получаемых продуктов — кварцевых песков, обогащенно-го слюдистого каолина, спекающегося при относительно низкой температуре обжига.

С учетом мировых цен, сложившихся на конец 2005 г., суммарная цена всех видов товарной продукции, полученных по схеме малоотходного обогащения из 1 т слюдосодержащего элювия, составляет 80—90 долл. США, в т.ч. мусковитового концентрата 50—70, кварцевого концентрата 6—7, каолина обогащенного 15—20.

В **заключение** следует отметить, что Саздинская площадь распространения мусковитоносного каолинового элювия на Южном Урале — первый в Российской Федерации целенаправленно изучавшийся объект такого рода. Полученный при этом опыт может оказаться полезным при изучении аналогичного сырья в других районах. Мусковит присутствует в элювии в качестве реликтового минерального компонента, унаследованного от подвергшихся интенсивному выветриванию исходных обогащенных им пород магматического, метаморфического и гидротермально-метасоматического происхождения. По этой причине уместна аналогия с элювиальными россыпями рудных минералов, благородных металлов и драгоценных камней.

В элювии наиболее продуктивного Центрального участка (Саздинское проявление) присутствует реликтовый мусковит нескольких генераций, ведущими из которых являются: 1) реоформический серицит, замещающий плагиоклаз, 2) мусковит, связанный с этапом магматизации и 3) наиболее поздний мусковит грейзенов. Самые значительные содержания серицита наблюдаются в элювии, сформированном над зонами катаклаза и милонитизации гранитоидов.

Содержание слюды в элювии Саздинского проявления достигает 30%, составляя в среднем 15—18%. В слюдянном концентрате преобладают чешуйки <0,16 мм (серицит), сильнее затронутые каолинизацией по сравнению с более крупными.

Фракционированная слюда, выделенная из элювия Саздинского проявления, может найти применение для изготовления керамики и других композиционных материалов, в производстве слюдопластовых и электроизоляционных изделий, специальных бумаг, для получения антикоррозионных и прочих защитных покрытий, в лакокрасочном производстве, в качестве наполнителя в производстве резины и пластмассы, в изготовлении цемента, сварочных электродов и др.

Достоинства месторождений, подобных Саздинскому, — низкие затраты на добычу и переработку руд. Природно-микронизированный тип мусковита позволяет без дробления, путем рассева получить концентрат мусковита для различных областей применения. Ресурсы мусковита Саздинского проявления способны удовлетворить не только все потребности России в мелкоразмерном мусковите, но могут стать объектом экспортных поставок работ. Благоприятные условия освоения определяются близостью железной дороги, линии электропередачи, газопровода, наличием резерва рабочей силы в поселке Домбаровский.

Авторы статьи полагают, что Саздинское проявление заслуживает дальнейшего изучения с целью подготовки запасов категории С₂ с последующей организацией конкурса на право проведения разведочных и эксплуатационных работ. Завершение разведки и последующее освоение Саздинского проявления несомненно повысит интерес инвесторов к данному геолого-промышленному типу месторождений мусковита.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Бакиров А.Г.* Связь рудных образований Урала с его широтными структурами // Докл. АН СССР. 1963. Т. 149. № 5. С. 1145—1146.
2. *Горбачев Б.Ф., Васянов Г.П.* Каолины Мугоджар и закономерности их размещения // Литология и полезные ископаемые. 1974. № 5. С. 18—26.
3. ГОСТ 10698-80. Слюдя. Типы, марки и основные параметры. Введен 01.01.1981. —М.: Изд-во стандартов, 1981.
4. *Иванов С.Н., Пучков В.Н., Иванов К.С.* Формирование земной коры Урала. —М.: Наука, 1986.
5. *Лузин В.П., Горбачев Б.Ф.* Мелкоразмерные слюды / Нетрадиционные видынерудного минерального сырья. —М.: Недра, 1990. С. 248—257.
6. *Маклевский С.И.* Месторождения слюды и керамического сырья / Минеральные месторождения Кольского полуострова. —Л.: Наука, 1981.
7. *Нарвайт Г.Э.* О широтных структурах Западных Мугоджар // К проблемам связи Урала и Тянь-Шаня. —Алма-Ата: Наука, 1970. С. 140—144.
8. *Олли А.И.* К вопросу о широтной тектонической поясности Урала // Советская геология. 1966. № 7. С. 36—44.
9. *Ткачев А.В., Щербаков Н.А., Щербакова Т.А.* Сыревая база мусковита России: перспективы освоения и разведки // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. 2002. № 3. С. 10—17.
10. *Baburek J.* Producte der Vervitterung von Feldspaten des Erzgebirger Graniites / Silikat. J. 1969. № 10. P. 252—261.
11. *Clarke J.* Industrial minerals of France // Industrial Minerals. 1980. № 159. P. 23—53.
12. *Kuzvar M.* Indostral Minerals and Rocks. —Praha: Academia, 1984.
13. *Robinson P.* Woodlans clay — sericite mica in a clay-like starte // J. Austral. Ceram. Soc. 1984. № 2. P. 61.

Новые данные о структурном положении Кавалеровского и Дальнегорского рудных районов (Приморье)

А.А.ГАВРИЛОВ (Тихоокеанский океанологический институт им. В.И.Ильичева ДВО РАН)

В последнее время в качестве тектонической основы для решения металлогенических задач на Дальнем Востоке широко используются террейновые построения, которые можно рассматривать как региональные приложения концепции литосферных плит [9, 10 и др.]. В соответствии с этими взглядами Сихотэ-Алинская складчатая область представляет собой коллаж аккреционных геологических тел, автохтонных и аллохтонных блоков, пластин. При металлогеническом районировании выделяются до-, син- и постаккреционные металлогенические зоны и пояса. Для объяснения процессов внутриплитовой геодинамики и магматизма привлекаются модели плюмовой тектоники, которым отводится второстепенная роль в процессах орогенеза. Основным таксоном при металлогеническом районировании выступает тектоно-стратиграфический террейн — блоковая структура, имеющая специфические черты строения, развития и представляющая часть палеогеодинамической системы (аккреционная призма, островная дуга и др.). В соответствии с террейновыми построенными континентальная кора Сихотэ-Алиня образовалась в течение средней юры—альба, за период равный примерно 60 млн. лет. Известные своими многочисленными месторождениями полиметаллов и олова Кавалеровский, Дальнегорский рудные районы и прилегающие оловоносные территории занимают части Самарклинского, Журавлевского и Таухинского террейнов, однако какого-либо влияния этих линейных блоковых структур на размещение оруденения не фиксируется. Очевидно, что террейновые модели относятся к дорудным этапам геологического развития территории и способны дать лишь второстепенную, литолого-геохимическую информацию об основных особенностях развития орогенных рудно-магматических систем (поздний мел—ранний кайнозой), что ограничивает возможности их применения для металлогенного районирования.

В.П.Уткин [8] предложил альтернативную геодинамическую модель синхронного формирования горст-аккреционных систем и рифто-grabенов Сихотэ-Алинского орогена, в которой главная роль отводится региональным сдвиговым деформациям в условиях существования под Сихотэ-Алинем древней континентальной литосферы. В качестве основных магмо- и рудоконтролирующих структур позднемезозойско-раннекайнозойского этапа развития рассматриваются сдвиги, раздвинги и сколовые трещины, оперяющие сдвиги, а также блоки, сопряженные с процессами сдвигового раздвига, и узлами пересечения северо-восточных сдвигов поперечными системами разломов.

Показательно, что во всех этих моделях явно недооценивается активная структуро- и рельефообразующая роль глубинных плюмовых процессов и магматизма, в то время как геолого-геоморфологические и геофизические данные однозначно указывают на то, что морфотектоническую основу Сихотэ-Алинской горной системы составляют цепочки или ряды сводово-блоковых и тектоно-магматических поднятий центрального типа [1, 3, 6, 7, 11 и др.], морфология которых, как и других инъективных дислокаций, обусловлена сило-

выми линиями гравитационного поля Земли. Как свидетельствуют материалы гравиметрии, магнито-тектонического зондирования, ГСЗ (работы Э.Л.Рейнлиба, Н.П.Романовского, В.Б.Каплуна, В.П.Макарова и др.), орогенным сводам соответствуют области разуплотнения нижних частей земной коры и верхней мантии на глубинах до 60—70 км, образуя так называемые «корни гор». Линейность в размещении цепочек сводов и тектоно-магматических поднятий орогена задают системы циркумтихоокеанских глубинных магмо-контролирующих разломов буферной зоны взаимодействия Евроазиатской и Тихоокеанской мегаплит. Установленное во многих случаях залегание блоков складчатого фундамента Восточно-Сихотэ-Алинского вулканического пояса ниже уровня моря при суммарной мощности вулканогенных толщ более 7 км, свидетельствует о том, что образование орогенного рельефа тесно связано здесь с перекомпенсированным накоплением эффузивных комплексов позднемелового и кайнозойского возрастов. Отмечаемая многими исследователями (труды Г.И.Худякова, Э.Н.Лишневского, В.К.Шевченко и др.) пространственная связь максимальных высот рельефа юга Дальнего Востока с ареалами позднемезозойских и раннекайнозойских гранитоидов, подтверждается аномальной концентрацией эффузивных, субвулканических и интрузивных пород кислого состава в центральных частях сводов и тектоно-магматических поднятий. Все эти факты говорят о преимущественно глубинной природе процессов горообразования и решающей роли магматического фактора в формировании орогенных морфоструктур региона. Общая линейно-узловая дискретная инфраструктура Сихотэ-Алинского орогена с хорошо выраженной трансляционной симметрией размещения сводов обусловлена симбиотическим развитием глубинных разломов и сопряженных очаговых систем, образующих цепи или ряды тектоно-магматогенных и магматогенных структур разного ранга, возраста и петрохимической специализации.

В соответствии с ранее опубликованными представлениями [6, 7 и др.], Кавалеровский и Дальнегорский рудные районы соотносимы с секторальными блоками, расположенными на периферии Южно-Сихотэ-Алинского сводово-блокового поднятия, радиально-концентрическим элементам инфраструктуры которого принадлежит главная роль в контроле и распределении рудной минерализации территории. Его размеры по длинной оси, вытянутой в северо-восточном направлении, составляют 160 км, по короткой — 110 км (рис. 1). При выделении этого орогенного поднятия использовались геоморфологические данные, материалы гравиметрической съемки, ряд геологических признаков, характерных для очаговых структур и морфоструктур центрального типа [3, 6, 7, 11 и др.]. Время активного развития сводового поднятия, образование которого связано с явлениями мантийного диапризма, — поздний мел—палеоцен. Приведенные построения с периферийным положением рудоносных блоков [6, 7], и относительно небольшие размеры свода не позволяют, по мнению автора, объяснить столь аномально высокие для региона значения показателей интенсивности и экстенсивности оло-

вянной, полиметаллической и особенно борной минерализации, длительность эволюции рудно-магматических систем Кавалеровского и Дальнегорского районов. При этом формирование блоков не связано напрямую с процессами рудообразования, что позволяет рассматривать их лишь как рудовмещающие структуры. В то время как для металлогенического районирования и изучения структур руд-

ных районов целесообразно выявление прежде всего магмо- и рудоконтролирующих дислокаций разных уровней глубинности, определение причинно-следственных связей рудообразования, петро- и тектогенеза.

Детальный анализ морфометрических и морфографических схем строения рельефа южной части Сихотэ-Алинской горной системы и геолого-геофизических



Рис. 1. Схема генерализованной вершинной поверхности и контуров сводово-блоковых и тектономагматических поднятий южной части Сихотэ-Алинского орогена. Ученые данные работ [6, 7]:

1 — поле высот с отметками более 500 м; 2 — изогипса 500 м; геолого-геоморфологические границы поднятий, соотносимые с дуговыми и кольцевыми разломами, долинами рек, заложенных по разрывным нарушениям (орогенные поднятия): 3 — Лазовского (I), Лазовско-Павловского (II), Больше-Уссурского (VI), Средне-Сихотэ-Алинского (VII) сводов; 4 — Южно-Сихотэ-Алинского свода (V); 5 — Кавалеровско-Дальнегорского свода (IV) его ядра — Кавалеровского тектономагматического поднятия (III); 6 — линеаменты, выделяемые по геоморфологическим данным и результатам дешифрирования КС; 7 — береговая линия; 8 — вершины гор Облачной и Намова — центры крупных водораздельных узлов

данных допускает и иную интерпретацию. Севернее Южно-Сихотэ-Алинского свода по сходному комплексу геоморфологических и геологических признаков можно выделить Большое-Уссурский свод (см. рис. 1) диаметром около 160 км с хорошо выраженным внутренним концентром, которому соответствует изометричный горный массив и крупный водораздельный узел.

В зоне сочленения Южно-Сихотэ-Алинского и Лазовско-Павловского сводов в рельфе выделяется самостоятельное Кавалеровское изометричное поднятие радиусом около 50 км [2]. В его пределах также отчетливо проявлено радиально-концентрическое размещение водораздельных линий, полей высот и радиально центробежный рисунок гидросети. В ядерной части поднятия обнажаются породы

складчатого основания вулканогенного пояса, представленные толщами осадочных и вулканогенно-осадочных пород юрского и раннемелового возрастов с включениями глыб триасовых известняков-олистолитов. На периферии широко развиты позднемеловые и раннепалеогеновые эфузивы преимущественно кислого состава (игнимбриты, туфы риолитов и др.). Все эти породы прорваны интрузиями гранитоидов позднемелового (дальнегорский комплекс) и раннепалеогенового (санчазский, якутинский, иолийский комплексы) возрастов (рис. 2).

Анализ структурно-вещественных характеристик и пространственных соотношений Южно-Сихотэ-Алинского, Кавалеровского и Лазовско-Павловского поднятий указывает на интерференцию каркасных кольцевых и радиаль-

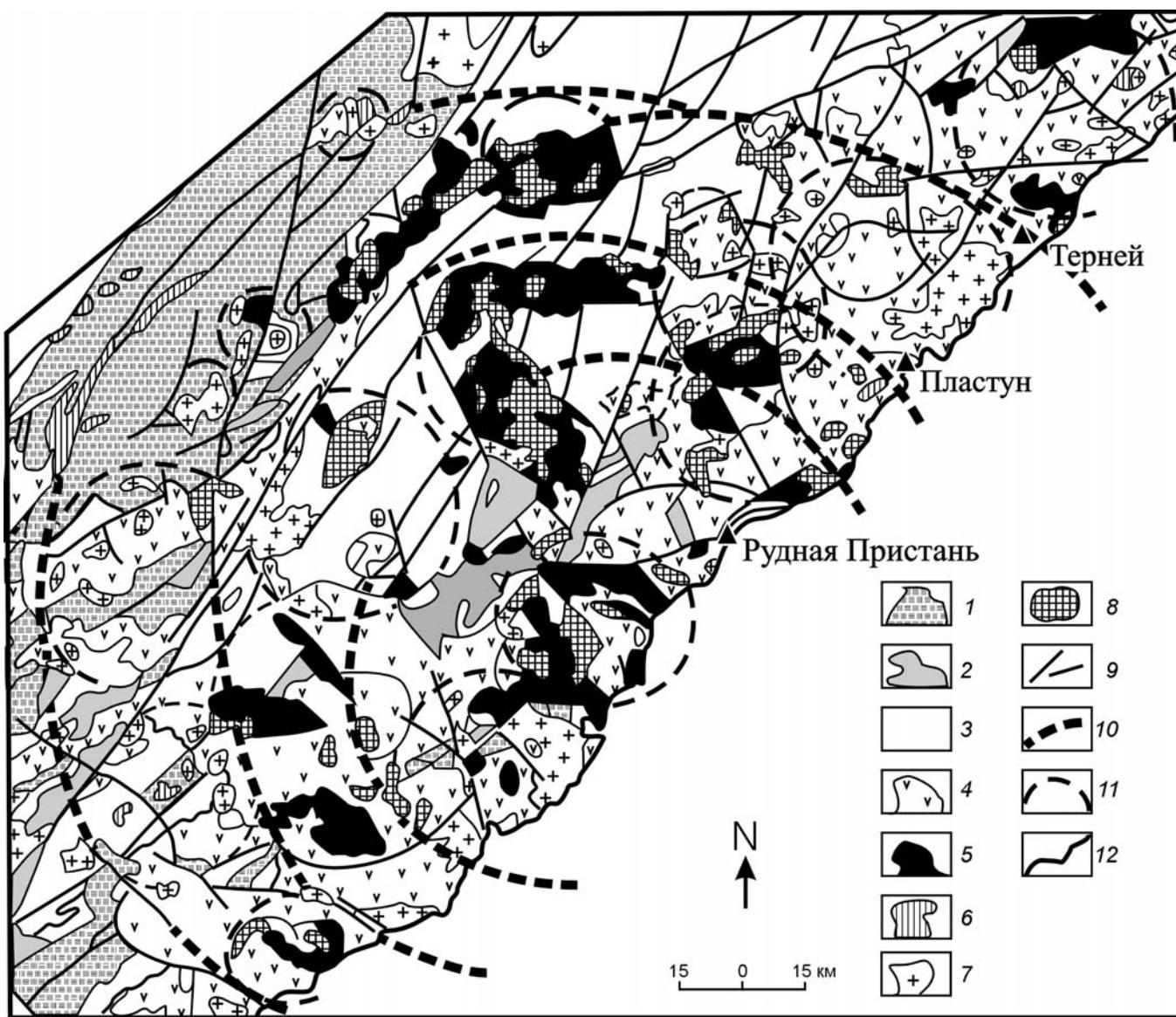
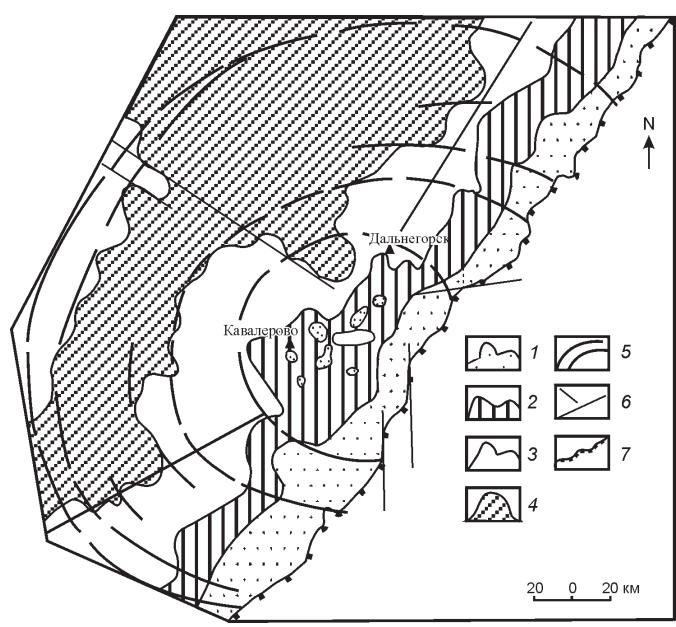


Рис. 2. Схема геологического строения Кавалеровско-Дальнегорского сводово-блочного поднятия. Геологическая основа по работе [4]:

возраст комплексов пород складчатого основания: 1 — поздний триас—ранняя юра, 2 — ранняя—средняя юра, 3 — ранний мел; 4 — эфузивы кислого и среднего составов позднемелового возраста; 5 — эфузивные и экструзивные образования богопольского комплекса палеоценового возраста; интрузивные образования различного возраста: 6 — палеозойские габброиды, 7 — позднемеловые гранитоиды, 8 — палеоценовые гранитоиды; 9 — разломы, установленные по геологическим данным; геолого-геоморфологические границы очаговых структур разного ранга: 10 — Кавалеровско-Дальнегорского свода, 11 — тектономагматических поднятий, вулкано-плутонических, плутонических куполов; 12 — береговая линия



зональность Кавалеровско-Дальнегорского свода выражена в закономерной изменчивости экстенсивности и интенсивности оруденения и преимущественно оловянно-полиметаллической специализации его центральных частей. Для рассматриваемой территории характерны единство и неразрывность образования бессульфидных кварц-кассiterитовых, кассiterит-сульфидных и безоловянных сульфидных полиметаллических руд, телескопированность минерализации и существование многоярусного оруденения [5], связанного с ярусной системой магматических центров. При этом сульфидная минерализация по отношению к кварц-кассiterитовой является более низкотемпературной, формируясь на более поздних стадиях этапа рудообразования и занимая верхнюю часть общей рудной колонны. С этих позиций объяснить концентрацию основных проявлений полиметаллической минерализации на периферии ядра Кавалеровско-Дальнегорского свода и присутствие более высокотемпературной оловянной в пределах внешнего концентрата, можно лишь на основе данных и представлений об инверсионности развития этой структуры.

Имеющиеся геологические материалы о масштабах и возрасте орогенного гранитоидного магматизма Сихотэ-Алиня свидетельствуют о том, что на начальных стадиях был сформирован ряд раннемеловых (Бикино-Малиновский, Верхне-Уссурийский и др.) сводов [7], а в последующем произошла их интеграция с позднемеловыми (Лазовско-Павловский, Больше-Уссурский и др.) сводовыми поднятиями. В палеоцене на фоне затухания региональных процессов орогенеза в пределах рассматриваемой территории активная магматическая деятельность продолжалась. В отличие от многих других районов Сихотэ-Алиня существовавший здесь глубинный энергетический центр

сохранил необходимый потенциал, активно функционируя еще несколько миллионов лет. Именно в это время (палеоцен) завершилась активная стадия конструктивного текто- и морфогенеза, унаследовано-наложенного развития Кавалеровско-Дальнегорского свода, хотя в меньших масштабах тектономагматическая активность в его пределах проявлялась и далее. Существование подобных длительно живущих центров эндогенной активности можно связать лишь с периодическим раскрытием глубинных каналов и поступлением из недр дополнительных импульсов энергии и порций максимально разогретого вещества (газы, флюиды, магма), явлениями плутоновой тектоники. При этом необходимо отметить, с одной стороны, унаследованность и инерционность развития сводов как орогенных ядер консолидации Сихотэ-Алиня, с другой — общую миграцию фронта и центров гранитизации с запада на восток. Судя по геологическим данным о проявлении интрузивного кислого магматизма на северо-востоке Китая в мезозое, процесс этот протекал хотя и дискретно, но устойчиво с поздней юры до палеоцена. Тот факт, что ареалы кислых эфузивов и интрузивных образований (санчазский, якутинский, иолийский и прибрежный комплексы) раннекайнозойского возраста протягиваются в виде прерывистой полосы на побережье Татарского пролива от юга Приморья до Нижнего Приамурья, свидетельствует о региональном характере этого явления. Хорошим примером длительно живущей «горячей точки» на севере Сихотэ-Алиня может служить Бекчи-Улская очаговая система, в пределах которой процессы магматизма продолжались с позднего мела по олигоцен [3], что обусловило глубокую проработку верхних участков земной коры и образование крупнейшего в пределах региона Многовершинного золоторудного месторождения.

Активный рост орогенных сводовых поднятий в позднем мелу и палеоцене сопровождался процессами интенсивной денудации их ядерных частей. Однако в последующем в связи с инверсией тектонического режима и начавшимися процессами заложения Япономорской котловины в позднем кайнозое линия основного водораздела Сихотэ-Алиня сместилась к западу, а восточное крыло и ядро Кавалеровско-Дальнегорского свода стали испытывать деструкцию, частичную базификацию и погружение. Уменьшение высот и вертикальной расчлененности рельефа привело к снижению темпов денудации и обусловило возможность сохранения проявлений полиметаллической и оловополиметаллической минерализации верхних горизонтов рудообразования. Такая последовательность тектонических событий и процессов частичной базификации ядра свода подтверждается наличием в Кавалеровском рудном районе даек эоценовых базальтов и эоцен-олигоценовых покровов базальтов суворовской свиты (долина р. Зеркальная), образующихся в процессе активизации широтного разлома, заложения грабена в результате растяжения центральной части свода (механизм присводового рифта).

Характер размещения рудных объектов разной специализации определяется как сложной сетью разрывных нарушений, в т.ч. сдвиговой природы [8], так и многовходным типом проявления кислого орогенного магматизма позднемелового и палеоценового возрастов. Локальный структурный и палеоэнергетический контроль месторождений, рудных узлов и полей связан с сателлитными вулкано-плутоническими и плутоническими слабо эродированными куполами, вулканическими и вулкано-тектони-

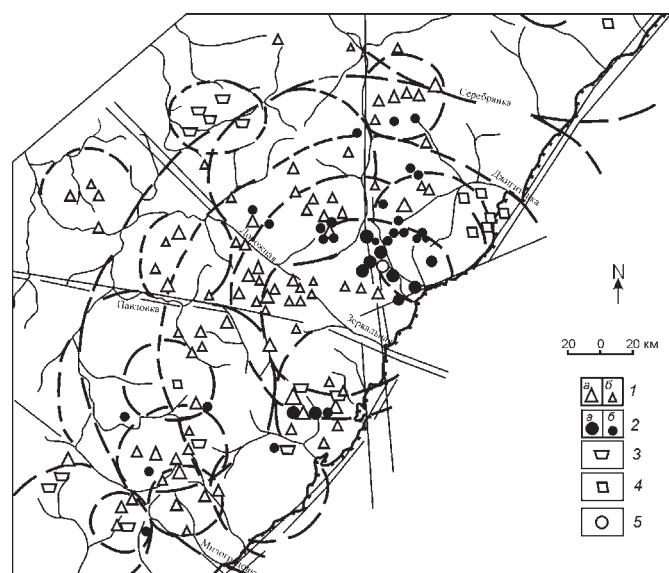


Рис. 4. Схема размещения рудных объектов в пределах Кавалеровско-Дальнегорского свода:

1 — оловянные и оловополиметаллические рудные объекты [9];
а — крупные и средние месторождения, б — мелкие месторождения и рудопроявления; 2 — полиметаллические (свинцово-цинковые) месторождения: а — крупные и средние, б — мелкие; 3 — мелкие месторождения и рудопроявления вольфрама; 4 — медные и медно-молибденовые рудопроявления; 5 — боросиликатное месторождение; см. услов. обозн. к рис. 3

ческими очаговыми структурами. Важная рудолокализующая роль принадлежит, в частности, телам триасовых известняков, широко представленных в неокомской олистостроме (литолого-стратиграфический фактор) в комплексе пород складчатого основания, развитых в ядре Кавалеровско-Дальнегорского свода. Общая металлогеническая специализация этой региональной мантийно-коровой структуры — оловянно-полиметаллическая, но наряду с многочисленными скарновыми и жильными месторождениями Sn, Zn и Pb в его пределах известны рудные объекты Cu, W, Au, Ag, а также уникальное боросиликатное месторождение. Характерная особенность размещения рудных объектов в ее пределах — металлогеническая асимметрия, проявленная на количественном и качественном уровнях. В северо-восточном крыле свода расположены 12 крупных и средних месторождений, 17 рудопоявлений свинца и цинка, в то время как в юго-западном известны только одно месторождение и 6 рудопоявлений. Промышленные концентрации медной минерализации и бора также установлены только в его северо-восточном крыле. Уникальная для региона рудоносность этой территории обусловлена, прежде всего, длительной эндогенной активностью и параметрами мантийного диапира или плюма, размеры которого в поперечнике, судя по диаметру Кавалеровско-Дальнегорского поднятия, могут составлять многие десятки километров. О мантийной природе Кавалеровско-Дальнегорской группы месторождений, с одной стороны, свидетельствуют ксенолиты пироксенитов в гранитоидах Ааратского массива, серии даек и малых интрузий базитового состава, специфические K/Rb и Ni/Co, микротекущие хромита, ильменита, рутила в кассiterитах и другие минералово-геохимические признаки, подробно рассмотренные в работах [5, 12]. С другой, длительное и активное проявление здесь разноглубинных процессов тепломассопереноса (магматизм, дегазация, дефлюидизация недр и др.), наличие ярусной системы магматических очагов предполагают глубокую переработку вещества земной коры и мобилизацию такого типичного для континентальной коры элемента как олово. Масштабы его накопления и концентрации указывают на то, что одним из вероятных источников олова могли служить переработанные блоки древнего сиалического фундамента (Е.А.Радкевич, А.М.Смирнов, В.П.Уткин и др.) и те вулканогенно-осадочные комплексы допозднемелового возраста, которые отличаются высокими содержаниями литофильных элементов. Коллизионно-аккреционная модель формирования Сихотэ-Алиня на океанической коре за относительно короткий промежуток времени (средняя юра—альб) при хаотических перемещениях террейнов [9, 10 и др.], по мнению автора статьи, не может объяснить формирование подобной геохимической аномалии олова, имеющей региональный ранг.

Судя по времени образования конформных магматических комплексов, период активного становления и развития Кавалеровско-Дальнегорского сводово-блочного поднятия поздний мел—палеоцен, но процессы рудообразования продолжались до олигоцена (месторождение Лучистое). Гистограмма распределения датировок абсолютного возраста метасоматитов и руд Кавалеровского района свидетельствует о том, что длительность метаморфических преобразований и процессов рудообразования составляла в пределах Кавалеровско-Дальнегорского свода не менее 40—50 млн. лет [5].

Основываясь на унифицированной схеме соотношений таксонов морфоструктурного и металлогенического районирования [1, 3] можно предположить, что Кавалеровско-Дальнегорскому своду как форме отражения специализированной рудно-магматической системы регионального ранга соответствует одноименная металлогеническая область, а крупным тектономагматическим поднятиям в ядре и по периферии — рудные районы (Кавалеровский, Ольгинский, Аввакумовский, Тернейский и др.). Дальнегорский район занимает северное крыло Кавалеровского тектономагматического поднятия и часть прилегающей сателлитной Каменской вулкано-плутонической структуры (диаметр 45 км). Арсеньевский, Силинский, Партизанский и другие рудные узлы соотносимы с более низкотермальными очаговыми системами — плутогенными и вулкано-плутогенными куполами, рудные поля — с палеокальдерами (Лужинская, Высокогорская и др.), интрузивными куполами и другими магматогенными структурами. Анализ имеющихся данных о локальном структурном контроле оруденения [5, 7, 12 и др.] и полученные материалы о региональной структурной позиции рассматриваемых рудных районов указывают на то, что основные поисковые и поисково-разведочные работы в их пределах целесообразно сосредоточить в известных и относительно слабо изученных очаговых системах, элементах Кавалеровско-Дальнегорского свода, акцентируя внимание на выявлении скрытых и «слепых» рудных тел на более глубоких горизонтах. Особый интерес представляют детальные исследования центральных, относительно опущенных участков Каменской и Тернейской (диаметр 70 км) вулкано-плутонических структур, для которых характерно размещение гранитоидных массивов во внешнем концентре (сателлитный тип инфраструктуры).

Автор выражает благодарность И.В.Червинской за помощь в подготовке компьютерных версий рисунков.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Гаврилов А.А. Основные категории морфоструктурно-металлогенического районирования / Морфотектонические системы центрального типа Сибири и Дальнего Востока. —М.: Наука, 1988. С. 154—162.
- Гаврилов А.А. Новые данные о морфоструктурной позиции Кавалеровского и Дальнегорского рудных районов / Геология и горное дело в Приморье в прошлом и в будущем. —Владивосток: Дальнаука, 2000. С. 16—19.
- Гаврилов А.А. Проблемы морфоструктурно-металлогенического анализа. —Владивосток: Дальнаука, 1993.
- Геологическая карта Дальнего Востока СССР и прилегающих акваторий. —Масштаб 1:1 500 000. —С.-Пб., 1991.
- Радкевич Е.А., Томсон И.Н., Кокорин А.М. и др. Зональность и глубинность оловянного оруденения на примере Кавалеровского района. —М.: Наука, 1980.
- Середин В.В. Сводово-глыбовые структуры Тихоокеанского орогенного пояса. —М.: Недра, 1987.
- Томсон И.Н., Кравцов В.С., Кочнева Н.Т. и др. Металлогенез орогенов. —М.: Недра, 1992.
- Уткин В.П. Сдвиговые дислокации, магматизм и рудообразование. —М.: Наука, 1989.
- Ханчук А.И., Раткин В.В., Рязанцева М.Д. и др. Геология и полезные ископаемые Приморского края. —Владивосток: Дальнавнаука, 1995.
- Ханчук А.И. Палеогеодинамический анализ формирования рудных месторождений Дальнего Востока России // Рудные месторождения континентальных окраин. —Владивосток: Дальнавнаука, 2000. С. 5—34.
- Худяков Г.И., Кулаков А.П., Ежов Б.В. и др. Морфотектонические системы центрального типа Сибири и Дальнего Востока. —М.: Наука, 1988. С. 154—162.
- Щеглов А.Д., Говоров И.Н. Нелинейная металлогенез и глубины Земли. —М.: Наука, 1985.

Энергетические минерально-сырьевые ресурсы

УДК 553.982.2

© А.С.Якимов, Т.Е.Ермолова, Д.С.Волков, 2007

Перспективы поиска неантиклинальных ловушек в терригенных отложениях верхнего девона и нижнего карбона на северо-востоке Республики Татарстан

А.С.ЯКИМОВ (ОАО «РИТЭК»), Т.Е.ЕРМОЛОВА, Д.С.ВОЛКОВ (ЗАО «МиМГО»)

Северо-восточный склон Южно-Татарского свода (Мензелинский административный район Республики Татарстан и северная часть Муслюмовского района) до недавнего времени характеризовался весьма скромными результатами геологоразведочных работ, направленных на открытие нефтяных месторождений. На территории площадью свыше 2000 км² из 37 поисково-разведочных скважин только 4 оказались нефтеносными, вскрыв по одной небольшой залежи каждая (3 в тульском горизонте и 1 в кыновском, причем, 2 из них находятся в зоне затопления водами Нижнекамского водохранилища). Безусловным достижением является открытое в 2005 г. на крайнем северо-западе исследуемой площади Мензелинское многопластовое нефтяное месторождение (скв. 895) с ловушками типично антиклинального типа в терригенных и карбонатных резервуарах нижнего и среднего карбона. Однако это месторождение скорее представляет собой исключение из правил, поскольку приурочено к верхнедевонско-турнейскому одиночному рифу чрезвычайно большой амплитуды, а органогенные постройки подобного типа в данном регионе, как показывает практика, встречаются достаточно редко.

На подавляющей части территории разработанные в регионе традиционные подходы освоения нефтеносного потенциала не принесли, как приносили обычно, значительных результатов. Такие скромные результаты могли быть связаны или с аномально слабой выраженностью в пределах участка ловушек углеводородов, или с индивидуализированными, более сложными или нетипичными геологическими особенностями их размещения. Проведенные авторами исследования подтверждают последний вариант.

К изучению указанной территории приступали трижды. Подавляющая часть разведочных скважин была пробурена в 1950—1960-е годы. Сейсморазведочные работы МОГТ проводились в два этапа: 1) 1974—1975 гг. (аналоговая запись) в центральной, восточной и северо-западной частях территории; 2) 1988—2001 гг. (цифровая запись) на сейсморазведочных площадях, в сумме покрывающих большую часть исследуемого участка за исключением ее северной части. После перехода на цифровую запись здесь работало 9 полевых сейсмических партий. Вопреки твердо сложившейся практике советских лет на рассматриваемом участке до недавнего времени не были проведены работы по оперативному обобщению или сбивке материалов сейсмических съемок разных лет в единый сейсмический массив. Такая сбивка была осуществлена в 2004 г. совместными действиями ОАО «РИТЭК» и ЗАО «МиМГО». Результаты обработки и интегрированной интерпретации данных сейсморазведки (2834 км сейсмических профилей) и бурения позволили получить новые сведения о строении территории и наметить перспективы ее доразведки и освоения на ближайшие годы.

Перспективность северо-восточного склона Южно-Татарского свода доказывается тем, что здесь развиты все

комплексы, проявившие себя как регионально нефтеносные на территории Северного и Центрального Татарстана, в т.ч. девонский и визейский терригенные комплексы.

Для успешного поиска новых перспективных объектов в продуктивных комплексах терригенного девона и нижнего карбона требовалось решение классической триады задач, включающей: 1) адекватное восстановление структурных планов основных продуктивных горизонтов; 2) прогноз фильтрационно-емкостных свойств коллекторов и 3) восстановление геометрии ловушек нефти, как антиклинального, так и неантиклинального типов на основе совместного анализа структурных планов и зон распространения коллекторов.

Не останавливаясь в данной статье на проблеме структурных построений, адекватность которых обеспечивалась применением современных технологий (метод взаимных точек) и программного обеспечения («ProMAX», «ИНТЕГРАН-2002»), рассмотрим особенности и результаты решения второй и третьей задач, направленных на выявление зон улучшенных коллекторов и поиск ловушек структурно-литологического и неантиклинального типов.

Важнейшей особенностью разреза осадочного чехла рассматриваемой территории и Волго-Уральской нефтегазоносной провинции в целом является, как известно, его циклическое строение [1]. В разрезах девонского и визейского терригенных комплексов имеется много общих черт. Верхняя часть разреза терригенного девона сложена отложениями двух трансгрессивных седиментационных циклов: пашийско-нижнекыновского, включающего продуктивный пласт Д1 в составе пашийского горизонта, и средне-верхнекыновского, включающего пласт Д0. Аналогично этому верхняя часть терригенного визе сложена отложениями бобриковского (пласт Сбб) и тульского (пласты Стл1-3) трансгрессивных циклов. Пласти Д1 и Сбб — базальные образования соответственно раннефранской и визейской трансгрессии и поэтому имеют существенно песчаный состав. Песчаники пашийского горизонта, несмотря на колебания эффективной толщины (6—32 м), характеризуются стабильно высокими фильтрационно-емкостными свойствами. Средняя пористость составляет 19—21%, средняя проницаемость — 367—1761 мД. Коллекторы бобриковского горизонта бывают хуже или лучше, но полного замещения коллекторов непроницаемыми алевролитами и глинистыми породами в пределах исследуемой территории не отмечается.

Таким образом, успешный поиск залежей в пашийском и бобриковском резервуарах, характеризующихся совместным распространением коллекторов с высокими и приемлемыми фильтрационно-емкостными свойствами, обеспечивается прежде всего наличием локального поднятия и условиями для его заполнения нефтью. Прогноз типов разреза с разными фильтрационно-емкостными

свойствами коллекторов для пашийского горизонта не актуален и не проводился, а для бобриковского горизонта имел подчиненный характер.

Пласти D_0 и Стл₁₋₃, сформировавшиеся на этапе развития трансгрессии в условиях стабилизации гидродинамического режима и выноса в бассейн ограниченного объема песчаного материала течениями, характеризуются сильной литологической изменчивостью до полной потери фильтрационно-емкостных свойств в алевролитах, замещающих песчаники по латерали. Пористость кыновского пласта D_0 21—14%, тульских пластов 25—8%, проницаемость колеблется соответственно от 700 и 350 до <0,1 мД.

Сporадический характер распространения коллекторов кыновского и тульского горизонтов обусловил существование зон замещения и связанных с ними латеральных экранов, что ориентирует геологоразведочный процесс на поиск в пластах D_0 и Стл₁₋₃ ловушек литологического и структурно-литологического типов. В таких условиях обязательный элемент исследований — прогноз распространения типов разреза с разными фильтрационно-емкостными

свойствами коллекторов в межскважинном пространстве и картирование зон их замещения плотными породами. Это особенно важно в связи с тем, что кыновский и тульский резервуары расположены в верхних частях соответствующих крупных циклических непосредственно под регионально развитыми компетентными флюидоупорами. Следовательно, они имеют более благоприятные условия для формирования и консервации скоплений углеводородов, чем залегающие под ними базальные пласти песчаников.

Широкому распространению песчаных осадков в пашийском и бобриковском горизонтах и ограниченному характеру распространения песчаных коллекторов в кыновском и тульском горизонтах способствовали палеогеографические условия, существовавшие на разных этапах трансгрессий.

В пашийское время господствовали прибрежно-мелководные условия с существованием разветвленной сети подводных долин. Основная область размыва (Татарская палеосуша) располагалась всего в 60 км к северо-западу от исследуемой территории в пределах Вятско-Казанской

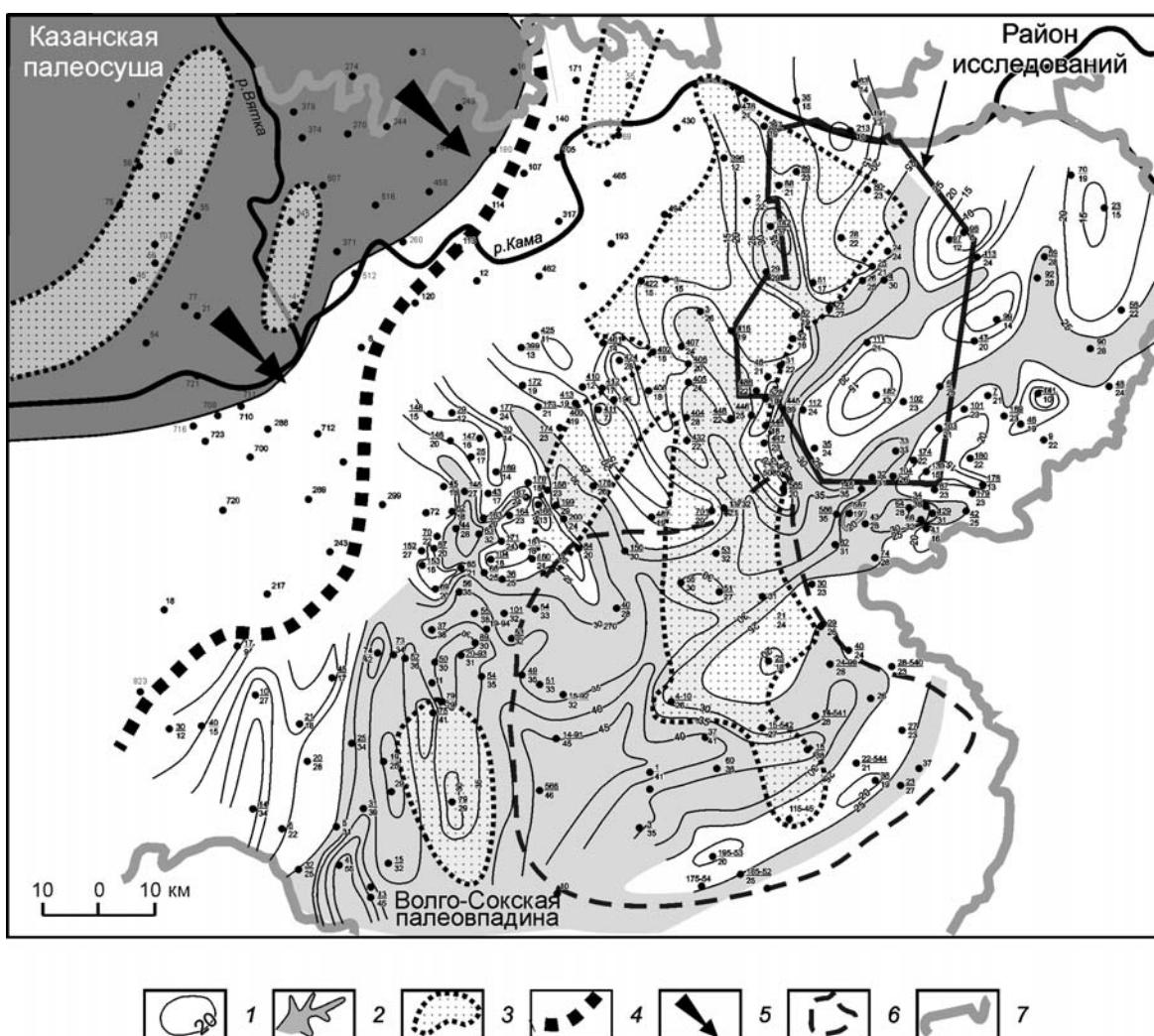


Рис. 1. Палеогеографическая схема пашийского времени северо-восточного склона Южно-Татарского свода и Альметьевской вершины и распространение песчаных коллекторов в позднем девоне:

1 — изопахиты; 2 — зоны палеопрогибов; 3 — зоны распространения песчаных коллекторов кыновского горизонта; 4 — граница постседиментационного размыва; 5 — направление сноса обломочного материала; 6 — контур Альметьевской вершины; 7 — административная граница Республики Татарстан; числитель — номер, знаменатель — толщина пашийского горизонта, м

тектонической зоны (рис. 1). Изучаемый район оказался на пути основного палеопотока, принимающего огромную массу обломочного материала, доставляемого подводными течениями с суши и транспортирующего его параллельно береговой линии с северо-востока на юго-запад. Здесь по резкому расширению зоны увеличенной толщины песчаных коллекторов (до 55 м в Волго-Сокской палеовпадине) фиксируется главная область разгрузки песчано-алевритового материала. Дополнительно пески перемывались волнами, сформировавшими аккумулятивные отмели, бары и вдольбереговые валы.

В кыновское время в результате трансгрессии море распространялось далеко на запад, область суши значительно сократилась. Песчаный материал поступал в бассейн в ограниченном количестве. Основной канал транспортировки песчано-алевритового материала также сместился к западу от Мензелино-Актанышской площади [2]. В изучаемый район заходила лишь его периферийная часть (см. рис. 1). Пески распределялись в пределах морского дна тे-

чениями, возможно, приливно-отливного характера [5], и осаждались в виде отдельных линз и «шнурков». Одно из таких рукавообразных тел с эффективной толщиной >10 м вскрыто скв. 89, давшей при испытании из пласта D_0 26,4 м³/сут нефти (Юртовская залежь). По данным бурения в восточном и южном направлениях пески замещались глинисто-алевритовыми осадками.

В бобриковское время на большей части территории господствовали условия прибрежной равнины, временами заливавшейся морем (рис. 2, А). Суша, как и в пашийское время, располагалась на западе в пределах Вятско-Казанской тектонической зоны. Небольшие области размыва и зоны отсутствия бобриковских отложений отмечаются на обособившейся к этому времени Альметьевской вершине Южно-Татарского свода к юго-западу от изучаемого района. Актаныш-Чишминский прогиб Камско-Кинельской системы прогибов в северной части территории, еще не полностью компенсированный осадконакоплением, был наиболее подвижным участком этой равнины [3]. Здесь в

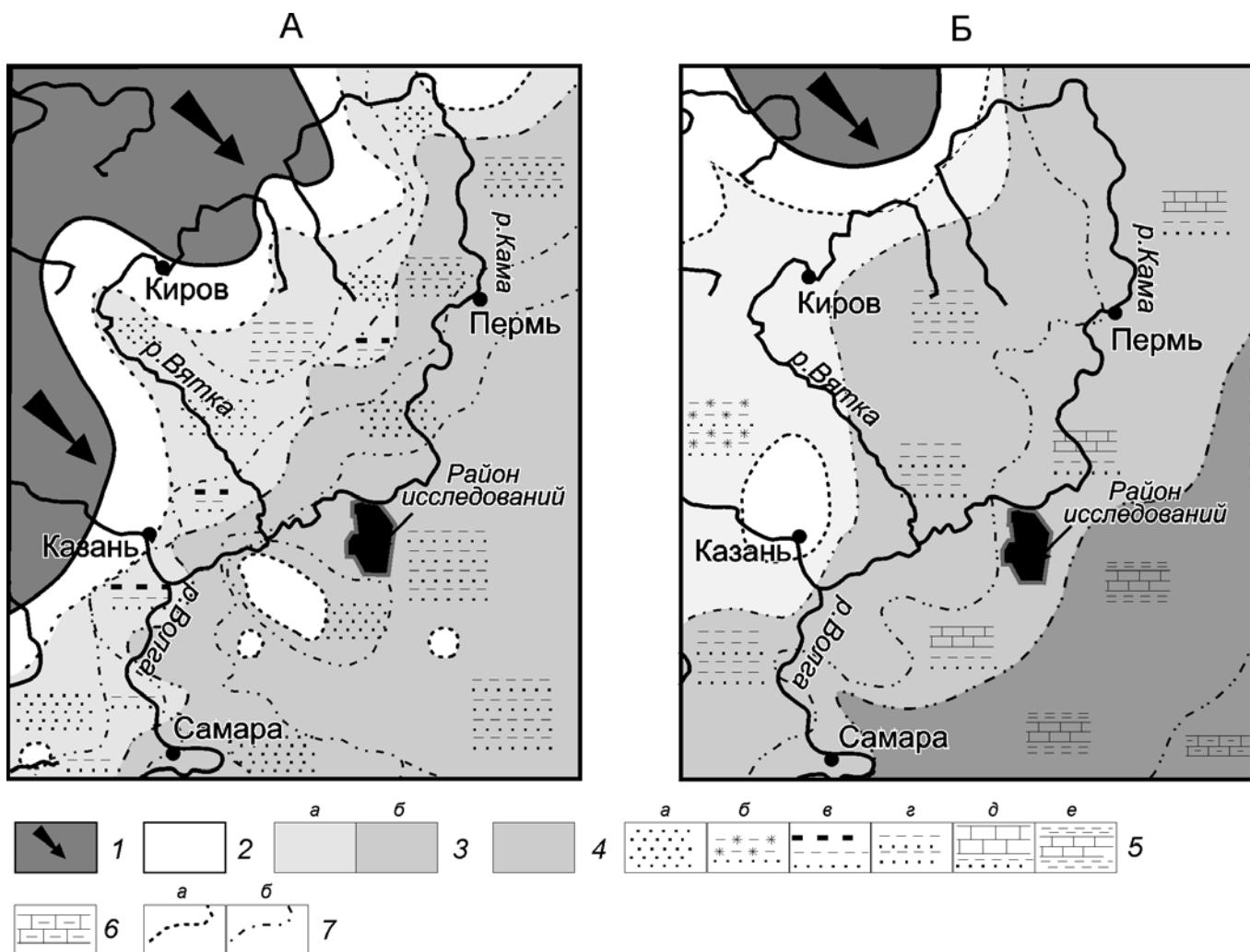


Рис. 2. Палеогеографические схемы бобриковского (А) и тульского (Б) времени восточных районов Русской плиты. По А.А.Рыжовой, 1970, с изменениями:

1 — пашийская суша и направление сноса обломочного материала; 2 — области размыва; 3 — равнина: а — низменная, б — прибрежная, временами заливавшаяся морем; 4 — мелководный шельф; 5 — литофации: а — песчаники, чередование пород; б — песчано-глинистых, участками красноцветных, в — песчано-глинисто-углистых, г — песчано-алеврит-глинистых, д — песчаников, алевролитов, аргиллитов и известняков, е — переслаивание глинистых пород и известняков; 6 — глинистые известняки; 7 — границы: а — постседиментационного размыва, б — литофациальных зон

условиях достаточно активной гидродинамики и весьма обильного выноса реками терригенного материала со стабильной недалекой суши откладывались мощные песчаные осадки аллювиально-дельтового происхождения с характерной косой слоистостью. В результате был образован песчаный пласт Сбб, покрывающий мощным, многометровым «плащом» более древние отложения. Особенно большой толщины пласт достигал на северо-востоке изучаемой территории в осевой части засыпаемого осадками палеопорога.

В тульское время условия прибрежной равнины все больше вытесняются прибрежно-морской обстановкой (см. рис. 2, Б). В структурном плане по сравнению с бобриковским временем произошли серьезные изменения. Актаныш-Чишминский прогиб Камско-Кинельской системы прогибов значительно снизелился. В пределах всей Мензелино-Актанышской площади тульский горизонт имеет достаточно выдержанную мощность 23—30 м. Некоторое ее сокращение до 20—22 м отмечается лишь на юго-западе территории, что в целом связано с продолжающимся обособлением Альметьевской вершины. Источники сноса резко сократились по площади и отодвинулись далеко на запад и север от исследуемой территории (в центральные и северо-западные районы Русской плиты). В таких условиях отлагались преимущественно глинистые илы, реже пески, алевриты и известковистые осадки, создавая пеструю картину латеральной изменчивости разреза.

Таковы были региональные палеогеографические закономерности формирования и распространения коллекторов в верхних частях терригенных комплексов девона и визея.

Локальный прогноз распространения коллекторов с разными фильтрационно-емкостными свойствами и зон их замещения выполнялся на основе разработанного в ЗАО «МиМГО» нового метода факторного анализа спектрально-временных параметров, который является модификацией неоднократно описанного в литературе метода спектрально-временного анализа сейсмической записи [4]. По методологии факторного анализа построены карты типов разреза кыновского и тульского горизонтов.

Методы сейсмического прогноза фильтрационно-емкостных свойств базируются на геологической типизации разрезов глубоких скважин. В основу типизации положены данные об эффективной толщине, пористости, проницаемости, дебитах флюидов и литологическом составе пород-коллекторов. В качестве эталонных спектрально-временных параметров приняты параметры, рассчитанные в точках сейсмических профилей вблизи скважин. Помимо 37 разведочных и 2 эксплуатационных (для тульского горизонта) скважин, пробуренных в пределах изучаемого района, в типизации использованы данные по продуктивным скважинам в пределах ближайших месторождений.

В **кыновском горизонте** выделены 4 типа разреза:

I (высокопродуктивный) объединяет скважины, характеризующиеся максимальной эффективной толщиной коллекторов (5—10 м), наиболее высокими фильтрационно-емкостными свойствами: пористостью 19—23%, проницаемостью 402—734 мД, доказанными промышленными дебитами нефти от 5 до 26 м³/сут, дебитами воды около 100 м³/сут.

II (потенциально продуктивный) включает скважины, в разрезах которых эффективная толщина песчаных коллек-

торов не превышает 2—5 м, пористость и проницаемость характеризуются средними и пониженными значениями: 16—19% и 66—457 мД соответственно. В испытанных скважинах получены небольшие притоки флюидов: в скв. 463 — <1 м³/сут нефти и 5 м³/сут воды, в скв. 221 — 6,8 м³/сут воды.

III (переходный) включает скважины, в разрезах которых песчаники пласта Д₀ замещены слабопроницаемыми алевролитами толщиной 0,8—2,4 м. В некоторых скважинах по данным ГИС отмечается нефтенасыщение пласта (например, в скв. 427). Однако в связи с плохими фильтрационно-емкостными свойствами коллекторов скважины, как правило, не испытывались. В скв. 28 из пласта Д₀, сложенного алевролитами, при испытании получен приток воды 4 м³/сут.

IV (непродуктивный) характеризуется полным замещением песчано-алевритовых отложений глинистыми алевролитами (отсутствие пород-коллекторов).

Задача сейсмических исследований — детальное картирование зон распространения I и II типов разреза кыновского горизонта с улучшенными и приемлемыми фильтрационно-емкостными свойствами коллекторов, обеспечивающими притоки нефти, а также зон отсутствия пород-коллекторов, или IV типа, которые могут выступать в качестве латеральных флюидоупоров. Кроме этого, предполагалось выделение переходных зон, где пласт Д₀ представлен алевролитами, которые не всегда можно рассматривать в качестве латерального флюидоупора (III тип разреза).

Карта типов разреза, построенная по данным факторного анализа спектрально-временных параметров, позволила существенно детализировать литолого-фациальную зональность территории и локализовать участки распространения коллекторов разного типа, проследить границы регионального и локального замещения коллекторов.

Благоприятные с позиции коллекторских свойств I и II типы разреза распространены преимущественно в западной части исследуемой территории (рис. 3). Широко развиты песчаные тела рукавообразной, шнурковой и веерообразной формы, что свидетельствует о течениином происхождении песков с образованием подводных конусов выноса и отмелей (зона активной гидродинамики). Переходный III тип разреза соответствует мелководной зоне с ослабленной гидродинамикой, развит фрагментарно и в основном обрамляет зоны коллекторов с высокими и приемлемыми фильтрационно-емкостными свойствами. На востоке и юге изучаемой территории превалирует разрез IV типа, не имеющий в своем составе коллекторов и соответствующий зоне, наиболее удаленной от источников сноса, с затишными условиями водной среды. Разрезы, включающие песчаные коллекторы, в этой части территории обособлены в виде редких «шнурков» и линз. Отдельные линзы образуют аккумулятивные отмелы, или бары, над локальными поднятиями (Периковский, Северо-Регистанский). На ряде участков, главным образом в западной и центральной частях территории, в результате факторного анализа спектрально-временных параметров не удалось разделить поля распространения разрезов II и IV типов, такие участки выделены в тип II—IV.

Таким образом, сейсмический прогноз типов разреза кыновского горизонта, с одной стороны, уточнил конфигурацию границы регионального замещения коллекторов плотными породами, с другой — выявил гораздо более сложный характер распространения коллекторов разного



Рис. 3. Прогноз размещения ловушек в пласте D_0 на основе карты типов разреза кыновского горизонта по данным факторного анализа спектрально-временных параметров и палеогеографических данных:

1 — направления транспортировки материала; 2 — аккумулятивные отмели; 3 — линии выклинивания песчаного пласта D_0 ; 4 — разведочные скважины, давшие по ГИС: а — нефть, б — вода, в — сухие, отсутствие коллектора; 5 — стратоизогипсы кровли терригенного девона, м; ловушки: 6 — антиклинальные, 7 — структурно-литологические; 8 — линии сейсмических профилей; 9 — граница района исследований; числитель — номер скважины, знаменатель — эффективная толщина коллекторов, м; зоны распространения типов разреза кыновского горизонта: I — высокопродуктивный, II — потенциально продуктивный, III — переходный, IV — непродуктивный, II-IV — неразделенный, «х» — нераспознанный

типа, чем предполагалось по данным глубокого бурения. В частности, на востоке выявлены изолированные песчаные тела, не вскрытые глубокими скважинами. Эти исследования указывают на очевидное преобладание в кыновском природном резервуаре ловушек структурно-литологического и литологического типов. Например, такой тип ловушек соответствует Северо-Полионовскому, Южно-Ямаковскому, Мазинскому, Старотамбовскому и другим перспективным объектам. Геометрия этих ловушек определяется конфигурациями линий замещения коллекторов по восстанию слоев и последней пересекающей ее стратоизогипсы по падению слоев. В зонах отсутствия коллекторов пласта D_0 перспективы поиска залежей в терригенном девоне следует связывать только с пашийским горизонтом, где они будут приурочены исключительно к локальным поднятиям.

В *тульском горизонте*, как и кыновском, преобладают глинистые, в верхней части карбонатные породы. Песчаные коллекторы присутствуют в подчиненном количестве в виде маломощных линз, латерально замещающихся алевролитами и аргиллитами. Нефтеносность тульского горизонта связана с продуктивными пластами Стл₁, Стл₂ и Стл₃, важнейший из которых — верхний пласт Стл₃. Дебиты нефти изменяются от 2 до 15 м³/сут., есть и «сухие» скважины. Все это свидетельствует об изменчивости фильтрационно-емкостных свойств тульских продуктивных пластов и их высокой перспективности на поиск антиклинальных ловушек.

Эталоном подобного рода ловушек является ловушка в пласте Стл₃, к которому приурочено *Дружбинское месторождение*, открытое в 1961 г. в результате бурения скв. 25, заложенной в сводовой части небольшого поднятия, выявленного в осевой зоне Актаныш-Чишминского прогиба по данным колонкового бурения. Залежь приурочена к алеврит-песчаным коллекторам пласта Стл₃. В 2002 г. начался новый этап освоения месторождения. Были пробурены две эксплуатационные скважины (801 и 802), давшие при испытании соответственно 9,0 и 6,3 м³/сут вязкой нефти. Все три скважины вскрыли пласт практически на одной и той же абсолютной отметке — 1033 м. Водонефтяной контакт в скважинах не был установлен.

При подсчете запасов как принятом, так и при новых пересчетах, рассматривалась исключительно антиклинальная модель строения залежи. Вместе с тем, анализ структурных карт по кровле тульского горизонта, построенных по результатам сейсморазведочных работ 1998 г. как специалистами ОАО «Татнефтегеофизика», так и специалистами ЗАО «МиМГО», показывает отсутствие структурного контроля залежи, приуроченной к пласту Стл₃. На Дружбинском месторождении изогипса 1030 м образует структурный нос, замкнутый по падению на север и открытый по восстанию слоев на юг.

Заключения ГИС, выполненные по данным бурения скважин 26 и 4, расположенных соответственно в 2,5 км к юго-западу и 3 км к юго-востоку от скв. 25, показывают замещение коллекторов пласта Стл₃ непроницаемыми породами, причем в скв. 4 коллекторы в тульском горизонте вообще отсутствуют. Это указывает на возможность существования к юго-западу и юго-востоку от залежи литологического экрана. Такой важный фактор был учтен при разработке типизации разрезов тульского горизонта. Всего по данным бурения выделены 4 типа разреза тульского горизонта:

I (высокопродуктивный) характеризуется наибольшей эффективной толщиной коллекторов (6—11 м) и высокими дебитами нефти (11—15,5 м³/сут). Так, в скв. 98 (Киче-Наратская залежь) эффективная толщина коллекторов составила 8,2 м. При испытании получено 14,6 т/сут на штуцере 7 мм.

II и III, не отличаясь по значению эффективной толщины коллекторов (1,2—6 м), различаются по наличию (II тип) или отсутствию (III тип) в разрезе горизонта продуктивного пласта Стл₃.

IV (среднепродуктивный) характеризуется приемлемыми дебитами флюидов 2—9 м³/сут. Например, в скв. 80 (Игимская залежь) с суммарной эффективной толщиной коллекторов 4,6 м из пласта Стл₃ при испытании получено 9,1 м³/сут безводной нефти на динамическом уровне 1040 м. Скважины, вскрывающие разрез IV типа, по данным ГИС являются водоносными и не испытывались.

Разрезы **IV типа** — непродуктивные, так как сложены слабопроницаемыми песчаными алевролитами или глинистыми алевролитами, и для них характерны очень низкие фильтрационно-емкостные свойства пород-коллекторов или отсутствие проницаемых разностей.

Итак, наиболее перспективен I тип разреза, обеспечивающий дебиты >10 м³/сут; II тип разреза с дебитами от 2 м³/сут менее благоприятен, но также позволяет вести рентабельную промышленную разработку. Тип разреза III, в котором отсутствует верхний пласт-коллектор Стл₃ в пределах Актаныш-Чишминского прогиба, непродуктивен. Поля распространения разреза IV типа также представляются бесперспективными.

Построенная по данным факторного анализа спектрально-временных параметров карта типов разреза тульского горизонта отображает, с одной стороны, чрезвычайно изменчивую, а с другой, вполне закономерную картину распределения на Мензелино-Актанышской площади разрезов с улучшенными и приемлемыми фильтрационно-емкостными свойствами коллекторов тульского резервуара (рис. 4).

При анализе карты прогноза типов разреза, совмещенной со структурной основой, на рассматриваемой территории выделено 3 зоны осадконакопления (с севера на юг): 1) северная относительно погруженная, соответствовавшая осевой части Актаныш-Чишминского прогиба; 2) центральная бортового уступа, или «перегиба» склона; 3) южная относительно приподнятая, отвечающая внешней части палеопрогиба. Необходимо заметить, что палеоструктурный план соответствовал современному плану лишь качественно, т. е. в отношении локализации структурных форм. При этом амплитуда самих поднятий была незначительной. Тем не менее, общая тенденция (структурный тренд) тульского палеорельефа достаточно уверенно прослеживается и по современной гипсометрии кровли тульского горизонта. Итак, каковы же различия этих зон?

В северной депрессионной зоне породы с приемлемыми коллекторскими свойствами находятся преимущественно во впадинах и на склонах поднятий. Даже при беглом анализе карты бросается в глаза линейность распространения благоприятных типов разреза, полосы которых ориентированы с северо-запада на юго-восток, что, с одной стороны, отвечает структурному плану изучаемого района, а с другой, вполне согласуется с общей палеогеографической обстановкой в тульское время, когда основной снос материала происходил с запада и северо-запада. Области с высокими

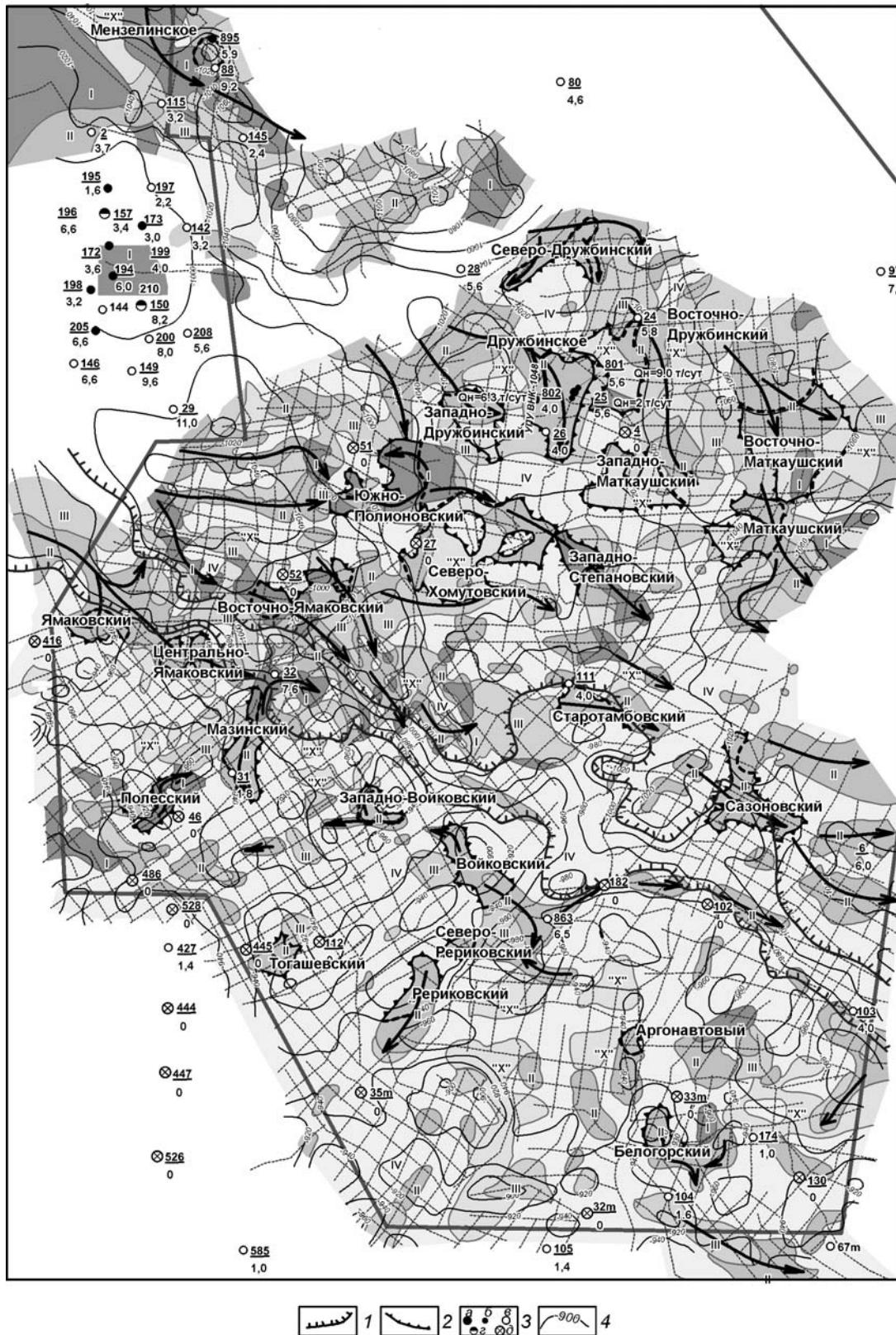


Рис. 4. Прогноз размещения ловушек в пласте Ст1-3 на основе карты типов разреза тульского горизонта по данным факторного анализа спектрально-временных параметров и палеогеографических данных:

границы: 1 — зон осадконакопления, 2 — выклинивания пласта Ст1-3; 3 — скважины: а — разведочные, б — эксплуатационные; давление по ГИС: а — нефть, в — нефть с водой, г — вода, д — сухие, отсутствуют коллекторы; 4 — стратоизогипсы кровли тульского горизонта, м; зоны распространения типов разреза тульского горизонта: I — высокопродуктивный, II — среднепродуктивный, присутствует пласт Ст1-3, III — непродуктивный, отсутствует пласт Ст1-3, IV — непродуктивный, отсутствуют породы-коллекторы; УПУ ВНК — условный подсчетный уровень водонефтяного контакта; Q_n — дебит нефти; H_d — динамический уровень при испытаниях; см. услов. обозн. к рис. 3

ми и приемлемыми фильтрационно-емкостными свойствами тяготеют к склонам поднятий и особенно концентрируются во впадинах. При этом намечается взаимосвязь между характером распространения песчаников бобриковского и тульского горизонтов. Улучшенные коллекторы в тульском резервуаре приурочены, как правило, к наиболее глубоким прогибам, не компенсированным песчаными осадками бобриковского времени. Так, обширные поля распространения разрезов I и II типов выявлены во впадине, расположенной к северо-востоку от Полионовского поднятия, а также в обширной депрессии к северо-востоку от Степановской группы поднятий. Разрезы III и IV типов, с отсутствием коллекторов в пласте Стл₃ или в тульском горизонте в целом развиты над мощными песчаными телами бобриковского горизонта, в кровле которых формировались тектоно-седиментационные поднятия (например, Полионовское). Исключением являются Западно-Юртовское и Восточно-Ямаковское локальные поднятия, где развит I тип разреза.

Особой зоной выделяется бортовой уступ. К нему приурочены две группы песчаных тел (разрезы I и II типов): одна локализована у подножия склона, другая на бровке бортового уступа.

В юго-западной приподнятой зоне, или зоне внешней прибортовой части прогиба, больше распространены «шлейфы» улучшенных коллекторов, спускающиеся по склонам локальных поднятий. Песчаные тела прослеживаются в виде изолированных линз и шнурков. Нередко песчаные фации обнаруживаются в сводовых частях локальных поднятий, часто пересекая их (Мазинское, Регистанская группа поднятий). Однако в целом хорошие коллекторы в пределах этой зоны распространены ограниченно.

Итак, анализ изложенных данных позволяет сделать следующие выводы об условиях формирования коллекторов в тульское время в пределах исследуемого участка.

В северной депрессионной зоне, где волновая гидродинамика была не столь активна, обломочный материал разносился течениями. При замедлении скорости потока над западинами рельефа песчаный материал осаждался, что и привело к широкому развитию коллекторов во впадинах. Скорость потока также изменялась вблизи наиболее морфологически выраженных поднятий, что отразилось в развитии коллекторов на склонах локальных структур. Особенно заметный след течение оставил в районе Восточно-Ямаковского поднятия. Здесь оно, по-видимому, достигало большой интенсивности, так как было ограничено с одной стороны, бортовым уступом Актаныш-Чишминского прогиба, а с другой — Полионовско-Северохомутовской приподнятой зоной. По происхождению, вероятно, это было контурное течение, проходившее вдоль подножия склона бортового уступа по четко выраженной ложбине. Энергия его была такова, что на Восточно-Ямаковском поднятии оно не затухало, а продолжало транспортировать материал в расположенную за ним депрессию. В сводовой части равновесие нарушилось, и из потока осаждался материал, что выражалось в развитии коллекторов на вершине этой локальной структуры (единственный пример для всей северной депрессионной зоны!). Однако далее течение, по-видимому, совершенно утрачивало свою силу, встречая барьер в виде выраженного перешейка между Войковским и Старотамбовским поднятиями. Как следствие, весь материал осаждался в депрессии непосредственно перед этим перешейком.

Локальные структурные формы к началу тульского времени были в значительной степени снивелированы мощным плащом бобриковских песчаников. В то же время возникли не существовавшие до этого тектоно-седиментационные поднятия, образовавшиеся над русловыми телами бобриковского горизонта за счет неравномерного уплотнения пород. В условиях явного дефицита песчаного материала малоамплитудные структурные формы, сохранившиеся после бобриковских событий, играли особую роль, так как в условиях слабоактивной гидродинамики, особенно вялой во время формирования пласта Стл₃, эти поднятия были непреодолимым препятствием для течений, которые огибли поднятия, осаждая песчаный материал на их склонах.

Бортовой уступ ограничивал доступ песчаных осадков в южные районы изучаемой территории. К югу от него над возвышенным подводным плато, образованном по поверхности верхнедевонско-турнейского карбонатного массива, заметную роль в формировании коллекторов играли волновые процессы. Наиболее отсортированный песчаный материал осаждался на вершинах локальных структур, шлейфами спускался по их склонам, а также намывался волнами в зоне активной гидродинамики, приуроченной к бровке бортового уступа, формируя здесь аккумулятивные отмели.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что, несмотря на существенную компенсацию Актаныш-Чишминского прогиба и значительную его сглаженность, в условиях затухающего процесса терригенного осадконакопления было достаточно даже слабой дифференциации рельефа для изменения литологического состава осадков и закономерной локализации песчаного материала в наиболее благоприятных структурных условиях.

Совмещение карты распространения коллекторов тульского горизонта со структурной картой по кровле этого же горизонта позволяет сделать безусловный вывод о преобладании в тульском горизонте ловушек структурно-литологического и неантклинального (главным образом литологического) типов (см. рис. 4). Подтверждена намеченная по данным бурения неантклинальная модель строения Дружбинского месторождения (рис. 5). Намечен ряд других наиболее перспективных ловушек как в осевой, так и прибортовой зонах Актаныш-Чишминского прогиба.

В качестве ловушек неантклинального типа представляют интерес Восточно-Маткаушская линза, Маткаушская и Сазоновское «шнурковые» тела на северо-востоке исследуемого участка. Формирование структурно-литологических ловушек связано также с линзовидными участками развития разреза II типа, пересекающими Мазинское поднятие на западе территории и Западно-Войковское в ее центральной части к югу от бортового уступа. В то же время, в связи с замещением коллекторов на значительной территории на юге и юго-востоке участка потеряно значение для формирования ловушек в тульском горизонте таких антиклинальных поднятий как Митьковское, Северо-Регистанская, Крылатская, Южно-Белогорское. Их перспективы связываются главным образом с обнаружением залежей антиклинального типа в бобриковских отложениях.

Из приведенных материалов можно сделать следующие выводы:

1. На начальных этапах трансгрессивных циклов (пласты пашийского Д1 и бобриковского Сбб горизонтов) осадконакопление происходило в условиях обильного поступления песчаного материала и активной гидродинамики,

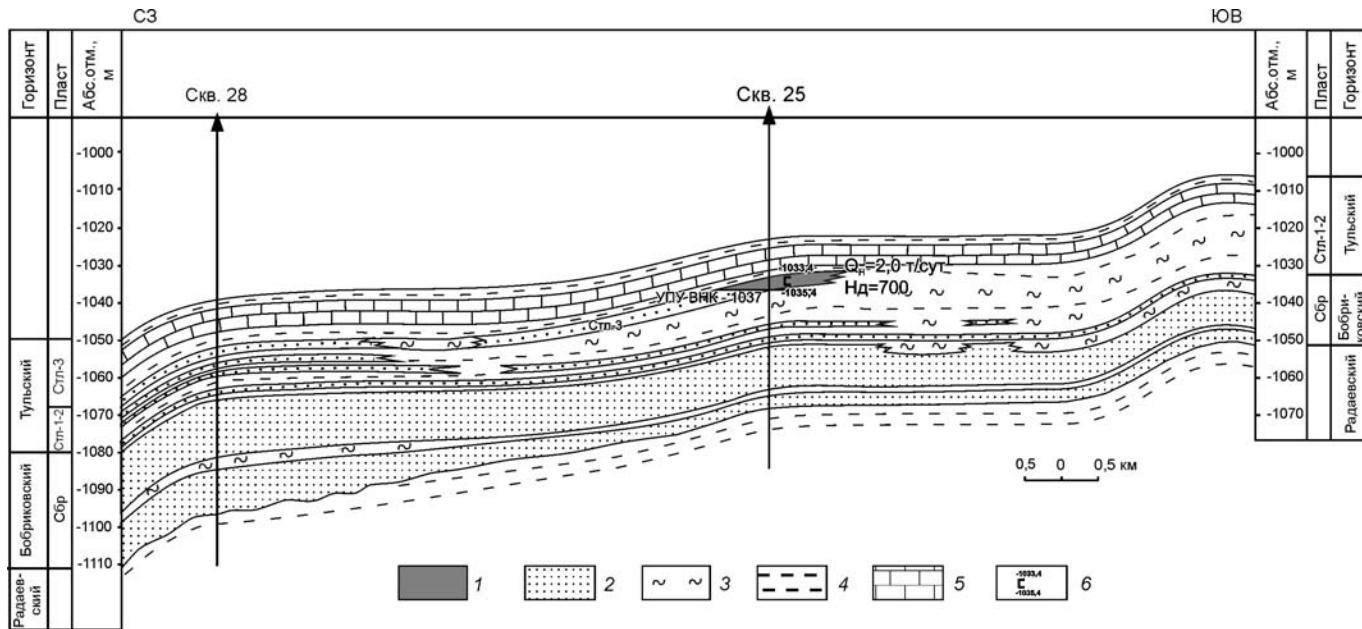


Рис. 5. Сейсмогеологический разрез тульско-бобриковских отложений Дружбинского месторождения:

1 — песчаники нефтеносные (нефтяная залежь); 2 — песчаники водоносные; 3 — алевролиты; 4 — аргиллиты; 5 — известняки; 6 — интервалы перфорации, абс. отм. м; см. услов. обозн. к рис. 4

что способствовало образованию песчаных покровов с выдержаными фильтрационно-емкостными свойствами коллекторов и, как следствие, создавало предпосылки для формирования в базальных пластах ловушек антиклинального типа. На этапах развития трансгрессий (пластины кыновского D_0 горизонта и тульского Стл₁₋₃ горизонтов) существовали условия ограниченного поступления песчаного материала течениями и формировались изолированные песчаные тела линзовидной и шнурковой формы, что создавало предпосылки для развития ловушек литологического и структурно-литологического типов.

2. Сложный характер распространения пород-коллекторов в кыновском и тульском резервуарах требует применения сейсмических методов для их прогноза в межскважинном пространстве. Разработанные по данным глубокого бурения схемы типизации разрезов позволили выбрать для сейсмического прогноза эталоны разрезов с улучшенными и приемлемыми свойствами пород-коллекторов, а также с отсутствием проницаемых пропластков. В тульском горизонте в качестве отрицательного эталона особо выделены разрезы с замещением пласта Стл₃ глинистыми разностями.

3. По данным сейморазведки на западе территории уточнена конфигурация линии регионального замещения коллекторов пласта D_0 кыновского горизонта и выявлены участки с улучшенными фильтрационно-емкостными свойствами, на востоке территории локализованы изолированные песчаные тела линзовидной и шнурковой фор-

мы, невскрытые бурением. В тульском горизонте выделены зоны распространения коллекторов с улучшенными и приемлемыми свойствами течеивого и волнового происхождения. Течеивые в осевой зоне Актаныш-Чишминского прогиба тяготеют к синклиналям и склонам поднятий, в зоне бортового уступа прослежены вдоль подножия склона. Волновые приурочены к бровке уступа, а на юге территории — к локальным поднятиям или их склонам.

4. На основе совмещения структурных карт и карт типов разреза в кыновском и тульском горизонтах закартированы перспективные объекты преимущественно структурно-литологического и литологического типов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Каледа Г.А., Гассанова И.Г., Ермолова Т.Е. Типы трансгрессий и типы ловушек / Методика поисков и разведки залежей нефти и газа в стратиграфических и литологических ловушках. —Баку, 1985. С. 30—34.
- Михайлова Н.А. Зоны выклинивания и неструктурные ловушки. —М.: Наука, 1977.
- Нефтегазоносные и перспективные комплексы центральных и восточных областей Русской платформы. Т. III. Каменноугольные отложения Волго-Уральской нефтегазоносной области. —Л.: Недра, 1970.
- Славкин В.С., Беспрозванный П.А., Сапрыкина А.Ю. Способ выделения и прогноза участков с различными типами геологического разреза. Патент на изобретение №2275660.
- Смирнов В.Г. Новый перспективный объект нефтяных залежей (приливные ложбины в прибрежно-морской зоне формирования среднекыновских слоев) // Геология нефти и газа. 1993. № 4. С. 12—16.

Стратиграфия, региональная геология и тектоника

УДК 551.14

© Н.В.Конанова, 2007

Плотностные неоднородности литосферы Тимано-Североуральского региона

Н.В.КОНАНОВА (Институт геологии КомиНЦ УрО РАН)

Современные знания о глубинном строении северо-востока Русской, Печорской и северо-запада Западно-Сибирской плит (Тимано-Североуральского региона) основаны на интерпретации геолого-геофизических данных, базирующихся преимущественно на сейсмической информации. Построены слоисто-блоковые и чешуйчато-надвиговые модели земной коры и верхов верхней мантии данного региона. Строение нижней (мантийной) части литосферы и подлитосферной мантии освещены схематично в этих моделях, поэтому в данной работе привлекаются гравиметрические данные при изучении строения глубоких слоев литосферы, позволяющие выявлять плотностные неоднородности при минимуме априорной информации о подковровом веществе мантии. Тимано-Североуральский регион и сопредельные территории в современном структурно-тектоническом плане включает следующие тектонические элементы: восточный склон Балтийского щита, Мезенскую синеклизы, северную часть Волго-Уральской антеклизы, Тиманскую гряду, Печорскую синеклизу, Пред-

уральский краевой прогиб, Уральский кряж и сопредельные структуры Западно-Сибирской плиты.

В результате интерпретации гравиметрического поля по методике гравитационного зондирования литосферы Печорской и сопредельных плит проведено районирование плотностных неоднородностей гранулито-метабазитового и гранулито-гнейсового структурно-вещественных комплексов и подкомплексов консолидированной части земной коры Тимано-Североуральского региона и сопредельных территорий (рис. 1), верхней мантии (рис. 2), при этом были использованы опубликованные данные ГСЗ [4 и др.].

На рис. 1 представлены области разуплотненных и уплотненных пород верхней и нижней частей консолидированной коры, отождествляемых автором статьи с гранитогнейсовым подкомплексом и гранулито-метабазитовым структурно-вещественным комплексом консолидированной коры северо-востока европейской части России. При сопоставлении плотностных неоднородностей консолидированной коры и температурных режимов гранитогнейсо-

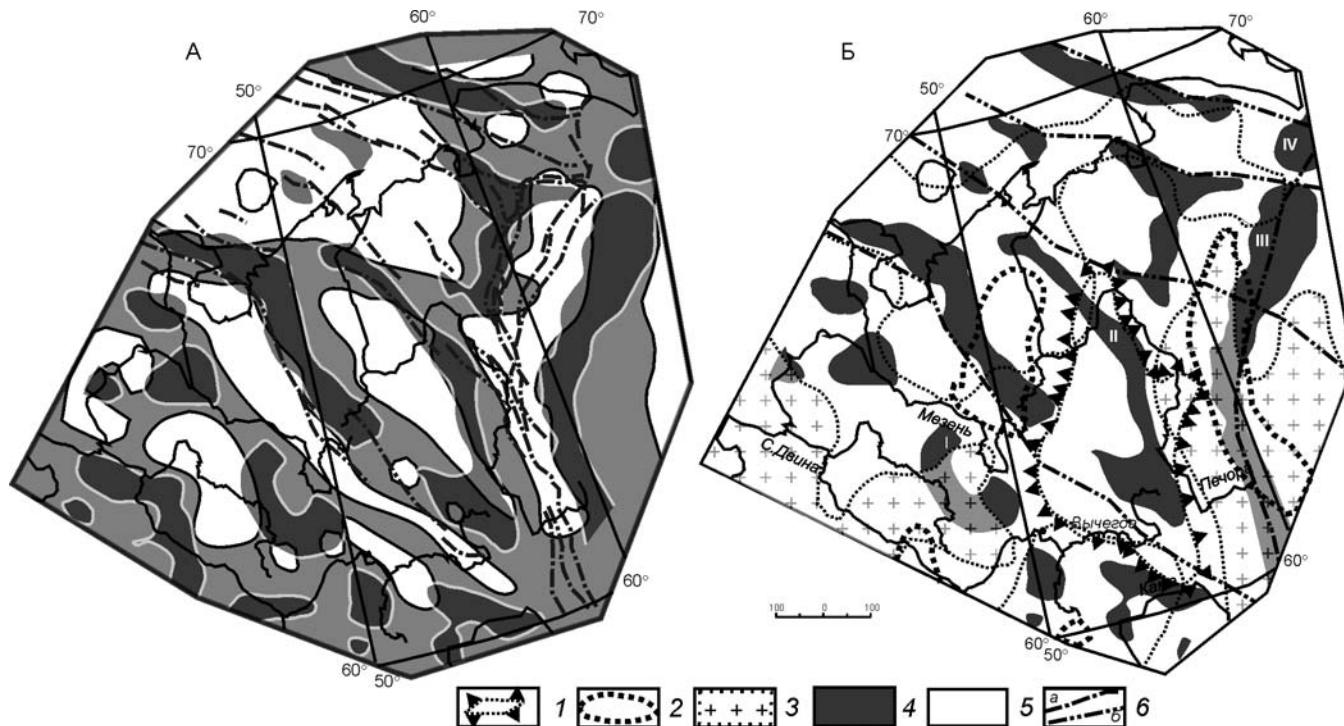


Рис. 1. Районирование по плотности (А) и мощности (Б) земной коры Тимано-Североуральского региона и сопредельных территорий:

увеличенные мощности (по [4]): 1 — нижней коры (гранулито-метабазитовый комплекс), 2 — промежуточного комплекса (диорито-гнейсовый подкомплекс), 3 — верхней коры (гранито-гнейсовый подкомплекс); 4 — плотные породы нижней коры; 5 — разуплотненные породы верхней коры; 6 — основные глубинные разломы (а) и границы (б) кристаллического фундамента (по [2]): I — нормального профиля Русской плиты, II — зрелой сиалической коры Печорской плиты, III — коры фемического профиля, IV — коры фемического профиля с локальным распространением верхней коры

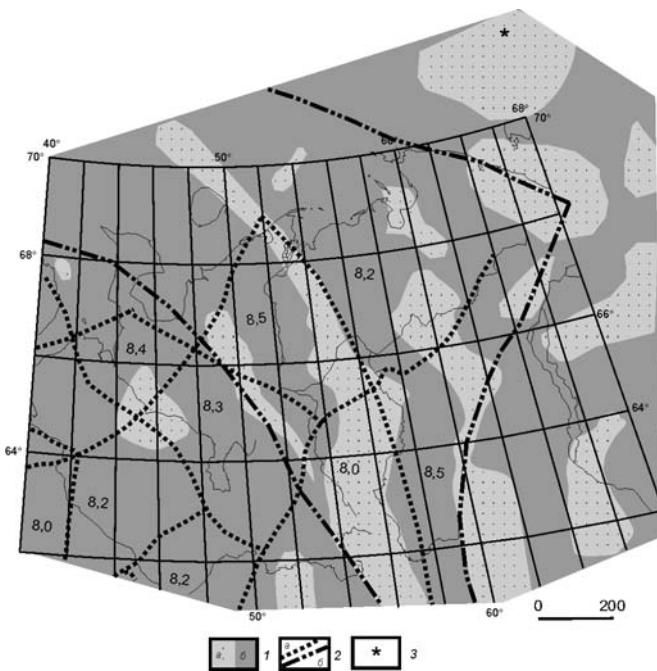


Рис. 2. Неоднородности верхней мантии Тимано-Североуральского региона:

1 — плотностные неоднородности: а — разуплотненные и б — плотные породы; 2 — границы: а — скоростных неоднородностей земной коры (по [4]), б — Печорской плиты; 3 — эпицентр мантийного плюма (по [7]); цифры — значения граничной скорости, км/с (по [4])

вого и гранулито-базитового подкомплексов консолидированной коры Печорской плиты исследователи неоднократно отмечали, что холодные участки приурочены к породам избыточной плотности, а повышенные значения аномалий температурного режима — к участкам земной коры с пониженными значениями плотности горных пород.

Плотностные неоднородности консолидированной коры на разных ее уровнях практически не отличаются по особенностям размещения по площади (см. рис. 1). Различия прослеживаются лишь для разных плит. Так, если для Русской плиты с архейско-раннепротерозойским фундаментом свойственен мозаичный характер распространения плотностных неоднородностей на разных ее уровнях-срезах, то для Печорской с фундаментом позднепротерозойского времени характерны линейно вытянутые аномалии плотностных неоднородностей консолидированной коры. На территории Русской плиты отмечается присутствие только одной локально вытянутой аномальной зоны пониженных значений плотности, расположенной вдоль западного борта Тиманской гряды.

Уплотненные породы нижней и верхней консолидированной коры северо-востока европейской части России, имеющие линейный характер распространения и высокие плотностные параметры, характеризуют, вероятно, в первую очередь наличие шовных зон стыка разных плит. Отчетливо и достаточно однозначно фиксируется шовная зона стыка Русской и Печорской плит, которая с северо-запада протягивается широкой (100—200 км) полосой на юго-восток вдоль Тиманской гряды, соединяясь на юге с Уральской шовной зоной стыка Русской и Западно-Сибир-

ской плит. Уральская шовная зона по размерам в поперечнике достигает 300—400 км и прослеживается в субмеридиональном направлении с юга на север до района Байдарацкой губы. Северо-восточную границу Печорской плиты с достаточной долей уверенности следует проводить по Вайгачско-Пайхойской зоне. Северо-западная граница Печорской плиты проводится условно по Куренцовской ступени в месте резкого изменения мощности консолидированной коры, в поле развития плотностных неоднородностей она носит не столь явный характер и проводится с юго-запада на северо-восток по двум изолированным аномальным областям, характеризующимся повышенными значениями плотности слагающих их пород.

Печорская плита в данном выделенном объеме не отличается монолитностью и состоит как минимум из трех разуплотненных блоков (Ижемский, Колгуевско-Хорейверский и Предуральский), отделенных друг от друга узкими плотными перемычками Припечорской и Чернышева-Варандейадзинской. Ижемский разуплотненный блок ассоциируется автором статьи с Ижемской микроплитой [5], расположенной в зоне глубокого шельфа и континентального склона в позднем рифе. Колгуевско-Хорейверский блок — с доверхнерифейскими Колгуевским и Хорейверским террейнами [5, 6]. Приуральский блок правильнее всего отождествлять с одноименной мегазоной, выделенной Н.Г.Берлянд [1] вдоль западного склона Урала, который рассматривается ею в качестве палеозойского перикратонного прогиба.

Зона сочленения Печорской, Западно-Сибирской и Русской плит отображается и в поле плотностных неоднородностей более глубоких слоев мантии. Ранее отмечалось [3], что в основании Байдарацкой губы в геофизических полях глубинных уровней редукции наблюдаются четырех- и трехлучевые коробчатые структуры разного знака, вероятно, отражающие степень зрелости литосферы и подлитосферной мантии на момент их формирования. Подобных структур в пределах Печорской плиты обнаружено не было.

Территория Тимано-Североуральского региона представлена разнородными и по мощности комплексами земной коры (см. рис. 1, Б). Средние значения мощности земной коры района исследований фиксируются в Большеземельско-Варандейско-Косьюрговском регионе, на Югорском полуострове и в юго-восточной части северо-востока европейской части России, приблизительно охватываая междуречье рек Мезень и Северная Двина. Наиболее сложной для геологической интерпретации явилась территория Полярного и Приполярного сегментов севера Уральского кряжа. Плотностные неоднородности Урала повышенной плотности на всех структурно-вещественных уровнях консолидированной коры фиксируются вдоль всего севера Урала, увеличенная мощность наблюдается на Приполярном Урале, а на Полярном преобладают средние значения толщины земной коры.

Мощность *нижней коры* (гранулито-метабазитовый комплекс) на всей территории Тимано-Североуральского региона составляет средние значения и увеличена по данным ГСЗ [4] в виде единой обширной (200×400 км) области субмеридионального простирания, охватывающей территории Вычегодского прогиба и южного Тимана, юго-восточной части Печорской синеклизы, прилегающей к Предуральскому краевому прогибу, ограничиваясь с севера Большеземельским сводом и с востока — Илыч-Чик-

шинским разломом глубинного заложения. Большая часть этой области характеризуется повышенными значениями плотности горных пород гранулито-метабазитового структурно-вещественного комплекса консолидированной коры.

Толщина *средней коры* (диорито-гнейсовый подкомплекс) изменяется незначительно на территории северо-востока европейской части России. Небольшие по площади области увеличенной мощности средней коры протягиваются в северо-восточном направлении в виде двух узких полос, пересекая тиманские структуры северо-западной ориентировки вкрест их простирации. Западная полоса в виде вытянутого вала (?) прослеживается с юга от г. Котлас на территории Русской плиты через Средний Тиман в районе истоков р. Мезень практически до впадения р. Шапкина в р. Печора на севере Печорской синеклизы, прерываясь в районе Вашкинской структуры. Восточная полоса — приблизительно от района истоков р. Печора Восточно-Уральской структурно-формационной зоны Урала в субмеридиональном направлении до г. Инта, находящегося в пределах Косью-Роговской впадины Предуральского краевого прогиба. Обе полосы характеризуются преимущественно повышенными значениями плотности консолидированной коры.

Мощность *верхней коры* (гранитогнейсовый подкомплекс консолидированной коры) практически на всей территории Тимано-Североуральского региона имеет повышенные значения, исключение составляют территории Мезенско-Северодвинского междуречья Русской плиты, Южного Тимана, части Югорского полуострова, Полярного Урала, Большеземельского свода, гряды Чернышева, западной части Косью-Роговской впадины, а также территории с утолщенной нижней корой (см. рис. 1, Б).

В блоке результирующих материалов интерпретации гравиметрических данных наибольший интерес с точки зрения новизны полученных результатов имеет схематическая карта строения верхней части литосферной мантии Печорской плиты и сопредельных территорий Русской и Западно-Сибирской плит (см. рис. 2). Очевидно, что направление распространения плотностных неоднородностей верхней мантии совпадает с направлением основных надпорядковых структур Тимано-Североуральского региона. Границы плит прослежены по резкому изменению параметров плотностных неоднородностей. Северо-восточная окраина Русской плиты с архейско-раннепротерозойским фундаментом не имеет ярко выраженных плотностных неоднородностей на этом уровне верхней мантии. Одна изометрическая аномальная область, заполненная разуплотненными породами верхней мантии, зафиксирована в среднем течении р. Мезень в зоне сочленения границ сквозных неоднородностей северо-западного и северо-восточного направлений, другая в современном структурно-тектоническом плане совпадает с Кировско-Кажимским авлакогеном. Для Русской плиты характерно развитие плотностных неоднородностей мозаичного характера распространения на данном уровне-срезе исследований, отражающих степень зрелости Земли на момент их формирования, и свидетельствующих о значительной степени консолидации горных пород. Геологические объекты здесь обладают повышенными значениями плотности, слагающих их пород верхней мантии, на фоне распространения которых наблюдаются небольшие по размерам изометрической формы области, заполненные горными породами.

ми с минимальными градиентами плотностных параметров. Низкие градиенты изменения скоростных параметров отмечаются и по данным ГСЗ [4].

Печорская плита характеризуется наличием линейно вытянутых в северо-западном направлении аномалий поля силы тяжести и плотностных неоднородностей на этом уровне-срезе исследований, Западно-Сибирская плита отличается более низкими значениями плотности слагающих ее пород и более значительной площадью распространения разуплотненных пород. Например, изометричная аномалия пониженных значений плотности на уровне верхней мантии в районе Карского моря в плане совпадает с мантийным плутоном, обладающим повышенными значениями температур на глубине более 30 км, выявленным М.Д.Хуторским и др. [7] при исследовании теплового поля Арктического региона.

Прочностные свойства верхнемантийных пород исследуемой части Тимано-Североуральского региона, характеризующие высокую степень консолидации пород верхней мантии, максимальны в пределах северо-восточной окраины Русской плиты, минимальны — в пределах Западно-Сибирской, а у Печорской занимают среднее положение. Данные гравиметрического зондирования Тимано-Североуральского региона по верхней мантии позволяют оконтурить Печорскую плиту, отличающуюся от соседних территорий особенностями размещения глубинных плотностных неоднородностей, и провести границу Печорской плиты по зафиксированным швовым зонам.

Таким образом, литосферная мантия, во-первых, несет информацию о геодинамической активности недр (утоненная литосфера), или об ее отсутствии (утолщенная литосфера) на современном этапе развития геосферы в более доступном виде, избавленном в значительной степени от влияния палеозойских структур. Во-вторых, утоненная литосферная мантия вследствие глубинности своего залегания в значительной степени подвержена влиянию молодых (современных, с учетом геологического возраста Земли) мантийных плутонов, обладающих пониженными значениями плотностных параметров, изометрическими формами залегания и характеризующихся геохимической активностью содержащихся в них флюидов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Берлянд Н.Г. Карта глубинного строения земной коры Урала. Масштаб 1:1 000 000. Объяснительная записка. —С.-Пб., 1993.
2. Запорожцева И.В., Пыстин А.М. Строение дофанерозойской литосферы европейского северо-востока России. —С.-Пб.: Наука, 1994.
3. Конанова Н.В. Глубинное строение Пай-Хоя и сопредельных территорий. —Сыктывкар, 1997.
4. Краснопевцева Г.В., Щукин Ю.К. Объемная глубинная модель земной коры Восточно-Европейской платформы по данным региональных сейсмических исследований // Глубинное строение литосферы по результатам сейсмических исследований / Региональная геология и металлогенез. 2000. № 10. С. 75—85.
5. Оловянинников В.Г. Верхний докембрий Тимана и полуострова Канин. —Екатеринбург: УрО РАН, 1998.
6. Пыстин А.М., Оловянинников В.Г., Конанова Н.В., Пыстин Ю.И., Удоратин В.В. Латеральные и вертикальные неоднородности и позднедокембрийская геодинамика северо-восточной окраины Европейского кратона. —Сыктывкар: Геопринт, 2004.
7. Хуторской М.Д., Поляк Б.Г., Кононов В.И. Современные проблемы геотермии // Труды Геологического института. Вып. 565: Современные проблемы геологии / Под ред. Ю.О.Гаврилова, М.Д.Хуторского. —М.: Наука, 2004. С. 142—186.

Сухарно-бокситовый комплекс в нижнекаменноугольном разрезе северо-западного крыла Московской синеклизы

Г.П.ДУНДО (СЗФ «Невскгеология» ФГУГП «Урангей»)

В конце 90-х годов прошлого столетия автор занимался фациально-палеогеоморфологическими реконструкциями на территорию около 34 тыс.км², включающую полностью Тихвинский и Боровичско-Любытинский горнорудные районы (Южная Карелия, Ленинградская и Новгородская области). Для решения поставленной задачи привлекались материалы по геологосъемочным, поисковым и разведочным работам разных масштабов, проводившимся здесь в период с 1940-х по конец 1980-х годов геологическими организациями Северо-Западного региона СССР. Значительное внимание обращалось на результаты буровых работ разного назначения. Изучена первичная геологическая документация по 612 скважинам, вскрывшим каменноугольный разрез и вошедшим в девонско-турнейский «фундамент», построены и увязаны между собой десятки геологических разрезов, составлены карта довизейского палеорельефа и палеофациальная карта масштаба 1:500 000.

Автором настоящей публикации реконструировались обстановки, сложившиеся по времени от начала и до конца накопления толщи терригенных и карбонатно-терригенных осадков визейского яруса, включающей в пределах изученной территории отложения тульского, алексинского, михайловского и веневского горизонтов. За верхнюю границу толщи была принята подошва известняков маркирующего слоя b (нулевая линия АБ, рис. 1) верхней карбонатной пачки егорьской свиты. Нижняя асинхронная граница в зависимости от особенностей довизейского рельефа проходит по кровле сухарно-бокситового комплекса или по поверхности девонско-турнейского основания Московской синеклизы.

В данной статье существование выполненных палеореконструкций представлено автором в виде продольного геолого-палеогеоморфологического разреза по линии АБ, построенного по данным 62 скважин и проходящего в северо-северо-восточном направлении от г.Боровичи (несколько севернее его) до Мягозерского месторождения бокситов в Южном Прионежье (см. рис. 1).

Анализ имевшихся в распоряжении автора материалов дает основание для корректировки некоторых положений стратиграфии визейского разреза и отдельных моментов истории геологического развития рассматриваемого региона. Прежде всего это касается вопросов возраста пестроцветных каолинитовых глин кремницкой свиты, пород сухарно-бокситового комплекса и объема тихвинской свиты.

Представления о стратиграфии нижнекаменноугольных отложений московской синеклизы по мере увеличения степени ее геологической изученности претерпевали неоднократные изменения, что отразилось в существовании многочисленных местных и унифицированных региональных стратиграфических схем. С наибольшей полнотой эволюция взглядов по этому вопросу приведена в публикации [6], посвященной стратиграфии нижнего карбона Московской синеклизы и Воронежской антеклизы. В упомянутой работе для северо-западного крыла Московской синеклизы принятая схема стратиграфии визейских отложений (табл. 1), учитывающая взгляды В.С.Кофмана и В.Ю.Горянского (1985) о нижневизейском возрасте пестроцветных глин кремницкой свиты, рассматриваемых как продукты каолинитовой коры выветривания. В этой схеме сохранены представления С.Г.Вишнякова (1940) и В.С.Кофмана (1965) о принадлежности пород сухар-

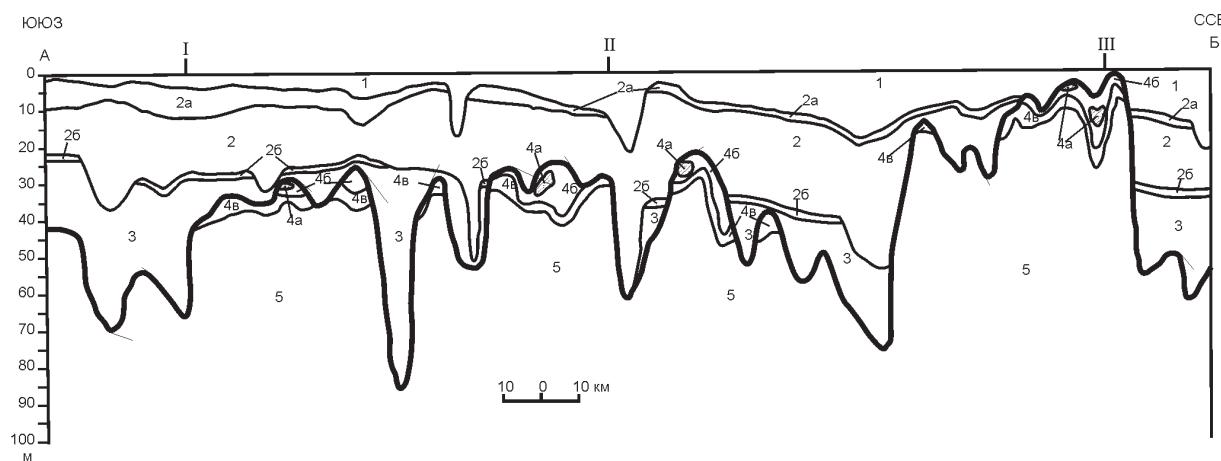


Рис. 1. Геолого-палеогеоморфологический разрез:

местоположение географических пунктов, спроектированных на линию разреза: I — пос.Любытино, II — г.Тихвин, III — пос.Мягозеро; стратиграфические подразделения визейского яруса нижнего карбона: 1 — веневский горизонт; 2 — алексинский и михайловский горизонты нерасчлененные, 2а — маркирующий пласт известняка слоя а₆ в кровле михайловского горизонта; 2б — маркирующий пласт известняка слоя а₁ в подошве алексинского горизонта; 3 — тульский горизонт; девонско-турнейское основание Московской синеклизы: 4 — кремницкая свита (довизейская кора выветривания): сухарно-бокситовый комплекс: 4а — аллиты и бокситы, 4б — сиаллиты; нижний пласт глин: 4в — пестроцветные каолинитовые глины; 5 — неизмененные породы девонско-турнейского основания Московской синеклизы

1. Расчленение серпуховского, визейского и турнейского ярусов нижнего карбона северо-западного крыла Московской синеклизы. Региональная унифицированная схема 1988 г. [6]

Система	Отдел	Ярус	Подъярус	Надгоризонт	Горизонт	Свита
Каменноугольная	Нижний	Серпуховский	Верхний	Старобешевский	Протвинский	Угловская
			Нижний	Зaborьевский	Стешевский	Понерётская
					Тарусский	Егольская
		Визейский	Верхний	Окский	Веневский	
					Михайловский	Путлинская
					Алексинский	Мстинская
					Тульский	Тихвинская
			Нижний	Кожимский	Бобриковский	Бобриковская
					Радаевский	Кремницкая
					Косьвинский	
		Турнейский	Верхний	Шуриновский	Кизеловский	
					Черепетский	
			Нижний	Ханинский (Лихвинский)	Упинский	
					Малевский	
					Гумеровский	

но-бокситового комплекса к тульскому горизонту визейского яруса, имеющему трехчленное строение (табл. 2). Названные исследователи, а вслед за ними и автор настоящей работы, включают в состав сухарно-бокситового комплекса собственно бокситы, бокситовые породы — аллиты и сиаллиты, а также оgneупорные глины сухарного ряда, рассматриваемые ими как безжелезистые разновидности сиаллитов.

По широко распространенному мнению [1, 2, 4], каолинитовые коры выветривания послужили основным источником всех бокситовых залежей Московской синеклизы. Формирование их происходило хемогенно-осадочным путем за счет размыва и химического разложения коры выветривания с последующим отложением в неглубоких котловинах или в верхних частях речных и овражно-балочных долин высоких порядков, дренирующих склоны и по-

верхность водораздельных возвышенностей в довизейском палеорельфе. Иными словами, подразумеваются разрыв во времени между формированием коры выветривания и образованием бокситовых залежей, а также разные морфоструктурные обстановки их локализации.

Выполненные автором палеогеоморфологические реконструкции позволяют утверждать, что пестроцветные каолинитовые глины кремницкой свиты и породы сухарно-бокситового комплекса в структурно-тектоническом отношении вне зависимости от их генезиса принадлежат раннегерцинскому структурно-формационному комплексу, сложенному средне-верхнедевонскими и турнейскими отложениями нижнего карбона, образующими своеобразный фундамент Московской синеклизы (см. рис. 1). Об этом помимо структурной позиции свидетельствует постоянное присутствие следов размыва на контакте боксито-

2. Сопоставление схем расчленения тульского горизонта

Горизонт	Расчленение толщи $C_1^{ok}tich$ в Тихвинском бокситовом районе. По С.Г.Вишнякову (1940)		Расчленение тульского горизонта на северо-западной окраине Подмосковного бассейна. По В.С.Кофману (1965)
Алексинский			
Тульский	Тихвинская толща	Надбокситовый комплекс $C_1^{ok}tich_3$ Бокситовый комплекс $C_1^{ok}tich_2$ Подбокситовый комплекс $C_1^{ok}tich_1$	Углисто-песчано-глинистый комплекс Сухарно-бокситовый комплекс Песчано-глинистый комплекс
Бобриковский			

вых пород с перекрывающим их углисто-песчано-глинистым комплексом тульского горизонта, впервые замеченное В.С.Кофманом, который отмечал, что наблюдаемый перерыв представляет собой «...явление региональное, охватывающее всю территорию северо-западной окраины Подмосковного бассейна» [1, с. 267]. Бокситовые породы совместно с каолинитовыми глинами кремницкой свиты, по убеждению автора, маркируют собственно довизейскую поверхность, еще не затронутую позднейшими эрозионными процессами и сформировавшуюся на завершающих стадиях раннегерцинского тектогенеза в результате пленепленизации рассматриваемой территории, выведенной к тому времени на дневную поверхность. На условия пленеплена косвенно указывает выдержанность суммарной мощности глин кремницкой свиты и сухарно-бокситового комплекса (от первых метров до 15—20 м), устанавливаемая, судя по данным А.И.Кривцова [3], В.С.Кофмана [1], И.М.Задорожного (1988) и Н.А.Александровой (1953, 1986), на обширных пространствах от Северо-Онежского до Боровичско-Любытинского горнорудных районов.

По мнению В.С.Кофмана, континентальный перерыв затянулся на изученной территории до середины визейского времени, в результате чего «...здесь сформировался сложный структурно-денудационный рельеф, на возвышенных участках которого на довизейских породах развились каолинитовая и аллитная кора выветривания» [1, с. 253]. Таким образом, он допускал возможность корообразования в условиях интенсивной эрозионной деятельности, что автору представляется маловероятным, так как общеизвестно, что коры выветривания формируются в спокойной тектнической обстановке, в условиях длительной стабильности положения общего базиса эрозии.

Как показали исследования, бокситы, бокситовые породы и глины кремницкой свиты в морфоструктурном отношении устанавливаются лишь в пределах эрозионных останцов указанного пленеплена, сохранившихся в виде высокостоящих (мощность визейского разреза не более 30 м) водоразделов в сложнорасчлененном довизейском палеорельфе (см. рис. 1), сформировавшемся к началу визейского времени в результате возобновившихся тектонических движений среднегерцинского цикла тектогенеза, приведших к общему погружению рассматриваемого региона, расчленению первичной пленепленизированной поверхности на ряд вертикально смешенных друг относительно друга блоков и заложению Московской синеклизы. Визейские же отложения последовательно выполняют различной глубины (до 100—120 м) отрицательные формы палеорельфа — палеоврезы. При этом осадки тульского горизонта как самые ранние локализуются в тальвеговых частях наиболее глубоких палеоврезов (см. рис. 1). Осадки веневского времени практически полностью завершили нивелирование всех неоднородностей довизейского палеорельфа. Таким образом, отложения визейского яруса в структурно-тектоническом отношении занимают принципиально иную позицию, чем породы сухарно-бокситового комплекса и каолинитовые глины кремницкой свиты, входя в состав более молодого среднегерцинского структурно-формационного комплекса. Учитывая изложенное, трудно согласиться с визейским возрастом бокситовых пород и пестроцветных глин кремницкой свиты. Нет никаких оснований относить последние к радаевскому горизонту. Достоверно известно лишь то, что повсеместно пестроцветные глины развиваются по верхнедевонским и

турнейским (упинские и малевские слои) отложениям, перекрываются породами сухарно-бокситового комплекса или отложениями тульского горизонта и почти не содержат органических остатков [1, 3].

По данным автора, каолинитовые глины коры выветривания и сухарно-бокситовый комплекс перекрываются тульскими осадками лишь на юге Тихвинского бокситоносного района, а в центральной и северной его частях в зависимости от рельефа довизейской поверхности на них залегают отложения алексинско-михайловских и веневских слоев окского надгоризонта визе (см. рис. 1). Как показали исследования, пестроцветные каолинитовые глины кремницкой свиты теснейшим образом связаны с породами сухарно-бокситового комплекса. Они обычно залегают в его основании, образуя каолинитовую зону (см. рис. 1), и визуально часто неотличимы от слагающих его каолинитовых глин и сиаллитов, что отмечалось также А.И.Кривцовым [3] и другими исследователями. По нашим данным, от сиаллитов каолинитовые глины коры выветривания отличаются главным образом химическим составом, для которого характерен широкий диапазон изменений значений кремневого модуля M_{Si} (Al_2O_3/SiO_2). В зависимости от степени каолинизации он может изменяться от 0,55 до 0,85. В качестве примера постепенного перехода пестроцветных каолинитовых глин коры выветривания в вышележащие породы сухарно-бокситового комплекса приведем разрез, вскрытый в скв. 277. Здесь под углистыми глинами мстинской свиты (алексинский горизонт) залегают (сверху вниз):

<i>Tихвинская свита. Сухарно-бокситовый комплекс, C₁tch₂</i>	Мощность, м
Сиаллиты. В верхней части слоя (2,4 м) розовато-сиреневые с темно-серыми пятнами и прожилками, углефицированными растительными остатками. Далее (1,2 м) сильно ожелезненные, красновато-коричневые	3,6
Аллиты розовато-силеневые, с темными пятнами, слабо ожелезненные. В подошве (0,5 м) белые и пятнистые с розовыми и красновато-бурыми пятнами	1,1
Бокситы красновато-бурые, красные, ожелезненные	2,0
Аллиты сильно ожелезненные, каменистые, крепкие, темно-красновато-бурые	3,0
Сиаллиты красновато-бурые, участками каменистые	0,7
<i>Кора выветривания. Кремницкая свита, C₁kr</i>	
Глины пестроцветные. В верхней части слоя (1,7 м) красновато-бурые с охристыми пятнами. Отмечаются примазки сажистого угля, линзочки и мелкие пятна белой каолинитовой глины, отдельные желваки «железняка» (до 1,5 см в диаметре). В подошве (0,5 м) — брекчиивидные, с железистыми бобовинами и «обломками» красного, белого и светло-желтого цвета в зеленовато-серой массе	2,2
<i>Верхний девон, D₃</i>	
Глины алевритовые лиловато-силеневые с пятнами и прожилками светлого зеленовато-серого цвета	2,2
Глины песчанистые светло-зеленовато-серого цвета	3,1
До забоя глины алевритовые и песчанистые, пестрые, светло-зеленовато-серые, темно-лиловые, красновато-силеневые, голубовато-зеленые	11,9

3. Химический и минеральный составы подбокситовых глин нижней части тихвинской свиты. По материалам И.М.Задорожного (1988)

Место отбора проб	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	ППП	Минеральный состав
Маткучейская палеоложбина	33,6—75,2	1,4—2,6	30,4—39,3	1,0—7,9	11,6—26,0	Каолинитовый
Капшинско-Андомская палеодолина	48,6—75,2	0,8—1,9	13,0—32,6	0,8—6,3	3,1—14,5	Каолинит-гидрослюдистый

Впервые на изученной территории, по сообщению В.С.Кофмана [1], постепенный переход каолинитовых кор выветривания в бокситы и бокситовые породы описал в 1935 г. П.А.Гурвич на правобережье р.Белая, около д.Кремница (Любытинский район, Новгородская область). Он рассматривал весь этот комплекс пород как полный профиль латеритной коры выветривания и выделил его в кремницкую свиту. Позднее, в 1940 г., С.Г.Вишняков в районе Губско-Почаевского месторождения (Тихвинский бокситоносный район), В.С.Кофман (1964) в Южном Прионежье (Мягозерское месторождение) и А.И.Кривцов [3] на Иксинском месторождении (Северо-Онежский бокситоносный район) описали разрезы аналогичного типа. Все это с учетом структурно-тектонической позиции каолинитовых глин кремницкой свиты и пород сухарно-бокситового комплекса позволяет автору статьи обратиться к оценкам П.А.Гурвича и объединить их в один литологостратиграфический комплекс, сохранив за ним для северо-западного крыла Московской синеклизы старое наименование — кремницкая свита. Во вновь предлагаемом объеме кремницкая свита состоит из двух подразделений: верхнее называется сухарно-бокситовый комплекс и нижнее — пласт пестроцветных каолинитовых глин. Формирование этой свиты завершилось на рубеже турне—визе, предположительно в шуриновское время. А.И.Кривцов [3] по результатам изучения остатков макрофлоры (определения Г.П.Радченко) в Северо-Онежском бокситоносном районе пришел к заключению о турнейском возрасте (кизеловский горизонт) пестроцветных и белых каолинитовых глин подрудной толщи, допуская при этом турнейский возраст так же и для низов рудной каолинито-бокситовой толщи, входящих в выделяемую им иксинскую свиту.

Согласно схемам С.Г.Вишнякова и В.С.Кофмана (см. табл. 2), тульский горизонт имеет трехслойное строение. Полученные данные свидетельствуют о неоправданности такого деления, так как два его нижних подразделения — бокситовый и песчано-глинистый (подбокситовый) комплексы в силу общности структурно-тектонической позиции (вхождение в состав раннегерцинского структурно-формационного комплекса основания Московской синеклизы) имеют довизейский возраст. В реальных разрезах с бокситовыми породами в верхних слоях подбокситовых глин нередко появляются сухарные прослои и отмечаются признаки интенсивной каолинизации, присущей каолинитовым корам выветривания. Ничего подобного не наблюдается в сходных по облику глинах, необоснованно относимых к подбокситовому комплексу и отложившихся в пределах эрозионных врезов, где бокситы отсутствуют. Сошлемся на данные И.М.Задорожного (1988) по северной части Тихвинского бокситоносного района (месторождение Мягозеро). Он приводит результаты химическо-

го и минералогического анализов подбокситовых глин нижней части тихвинской свиты (табл. 3), залегающих в разных структурных позициях — в глубоко врезанной Капшинско-Андомской палеодолине и Маткучейской палеоложбине овражно-балочного типа, осложняющей западный склон крупной палеовозвышенности (Кильзерский вал).

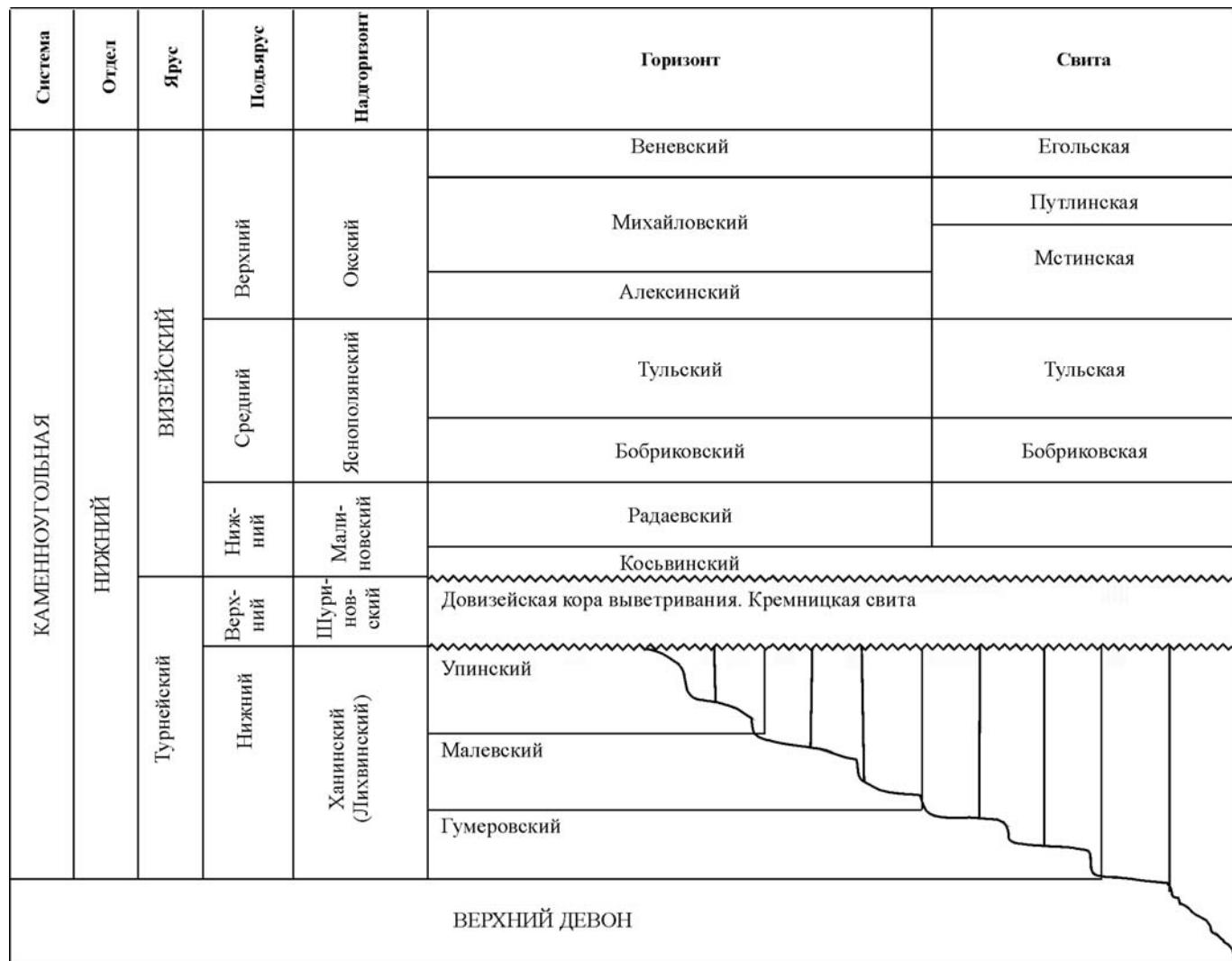
Это совершенно разные по химическому и минеральному составам образования, несмотря на их внешнее сходство. Подбокситовый глинистый комплекс Маткучейской палеоложбины, как показало изучение первичной геологической документации пройденных там скважин, содержит в кровле породы вышележащего сухарно-бокситового комплекса глины, отвечающие по химическому составу сиаллитам (сухарные глины), и брекчиевидные пестроцветные, аналогичные глинам кремницкой свиты. Глины Капшинско-Андомской палеодолины — действительно визейские отложения, мало отличающиеся от глин углисто-песчано-глинистого (надбокситового) комплекса тульского горизонта. В этом отношении заслуживает внимания утверждение Н.А.Александровой (1986), отмечавшей, что в случае отсутствия сухарно-бокситового комплекса в разрезе тихвинской свиты, часто становится невозможно провести границу между ее верхней и нижней пачками в силу их литологического подобия.

Возраст углистых глин подбокситового комплекса нуждается в дальнейшем уточнении. По имеющимся геологическим предпосылкам он должен лежать в пределах от франко-фаменского времени до позднего турне. В исследуемом регионе осадки турнейского яруса представлены отложениями нижнего подъяруса — утинский и малевский слои ханинского надгоризонта. Возможно, подбокситовый комплекс имеет тот же или позднетурнейский возраст, отвечающий черепетским слоям шуриновского надгоризонта. Однако автор скорее склонен приписывать ему нижнетурнейский или даже верхнедевонский возраст, исходя из наблюдавшей мощности довизейской коры выветривания, включающей бокситовые породы и достигающей 15—20 м. Для формирования такой коры, по мнению автора статьи, требуется никак не менее половины геологического века.

С учетом изложенного автор данной публикации считает необходимым внести ряд уточнений в региональную унифицированную схему 1988 г. (см. табл. 1), касающихся стратиграфии турнейского и визейского ярусов северо-западного крыла Московской синеклизы. Сущность предлагаемых уточнений отражена в табл. 4.

Собственно визейскими в тихвинской толще (свите) С.Г.Вишнякова и тульском горизонте В.С.Кофмана (см. табл. 2) являются лишь верхние части этих стратонов. К отложениям тульского времени могут быть отнесены толь-

4. Уточненный вариант унифицированной региональной схемы стратиграфии нижнего карбона 1988 г. (северо-западное крыло Московской синеклизы)



ко те, которые залегают ниже известняков маркирующего слоя а₁ или горизонта розовых остракодовых глин, по подшвам которых принято [1, 6] проводить нижнюю границу алексинского горизонта. Нижняя граница тульских отложений в пределах изученной территории асинхронная и проходит в зависимости от рельефа довизейской поверхности по кровле сухарно-бокситового комплекса или породам девонско-турнейского основания Московской синеклизы. Комплекс осадков тульского возраста автор предлагает выделить в самостоятельное литолого-стратиграфическое подразделение — тульскую свиту, отказавшись от использования названия «тихвинская свита», так как исторически она ассоциирует с включавшимися в нее ранее бокситовыми породами и глинами подбокситового комплекса.

Автор считает, что более логично и правильно с исторической и тектонической точек зрения, вновь объединить отложения тульского и бобриковского горизонтов в один яснополянский надгоризонт как это было принято в унифицированных схемах 1951 и 1962 гг. [6]. Оба горизонта сложены песчано-глинистыми угленосными толщами, отложившимися в преимущественно континентальных усло-

виях. Начиная же с алексинского времени, доля континентальных осадков в визейском разрезе резко сокращается, а все большее и большее значение приобретают морские и прибрежно-морские отложения. Поэтому они объединены в окский надгоризонт как это и было во всех предыдущих схемах с 1938 по 1971 гг. [6].

Хотя автор статьи и сохраняет бинарную структуру яснополянского надгоризонта, но у него остаются сомнения в разновозрастности выделяемых в нем подразделений. Как известно [1], отложения бобриковского горизонта в пределах изученной территории отсутствуют. Они появляются в разрезах лишь к югу от г. Боровичи в Валдайском районе. Мощность визейских отложений (в принятом автором объеме) изученного региона достигает в пределах эрозионных депрессий 80—120 м. Вместе с тем, по данным Л.С. Титовой, проводившей в 1959 г. поисково-разведочные работы в районе г. Белый Калининской области (юго-западное крыло Московской синеклизы), мощность визейских осадков, зафиксированная в замкнутой палеокотловине, составляет 90—110 м. В случае действительной разновозрастности бобриковского и тульского горизонтов, такое равенство мощностей не должно иметь мес-

та. Л.С.Титова подчеркивала также, что оба эти подразделения бывает невозможно разделить из-за значительного литолого-фациального сходства слагающих их отложений и поэтому приходится объединять в одну песчано-глинистую угленосную толщу. Таким образом, получается полная аналогия с тихвинской свитой изученного региона, где по той же причине невозможно разделить ее верхнюю и нижнюю части (Н.А.Александрова, 1986). Все это позволяет думать, что возраст осадков тульского и бобриковского горизонтов тождественен. Отличительная черта рассматриваемого комплекса отложений южного крыла Московской синеклизы — высокая степень угленосности по сравнению с северными регионами, что связано, очевидно, с несколько иными фациально-палеоклиматическими условиями осадконакопления.

И в заключение следует написать о генезисе бокситов северо-западного крыла Московской синеклизы, связанном с позднедевонско-раннекарбоновой эпохой бокситообразования. Проанализированный автором материал привел его к выводу о латеритной природе бокситовых залежей Тихвинского и Северо-Онежского бокситоносных районов. В первую очередь такой вывод базируется на постепенном характере перехода каолинитовых глин довизайской коры выветривания в вышележащие породы сухарно-бокситового комплекса. Другой веский аргумент — присутствие наблюдаемой на всех месторождениях северо-западного крыла Московской синеклизы зональности рудных залежей, которая не отличается от зональности, устанавливаемой на месторождениях Белгородского бокситоносного района (Воронежская антиклиз), имеющих общепризнанно [2, 4] элювиально-эпигенетический латеритный генезис. В обоих случаях в вертикальных разрезах наблюдается концентрация бокситов в средней части рудных залежей. Кверху и книзу они постепенно переходят сначала в аллиты, а затем — в сиаллиты. Нижние сиаллиты вниз по разрезу нередко сменяются пестроцветными каолинитовыми глинами, отделяющими неизмененные породы субстрата от бокситовых тел. Пласти бокситов, аллитов, сиаллитов и каолинитовых глин, показанные на рис. 2, рассматриваются в разрезах скважин одновременно и как соответствующие геохимические зоны (бокситовая, аллитовая, сиаллитовая и каолинитовая). На рис. 2 ясно видно, что и химизм процесса бокситообразования на сравниваемых рудных объектах совершенно одинаков. Это, несомненно, свидетельствует об их генетической общности, причем в разрезе скв. 277 более четко отражаются типичные черты химизма латеритного типа выветривания — на фоне резкого выноса кремнезема из аллитных и бокситовых геохимических зон залежей, наблюдается значительное накопление в них глинозема, а также относительное увеличение содержаний оксидов железа и титана.

Позиция автора по вопросу генезиса бокситов северо-западного крыла Московской синеклизы находит подтверждение в наблюдениях ряда предшествующих исследователей. Так, А.Н.Волков (1933, 1937), доказывая элювиально-эпигенетическую природу тихвинских бокситов, приводит сведения о присутствии в них вертикально ориентированных стволов стигмарий. При этом стигмации верхних горизонтов залежи по химическому составу отвечают кондиционным бокситам, в то время как ближе к подошве они сохраняются в первоначальном обугленном виде. К.Н.Трубина (1958), изучая разрез Евсюковской залежи Иксинского месторождения (Северо-Онежский боксито-

носный район), описывает латеритную кору выветривания по породам верхнего девона, отмечая явления замещения гиббситом более ранних выделений гидрослюд и каолинита. Представляют интерес выводы В.П.Масленникова [5], сделанные им в отношении липкинской толщи южного крыла Московской синеклизы, сложенной пестроцветными каолинитовыми и аллофан-галлуазитовыми глинами, а также бокситоподобными породами, включая и кондиционные бокситы. По условиям залегания и литолого-фациальным признакам она является, по-видимому, аналогом кремницкой свиты (в принятом автором объеме) севе-

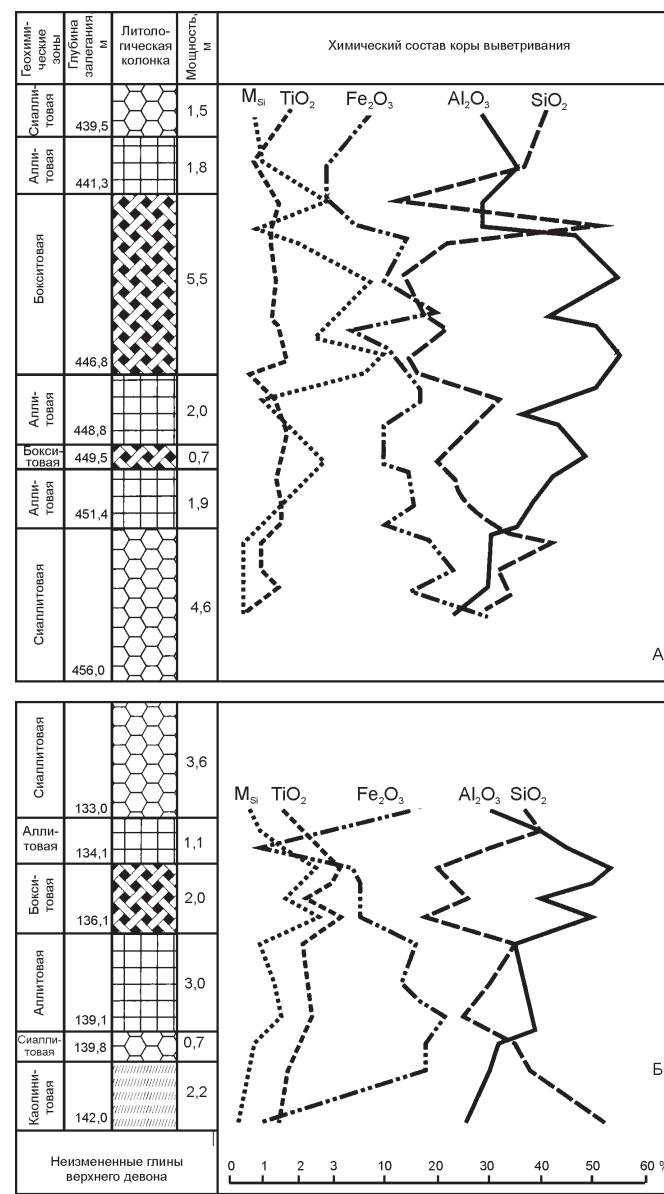


Рис. 2. Химический состав довизайских кор выветривания:

А — по филлитовидным сланцам курской серии, Беленихинский участок Белгородского бокситоносного района, скв. 1358 [4]; Б — по глинистым породам девонско-турнейского основания северо-западного крыла Московской синеклизы, Тихвинский бокситоносный район, скв. 277; 1 — бокситы; 2 — аллиты; 3 — сиаллиты; 4 — пестроцветные каолинитовые глины

ро-западного крыла Московской синеклизы. По данным Е.В.Михайловой (1954, 1958), липкинская толща представляет собой особую фаацию бобриковских отложений. Однако результаты исследований В.П.Масленникова опровергают такие представления. Изучая закономерности изменения состава угленосной толщи Подмосковного буроугольного бассейна, он пришел к заключению о том, что породы «... изменены вторичными процессами, результатом которых являются пестроцветность и ожелезнение, окисление угля, образование скоплений бокситоподобных пород и бурого железняка» [5, с. 14], отмечая при этом, что ранее многими исследователями необоснованно преувеличивалась роль пестроты фациально-геохимических условий осадконакопления.

Учитывая характер геохимической зональности бокситовых залежей, сформировавшийся к середине турнейского времени пенеплен имел слабый, но ясно выраженный наклон в восточном и юго-восточном направлениях, а площадная кора выветривания развивалась здесь, по мнению автора, в результате грунтового и грунтово-пластового окисления слоистых осадочных песчано-глинистых толщ довизейского основания Московской синеклизы. На участках с менее благоприятными условиями циркуляции метеорных вод формировались только сиаллитно-каолинитовая или каолинитовая геохимические зоны выветривания. Там, где проницаемость толщ была повышенной благодаря или литолого-структурным первичным особенностям пород, или изменившимся физико-механическим свойствам над зонами довизейских тектонических нарушений создавались наиболее оптимальные условия для циркуляции кислородсодержащих вод. Здесь формировался полный латеритный профиль выветривания с появлением аллитной и бокситовой геохимических зон, а кора выветривания могла местами приобретать некоторые черты линейности. Такие участки ранее необоснованно трактовались как палеоложбины овражно-балочного типа, дренирующие склоны и поверхность палеовозвышенностей.

Следовательно, в результате общего воздымания всей территории рассматриваемой части Русской платформы на рубеже турне—визе и последующей ее пенепленизации, сформировалась поверхность регионального структурно-стратиграфического несогласия между ранне- и среднегерцинскими структурно-формационными комплексами. В минерагеническом отношении с этой поверхностью связаны проявления площадных кор выветривания латеритного типа, сопровождающихся рядом бокситовых месторождений.

Из изложенного становится ясно, что поисковым критерием бокситовых залежей в рассматриваемом регионе является присутствие уже означенной поверхности несогласия с формирующимися на ней корами выветривания. Повышению эффективности дальнейших прогнозных и поисковых работ в значительной степени мог бы способствовать правильный выбор комплекса методов геофизической разведки, позволяющего надежно выявлять и фиксировать в пространстве положение рассматриваемого продуктивного уровня, т.е. поверхности регионального структурно-стратиграфического несогласия между ранне- и среднегерцинскими структурно-формационными комплексами.

В настоящее время опиcкована лишь периферическая часть северо-западного крыла Московской синеклизы, где довизейская площадная латеритная кора выветривания была в значительной степени уничтожена процессами эрозии, в связи с возобновившейся активизацией движений в начале среднегерцинского цикла тектогенеза, приведших к заложению Московской синеклизы. В результате проведенных здесь поисков выявлены два бокситорудных района — Тихвинский и Северо-Онежский.

Внутренние же области северо-западного крыла Московской синеклизы, не охваченные поисками, испытали более раннее погружение. Рассматриваемая нами поверхность регионального структурно-стратиграфического несогласия и сопутствующие ей латеритные площадные коры выветривания не подверглись здесь столь разрушительной эрозионной деятельности, и могли сохраниться в значительно более полном объеме, будучи захороненными под толщей морских осадков визейского времени. С достаточно высокой степенью вероятности здесь можно ожидать присутствие промышленных бокситорудных объектов с глубиной залегания не более 250—300 м.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Геология СССР. Т. 1. Ленинградская, Псковская и Новгородская области. Геологическое описание. —М.: Недра, 1971.
2. История развития и минерагения чехла Русской платформы / Под ред. Ю.Г.Старицкого. —Л.: Недра, 1981.
3. Кривцов А.И. О каменноугольных отложениях восточного склона Балтийского щита в связи с их бокситоносностью // Изв. АН СССР. Сер. Геол. 1959. № 12. С. 10—27.
4. Кривцов А.И. Домезозойские бокситы СССР (Европейская часть СССР). —Л.: Недра, 1973.
5. Масленников В.П. Закономерности изменения состава и строения угленосной толщи южного крыла Подмосковного бассейна. Автореф. дисс.... канд. геол.-минер. наук. —М., 1981.
6. Нижний карбон Московской синеклизы и Воронежской антиклизы. —М.: Наука, 1993.

О взаимосвязи литологического строения морских осадочных разрезов с эвстатическими колебаниями и тектоническими движениями

С.О.ЗОРИНА (ЦНИИгеолнеруд)

Несмотря на очевидные практические достижения секвенчной стратиграфии, выраженные в выявлении новых залежей углеводородов в крупнейших нефтегазоносных провинциях мира, до сих пор не разработаны надежные приемы установления относительного изменения уровня моря на платформах, испытавших совместное влияние глобальных эвстатических колебаний и региональных тектонических движений [6].

Основная задача настоящей работы — выявление взаимосвязи фациальных особенностей морских осадочных разрезов с эвстатическими колебаниями и тектоническими движениями, влияющими на их формирование. В результате анализа обширного фактического материала по хроно- и секвенс-стратиграфическому расчленению и корреляции среднеюрских—палеоценовых отложений восто-

ка Русской плиты [1—5] было установлено, что фациальный спектр формирующихся осадков находится в прямой зависимости от изменений относительной скорости эвстатических колебаний. Анализ вариаций такой скорости в достаточно простой модели представлен на рис. 1. Следует отметить, что данная генерализованная временная модель одностадийного эвстатического цикла, показывающая зависимость литологического строения разрезов от изменения скорости эвстатических колебаний, справедлива только при условии исключения влияния тектонических движений дна бассейна.

Осадочные разрезы, сформированные при каждой из рассмотренных вариаций относительной скорости эвстатических колебаний, представляют собой проекции на временную ось этапов накопления тех или иных фаций в

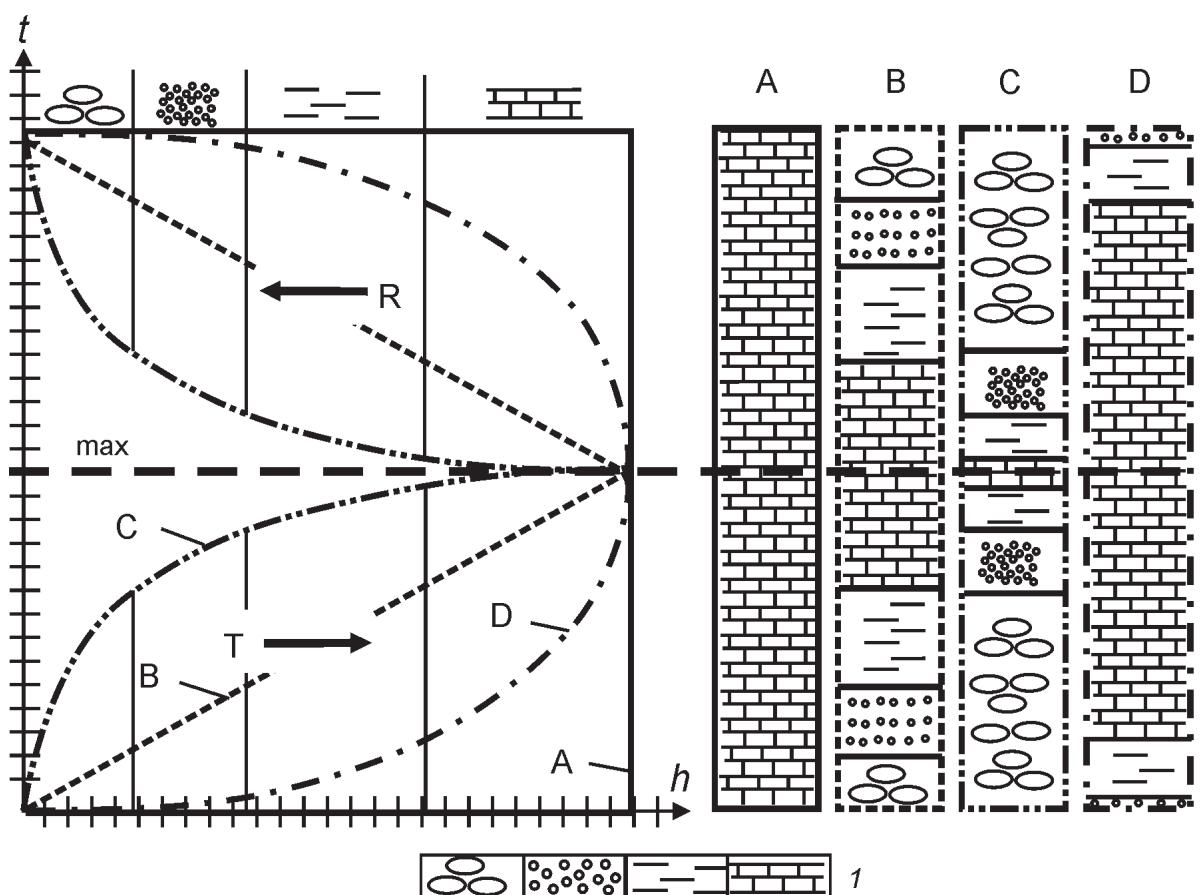


Рис. 1. Генерализованная временная модель одностадийного эвстатического цикла и зависимость литологического строения разрезов от изменения скорости эвстатических колебаний:

1 — фациальный переход от грубых осадков к тонким илам; h — уровень моря в абсолютных единицах, t — время; часть цикла: Т — трансгрессивная, R — регрессивная; проекции на временную ось этапов формирования осадков при: А — «мгновенном» высокоамплитудном повышении, длительной стабилизации и «мгновенном» снижении уровня моря; В — равномерном повышении и снижении уровня моря; С — медленном и последующем быстром повышении уровня моря в первую половину цикла, медленном снижении его во вторую половину цикла; Д — быстром и последующем медленном повышении уровня моря в первую половину цикла и быстрым снижением его во вторую половину цикла.

зависимости от абсолютной величины уровня моря. Так, в варианте А (см. рис. 1) присутствует только фация, соответствующая достигнутому уровню моря: в рассматриваемом случае это самая глубоководная фация; В — при равномерном повышении наоборот в разрезе отмечается весь фациальный спектр осадков; С и D — промежуточные. Подобная картина отмечается и на втором этапе эвстатического цикла только с обратной последовательностью смены фаций. Безусловно, представленная модель генерализована и максимально упрощена. Реальная геологическая обстановка, как известно, чрезвычайно сложна и многофакторна. Однако преимущество данной модели, на наш взгляд, состоит в том, что она является основополагающей при реконструкции эвстатической обстановки накопления морских осадочных толщ, фациальные разновидности которых распределяются в осадочном бассейне в строгом соответствии с законом тяготения. Все остальные факторы, оказывающие свое влияние на формирование осадков, — эпигенетические, гидродинамические, климатические и иные должны быть наложены на эту основу, тем самым усложнить ее и приблизить к реальности.

Важнейший из перечисленных факторов, способный в значительной степени «затушевать» влияние эвстатических колебаний при формировании осадочных толщ, — эпигенетический.

Генерализация возможных вариантов фациального спектра осадков, формирующихся в рамках эвстатическо-

го цикла с равномерной скоростью повышения и снижения уровня моря, осложненного влияниями единовременных (однократных, с последующей стабилизацией) вертикальных тектонических подвижек (при прогибании и воздымании дна в начале эвстатического цикла), представлена на рис. 2.

Если единовременное прогибание дна будет незначительным и произойдет с той же скоростью, что и повышение уровня моря, то в трансгрессивную часть цикла сформируется последовательность слоев, в которой фациальный спектр будет смешен на одну фацию в направлении более глубоководных осадков. При очень быстром («мгновенном») и высокоамплитудном прогибании равномерный рост уровня моря никак не отразится на литологическом составе осадков, т.к. фациальный спектр с самого начала осадконакопления сместится к самым глубоководным фациям, которыми и будет представлен весь разрез. Эта явно гипотетическая ситуация рассматривается как крайний вариант из бесчисленного множества вариантов промежуточных, в обилии встречающихся в осадочных бассейнах.

При единовременном подъеме поверхности дна с равномерной скоростью, сопоставимой со скоростью повышения уровня моря, в разрезе будет отмечаться смещение на одну фацию в сторону мелководья. При «мгновенном» высокоамплитудном подъеме территория теоретически должна выйти на сушу, а береговая линия испытать значительное латеральное смещение.

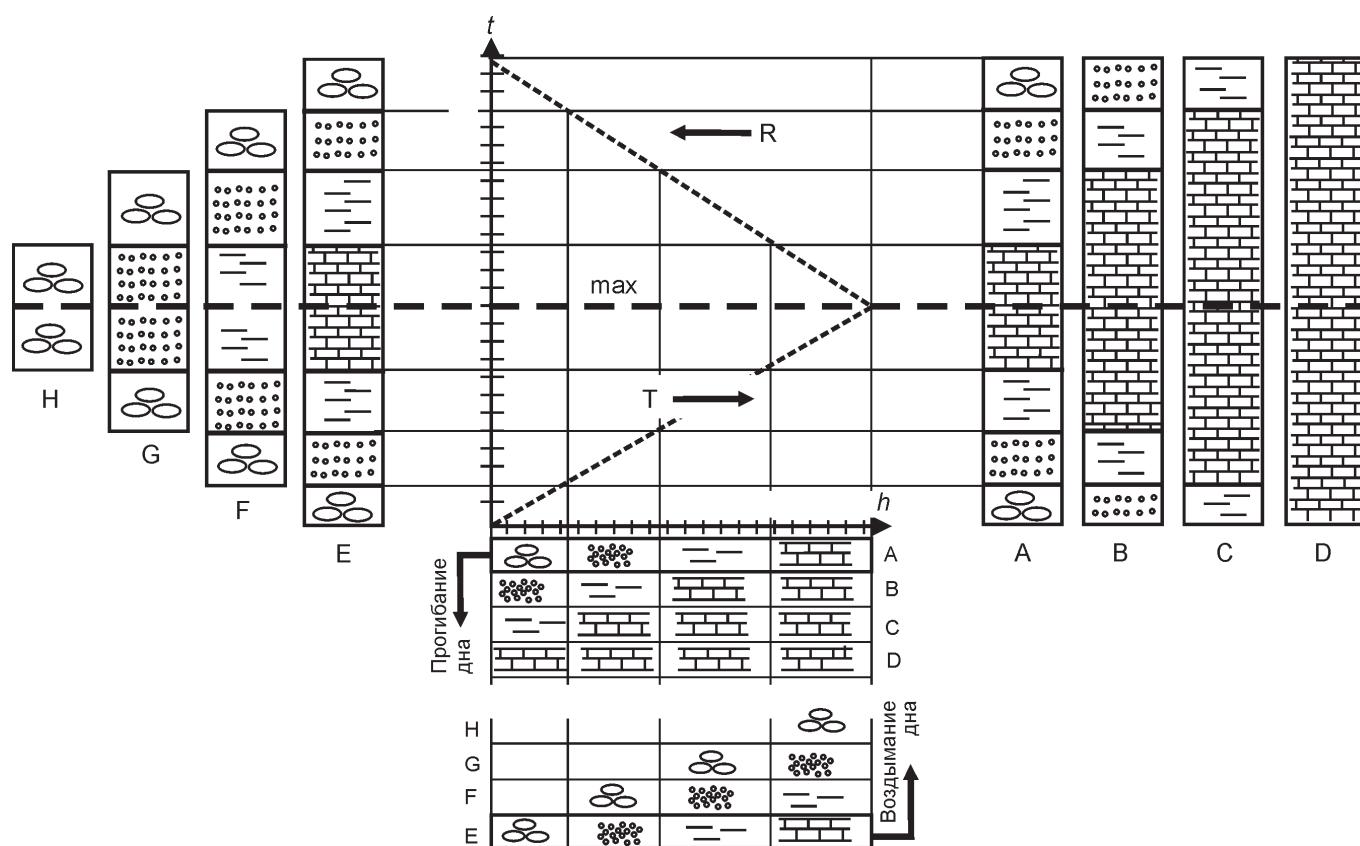


Рис. 2. Генерализованная тектоно-эвстатическая временная модель и зависимость литологического строения разрезов от равномерных эвстатических и эпигенетических колебаний:

фациальная зональность осадков и проекции на временную ось этапов их формирования при равномерном росте (падении) уровня моря: А — до прогибания, Е — до воздымания дна; В, С и D — с единовременным разноамплитудным прогибанием и F, G и H — воздыманием дна бассейна в начале эвстатического цикла; см. услов. обозн. к рис. 1

Перед исследователями стратиграфии и литологии частных осадочных разрезов обычно стоит обратная задача, заключающаяся в реконструкции тектоно-эвстатического режима формирования рассматриваемых слоевых последовательностей. При интерпретации литологического строения разрезов, представляющих собой результат совместного воздействия эвстатии и эпейрогенеза, вычленить влияние эпейрогенеза достаточно сложно. Тектоно-эвстатическая временная модель (см. рис. 2) доказывает существование вариантов, которые могут быть проинтерпретированы как минимум двояко. Например, готерив-аптская секвенция востока Русской плиты, представленная практически целиком глинами, могла сформироваться при «мгновенном» росте уровня моря и отсутствии эпейрогенического влияния в позднем готериве с его стабилизацией на фации глин. Возможно также «мгновенное» прогибание поверхности дна на величину, при которой глубина бассейна достигнет фации глин и останется такой до конца среднего апта. Таким образом, формирование глин теоретически могло и не сопровождаться эвстатическими колебаниями, но только не в случае с готерив-аптской секвенцией. Сравнение кривой относительного изменения уровня моря, реконструированной по сводному разрезу готерив-аптской секвенции северо-востока Ульяновско-Саратовского прогиба [2, 5], с глобальными кривыми Б.Хака [7], полученными на пассивной континентальной окраине, где роль тектоники минимизирована, указывает на их сходство и различия.

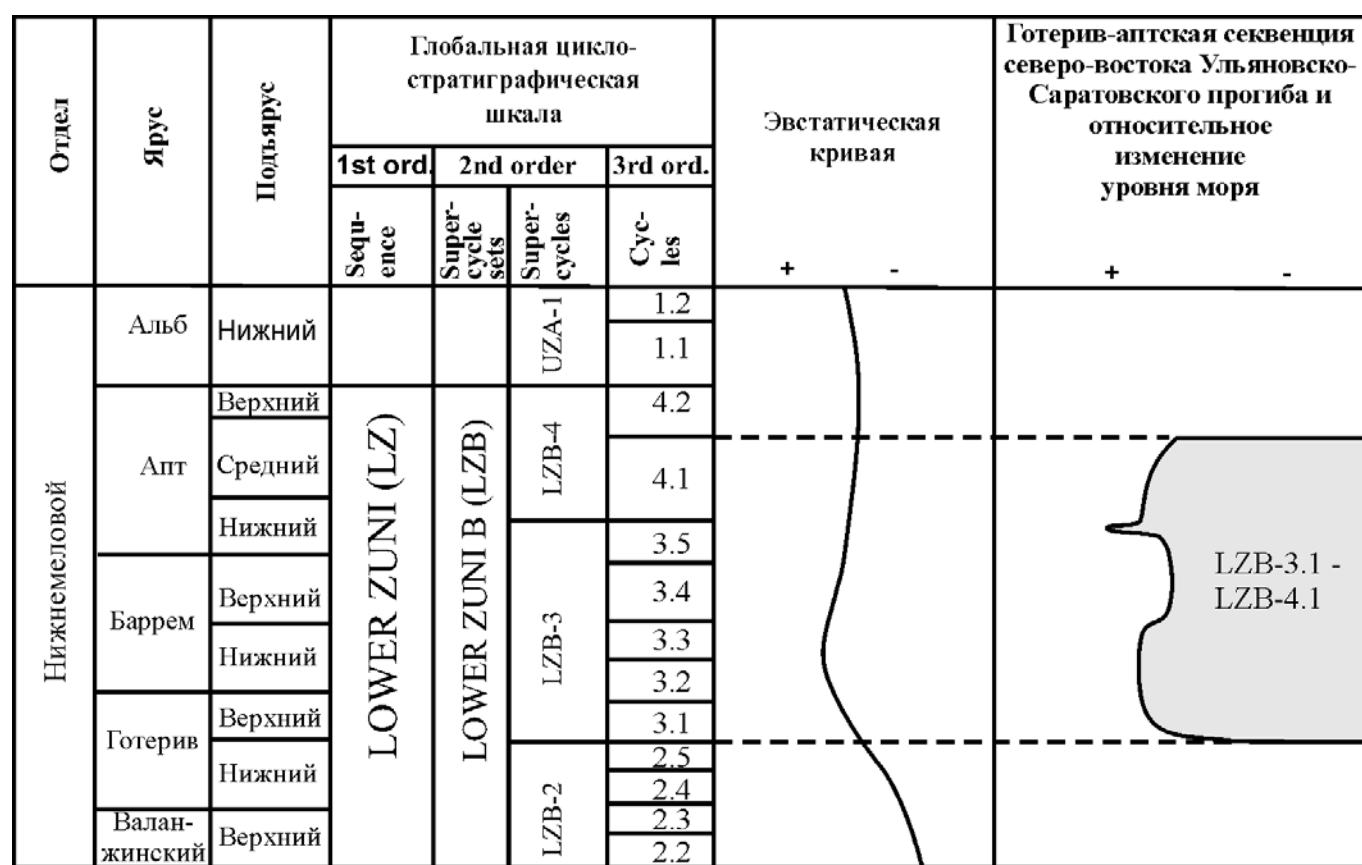
Сходство, по мнению автора, свидетельствует о доминировании глобальных эвстатических колебаний на дан-

ном участке платформы, что, безусловно, связано с затуханием тектонических подвижек. Отклонения местных кривых от глобальных говорит об усилении в эти периоды тектонической активности на рассматриваемом участке платформы, которая может привести не только к снижению влияния продолжающихся эвстатических колебаний (при прогибании), но и, как известно, к изоляции бассейна и прекращению осадконакопления путем вывода разреза на сузу (при впадении).

Недавними исследованиями [5] было показано, что готерив-аптская секвенция востока Русской плиты достаточно уверенно коррелируется с суперциклом 2-го порядка Lzb-3 и перекрывающим его циклом 3-го порядка Lzb-1.4 глобальной циклостратиграфической шкалы Б.Хака [7] (см. таблицу). Кривая относительного изменения уровня моря, реконструированная по разрезу секвенции, в целом параллелизуется с участком эвстатической кривой Б.Хака, соответствующим последовательности циклов Lzb-3.1—Lzb-4.1 [2].

Наряду со сходством имеются и существенные различия. Верхнеготеривской части разреза секвенции, по-видимому, соответствовал более высокий уровень моря, чем барремской и ниже-среднеаптской, хотя на кривой Б.Хака эвстатический максимум приходится на границу циклов Lzb-3.2 и Lzb-3.3, с которой сопоставляется подошва баррема. Падение уровня моря в локальной области при его росте в глобальном плане скорее всего связано с влиянием медленных (сопоставимых со скоростью роста глобального уровня) прогибаний дна бассейна. Дальнейшее плавное падение уровня моря до конца цикла Lzb-4.1

Сопоставление готерив-аптской секвенции северо-востока Русской плиты с глобальной циклостратиграфической шкалой Б.Хака [7]



фиксируется как в глобальном плане, так и для рассматриваемой секвенции и свидетельствует о снижении влияния тектонического фактора.

Апробация представленной временной тектоно-эвстатической модели на примере готерив-аптской секвенции востока Русской плиты демонстрирует, с одной стороны, ее упрощенность (генерализованность), а с другой — направленность к внутреннему универсализму, что предоставляет широкие возможности к дальнейшему усложнению и усовершенствованию модели, и позволяет приблизиться к пониманию многофакторной геологической истории осадочного бассейна.

Практическое применение тектоно-эвстатических реконструкций, выполненных на основе предлагаемого методического подхода, сводится в первую очередь к секвенцированию частных и сводных морских осадочных разрезов (выделению укрупненных этапов непрерывного осадкообразования) при надежном хроностратиграфическом обосновании выделенных секвенций. В одной из последних публикаций, посвященных секвенс-стратиграфическому моделированию [3], показано, что синхронные секвенционные комплексы, прослеженные в среднеюрских-палеоценовых отложениях на востоке Русской плиты, специализированы на определенный комплекс твердых полезных ископаемых. Секвенс-стратиграфический метод может быть успешно реализован на территории востока Русской плиты для проведения прогнозно-минерагенических исследований на мезозойские твердые полезные ископае-

мые, так как вмещающие их секвенции имеют широкие площади приповерхностного залегания на рассматриваемом участке платформы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зорина С.О. История развития и палеогеография мезозоя // Геология Татарстана: стратиграфия и тектоника. —М.: ГЕОС, 2003. С. 221—226.
2. Зорина С.О. К стратиграфии мезозоя востока Восточно-Европейской платформы: свитный, секвентный, событийный и хроностратиграфический подходы / Под ред. Е.М.Аксенова. —Казань: ЦНИИгеолнеруд, 2005.
3. Зорина С.О. Секвенс-стратиграфическая модель размещения твердых полезных ископаемых мезозоя на востоке Русской плиты // Отечественная геология. 2006. № 6. С. 71—77.
4. Зорина С.О., Афанасьев Н.И. О хроностратиграфическом соотношении пограничных стратонов верхнего мела и палеоцена в Среднем и Нижнем Поволжье // Известия вузов. Геология и разведка. № 4. 2006. С. 3—7.
5. Зорина С.О., Балабанов Ю.П. Новые данные по стратиграфии готерив-аптских отложений северо-востока Ульяновско-Саратовского прогиба // Недра Поволжья и Прикаспия. 2005. Вып. 44. С. 43—48.
6. Шлезингер А.Е., Гладенков Ю.Б., Захаров В.А. К оценке методических приемов секвенс-стратиграфического анализа // Стратиграфия. Геологическая корреляция. 2006. Т. 14. № 6. С. 117—120.
7. Haq B.U., Hardenbol J., Vail P.R. Mesozoic and Cenozoic chronostratigraphy and eustatic cycles // Sea-level changes: an integrated approach // Society of Economist, Paleontologist and Mineralogist, Special Publication. 1988. № 42. Р. 71—108.

УДК 550.8.072

© Р.Ф.Вафин, 2007

Нетрадиционный взгляд на геологическое строение Алданского щита: линеаментная концепция

Р.Ф.ВАФИН (ЦНИИгеолнеруд)

Эмпирические наблюдения и сравнительная оценка линеаментов, фиксируемых на космических снимках, с геологическими объектами дают основание считать, что они представляют собой следы линейных деформаций земной коры [1, 5, 6]. В данном случае естественно предположить, что эти структуры помимо геометрических обладают и динамическими свойствами. Следовательно, процесс формирования линеаментов может быть описан физическими законами деформации твердого тела, которые применительно к земной коре освещались в трудах А.В.Пэка, М.В.Гзовского, Дж.Муди и М.Хилла.

Алданский щит представляет собой прекрасный полигон для сравнительной оценки геологического строения территории с линеаментными системами, так как здесь присутствуют структурно-вещественные комплексы различных геодинамических обстановок, имеющих широкий возрастной диапазон — от нижнего архея до кайнозоя.

Сложная геологическая история щита складывается из сменяющихся во времени и пространстве тектонических циклов, сопровождающихся формированием геологических (структурно-вещественных) комплексов в условиях геодинамических режимов: 1) пермобильного, 2) гранит-зеленокаменных областей, 3) гранитогнейсового тектона, 4)protoактивизации, 5) платформенного, 6) тектоно-магматической активизации.

Для Алданского щита характерна пространственная упорядоченность линеаментной сети и ее соответствие типу ортогонально-диагональной решетки с шестилучевой ориентировкой линеаментных групп (рис. 1). Системная упорядоченность линеаментного поля Алданского щита дает возможность его сопоставления с размещением разновозрастных геологических комплексов и построения динамической линеаментной модели территории с геолого-вещественным обоснованием и сравнения ее с расчетными тектонофизическими моделями М.В.Гзовского [2], Дж.Муди и М.Хилла [7]. Для проверки гипотезы о динамической детерминированной связи элементов линеаментного поля Алданского щита были использованы методы факторного анализа, что позволило оценить гипотезу логическими расчетами. С помощью факторного анализа были рассчитаны сообщества линеаментных групп, обладающих внутренним единством (геологическим, динамическим и др.) и имеющих конкретные значения для всего Алданского щита и для каждого из составляющих его тектонических блоков.

Раннеархейские геологические комплексы пермобильного режима в линеаментной модели. По известным данным уже в раннем архее земная кора Алданского щита была пространственно неоднородна [3]. Латеральная неоднородность протокоры выражалась в ее разделении на

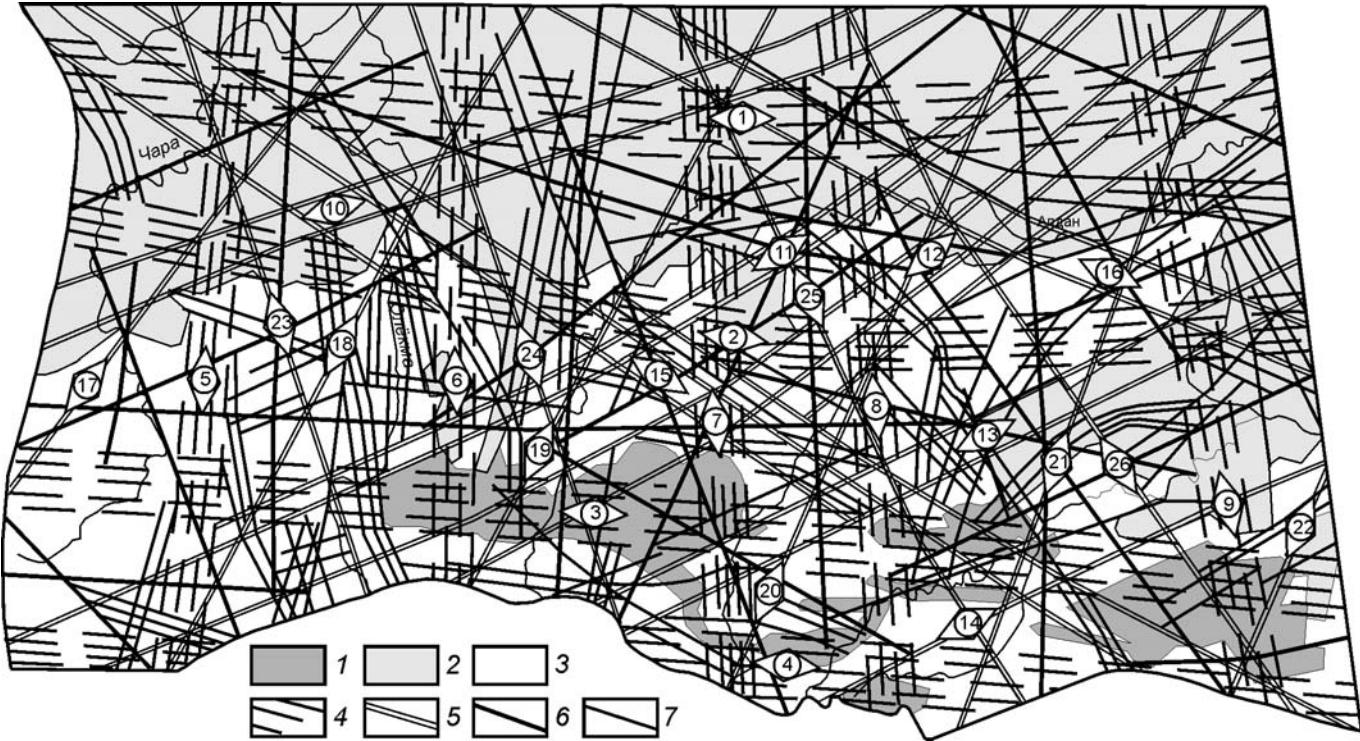


Рис. 1. Схема линеаментных структур Алданского щита:

площадь распространения осадочных образований: 1 — юрских режима тектономагматической активизации, 2 — венд-кембрийского платформенного чехла; 3 — площадь выхода докембрийского кристаллического фундамента; генерализованные зоны трансрегиональных линеаментов системы: 4 — ортогональной, 5 — диагональной; 6 — осевые линии зон региональных линеаментов; 7 — локальные линеаменты; линеаментные зоны (цифры в кружках): широтные: 1 — Северо-Алданская, 2 — Нимныро-Кеткапская, 3 — Южно-Алданская, 4 — Северо-Становая; меридиональные: 5 — Токко-Ханинская, 6 — Амгинская, 7 — Селигдар-Чульманская, 8 — Ыллымах-Тимптонская, 9 — Учурская; восток-северо-восточные: (азимут 60—70°): 10 — Джелиндо-Торгинская, 11 — Бамбуйско-Томмотская, 12 — Каларо-Янгинская, 13 — Суннагин-Ларбинская, 14 — Сутамо-Алгоминская; запад-северо-западные (азимут 300°): 15 — Токко-Нимныровская, 16 — Аим-Куруманская; север-северо-восточные (азимут 20—30°): 17 — Торско-Джегенская, 18 — Чинейско-Крестяжская, 19 — Верхнеалданская, 20 — Мелемекен-Джелтулинская, 21 — Гидато-Чагдинская, 22 — Идумо-Майская; север-северо-западные (азимут 330°): 23 — Нюкжа-Тяньская, 24 — Иенгра-Чугинская, 25 — Сеймдинская, 26 — Токо-Угунская

фемические (обогащенные основными и ультраосновными кристаллическими ортосланцами) и салические (с доминирующей ролью гнейсов и гранитогнейсов) протофациальные зоны. По мнению Р.Ф.Черкасова [11], геометрию геологического пространства в раннем архее определяли фемические зоны.

При пространственном совмещении перекрестно-ортогональной матрицы раннеархейских протофациальных зон (использованы материалы Р.Ф.Черкасова) с линеаментным планом Алданского щита было установлено, что древнейшие комплексы вписываются в ортогональную систему линеаментов с соблюдением ранговости объектов. Особенности неоднородного состава раннеархейской коры подчеркиваются линеаментной сетью таким образом, что фемические протофациальные площади пространственно совпадают с линеаментными зонами, а салические располагаются в межлинеаментном пространстве. В пределах фемических площадей линеаментные зоны размещаются на участках их перехода в салические, реже совмещаются с осевой частью первых (рис. 2). Изложенное свидетельствует о том, что меридиональные и широтные линеаменты — наиболее древние линейные дислокационные структуры Алданского щита. Они контролируют

формирование раннеархейских протофациальных зон и являются, по-видимому, следствием геодинамики процессов в глубоких слоях литосферы. Этот вывод подтверждает концепцию И.Н.Томсона и М.А.Фаворской об ортогональной решетке линеаментных структур как первичном глубинном структурном каркасе земной коры.

Ортогональный структурный план нижнеархейского тектогенеза на Алданском щите и отсутствие диагональных (касательных) составляющих полей напряжений обусловлены, по всей вероятности, действием своеобразного динамического поля в раннем архее, в котором за счет «всплытия» и формирования сиалических ядер протоконтинентальной коры наиболее развиты вектора главных напряжений в вертикальной плоскости.

Верхнеархейские геологические комплексы гранит-зеленокаменных областей и гранитогнейсового тектогенеза в линеаментной модели. В верхнеархейском цикле тектогенеза на Алданском щите четко обособляются два тектонических мегаблока, характеризующиеся различными геодинамическими обстановками и, соответствующими им структурно-вещественными комплексами: Чаро-Олекминская гранит-зеленокаменная область и Алданский гранулитовый массив. В том и другом мегаблоках присутствуют зе-

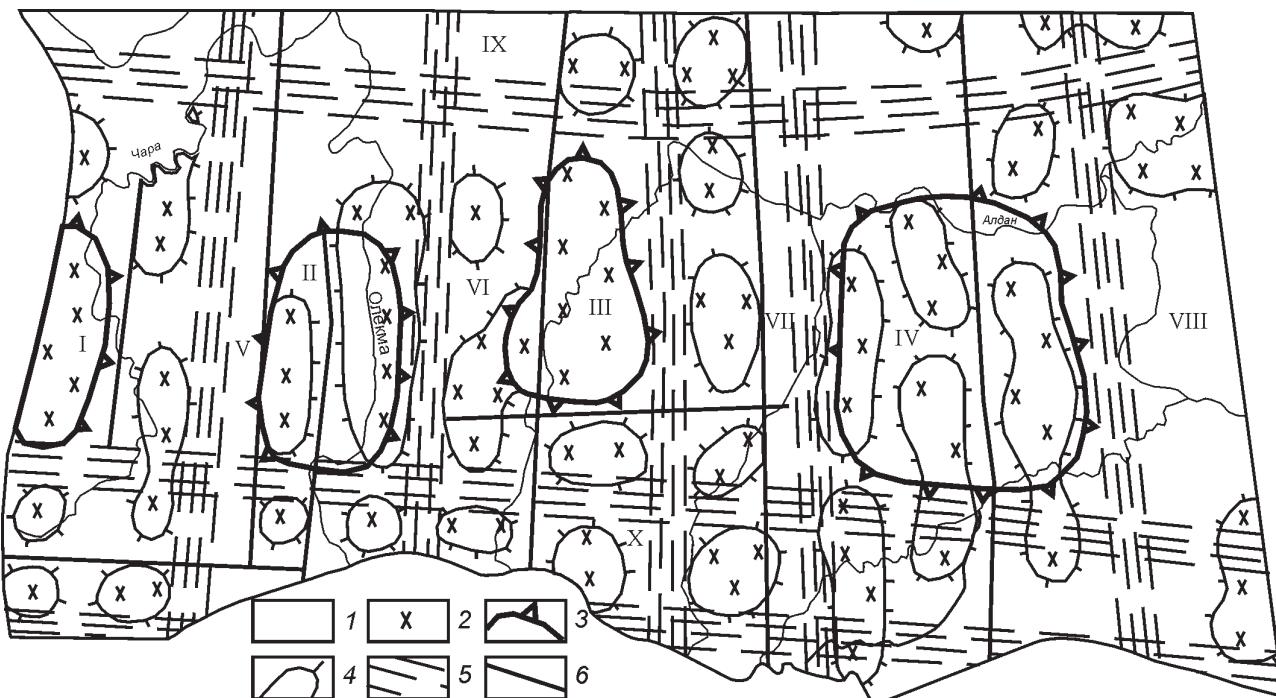


Рис. 2. Взаимоотношение линеаментных и раннеархейскихprotoфациональных зон Алданского щита. Использованы данные Р.Ф. Черкасова:

раннеархейскиеprotoфациональные зоны среднего ранга: 1 — фемические, 2 — салические; границы раннеархейскихprotoфациональных зон (зубцы повернуты внутрь фемических зон): 3 — крупного ранга, 4 — среднего ранга; генерализованные зоны линеаментов: 5 — трансрегиональные; 6 — региональные

ленокаменные «троговые» структуры и гранитогнейсовые купола верхнеархейского возраста [3, 4].

Латеральное распределение зеленокаменных структур («трогов») и гранитогнейсовых куполов, являющихся единственными достоверно установленными типами подвижных поясов верхнеархейского тектонического цикла на Алданском щите, находится в четкой пространственной зависимости от структурной матрицы раннего архея. Зеленокаменные структуры размещаются в пределах широтно-меридиональной сети линеаментов, наследуя древнейшие фемическиеprotoфациональные площади.

В Чаро-Олекминской гранит-зеленокаменной области Алданского щита «троги» группируются в четыре зоны, ориентированные в меридиональном направлении — Чаро-Олекминская, Токко-Ханинская, Темулякит-Тунгурчинская и Олекмо-Амгинская. Все они пространственно совпадают с расположением Чарской, Токко-Ханинской, Эвонокит-Чарудинской и Амгинской меридиональных линеаментных зон. В Алданском гранулитовом массиве Алданского щита Дес-Леглиерская и Чульманская троговые структуры контролируются, соответственно, Токко-Леглиерской и Северо-Становой широтными линеаментными зонами (рис. 3).

Опираясь на представления об определяющей роли рифтогенеза в формировании троговых структур, по крайней мере, в начальной стадии его развития [10], можно предположить, что различие в ориентировке «трогов» Чаро-Олекминской области и Алданского массива обусловлены противоположностью знака векторов главных нормальных напряжений в этих мегаблоках. На стадии раскрытия «трогов» вектор растягивающих усилий в Чаро-Олекминской области имел широтное направление

и, следовательно, меридиональные линеаментные зоны являлись осьми зон растяжения. В Алданском массиве этот вектор имел противоположный знак и осьми растяжения служили широтные линеаментные зоны.

Явления латерального растяжения в земной коре, приведшие к формированию «трогов», указывают на появление в верхнем архее значимых горизонтальных движений. Согласно законам деформации упругопластических тел тензор напряжений на конкретных участках земной коры состоит из суммы векторов одновременно действующих сил в горизонтальной плоскости, в числе которых имеются и направления главных касательных напряжений, реализующихся в форме сдвигов [2]. Такой кинематикой на Алданском щите обладают дислокационные зоны диагональных к меридиану направлений, оказавшие большое влияние на формирование зеленокаменных структур. Особенно заметно влияние север-северо-западных (азимут 320—340°) и запад-северо-западных (азимут 300°) линеаментных зон, которые определили сигмоидальный изгиб «трогов» в Чаро-Олекминской области (Токко-Ханинский и Темулякит-Тунгурчинский) и Алданском массиве (Дес-Леглиерский). Развитие на ранней стадии тектонического цикла диагональных линеаментных зон определенного направления согласуется с экспериментальными наблюдениями М.К.Хабберта [12], согласно которым угол между осью сжатия и разрывами скальвания при деформациях составляет 30°. Поэтому на стадии раскрытия «трогов» в Чаро-Олекминской области направления ведущих линеаментов диагональной системы должны относиться к группам 330 и 30°, а в Алданском массиве — 300 и 60°, что подтверждается данными сравнительного анализа «троговых» образований с линеаментным полем Алданского щита.



Рис. 3. Расположение верхнеархейских «троговых» структур в линеаментном поле Алданского щита:

1 — осадочные образования платформенного чехла; 2 — выходы докембрийского кристаллического фундамента; 3 — современные выходы «трогового» геологического комплекса (AR_2); 4 — предполагаемые контуры «троговых» зон; см. услов. обозн. к рис. 1

Заключительная стадия верхнеархейского тектонического цикла характеризуется широким развитием процессов гранитизации и метаморфизма амфиболитовой фации, а в динамическом отношении закрытием бассейнов «троговых» структур [3]. При рассмотрении размещения верхнеархейских гранитоидов в линеаментном поле выявилась их приуроченность к меридионально-широтной решетке линеаментов. Различная направленность векторов нормальных напряжений в двух крупнейших геоблоках Алданского щита имела место и в заключительной стадии тектонического цикла. Этим обусловлена различная ориентировка поясов гранитоидных тел в Чаро-Олекминской области и Алданском массиве. В Чаро-Олекминском поля гранитоидов линейно вытянуты в меридиональном направлении и пространственно совмещаются с линеаментными зонами соответствующего направления; в Алданском гранитоидном массиве контролируются широтными линеаментными зонами — Нимныро-Кеткапской и Южно-Алданской (рис. 4). Влияние упомянутых линеаментных зон на формирование купольных и сводовых структур, подтверждается и данными геологического картирования территории. Причем, эти зоны не только контролируют план-узор размещения гранитогнейсовых комплексов, но и играют в определенных случаях роль латерального барьера для процессов ультраметаморфизма. Примером служит Ыллымах-Тимптонская зона линеаментов, являющаяся барьером для продвижения процессов гранитизации на восток.

Если динамическая неоднородность позднеархейской земной коры и характер расположения гранитогнейсовых «ядер» коррелируются с ортогональной системой, то внутренние осложнения гранитогнейсовых куполов и переме-

щение масс внутри них определялись диагональной системой линеаментов. Линеаменты этой системы хорошо со-поставляются с направлениями пластических деформаций, сопровождающих верхнеархейские реоморфические преобразования, и согласуются с морфологическими осложнениями гранитоидных тел. Наиболее показательны в этом отношении Байбачан-Эвотинская и Чайдах-Тыркандинская региональные линеаментные структуры (азимут 330—340°), с которыми связаны зоны инъекционных мигматитов и будинажа с гранитным цементом. По наблюдениям Н.Г.Судовикова в долине р.Алдан (Верхнеалданская линеаментная зона, азимут 30°), были отмечены согласные ей дислокационные зоны, сопровождающиеся реоморфическими процессами, будинажом и проявлениями железо-магнезиально-кальциевого метасоматоза. Согласно данным геологического картирования в Центрально-Алданском районе размещение полей гранитизации — Якокут-Ыллымахское, Хатыминское, Нимнырское — подчиняется разрывам восток-северо-восточного (азимут 50—70°) и запад-северо-западного (азимут 300—320°) направлений, являющихся составной частью Каларо-Янгинской, Токко-Нимнырской и Джелтула-Ороченской линеаментных зон.

Расчетные тектонофизические данные, основанные на допущении динамики сжатия «трогов», позволяют предполагать в завершающей стадии тектонического цикла наличие различных динамических линеаментных моделей для Чаро-Олекминской области и Алданского массива: в первой субмеридиональные серии линеаментов развивались в условиях сжатия, субширотные — в условиях растяжения, а главные направления реализации касательных на-

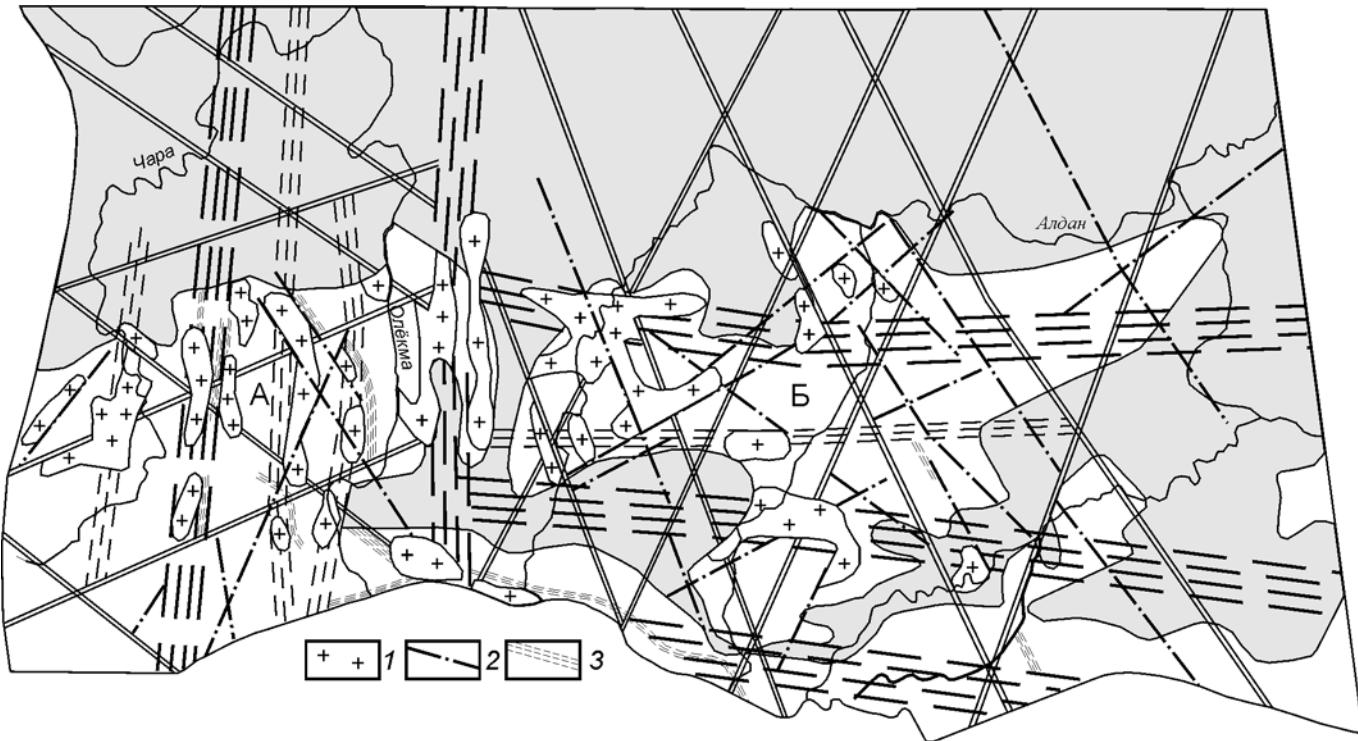


Рис. 4. Размещение верхнеархейских полей гранитизации в линеаментном поле Алданского щита:

1 — поля верхнеархейской гранитизации; 2 — региональные линеаменты; 3 — зоны зеленосланцевых диафторитов; А — Чаро-Олекминская складчатая область, Б — Алданский массив; см. услов. обозн. к рисунку 1, 3

пряжений соответствовали линеаментным зонам восток-северо-восточного (азимут 60—70°) и запад-северо-западного (азимут 300—310°) простираций, во второй — в условиях сжатия развивались субширотные, а в условиях растяжения — субмеридиональные серии линеаментов, главным направлением сдвигания соответствуют линеаментные группы север-северо-западного (азимут 30°) и север-северо-восточного (азимут 330—340°) простираций.

Таким образом, для верхнеархейского тектонического цикла на Алданском щите свойственна более сложная, чем для нижнего архея, пространственно-динамическая линеаментная мегасистема. Важное значение для генерации условий образования и размещения зеленокаменных «трогов» и гранитогнейсовых куполов имеет меридионально-широтная сеть линеаментов, а специфика их внутреннего строения обусловливается планом и кинематическими свойствами диагональной системы линеаментных структур. Совместный анализ линеаментной сети и вещественных образований свидетельствует о ведущей роли горизонтальной тектоники в верхнеархейском цикле, складывающейся в динамическом отношении из ранней стадии преобладающего растяжения с формированием «троговых» структур рифтогенной природы и поздней — преобладающего сжатия, ведущей к закрытию «трогов» и формированию гранитогнейсовых куполов.

Нижнепротерозойские геологические комплексыprotoактивизации в линеаментной модели. Аккумулятивные орогенные терригенно-карбонатные и молассоидные толщи, представленные породами удоканской серии и ее аналогов, слагают на Алданском щите ряд мелких впадин и грабенов, объединяемых в Олекминский и Южно-Якутский бассейны и крупный Удоканский прогиб.

Олекминский бассейн нижнепротерозойских континентальных отложений (Угуйский, Олдонгсинский и Нижнеханинский грабены), имеющий явно выраженную энсиалическую природу, располагается в межлинеаментном пространстве между Токко-Ханинской и Амгинской линеаментными зонами. Аналогичную позицию занимают эпиконтинентальный Удоканский и континентальный Южно-Якутский (Давангро-Хугдинский и Атугей-Нуямский грабены) бассейны, находящиеся между Южно-Алданской и Северо-Становой линеаментными зонами. Подобная закономерность объясняется тектонической инверсией участков земной коры Алданского щита в нижнем протерозое, при которой на месте «трогов» возникли орогены, а между инверсированными троговыми зонами — межгорные прогибы, заполненные осадками путем сноса терригенного материала с горных сооружений.

Для верхнеархейских «троговых» структур и нижнепротерозойских бассейнов характерны не только пространственная разобщенность, но и различные динамические условия образования. Если первые формировались в условиях преимущественно горизонтальных тектонических движений, то для становления вторых, по-видимому, решающую роль играли вертикальные движения, обусловленные воздыманием Алданского мегасвода, состоящего из объединенных в единый жесткий кратон Чаро-Олекминской гранит-зеленокаменной области и Алданского гранулитового массива.

Платформенные геологические комплексы в линеаментной модели. Платформенные условия осадконакопления в риффе и венд-палеозое нельзя трактовать как состояние полной тектонической пассивности Алданского щита. Наблюдающаяся изменчивость мощностей и фаци-

альных особенностей платформенных осадков указывает на наличие определенных тектонических процессов в момент седиментогенеза. Динамика этих тектонических движений реализуется в виде деформационных элементов глыбово-волновой природы, образующих симметричный план плавных изгибов фундамента (линейные ансамбли сводов, валов, прогибов), подчиняющийся системе меридиональных и широтных направлений и влияющий на границы и мощности осадочных бассейнов [3].

Линеаментный анализ показывает, что эти направления соответствуют регматической сети линементов ортогональной системы. В современном срезе сохранились фрагменты наиболее крупных рифейских и венд-палеозойских депрессий, представленных субмеридиональными прогибами (Березовский, Амгинский, Якокутский и Учуро-Ленский), субширотными Пристановым прогибом и Северо-Алданским флексурным перегибом. Благодаря значительной ширине этих плавно погружающихся прогибов, они обычно совмещаются не с одной какой-либо линеаментной зоной, а с их семейством, состоящим из одной структуры трансрегионального и 1-2-х регионального рангов.

Березовский прогиб унаследовано развивается с рифея до палеозоя включительно в зоне влияния меридиональных трансрегиональной Токко-Ханинской и сопредельных с ней региональных Чарской и Эльгеро-Жуинской линеаментных зон. Фрагменты Амгинского прогиба контролируются Амгинской трансрегиональной и сближенной с ней Алдано-Чамполинской региональной линеаментными меридиональными зонами. Селигдар-Чульманской трансрегиональной и Якокут-Анамжакской региональной меридиональными линеаментными структурами определяется положение реликтов Якокутского прогиба, а Учурской зоной линеаментов — позиция Учуро-Ленского прогиба. Такая же пространственная сопоставимость с линеаментными структурами отмечается и у субширотных платформенных депрессий — Северо-Алданской флексуры и Пристанового прогиба. Первая коррелируется с Северо-Алданской, а вторая — с Южно-Алданской трансрегиональными зонами субширотных линеаментов.

Роль диагональной системы линеаментов в условиях платформенного режима не так явно выражена как у ортогональной. Линеаменты северо-восточных и северо-западных направлений либо вносят осложнения в конфигурацию ранее охарактеризованных платформенных структур, что наблюдается на примере Северо-Алданской флексуры, испытавшей влияние Джелинда-Торгинской (азимут 60°) и Аим-Курумканской (азимут 300°) линеаментных зон, либо контролируют расположение отдельных платформенных депрессий небольшого ранга, например, Суннагин-Ларбинская (азимут 70°) — Гыннымскую впадину.

Геолого-структурная интерпретация изложенных материалов показывает, что образование платформенных структур в рифейское и венд-палеозойское время было обусловлено сводовым воздыманием Алданского щита и на его фоне дифференцированными дислокациями кристаллического фундамента в процессе платформенного осадкообразования. Пространственная геометрия платформенных тектонических движений наследовала докембрийский структурный план, подчиняясь направлениям ортогональной регматической сети линеаментов.

Геологические комплексы режима эпиплатформенной тектономагматической активизации в линеаментной модели. Режим эпиплатформенной тектономагматичес-

кой активизации на Алданском щите проявлялся многократно в течение длительного времени от рифея до кайнозоя и был обусловлен резонансными явлениями в результате воздействия активных геодинамических обстановок в сопредельных регионах [9]. Наиболее полно проявились четыре этапа активизации, характеризующиеся специфическим осадконакоплением и широким развитием магматизма: рифейский, верхнепалеозойский, мезозойский и кайнозойский.

Рифейский этап тектономагматической активизации проявился в процессе становления протяженных поясов даек диабазов и габбро-диабазов. На этом этапе сказалась ведущая роль диагональной системы линеаментов, которая составляла основной каркас линейных структур, контролирующий принципиальное размещение дайковых поясов. Основными линеаментными зонами, осуществлявшими контроль над размещением глубинных каналов проникновения базальтовой магмы, являются Бамбуйско-Томмотская, Каларо-Янгинская и Суннагин-Ларбинская (азимут 70—60°) и Токко-Нимнырская (азимут 300°). Непосредственное размещение конкретных роев даек подчиняется системе локальных линеаментов, которая отражает план тектонических напряжений верхних частей земной коры. В латеральной плоскости зоны локальных линеаментов, вмещающих дайковые тела, составляют относительно главных направлений трансрегиональных и региональных линеаментных структур кулисы с углом 10—15°.

Верхнепалеозойский этап тектономагматической активизации не отразился на большей части Алданского щита, затронув лишь его юго-восточную окраину на стыке с Байкальской подвижной областью. Здесь отмечаются небольшие проявления щелочно-гранитоидного магматизма, представленные штоками монцонитов, гранитов, сиенитов ингамакитского и ханинского комплексов. Ареалы указанных магматических тел сконцентрированы преимущественно в узле пересечения двух крупных трансрегиональных линеаментных зон — широтная Северо-Становая и восток-северо-восточная (азимут 70°) Бамбуйско-Томмотская.

Мощное оживление тектономагматической деятельности в сопредельных областях в мезозое вызвало резонансный отклик и контрастные изменения геодинамической обстановки на самом Алданском щите. Процессы тектономагматической активизации повлекли за собой перестройку векторов тектонических напряжений и, как следствие, структурного плана линеаментного поля.

Мезозойские геологические комплексы Алданского щита формировались в две стадии.

В первую юрскую, которую геодинамически можно охарактеризовать как стадию рифтогенно-сводового тектогенеза, происходили процессы масштабного сводообразования (Алданский и Становой своды) и образование прогибов рифтогенной природы (Южно-Якутский прогиб). Расположение фрагментов юрского бассейна осадконакопления в линеаментном поле указывает на зависимость структурной матрицы раннемезозойских структур от длительно существующей ортогонально-решетчатой системы линеаментов трансрегионального и регионального уровней. Особенно велика роль широтной серии линеаментов, которая определяла местоположение и форму юрских впадин. Сохранившиеся в современном эрозионном срезе наиболее крупные фрагменты Южно-Якутского прогиба (Тунгурчинская, Алдано-Чульманская, Ытымджинская и Токинская впадины) контролируются Южно-Алданской, а более мелкие деп-

рессии (Верхне-Чульманская, Оккурданская, Токариканская и др.) — Северо-Становой трансрегиональными линеаментными зонами широтного простирания. Широтной серией линеаментов определяются также границы другой крупной структуры юрской стадии активизации — Чаро-Учурского свода, располагающегося между Северо-Алданской и Южно-Алданской трансрегиональными линеаментными зонами. Связь геологических комплексов юрской стадии тектона- генеза с линеаментами меридиональной серии не так явно выражена, как с широтной. С ними коррелируются торцовые границы Южно-Якутского прогиба, градиентные зоны фациальных изменений и синкинематические поперечные поднятия в пределах прогиба. Например, выделенные В.Ф.Микуновым [6] Тимптонское и Алданское поперечные поднятия контролируются соответственно Якокут-Анамжакской и Алдано-Чамполинской региональными линеаментными зонами.

Вторая стадия тектономагматической активизации — нижнемеловая — характеризуется контрастной дифференцированностью тектонических движений на фоне общего воздымания щита, в которых доминирующими являются элементы купольно-блоковой тектоники. Формирующиеся на этой стадии тектонические блоки сохраняют черты изначальной делимости тектоносферы, но в то же время для нее свойственно широкое развитие новых структурных форм — орогенных концентрических структур сводового и «несводового» типов, а также очаговых купольных структур. Эти структуры, по-видимому, генетически обусловлены или парагенетически связаны с очагами генерации или становления щелочной магмы.

Линеаментные поля каждого уровня по-своему связаны с элементами купольно-блоковой тектоники. Общий план расположения участков концентрации мезозойских магматических тел и вмещающих их структур имеет решетчатый облик и складывается из структурных планов ортогональной и диагональной систем направлений, закономерно увязывающихся с трансрегиональными и региональными линеаментными полями Алданского щита. Наиболее крупные интрузивы центрального типа (Мурунский, Эвотинский, Джелтулакский, Томптоканский) располагаются в узловых участках пересечения меридиональных и широтных линеаментных зон. Более мелкие магматические тела находятся в небольшом удалении от указанных узлов и их расположение обусловлено воздействием локальной линеаментной сети, контролирующей, по всей вероятности, инъекции магматического материала из промежуточных очагов к местам их становления на малых глубинах. Наиболее распространенным направлением диагональной системы трансрегиональных и региональных линеаментов, оказывающим влияние на размещение магматических тел тектономагматической активизации, является восток-северо-восточное (азимут 60—70°). В этой серии линеаментов контролирующая роль в локализации магматизма отводится Джелинда-Торгинской, Бамбуйско-Томмотской, Каларо-Янгинской, Суннагин-Ларбинской и Сутамо-Алгоминской линеаментным зонам. Дискретность расположения магматических интрузивов (Мурунский, Инаглинский, Эвотинский и другие щелочные массивы) объясняется размещением их в узлах пересечения восток-северо-восточной (азимут 60—70°) с меридиональными, в Пристановой зоне — широтными линеаментными зонами.

Элементы глубинного строения Алданского щита в линеаментной модели. Сравнение линеаментного поля ре-

гиона с рельефом глубинных уровней земной коры (Мохо и Конрада) показывает, что подавляющее большинство градиентных ступеней, осей перегибов и седловин рельефа поверхности Мохо отражены на поверхности в форме тех или иных направлений линеаментных зон трансрегионального и регионального рангов. Из групп линеаментов, конформных поверхности Мохо, наиболее широко представлены группы ортогональной системы, среди которых выделяются Токо-Ханинская, Селигдар-Чульманская и Учурская меридиональные, Южно-Алданская и Северо-Становая широтные зоны. Любопытен факт, что некоторые важные в геологическом отношении линеаментные зоны, являющиеся границами древнейших геологических структур (Амгинская и Ыллымах-Тимптонская), морфологически не выражены в рельефе поверхности мантии. Линеаменты диагональной системы, конформные структурному плану границы Мохо, представлены лишь одной группой трансрегиональных линеаментов север-северо-западного направления (азимут 320—330°). К ней относятся Нюкжа-Тяньская, Иенгра-Чугинская, Сеймдинская и Токо-Угунская зоны.

Если провести анализ конформности линеаментного поля со структурой рельефа поверхности Конрада, то возникает несколько иная картина. Здесь также как и в предыдущем случае чрезвычайно высока степень конформности и проявлено избирательность направлений линеаментных зон применительно к этому глубинному уровню. В ортогональной системе наиболее четко фиксируют рельеф Конрада меридиональные Токко-Ханинская, Амгинская, Ыллымах-Тимптонская и Учурская, а широтные — Токко-Леглиерская и Северо-Становая трансрегиональные и региональные структуры. Кроме указанных структур с изменениями рельефа поверхности Конрада тесно связаны линеаментные зоны диагональной системы (азимуты 60° и 300°) простираций, наиболее значимыми из которых являются Каларо-Янгинская и Токо-Нимнырская.

Таким образом, можно заметить, что крупнейшие линеаментные структуры, контролирующие положение тектонических мегаблоков или процессы ультратаморфизма на Алданском щите, конформны рельефу поверхности Конрада и практически не отражены в рельефе Мохо (кроме Северо-Становой зоны). Одним из возможных объяснений этому факту может служить версия о том, что уровень Конрада в древней консолидированной коре Алданского щита — более консервативный элемент литосферы данного региона, чем поверхность Мохо, которая, по-видимому, тесно динамически связана с молодыми тектоническими процессами и чутко реагирует на изменения современного поля тектонических напряжений.

Из изложенных материалов можно сделать следующие выводы:

1. Длительная история формирования земной коры на Алданском щите, включающая многократную смену тектонических режимов, образование различных по генезису и составу геологических (структурно-вещественных) комплексов, определяется действием тектонических напряжений в земной коре, генерирующихся на разных глубинных уровнях тектоносферы. В зависимости от направления главных векторов полей напряжений формируются различные по динамике тектонические структуры, вмещающие характерные для них геологические комплексы: рифтогенные, купольные, орогенные, активационные и др.

2. Упорядоченная сеть линеаментов, фиксируемая на космических снимках, является отражением полей тектоничес-

ких напряжений, обладает динамическими свойствами и подчиняется физическим законам деформации упруго-пластического тела. Применение линеаментного анализа с изучением динамических свойств линеаментной сети позволяет определять геометрию и динамику геологического пространства на различных стадиях тектонических циклов, что способствует эффективности определения геодинамических обстановок и закономерности образования и размещения структурно-вещественных комплексов, включая и концентрации полезных ископаемых. Рудоконтролирующая роль линеаментных структур Алданского щита с определением тектонофизических критериев прогноза и поисков и выявление прогнозных площадей с помощью анализа полей напряжения линеаментной сети — отдельная тема исследований.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Буш В.А., Трифонов В.Г., Шульц С.С. Системы активных линеаментов Евразии по данным дешифрирования космических снимков // Тектоника Азии. Докл. XXVII МГК. Т. 5. —М.: Наука, 1984. С. 42—53.
2. Гзовский М.В. Основы тектонофизики. —М.: Наука, 1975.
3. Гусев Г.С., Петров А.Ф., Фрадкин Г.С. и др. Структура и эволюция земной коры Якутии. —М.: Наука, 1985.
4. Кудрявцев В.А., Нужнов С.В. Верхнеархейские структуры Алданского щита // Геология и геофизика. 1981. № 6. С. 28—38.
5. Макаров В.И. Методология и методические основы геологического дешифрирования космических снимков / Космическая информация в геологии. —М.: Наука, 1983. С. 7—14.
6. Микунов В.Ф. Основные особенности тектоники и истории развития Чульманского прогиба // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1965. № 4. С. 27—31.
7. Муди Дж.Д., Хилл М.Дж. Сдвиговая тектоника / Вопросы современной зарубежной тектоники. —М.: Иностранная литература, 1960. С. 265—333.
8. Раскутаев Л.М. О геологической природе линеаментов, выявленных на космических изображениях Земли, на примере Кавказа // Известия вузов. Геология и разведка. 1974. № 12. С. 58—66.
9. Пущаровский Ю.М. Резонансно-тектонические структуры // Геотектоника. 1969. № 1. С. 3—12.
10. Федоровский В.С. Гранитогнейсовые купола и зеленокаменные пояса — единый структурный парагенез докембрия Байкальской горной области // Тез. докл. XXVII МГК. Т. II. —М.: Наука, 1984. С. 288.
11. Черкасов Р.Ф. Древнейшие фемические зоны как концентраторы оруденения // Тихоокеанская геология. 1982. № 1. С. 112—115.
12. Hubbert M.K. Mechanical basis for certain familiar geologic structures // Bull. of the Geol. Soc. Amer. 1951. Vol. 62. № 4.

Гидрогеология, инженерная геология

УДК 556.3

© В.Н.Островский, 2007

Об условиях формирования питьевых подземных вод в криолитозоне Восточной Сибири

В.Н.ОСТРОВСКИЙ (ВСЕГИНГЕО)

В криолитозоне Восточной Сибири, занимающей территорию к востоку от р. Енисей, сосредоточен огромный минерально-ресурсный потенциал, освоение которого невозможно без решения проблем водоснабжения. Ресурсы поверхностных вод в регионе весьма значительны [3], но их использование ограничивается нерегулярностью речного стока, т.к. большинство рек в зимнее время полностью перекрывает. Кроме того, поверхностные воды в большей степени подвержены загрязнению, чем подземные. Ресурсы пресных подземных вод в криолитозоне существенно меньше, чем поверхностных, но в ряде регионов подземные воды являются важным источником питьевого водоснабжения.

Гидрогеологическая изученность криолитозоны недостаточна. Несмотря на то, что гидрогеологические исследования криолитозоны продолжаются уже более 100 лет, до сих пор остается нерешенным ряд фундаментальных гидрогеологических проблем, в т.ч. выявление и оценка ресурсного потенциала пресных подземных вод. Большая часть специалистов [16, 19, 20] считает, что формирование этих ресурсов в первую очередь определяется широтной геокриологической зональностью. Наиболее неблагоприятные условия формирования скоплений пресных подземных вод характерны для территории сплошной криолитозоны, где мерзлые породы занимают более 90—95% площади. С продвижением к югу эти условия улучшаются. Так, согласно карте модулей прогнозных ресурсов питьевых подземных вод [20] в сплошной криолитозоне модули

ресурсов в основном не превышают 0,1 л/с км², реже составляют 0,5—0,1 л/с км². Однако это вступает в противоречие с тем фактом, что в зоне сплошной мерзлоты имеются крупные месторождения подземных вод с эксплуатационными запасами в десятки тысяч метров кубических в сутки (Талнахское, Ергалакское в районе г. Норильск). Л.С. Язвин [21] не исключал возможности выявления подобных месторождений в других районах сплошной криолитозоны. Можно констатировать, что в районах распространения сплошной мерзлоты в определенных условиях не исключается образование крупных месторождений питьевых подземных вод. В общем случае их формирование возможно при соблюдении трех основных условий: 1) наличие высокопроницаемых коллекторов; 2) достаточное восполнение подземных вод; 3) пригодность вод для питьевого водоснабжения. Разумеется, нельзя отрицать влияния на формирование месторождений пресных подземных вод тектоники, особенностей взаимодействия поверхностных и подземных вод и других факторов. Рассмотрим в общих чертах указанные условия.

Коллекторы подземных вод. Капельно-жидкие подземные воды в криолитозоне Восточной Сибири распространены локально и приурочены к таликам различного генезиса. Существенные ресурсы подземных вод локализуются в сквозных таликах, которые проникают через всю толщу многолетнемерзлых пород. Согласно Карте мерзлотно-гидрогеологического районирования Восточной

Сибири [9] сквозные талики в основном приурочены к долинам крупных рек. Следовательно, можно сделать вывод, что одним из наиболее перспективных коллекторов подземных вод являются аллювиальные отложения речных долин. Например, на Талнахском и Ергалакском месторождениях эксплуатируются водоносные горизонты, приуроченные к переуглубленным частям речных долин, выполненным валунно-галечниками отложениями мощностью в десятки метров [7]. Поскольку коллекторы подземных вод в криолитозоне изучены недостаточно, при их характеристике ограничимся общими соображениями. Распространение четвертичных коллекторов в криолитозоне определяется историей геологического развития территории, динамикой оледенения и другими факторами. Согласно карте четвертичных отложений СССР [11] аллювиальные отложения занимают значительные площади в долинах крупных рек: Енисей, Лена, Вилюй, Яна, Индигирка, Колыма и др. Широко развиты современные пойменные отложения, нередко отличающиеся повышенной проницаемостью.

В пределах Сибирской гидрогеологической платформенной области в Тунгусском и других бассейнах, расположенных на Среднесибирском плоскогорье четвертичный аллювий имеет мощность 1—15 м и сложен песчано-гравийными глинистыми отложениями [7]. Современные пойменные отложения занимают здесь относительно небольшие площади. Более значительно четвертичные аллювиальные отложения развиты на востоке Сибирской платформы в Якутском и других артезианских бассейнах, где их мощность изменяется от 100 до 120 м [6]. В верхних частях разрезов преобладают супеси и суглинки, в нижних пески, в меньшей степени галечники.

Высокопроницаемый аллювий развит в Верхояно-Чукотской гидрогеологической складчатой области в долинах рек Яна, Индигирка, Колыма, Анадырь и др. Аллювиальные отложения здесь часто сложены высокопроницаемыми гравийно-галечниковыми отложениями с коэффициентами фильтрации 100—600 м/сут. Мощность аллювия более 20—30 м [5]. Характерны широкие поймы.

Кроме аллювиальных отложений в качестве перспективных четвертичных коллекторов могут рассматриваться аллювиально-пролювиальные отложения небольших межгорных и предгорных впадин, которые в основном расположены в Верхояно-Чукотской складчатой гидрогеологической области (Эльгинская, Лево-Момынтайская, Гижигинская и др.). Эти отложения сложены в основном гравийно-галечниковыми породами с коэффициентами фильтрации до 500 м/сут и мощностью до нескольких десятков метров.

Среди четвертичных коллекторов определенное практическое значение имеют четвертичные озерные отложения. К ним в основном и приурочены талики. Эти отложения представлены песчано-гравийными породами, а также глинисто-суглинистыми осадками. Их мощность может достигать нескольких десятков метров, но площади распространения, как правило, невелики (десятки квадратных километров).

Автор статьи более подробно остановится на характеристике четвертичных коллекторов, учитывая то, что они залегают первыми от поверхности и содержат надмерзлотные воды. Ресурсы таких коллекторов восполняются более интенсивно по сравнению с нижними подмерзлотными горизонтами.

Перспективными для поисков месторождений пресных подземных вод могут быть также неогеновые и более древ-

ние отложения. Так, в Тунгусском артезианском бассейне, в супербассейнах Тихоокеанского вулканического пояса благоприятны для аккумуляции подземных вод вулканогенные коллекторы, возраст которых от квартера до триаса. Перечень перспективных дочетвертичных коллекторов можно было бы продолжить, но в большинстве из них формируются преимущественно межмерзлотные и подмерзлотные воды, нередко имеющие повышенную минерализацию.

Питание подземных вод. В большинстве опубликованных работ [5, 6, 7, 19] в качестве источников питания пресных подземных вод рассматриваются инфильтрация атмосферных осадков, фильтрация поверхностных вод, в т.ч. наледных, а в гидрогеологических складчатых областях — конденсация атмосферной влаги [5].

Количество атмосферных осадков в криолитозоне России в среднем изменяется от 300 до 600 мм/год, повышаясь до 800—1000 мм в горных поднятиях западной части Среднесибирского плоскогорья. Имеется также тенденция уменьшения осадков с запада на восток до зоны влияния тихоокеанских муссонов. Атмосферные осадки — основной источник питания подземных вод в зонах островной, возможно прерывистой мерзлоты. Однако в сплошной криолитозоне их роль в питании подземных вод ограничена, так как инфильтрации атмосферных осадков препятствуют мощные криогенные водоупоры. По-видимому, в сплошной криолитозоне участки инфильтрационного питания подземных вод в значительной степени приурочены к мелкой гидрографической сети, где криогенные водоупоры могут локально протаивать.

В сплошной криолитозоне количественно оценить роль атмосферных осадков в питании подземных вод не представляется возможным по причине отсутствия необходимых данных. В определенной степени это замечание касается также прерывистой криолитозоны.

Конденсация атмосферной влаги как источника питания подземных вод выявлена в гидрогеологических массивах северо-востока России И.Г.Рейнок, А.А.Зеленкевичем и др. [5]. Ее величина может достигать 80 мм, но процесс конденсации происходит на локальных участках в основном в каменных осыпях. В региональном плане конденсационное питание подземных вод невелико.

По мнению автора, одним из основных источников восполнения ресурсов подземных вод, особенно в сплошной криолитозоне, является фильтрация поверхностных вод. В гидрогеологических исследованиях криолитозоны серьезное упоминание — недооценка принципа В.И.Вернадского о единстве природных вод [2]. Как отмечают Б.С.Соколов [18] и некоторые другие учёные, гидрогеологические и гидрологические исследования в криолитозоне практически разобщены.

Автор статьи [14] подчеркивает, что закономерности питания подземных вод в криолитозоне и аридной зоне имеют определенное сходство. В обеих зонах весьма существенное значение в формировании подземных вод имеет фильтрация поверхностного стока. В аридной зоне, для которой характерен дефицит влаги, в речных долинах аккумулируется слой воды, обеспечивающий питание подземных вод. В криолитозоне, где питание подземных вод ограничивается недостатком тепла, в речных долинах возникают благоприятные условия для пополнения ресурсов подземных вод за счет привноса тепла с поверхностными водами. Этому способствует направление стока большинства сибирских рек с юга на север.

Существенное значение имеют особенности водного режима рек криолитозоны. Для них характерно обильное половодье, продолжающееся в течение 1,5—2 месяцев, причем расходы воды в этот период превышают меженные в сотни и тысячи раз. Фильтрация поверхностных вод происходит не только из русел рек, но и на их поймах, занимающих значительные площади. Отепляющее действие поверхностных вод прослеживается и в долинах небольших рек и ручьев [5].

Взаимодействие подземных и поверхностных вод в криолитозоне представляет собой сложный процесс, сочетающий фильтрацию речных вод в русловой и пойменный аллювий и их разгрузку в русла рек [13]. О фильтрационных потерях речного стока имеются лишь разрозненные сведения. Так, в работе М.Ф.Петченко [16] приведены сведения о потерях стока р.Амга (наиболее крупный левый приток р.Алдан), которые на участке длиной 210 км достигали $14 \text{ м}^3/\text{s}$; на р.Лена на участке от г.Ленск до пос.Табага фильтрационные потери речного стока составляли в 1987 г. $137 \text{ м}^3/\text{s}$. Все это свидетельствует о масштабе процессов, но требует уточнения.

Определенную роль в питании подземных вод имеют наледи, хотя гидрогеологическая роль их двойственна: летом они являются источниками питания подземных вод, а зимой формируются за счет их разгрузки. В томах монографии «Гидрогеология СССР» [5, 6, 7], где рассмотрены подземные воды криолитозоны, значительно большее внимание уделяется характеристике наледного питания подземных вод, чем фильтрации поверхностного стока. По мнению автора, роль наледей в питании подземных вод несколько преувеличивается. Например, на северо-востоке России, где наледи наиболее распространены, по данным Б.Л.Соколова и Ф.Ф.Черной [18], наледный поверхностный сток, сформировавшийся за счет таяния наледей, составляет в среднем 25% от общего стока. В монографии «Гидрогеология СССР» [5] фильтрация поверхностных вод как источник пополнения ресурсов подземных вод вообще не рассматривается. Следует отметить, что основной объем фильтрационного питания подземных вод приурочен к пику половодья рек (июнь—июль), когда наледи еще полностью не растаяли.

Как установлено В.М.Михайловым [13] для северо-востока России областями питания подземных вод здесь являются преимущественно поймы рек, которые заливаются водой в течение нескольких месяцев. Аналогичные закономерности, по-видимому, в определенной степени характерны и для других регионов криолитозоны.

Фильтрационное питание подземных вод в существенной степени контролируется тектоникой, т.к. значительная часть речных долин приурочена к разломам. В большинстве работ [1, 5, 12] отмечается, что дислокативная тектоника — первостепенный фактор, определяющий формирование ресурсов пресных подземных вод в криолитозоне. При этом должным образом не оценивается взаимосвязь разломов с реками. Именно при совмещении с рекой разлом как коллектор подземных вод проявляет себя наиболее эффективно.

Определенную роль в питании подземных вод имеет также фильтрация озерных вод. Все крупные и средние озера в криолитозоне проточные. Уровни озерных вод повышаются в период половодья, что способствует увеличению фильтрационных потерь озерных вод.

В криолитозоне, по-видимому, слабо проявляются процессы берегового регулирования подземного стока, которое

заключается в том, что в половодье происходит отток поверхностных вод в борта долин, а в межень — обратное их поступление в русла рек. Согласно О.В.Попову [17] даже в гумидной зоне России величина берегового регулирования обычно не превышает 1% от общего стока рек. В криолитозоне, где берега рек проморожены, величина берегового регулирования безусловно значительно меньше.

Как выявили Б.Б.Боревский и А.В.Сидоркин [1], в криолитозоне происходит многолетнее регулирование подземного стока. По данным исследований на Шахтумском и других месторождениях пресных подземных вод, приуроченных к криогенным гидрогеологическим массивам, продолжительность цикла водообмена достигает 9—12 лет.

Безусловно, многолетнее регулирование ресурсов подземных вод характерно и для аллювиальных коллекторов. Механизмы многолетнего регулирования ресурсов подземных вод указанные авторы не рассматривают, но очевидно, что оно связано с турбулентным водо-, теплообменом в водоносных горизонтах. Предлагается назвать этот процесс криогенным регулированием ресурсов подземных вод. В основе его лежит увеличение емкостей коллекторов в многоводные и их уменьшение в маловодные годы. Можно предположить, что криогенное регулирование — одна из главных причин формирования меженного стока рек в сплошной криолитозоне, хотя она не единственная. Механизмы питания подземных вод в криолитозоне своеобразны, но изучены недостаточно.

Процесс формирования пойменных таликов северо-востока России изучен В.М.Михайловым [13]. Им выявлено, что питание подземных вод практически происходит на всей площади речных пойм. Для формирования талика необходимо существование в пойменном аллювии высокопроницаемых пластов, воды которых гидравлически связаны между собой. Образуются так называемые предпочтительные пути фильтрации, по которым происходит движение подземных потоков. Отсутствие предпочтительных путей фильтрации способствует изоляции таликов.

Гидрогеодинамические закономерности в криолитозоне исследованы недостаточно. Значительный вклад в их изучение внес О.Н.Толстыхин [12, 20], который установил, что в региональных криогенных водоупорах, возникших на месте зоны свободного водообмена, активизируется внутренний водообмен. В результате напоры водоносных горизонтов, залегающих ниже по разрезу, оказываются выше, чем верхних горизонтов. Возникает дефицит напора, который способствует миграции флюидов снизу вверх, а также перетеканию вод из зон наименьшего к зонам наибольшего протаивания. Однако не со всеми выводами О.Н.Толстыхина можно согласиться. Так, он утверждает [12, с. 22], что «многочисленные таликовые окна, образовавшиеся в результате взаимодействия мерзлых пород с речными или озерными водами, не являются очагами питания подмерзлотных водоносных горизонтов ... причиной являются литологические водоупоры», которые распространены далеко не повсеместно. Кроме того, представления об изолированности надмерзлотных и подмерзлотных вод вступают в противоречие с принципом В.И.Вернадского о единстве природных вод.

Локальное распространение подземных вод в криолитозоне, выявленное многочисленными исследованиями, позволяет сделать некоторые практические выводы. Возникает сомнение в правомерности использования в криолитозоне существующей методики картирования подземного стока.

Считается, что поверхностные и подземные водоразделы совпадают, а границы бассейнов стока проводятся по поверхностным водоразделам [10, 16]. Величины подземного стока, полученные методом расчленения гидрографа стока рек, равномерно распределяются на всю площадь бассейна. С этим нельзя согласиться, т.к. в криолитозоне, особенно сплошной, большая часть подземного водосбора в зоне свободного водообмена проморожена и не участвует в подземном стоке. Потоки подземных вод (в случае, когда они существуют) распространены лишь локально. Следовательно, реальные величины подземного стока резко занижаются за счет завышения площадей, с которых происходит подземный сток. Для криолитозоны характерно локальное распределение областей питания подземных вод, в результате чего образуются более или менее автономные водоносные системы, экранируемые криогенными водоупорами, в пределах которых осуществляется многолетнее регулирование ресурсов подземных вод. Существование таких систем микробассейнов подземного стока отмечается в работе [1]. Исследователям представляется, что картирование подземного стока в криолитозоне должно осуществляться на основе выявления локальных водоносных систем, на изучение которых надо обратить особое внимание.

Пригодность подземных вод для питьевого водоснабжения. Гидрогеохимические условия криолитозоны в регионе изучены недостаточно, особенно в районах распространения сплошной мерзлоты. Лишь на локальных участках получена информация о микрокомпонентном составе подземных вод в соответствии с новыми требованиями, определяющими возможность использования вод для питьевых нужд.

Несмотря на то, что в криолитозоне надмерзлотные воды имеют низкую минерализацию, они не всегда пригодны для питья. Проблема гидрогеохимического изучения криолитозоны сложна и многоаспектна и может быть затронута лишь вскользь. Кратко остановимся лишь на одном вопросе — оценке влияния разломной тектоники на качество подземных вод. Это особенно важно, т.к. данная статья в основном посвящена закономерностям взаимодействия подземных и поверхностных вод в криолитозоне, где гидрографическая сеть в значительной степени приспособлена к тектоническим нарушениям.

Сибирская платформа отличается широким распространением палеозойских и протерозойских, реже мезозойских галогенных пород в Ангаро-Ленском, Якутском, Тунгусском и других артезианских бассейнах. Тектоническими нарушениями здесь нередко выводятся на поверхность воды повышенной минерализации. В случае приспособления к разломам речных долин качество поверхностных и подземных вод в аллювиальных отложениях может существенно ухудшиться. Примером может служить район поселка Тура, где в течение ряда лет оптимально не решена проблема водоснабжения [8], т.к. связано это с подтопом по тектоническим нарушениям в долинах рек Кочечумо и Нижняя Тунгуска высокоминерализованных вод из пермско-триасовых туфобазальтов.

В Верхояно-Чукотской гидрогеологической складчатой области преобладают терригенные, эфузивно-осадочные и эфузивные породы мезозойского, реже кайнозойского возраста. Галогенные породы распространены ограниченно. По разломам здесь выклиниваются в основном пресные воды.

При недостаточной гидрогеологической изученности криолитозоны особое практическое значение приобретает

выявление критериев поисков месторождений пресных подземных вод. Ранее для решения этой задачи наряду с геолого-тектоническими критериями широко использовалось ландшафтное дешифрирование аэрокосмических снимков, причем основное внимание уделялось главным образом растительным индикаторам [5, 7]. Определенную помощь в выявлении скоплений пресных таликовых вод в речных долинах может оказать анализ рисунка гидрографической сети. Как показал В.М.Михайлов [13], на северо-востоке Сибири перспективны для поисков пресных подземных вод территории, где развиты многорукавные русла, обеспечивающие более интенсивную фильтрацию поверхностных вод в аллювиальные отложения.

Перспективно также применение дешифрирования тепловых дистанционных снимков, на которых талики обычно отличаются повышенными температурами поверхностных вод. Однако на северо-востоке Сибири индикатором таликов могут являться и пониженные температуры поверхностных вод [13], что, вероятно, связано с фильтрацией наледных вод, охлаждающей речные воды.

В последние годы широко обсуждается проблема глобального потепления климата, которая особенно актуальна для криолитозоны. Мнения специалистов в этой области расходятся: большинство считает, что глобальное потепление климата вполне реально, но другие не находят достаточных оснований для таких выводов. К числу последних относится А.В.Павлов [15], который на основании анализов температурных трендов в криолитозоне в течение 45—185 лет пришел к выводу, что в арктической части криолитозоны потепление не происходит. Проблема находится в стадии дискуссии, но если потепление произойдет, то наряду с увеличением ресурсов пресных подземных вод, интенсификацией ряда экзогенных геологических процессов (подтопление, заболачивание и др.) на Сибирской платформе может ухудшиться гидрогеохимическая ситуация. Вследствие исчезновения криогенных водоупоров может произойти активизация выноса по разломам вод повышенной минерализации, разрушение криопэгов (скопления переохлажденных соленых) подземных вод, что может серьезно нарушить экологическую обстановку.

Из материалов статьи можно сделать следующие выводы:

1. В представления о том, что формирование ресурсов пресных питьевых подземных вод в криолитозоне в основном определяется геокриологической зональностью, следует внести корректизы. Даже в зоне сплошной многолетней мерзлоты, где условия формулирования подземных вод наименее благоприятны, существуют крупные месторождения подземных вод. Для образования таких месторождений необходимы три основных условия: наличие высокопроницаемых коллекторов, достаточное питание подземных вод, распространение вод, отвечающих современным нормативам качества.

2. В питании подземных вод криолитозоны недостаточно оценивается фильтрация поверхностных вод. Фильтрационному питанию подземных вод способствует гидрологический режим рек, а также то обстоятельство, что с речными водами в криолитозону поступают дополнительные тепловые ресурсы, т.к. большинство сибирских рек течет с севера на юг. Это подтверждается приуроченностью падающего числа сплошных таликов к речным долинам. На территории сплошной криолитозоны роль атмосферных осадков в питании подземных вод ограничена.

3. Особенности питания подземных вод криолитозоны изучены недостаточно. Выявлено, что взаимодействие подземных и поверхностных вод представляет собой сложный процесс турбулентного водотеплообмена, сочетающий фильтрацию поверхностных вод в водоносные горизонты и их разгрузку в гидрографическую сеть. В криолитозоне северо-востока России основными областями питания подземных вод являются широкие речные поймы, которые заливаются водой в течение 1,5—2 месяцев. По-видимому, эта закономерность в определенной степени свойственна и другим регионам криолитозоны. Сплошность распространения многолетнемерзлых пород нарушается на площадях, где формируется активно движущиеся потоки подземных вод.

4. Фильтрационное питание подземных вод существенно контролируется тектоникой, т.к. гидрографическая сеть в большинстве случаев приспособливается к разломам. Влияние тектонических нарушений на качество подземных вод неоднозначно. Ориентировочно можно выделить два региона: сложную артезианскую область Сибирской платформы и Верхояно-Чукотскую гидрогеологическую складчатую область. В первой нередко разломами выводятся на поверхность воды повышенной минерализации, во второй, как правило, пресные воды.

5. Для криолитозоны, особенно сплошной, характерно многолетнее регулирование естественных ресурсов подземных вод, которое можно назвать криогенным. В основе его лежит увеличение емкостей коллекторов в многоводные и уменьшение в маловодные годы. Поскольку подземные воды в криолитозоне распространены локально, возникает сомнение в правомерности использования существующей методики картирования подземного стока, при которой границы бассейнов проводятся по поверхностным водоразделам.

6. Следует обратить внимание на последствия для криолитозоны глобального потепления климата. Наряду с увеличением ресурсов пресных подземных вод в ряде артезианских бассейнов Сибирской платформы может произойти ухудшение качества подземных вод за счет увеличения поступления в зону свободного водообмена вод повышенной минерализации, а также деградации скоплений переохлажденных подземных вод (криопэгов).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Боревский Б.В., Сидоркин В.В. Особенности формирования и оценки эксплуатационных запасов подземных вод в сквозных таликах гидрогеологических массивов криолитозоны // Разведка и охрана недр. 2003. № 10. С. 50—52.
2. Вернадский В.И. История минералов земной коры. Т. 2. История природных вод в 1—3. Избранные сочинения. Т. IV. —М.: Изд-во АН СССР, 1960. С. 1—528.
3. Водные ресурсы и водный баланс территории Советского Союза. —Л.: Гидрометеоиздат.
4. Геокриологическая карта СССР масштаба 1:2 500 000 / Под ред. Э.Д. Ершова. —М.: Недра, 1991.
5. Гидрогеология СССР. Т. XXVI. Северо-восток. —М.: Недра, 1972.
6. Гидрогеология СССР. Т. XX. Якутская АССР. —М.: Недра, 1971.
7. Гидрогеология СССР. Т. XVIII. Красноярский край и Тувинская АССР. —М.: Недра, 1972.
8. Кадамцева Т.Н., Козак С.З., Сидоркин В.В., Федулова А.М., Язвин А.Л. Основные результаты поисков подземных вод для удовлетворения питьевых потребностей поселка Тура // Разведка и охрана недр. 2005. № 11. С. 30—33.
9. Карта мерзлотно-гидрогеологического районирования Восточной Сибири масштаба 1:2 500 000 / Под ред. П.И. Мельникова. —М., 1984.
10. Карта подземного стока СССР масштаба 1:2 500 000. —М.: ГУГК СССР.
11. Карта четвертичных отложений СССР масштаба 1:2 500 000 / Под ред. Г.С. Ганешина. —Л., ВСЕГЕИ, 1973.
12. Мельников П.И., Толстыхин О.Н. Мерзлотно-гидрогеологическое районирование Восточной Сибири // Тр. 3-й международной конференции по мерзлотоведению. Эдмонтон—Оttawa, 1979. С. 19—29.
13. Михайлов В.М. Пойменные талики северо-востока России // Автореф. дисс. ... докт. географ. наук. —Якутск, 2005.
14. Острожский В.Н. Сравнительный анализ закономерностей формирования подземных вод в аридной зоне и криолитозоне // Отечественная геология. 2006. № 6. С. 200—202.
15. Павлов А.В. Реакция криолитозоны на современные и ожидаемые в XXI в. климатические изменения // Разведка и охрана недр. 2001. № 5. С. 8—14.
16. Петченко М.Ф. Гидрометрический мониторинг по оценке разгрузки и возможного питания подмерзлотных вод в долинах рек Амги и Лены / Мониторинг подземных вод криолитозоны. —Якутск, 2002. С. 115—123.
17. Попов О.В. Подземное питание рек. —Л.: Гидрометеоиздат, 1968.
18. Соколов Б.Л., Черная Ф.Ф. Подземный сток в реки и естественные ресурсы подземных вод северо-востока СССР // Тез. докл. XII совещания по подземным водам Сибири и Дальнего Востока. —Иркутск—Южно-Сахалинск, 1988. С. 88—89.
19. Соколов Б.Л. Изучение подземного и речного стока криолитозоны на современном этапе // Тез. докл. XIII совещания по подземным водам Сибири и Дальнего Востока. —Иркутск—Томск, 1991. С. 19.
20. Толстыхин О.Н. Наледи и подземные воды северо-востока СССР. —Новосибирск: Наука, 1984.
21. Язвин Л.С. Оценка прогнозных ресурсов питьевых подземных вод и обеспеченность населения России подземными водами хозяйствственно-питьевого водоснабжения // Разведка и охрана недр. 2003. № 10. С. 13—22.

Изучение процессов водообмена с помощью метода среднемноголетнего водного баланса (на примере Южного Приуралья)

Н.М.ЛИСЬЕВА (Институт водных проблем РАН)

В Южном Приуралье проводились исследования по изучению процессов водообмена и оценке ресурсов артезианских вод. Объектом гидрогеологического изучения была территория восточной части Камско-Вятского артезианского бассейна (прежнее название — Волго-Камский бассейн) и южная часть Предуральского бассейна, отвечающего Предуральскому краевому прогибу. Характерная особенность объекта исследования — большое разнообразие природных условий при относительно небольших размерах территории. По рассматриваемой территории проходит пять основных природных зон. Данная территория попадает как в зону достаточного, так и недостаточного увлажнения. В пределах изучаемых объектов имеются как равнинные, так и горные районы, участки развития карста и его отсутствия, характерны условия типичные для внутренних областей платформенных структур, области тектнической коллизии и др. В настоящей работе рассматриваются результаты исследований в основном восточной части Камско-Вятского артезианского бассейна.

В основу изучения и оценки ресурсов глубоких подземных вод положено уравнение среднемноголетнего водного баланса, впервые предложенного Б.И.Куделиным для определения глубокого подземного стока зоны замедленного движения [14]:

$$\pm W = X - Y - Z,$$

где все элементы — среднемноголетние величины: $\pm W$ — питание (разгрузка) в глубокие водоносные горизонты (глубокий подземный сток); X — атмосферные осадки; Y — речной сток (поверхностный и подземный сток, дренируемый местными реками); Z — испарение.

Под глубоким стоком (глубокими водами) Б.И.Куделин понимает подземные воды, расположенные за пределами дренирующего воздействия местной речной сети (он называет их также *глубокими артезианскими водами, водами глубоких водоносных горизонтов*), темпы водообмена которых составляют тысячи и более лет [14]. Далее в статье под *глубоким стоком (глубокими водами)* мы будем понимать то же, что понимал Б.И.Куделин.

Таким образом, метод построен на использовании многолетних гидрологических данных. Однако предварительным этапом, определяющим возможность применения балансового уравнения, является структурно-геологический и гидрогеологический анализ и районирование исследуемой территории, выделение областей питания, напора и разгрузки глубоких подземных вод. На следующем этапе выделенные области делят на расчетные участки, соответствующие речным бассейнам. Следовательно, элементарной территориальной единицей, в пределах которой определяют величину $\pm W$, по Б.И.Куделину, выступает речной бассейн (часть речного бассейна).

Исследования последующих лет (В.М.Шестопалов и др.), в т.ч. и исследования автора, проведенные для Южного Приуралья, показывают, что данный подход не учитывает всю сложность вертикального водообмена между зоной дренирования местной эрозионной сетью и зоной глу-

бокого стока на различных участках территории. Деление на речные бассейны предполагает в пределах всей площади бассейна одностороннюю (или в основном одностороннюю) направленность вертикального движения подземных вод. В противоположном случае результирующая величина $\pm W$, найденная как среднестатистическая на всю площадь речного водосбора, будет отображать лишь территориальную разницу между $+W$ и $-W$.

Метод среднемноголетнего водного баланса до сих пор не только практически не мог служить для изучения процессов взаимодействия подземных вод двух зон — дренирования и глубокого стока (направления и скорости вертикального водообмена между этими зонами), но и сам требовал предварительного установления гидродинамических условий в глубоких горизонтах с помощью других методов. Это было связано также с большими погрешностями подсчитываемых в ходе оценки среднемноголетних величин элементов водного баланса.

Выявление гидрогеодинамической картины для каждого речного бассейна — довольно сложная задача. С целью получения более или менее достоверных величин $\pm W$ требуется большая предварительная работа по изучению геологических, гидрогеологических и гидродинамических особенностей исследуемой территории (построение карт гидроизопэз или изучение уже имеющихся карт, карты областей питания и разгрузки, гидрогеологических разрезов, карты глубины дренирования горизонтов и др.). Кроме того, для проведения подобного анализа не всегда имеется достаточное количество фактического гидрогеологического материала. Со всеми этими проблемами автор столкнулся при использовании метода Б.И.Куделина в ходе оценки глубокого подземного стока в Южном Приуралье.

Исследования по Южному Приуралью проводились строго поэтапно. Причем, учитывая сложную геолого-гидрогеологическую обстановку региона, серьезное внимание в первую очередь было обращено на ее анализ. В своих исследованиях автор немного изменил методику выделения расчетных участков. Основными критериями при определении их расположения и площади явились не привязка к речным водосборам с известным значением стока в створе реки, а однородность в пределах участка природных условий и достаточная освещенность метеостанциями. В результате были выделены расчетные участки с небольшими площадями 500—2300 км², большая часть которых с учетом указанных критериев не соответствовала речным бассейнам с многолетними данными о стоке (это обстоятельство также связано с тем, что большинство водосборов попадает как в область глубокого питания, так и в область разгрузки). Такой подход позволил более четко отобразить характер распределения по территории величин $\pm W$, обнаружить некоторые (но далеко не все) закономерности, хотя и в несколько сглаженном, завуалированном виде. Для получения более или менее достоверных результатов по указанной методике потребовалось обязательное предварительное построение или изучение уже имеюще-

гося большого числа различных карт и других материалов. В нашем исследовании потребовалось построение четырех карт, но при этом не оказалось достаточного количества фактических данных для построения карт гидроизопэз еще двух водоносных горизонтов.

Анализ метода Б.И.Куделина показал, что все указанные недочеты относятся не к самому методу (метод при всей своей теоретической обоснованности действительно очень прост), а к методике применения уравнения водного баланса. Все это заставило искать новую, более результативную и в то же время менее трудоемкую методику оценки глубокого подземного стока на основе метода среднемноголетнего водного баланса. Автор статьи исходил также из задач дальнейших научных и практических исследований по изучению и оценке ресурсов подземных вод, которые сформулировал И.С.Зекцер [8]. Одна из них — усовершенствовать существующие и разработать новые методы оценки ресурсов подземных вод.

Было выявлено, что в настоящее время происходит значительное снижение (в несколько раз) погрешностей определения норм гидрометеорологических характеристик по сравнению с исследованиями, проводимыми в 1950—1960-е годы. Следовательно, один из недостатков метода Б.И.Куделина, связанный с погрешностями определения среднемноголетних величин элементов водного баланса, в результате удлинения рядов наблюдений с течением времени устраняется сам.

Другое ограничение метода, связанное с недоучетом сложности процессов динамики подземных вод на различных участках территории, оказалось возможным в значительной степени уменьшить с помощью другой методики определения и картирования глубокого стока (воднобалансовое уравнение при этом осталось без изменений).

Согласно усовершенствованной методике величина $\pm W$ определялась не как средняя на площадь участка (речного бассейна), а в точках, в качестве которых брались метеостанции, проводящие измерение атмосферных осадков и других метеорологических характеристик, позволяющих вычислить испарение. Значения речного стока и недостающие данные по испарению для этих точек снимались с соответствующих карт, составленных в нужном масштабе. Затем по этим точкам строилась карта (всего одна) в изолиниях, на которой показаны одновременно и границы областей глубокого питания и разгрузки, и величина $\pm W$. Границей между областями питания и разгрузки глубоких вод послужила изолиния со значением 0 мм/год. До настоящего времени распределение значений $\pm W$ по территории и границы областей глубокого питания и разгрузки с помощью такой карты не отображались.

Исследования, проведенные для рассматриваемого региона, показали большую согласованность полученных результатов воднобалансовой оценки, выполненной по усовершенствованной методике, с геологическими и гидродинамическими данными, чем результаты, полученные по первой методике даже с учетом местных природных особенностей.

Кроме этого, были выявлены следующие преимущества усовершенствованной методики изучения и оценки ресурсов глубоких подземных вод по методу Б.И.Куделина:

1. Усовершенствованная методика оказалась намного проще в применении, что способствовало значительному снижению времени и усилий на определение и картирование областей глубокого питания и разгрузки и величины

$\pm W$. По данной методике отпадает необходимость в специальном построении карты областей питания и разгрузки глубоких подземных вод, которые выявляются уже при построении карты величины глубокого питания и разгрузки. Поэтому полностью изменилось значение этапа, на котором проводят структурно-геологический и гидрогеологический анализ территории, изучают каждый водоносный горизонт, выявляют принадлежность того или иного горизонта к зоне глубокого стока, а также положение границ перехода этих горизонтов в зону дренирования местной речной сетью, строят карты гидроизопэз и т.д. Теперь этот этап не выступает как предварительный и обязательный, а только как контрольный. Таким образом, используя только гидрологические данные, достаточно построить лишь одну карту и получить четкие границы между областями питания и разгрузки артезианских вод и одновременно — количественные данные величины $\pm W$.

2. Новая методика по картам, построенным в изолиниях, позволяет получить не осредненную величину $\pm W$ для каждого заранее выделенного водосбора, а более четкие и конкретные количественные данные о глубоком стоке в любой точке и для любого интересуемого участка, где бы он не располагался и какую бы площадь не занимал. Несомненно, это намного повышает практическую ценность полученных результатов.

3. Построенная карта областей и величины глубокого питания и разгрузки в изолиниях отображает более объективную информацию, так как в этом случае не происходит искусственная привязка полученных воднобалансовых величин к участкам, расположение и границы которых по прежней методике исследователь был вынужден определять субъективно до получения таких данных, в связи с чем повышается и научная информативность карты. Карта, составленная в изолиниях, лучше раскрывает связь глубокого стока с различными факторами: геологическими и гидрогеологическими особенностями территории, рельефом, гидрографией, позволяет выявить различные закономерности.

4. Карта областей и величины питания и разгрузки глубоких вод в изолиниях,строенная по усовершенствованной методике, дает возможность правильно определить направление общего горизонтального потока глубоких подземных вод. В этом смысле она является гидродинамической картой и вполне может заменить комплекс карт гидроизопэз, если изучать весь глубокий сток в целом, а не по отдельным водоносным горизонтам. Описываемая карта, в отличие от карт гидроизопэз, дает информацию о направлении общего потока не только в плане, но и в разрезе.

Фрагменты карт по одному и тому же району: карты областей и величины питания и разгрузки, построенной в площадях (по расчетным участкам), и карты областей и величины $\pm W$, составленной в изолиниях, показаны на рис. 1, А. Обе карты строились в едином масштабе. Однако, как видно из рис. 1, А, карта более детально отображает распределение по территории значений глубокого стока, четко вырисовывается граница между областями глубокого питания и разгрузки (изолиния 0), которую выявить на основании карт гидроизопэз отдельных горизонтов в некоторых районах вообще не удалось.

Фрагменты тех же карт, но другого района представлены на рис. 1, Б. Граница между областями глубокого питания и разгрузки, выявленная путем соотношения пьезо-

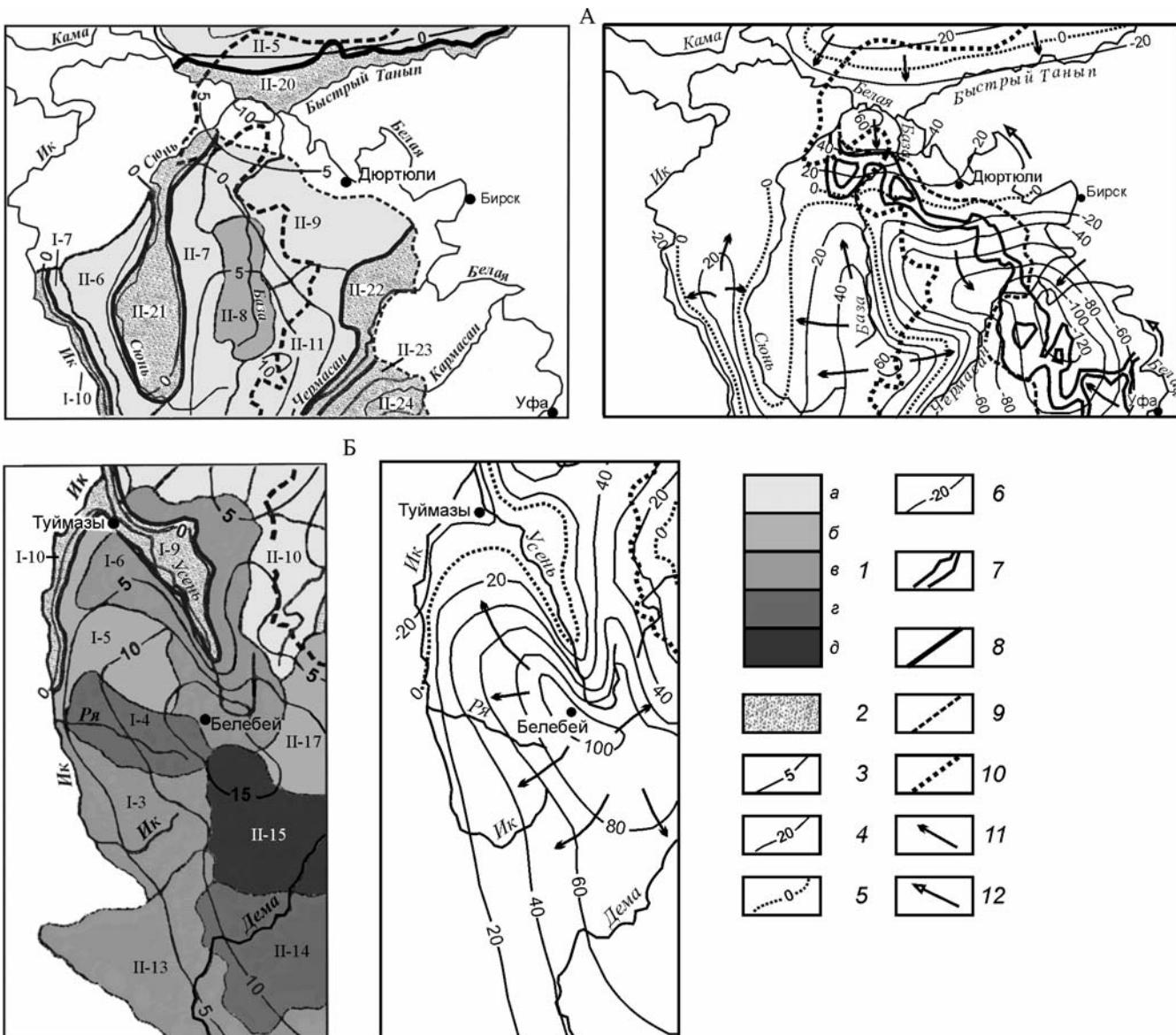


Рис. 1. Фрагменты карт областей и величины питания и разгрузки глубоких подземных вод бассейнов рек Белая в нижнем течении (А) и Ик в верхнем течении (Б):

1 — питание глубоких подземных вод (в мм/год): а — 0—20, б — 20—40, в — 40—60, г — 60—80, д — 80—100; 2 — области разгрузки глубоких вод; 3 — коэффициент глубокого стока в процентах от осадков; 4 — изолинии питания глубоких подземных вод (в мм/год); 5 — граница между областями питания и разгрузки (нулевая изолиния); 6 — изолинии разгрузки глубоких подземных вод (мм/год); 7 — палеодолина р. Белая; 8 — граница между областями питания и разгрузки, установленная путем соотношения пьезометрических поверхностей смежных горизонтов; 9 — граница перехода основного шешминского водоносного комплекса из зоны дренирования местными реками в зону глубокого стока; 10 — восточная граница распространения казанских отложений; 11 — основное горизонтальное направление глубокого стока; 12 — направление течения р. Белая; двойные цифры — номер расчетного участка

метрических поверхностей напорных горизонтов, практически совпадает с границей, определенной новым способом (см. рис. 1, Б). Это позволяет сделать вывод о том, что на качественном уровне информация на рис. 1, Б отображена достаточно полно и четко, чему в значительной степени способствовал большой объем фактического геолого-гидрогеологического материала по этому району. Показать же на данной карте более или менее четко распределение величин глубокого питания и разгрузки не удалось. Количественная информация на такой карте в значительной степени затушевана, что связано, с одной стороны, с

делением территории на расчетные участки, границы которых вынужденно устанавливаются до получения количественных данных о глубоком питании и разгрузке (если бы все участки были выделены только по принципу *расчетный участок — речной водосбор*, то полученное распределение по территории величин $\pm W$ оказалось бы еще более размытым), а с другой, — с осреднением значений $\pm W$ по площади каждого участка. При сравнении двух фрагментов карт, построенных по одной и той же территории, но с помощью различных методик, можно видеть на рис. 1, Б, где наблюдается смещение участка с максималь-

ным питанием глубоких подземных вод (юго-восточное направление, участок II-15), что также связано с методикой определения величины $\pm W$ по участкам.

Следует отметить, что карта областей и величины питания и разгрузки глубоких вод в изолиниях строилась с соблюдением всех известных правил построения подобных карт (например, карт гидроизопьез и др.). При этом учитывалось число расчетных точек (метеостанций), их распределение по территории, наличие общей закономерности в территориальном изменении показателя (в нашем случае величины W), а также состав (проницаемость) пород, геоморфология, гидрография и др. Интерполяция выполнялась между ближайшими точками и не проводилась, если точки располагались на разных склонах водораздела или разных берегах реки. Проведенный анализ показал, что на большей части исследуемой территории изменение величины W от точки к точке происходит в основном постепенно, без резких перепадов значений. Исключение составляет район между древней и современной долинами р.Белая, к югу от г.Бирск (см. рис. 1, А). В этом районе наблюдается достаточно частая смена точек со значительной амплитудой изменения величины W от -131 до $+62$ мм/год с преобладанием точек с отрицательными значениями. Однако и в этом случае просматривается общая тенденция увеличения разгрузки глубоких подземных вод в сторону восточного борта палео-Белой (см. рис. 1, А). После получения такого результата был проведен еще более тщательный анализ геолого-гидрогеологических условий исследуемой территории (дополнительное изучение фактического материала, различных литературных источников), который определил наличие в этом районе глубинного карста и его отсутствие в других районах.

В ходе исследования путем анализа построенных карт гидроизопьез отдельных водоносных горизонтов, с учетом глубины эрозионных врезов, исследований других авторов и других материалов было выявлено, что в пределах изучаемой территории дренирующее воздействие местной эрозионной сети на подземные воды распространяется на всю глубину зоны интенсивного водообмена, подошва которой расположена приблизительно на уровне основных эрозионных врезов. Данная зона содержит пресные и слабосолоноватые воды. Темпы полного водообмена в этой зоне исчисляются десятками и первыми сотнями лет [20]. Глубокие же подземные воды формируются в зоне замедленного водообмена, расположенной ниже основных эрозионных врезов и содержащей более минерализованные воды. В пределах исследуемой территории в эту зону входят отложения верхнего гидрогеологического этажа от нижнеканских (крайние западные районы) до кунгурских (восточные районы), а также нижняя часть неогеновых отложений, слагающих древние речные долины. Время полного водообмена в рассматриваемой зоне составляет около 2 тыс. лет, скорости движения подземных вод в водоносных слоях в среднем n м/год [20].

Схема взаимодействия подземных вод двух указанных зон — зоны дренирования подземных вод местной речной сетью и зоны глубокого стока (рис. 2) отображает область разгрузки глубоких подземных вод в районе прохождения древней долины р.Белая (см. рис. 1, А, юго-восточная область). В этом районе наблюдается погружение неогеновых отложений палео-Белой до глубоких карстующихся толщ соликамского (терригенно-карбонатный) и кунгурского (карбонатно-галогенный) горизонтов. Внедрение

палео-Белой в эти горизонты вызвало развитие в них карста — образование трещин и каверн различных размеров, которые, способствовали накоплению в них напорных вод, с большой скоростью разгружающихся в зону пресных подземных вод и поверхность гидросферу. Самые высокие скорости разгрузки характерны для участков, где отмечаются максимальные размеры карстовых пустот в породах кунгурца.

Формирование карста в глубоких горизонтах в районе прохождения палеодолины р.Белая привело к тому, что основная разгрузка глубоких подземных вод осуществляется в более мелкие реки (притоки р.Белая), протекающие на этом участке. В более же крупную р.Белая артезианские воды разгружаются уже с меньшей скоростью. Прямая зависимость степени дренирования подземных вод от глубины и ширины эрозионного вреза из-за вмешательства карстовых процессов в данном случае не проявляется.

Если проследить направленность и скорость вертикального водообмена, следя по направлению течения р.Белая (левобережье) (см. рис. 1, А), то можно заметить, что выше по течению наблюдается интенсивная разгрузка глубоких вод, ниже скорость разгрузки снижается и с приближением к г.Дюртюли сменяется на нисходящее питание, усиливающееся в самом нижнем течении. Анализ геолого-гидрогеологических условий показал, что к северу от широты г.Дюртюли подошва палео-Белой едва ли доходит до кровли соликамских отложений, что не способствовало формированию карста в глубоких горизонтах. В этом районе соликамские породы и кунгурская толща представляют собой водоупор. Слабопроницаемые и водоносные слои на этом участке долины р.Белая приподняты, что, вероятно, и определило образование местной области питания глубоких подземных вод (величина питания достигает 11% от атмосферных осадков). Следует заметить, что главная роль характера залегания слоев независимо от рельефа поверхности характерна для всей исследуемой территории, за исключением районов развития глубинного карста, который и становится в данном случае решающим фактором.

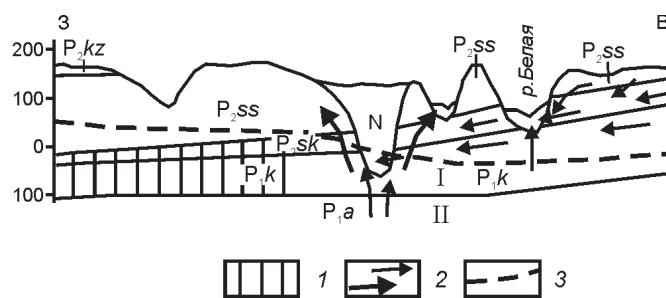


Рис. 2. Схема взаимодействия подземных вод зоны дренирования местной речной сетью и зоны глубокого стока в районе прохождения древней долины р.Белая (область разгрузки):

1 — водоупорные соликамские и кунгурские отложения; 2 — основное направление стока; 3 — граница между зоной дренирования и зоной глубокого стока; римские цифры — гидрогеологический этаж; отложения: N — неогеновые, слагающие древнюю долину р.Белая, P₂sz — казанского яруса, P₂ss — преимущественно терригенные шешминские, P₂sk — терригенно-карбонатные соликамские, P₁k — карбонатно-галогенные кунгурские, P₁a — артинские

Таким образом, применение усовершенствованной методики позволило установить, что основными факторами, оказывающими влияние на скорость и направленность вертикального водообмена между верхними гидродинамическими (и гидрохимическими) зонами в пределах исследуемой территории и формирование ресурсов глубоких вод, являются все же геолого-гидрогеологические. К таким факторам в первую очередь относятся местные с более сильным влиянием (например, карст в глубоких горизонтах), а также характер залегания слоев. При этом местное влияние таких факторов, как глубинный карст, в восточной части Камско-Вятского бассейна может приводить к резкой изменчивости величин глубокого стока. Это еще раз подтверждает [4], что горизонтальное движение артезианских вод может носить не только региональный, но и регионально-локальный характер (см. рис. 1).

Выявленные результаты по восточной части Камско-Вятского артезианского бассейна позволяют сделать вывод о том, что закономерность, общеизвестная как схема Мятиева, согласно которой питание межпластовых вод осуществляется на возвышенных междуречных пространствах, а разгрузка — в понижениях, долинах рек, по всей вероятности, не всегда имеет место. Как показали результаты исследований, на некоторых небольших по площади участках описываемой территории, которые оказалось возможным выявить с помощью усовершенствованной методики и частично по картам гидроизопэз, эта закономерность нарушается. Основная причина заключается в том, что на этих участках особые геолого-гидрогеологические условия. В районах, где подобные условия отсутствуют, схема Мятиева не нарушается.

Описанные закономерности были обнаружены или более четко обоснованы только после применения нового подхода к оценке глубокого стока, несмотря на уже имеющиеся результаты, полученные по прежней методике. Динамическая модель описываемой территории, полученная по усовершенствованной методике, практически лишена всех тех недостатков, которые до сих пор считались неотъемлемой частью любых воднобалансовых исследований и метода Б.И.Куделина в том числе.

Таким образом, исследования по оценке глубокого подземного стока, проведенные на основе метода среднемноголетнего водного баланса для восточной части Камско-Вятского артезианского бассейна, показали, что усовершенствованная методика определения и картирования величины $\pm W$ оказалась более эффективной как в отношении простоты, так и точности, конкретности и информативности. Анализ полученных результатов свидетельствует о том, что необходимо пересмотреть достоинства и ограничения метода среднемноголетнего водного баланса, впервые разработанного Б.И.Куделиным. В ходе проведенных исследований были выявлены новые возможности использования этого метода, и в первую очередь с целью более глубокого изучения динамики артезианских вод. Появилось больше возможностей для дальнейшего практического применения полученных результатов, в т.ч. в отношении сравнительно небольших регионов. Например, для восточной части Камско-Вятского бассейна очень важна оценка скоростей разгрузки минерализованных вод

из зоны глубокого стока в вышележащую зону слабосолоноватых и пресных вод, а также речные воды, и выявление границ участков, где такая разгрузка происходит и результаты которых могут служить для дальнейшего планирования различного рода хозяйственных мероприятий.

На примере восточной части Камско-Вятского артезианского бассейна показано, что в настоящее время имеются основания для перевода метода среднемноголетнего водного баланса из разряда весьма приближенных методов, позволяющих получить только ориентировочные результаты, в категорию более точных как во времени, так и в пространстве.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бабкин В.И., Вугленинский В.С. Водный баланс речных бассейнов. —Л.: Гидрометеоиздат, 1982.
2. Булавко А.Г. Водный баланс речных водосборов. Основные закономерности, методы расчета и проблемы преобразования. —Л.: Гидрометеоиздат, 1971.
3. Вевиоровская М.А. К вопросу о дренировании грунтовых вод руслами рек // Сборник статей по вопросам гидрогеологии и инженерной геологии. —М.: Изд-во МГУ, 1962. С. 344—348.
4. Всеволожский В.А. Подземный сток и водный баланс платформенных структур. —М.: Недра, 1983.
5. Гидрогеология СССР. Т. XV. Башкирская АССР / Под ред. Е.А.Зубровой. —М.: Недра, 1972.
6. Зекцер И.С. Естественные ресурсы пресных подземных вод Прибалтики. —М.: Недра, 1968.
7. Зекцер И.С. Закономерности формирования подземного стока и научно-методические основы его изучения. —М.: Недра, 1977.
8. Зекцер И.С. Подземные воды как компонент окружающей среды. —М.: Научный мир, 2001.
9. Зеленин И.В. Естественные ресурсы подземных вод Молдавии. —Кишинев: Штиинца, 1972.
10. Зубенок Л.И. Испарение на континентах. —Л.: Гидрометеоиздат, 1976.
11. Казанцев Ю.В. Структурная геология Предуральского прогиба. —М.: Наука, 1984.
12. Камалетдинов М.А. Покровные структуры Урала. —М.: Наука, 1974.
13. Константинов А.Р. Испарение в природе. —Л.: Гидрометеоиздат, 1968.
14. Куделин Б.И. Принципы региональной оценки естественных ресурсов подземных вод. —М.: Изд-во МГУ, 1960.
15. Лебедева Н.А. Естественные ресурсы подземных вод Московского артезианского бассейна. —М.: Недра, 1972.
16. Мартин В.И., Попов В.Г., Смирнов А.И. и др. Карст Башкортостана. —Уфа, 2002.
17. Методические указания управления гидрометслужбы № 89. Составление водных балансов речных бассейнов. —Л.: Гидрометеоиздат, 1974.
18. Подземный сток на территории СССР. —М.: Изд-во МГУ, 1966.
19. Подземный сток Центральной и Восточной Европы. —М., 1982.
20. Попов В.Г. Гидрохимия и гидрогеодинамика Предуралья. —М.: Наука, 1985.
21. Попов В.Г. Формирование подземных вод Северо-Западной Башкирии. —М.: Наука, 1976.
22. Рекомендации по расчету испарения с поверхности суши. —Л.: Гидрометеоиздат, 1976.
23. Указания по определению расчетных гидрологических характеристик. СН-435-72. —Л.: Гидрометеоиздат, 1972.
24. Шестopalов В.М. Методы изучения естественных ресурсов подземных вод. —М.: Недра, 1988.

Краткие сообщения

К 75-летию журнала «Отечественная геология»

УДК 549.9

© Е.И.Семенов, 2007

Лингвистика минералогических названий

Е.И.СЕМЕНОВ (Минералогический музей РАН)

Как известно, названия новым минералам обычно дают по составу, свойствам, именам и фамилиям ученых, местонахождению. Но на каких языках? Обычно на международных древнегреческом и латинском, или на родном языке исследователя. Поскольку большинство минералов открыто в Европе (Россия, Германия, Англия, Франция) и США, в минералогии привилось множество названий на русском, немецком, английском и французском языках.

Однако можно встретить названия на многих других языках, подчас весьма экзотических (эскимосский, лопарский), так как многие новые минералы, названные прежде всего по местонахождению и фамилиям, были открыты в таких экзотических провинциях как Гренландия, Лапландия и др. Поэтому представляется целесообразным дать обзор минералогических названий по обычной языковой классификации (см. таблицу).

Языковая классификация минералогических названий

Группы	Языки	Минералы
I. Индоевропейские		
1. Индийская	Хинди	Индиялит, джайпурит, махадевит
	Санскрит (древнеиндийский)	Корунд
2. Иранская	Персидский	Иранит
	Афганский	Афганит
	Древнеиранский	Циркон
	Древнетаджикский	Согдианит
3. Славянская	Русский	Власовит
	Украинский	Лазаренкоит
	Болгарский	Костовит
	Македонский	Македонит
	Сербо-хорватский	Таковит
	Чешский	Кутнагорит
	Словакский	Петровицит
	Польский	Богдановичит
4. Германская	Английский	Смитит
	Немецкий	Шнейдерхенит
	Голландский	Бемеленит, ломбаардит
	Древнескандинавский	Торит
	Датский	Ионсенит
	Шведский	Норденшельдит, вермландит
	Норвежский	Лейфит
	Исландский	Эгирин

Продолжение таблицы

Группы	Языки	Минералы
5. Романская	Французский	Лакруаит, гюролит
	Испанский	Долоресит, жадеит
	Португальский	Жозеит
	Итальянский	Скакит, гуаринит
	Древний латинский	Аквамарин
6. Кельтская	Древнеирландский	Эринит
	Шотландский	Каледонит
	Уэльский	Уэльсит
7. Греческая	Греческий	Аканит
II. Семито-хамитская	Арабский	Иракит, марказит
	Древнеегипетский	Раит
III. Кавказская	Грузинский	Твалчрелидзеит
IV. Угро-финская	Финский	Вяюриненит, ииварит
	Саамский	Пенквилксит, саамит
	Карельский	Карелианит
V. Тюркская	Казахский	Джезказганит, сатпаевит
	Узбекский	Узбекит
	Якутский	Куранахит
VI. Китайская	Китайский	Каолин, хуанхит
VII. Японская	Японский	Иошимуроит, абукумалит
	Корейский	Иохачидолит
VIII. Эскимосская	Эскимосский	Тугтупит, игдоит
IX. Индейская	Североамериканские	Явапаит
	Центральноамериканские (майя и др.)	Кецалькоатлит, тлалокит
X. Африканская	Заира	Заирит, ликазит
	Замбии	Изокит
	Кении	Кенианит, магадит
	Мозамбика	Мавудзит
	Малагасийский (Мадагаскар)	Бетафит, ампангабеит
XI. Австралийская	Австралийские	Калгурлит
	Маори (Новая Зеландия)	Вейракит
XII. Малайская	Малайя	Малайит

Дискуссии

УДК 551.7

© А.М.Жирнов, 2007

Смена научных парадигм в геологии как фактор прогресса и регресса

А.М.ЖИРНОВ (Институт комплексного анализа региональных проблем ДВО РАН)

И каждый век с сожалением смотрел на ошибки предыдущего
Ф.Сарсэ

Цикличность в развитии науки. Мы привыкли постоянно слышать о прогрессе в науке. И действительность подтверждает это. Прогресс науки, особенно в технике, почти каждый день преподносит нам что-то новое. Однако в теоретической, фундаментальной науке прогресс не всегда происходит планомерно, ровно, устойчиво. Бывают периоды долгого топтания на месте, когда ведутся эксперименты, исследования, длительный поиск новых фактов и их осмысление. Периоды застоя сменяются периодами быстрого взлета и развития науки, когда удается установить новые явления, новые принципы, новые процессы. Бывают и периоды отката назад, периоды регрессии в науке, когда начинают разрабатываться тупиковые ошибочные направления и наука теряет время и не получает развития и движения вперед.

В принципе, наука может исследовать любые направления, любые варианты. И в этом может заключаться определенная новизна, к которой наука всегда стремится. Однако настоящий прогресс и движение вперед определяют только правильно выбранные направления исследований, основанные на достоверных фактах и отражающие реальные процессы в природе.

Так, например, в начале XX в. в геологии и физике был большой кризис, связанный с крупными революционными открытиями. Изменились представления о возрасте Земли и характере ее развития, появилось много новых гипотез, в частности, о больших горизонтальных перемещениях блоков горных пород и др. В геологии начался длительный идеиный разбор. Кризис был вызван непониманием учеными значения новых научных фактов, неумением правильно осмыслить и истолковать их.

Крупный философ и социолог начала XX в. В.И.Ленин, анализируя кризис в физике, сказал, что «физика свихнулась в идеализм» из-за незнания диалектики, «что одна школа естествоиспытателей... скатилась к реакционной философии, не сумев подняться от метафизического идеализма к диалектическому материализму». И что современная физика идет «к единственному верной философии не прямо, а зигзагами, приближаясь к нейощупью, шатаясь, иногда даже задом» [15, с. 7]. Неравномерный характер развития науки на примере геологии показан на рис. 1.

Десять особенностей геологической науки. Геологическая наука — одна из сложнейших, если не самая сложная. Можно указать главные особенности, отличающие геологию от других наук и порождающие огромные трудности как при решении проблем в отдельных направлениях науки, так и при комплексной интерпретации всех данных по какому-либо генеральному направлению:

1. **Многомерность объекта исследований** — от кристалла до земного шара в целом. В геологии исследуются раз-

номасштабные природные объекты: внутреннее строение кристаллов на уровне атомов и молекул; состав и строение горных пород, состоящих из многих минералов; отдельные толщи горных пород, часто изогнутые; интрузивные массивы и системы этих складчато-магматогенных структур. Наконец, на глобальном уровне изучаются целые континенты и огромные пространства недр в океанах под толщей воды в 4—5 км, а также большие глубины Земли вплоть до ее ядра.

2. **Многопрофильность науки.** Геология расчленилась на множество соподчиненных отдельных наук: геология, палеонтология, стратиграфия, историческая геология, geoхимия, минералогия, петрография, литология, геологическая съемка, полезные ископаемые, гидрогеология, геофизика, тектоника, металлогения и др. Поэтому многие геологи — специалисты узкого профиля, и стало трудно выполнять синтезирующие, обобщающие исследования по крупным комплексным проблемам отдельных сторон строения Земли. Попытки таких специалистов решать подобные проблемы часто безуспешны, или не вполне объективны.

3. **Многовариантность объектов исследования.** В геологии изучаются статические, динамические и ретроспективные природные системы. *Статические объекты* — это все реальные горные породы, геологические тела и месторождения; различные динамические процессы, которые обусловливают образование горных пород и месторождений ценных металлов. И, наконец, эти статические объекты и динамические процессы изучаются в ретроспективном плане, поскольку все геологические процессы происходили главным образом в далеком прошлом истории Земли и их приходится реставрировать по отрывочным данным, сохранившимся местами в геологии отдельных территорий.

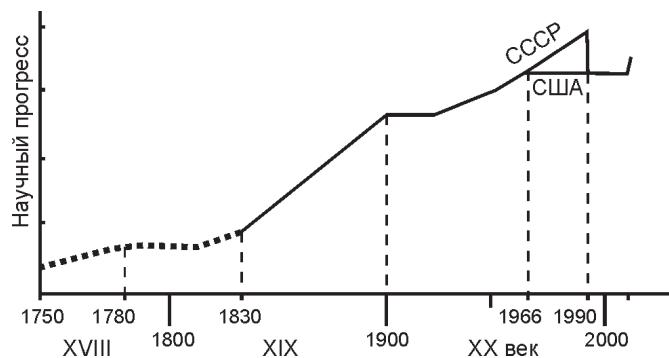


Рис. 1 Динамика прогресса в геологической науке

Эволюция биоценозов на геологическом этапе развития Земли. По [9]

Возраст, млн. лет	Эра	Период	Характерные		Продолжительность периода, млн. лет
			организмы	растения	
70	Кайнозой	Четвертичный	Человек	Покрытосеменные	0,7
		Неоген	Фораминиферы, моллюски	Цветковые	25
		Палеоген			45
240	Мезозой	Мел, юра, триас	Головоногие: аммониты, белемниты	Голосеменные: хвойные, пальмы	170
600	Палеозой	Пермь—карбон, девон—кембрий	Брахиоподы, трилобиты, археоциаты	Древовидные папоротники псилофиты	350
2600	Протерозой		Примитивные мягкотельные одноклеточные	Водоросли: строматолиты, онколиты, споры	2000
4400	Архей		Появление молекулярных соединений — коацерват	Появление молекулярных соединений — коацерват	1800

4. *Длительность геологического времени существования Земли*, которую трудно осознать человеку. Если история существования человечества составляет около 10 тыс. лет, а время появления первого человекоподобного существа на Земле около 0,7 млн. лет назад, то геологическое время существования Земли составляет почти 4 млрд. лет.

5. *Необратимость, неповторимость и направленность развития Земли*. Земля образовалась как космическое тело в пределах Солнечной системы 4,5 млрд. лет назад, претерпела эволюцию как космическое тело, а затем стала эволюционировать на геологической стадии в течение вот уже 4 млрд. лет. Это открытая система, которая развивается необратимо и в геологическом, и в биологическом плане. Необратимость и направленность в развитии Земли особенно контрастно и наглядно выражены в развитии биоценозов: от появления первых коацерват и анаэробных белковых микроорганизмов в архее через постепенное развитие и смену видов организмов и растений до появления человека в самый последний миг геологической истории (см. таблицу). В геологии подобное видно на примере резких отличий геологических комплексов архея от геологических комплексов протерозоя и фанерозоя.

6. *Невозможность эксперимента* (часто). Во многих других науках эксперимент играет ведущую, если не определяющую роль в научном исследовании и получении новой научной информации, но в геологии роль эксперимента ничтожна, а во многих случаях просто невозможна. Невозможно воссоздать те термодинамические условия, при которых происходят многие процессы в глубинах Земли, а затем вблизи ее поверхности и на самой поверхности. Например, невозможно воссоздать извержение вулкана, и тем более — одновременное извержение тысяч вулканов сразу, что в природе в периоды катаклизмов явление обычное. Поэтому в геологии огромную роль играют логические мыслительные конструкции на основе как анализа отдельных природных процессов и явлений, так и главным образом синтеза комплексной разнородной информации. Самое сложное, что судить приходится преимущественно по следствиям тех геологических процессов, которые про-

исходили в далеком прошлом и к настоящему времени завуалированы более поздними наложенными процессами, или вообще уничтожены. Вполне естественно, что в геологии чрезвычайно велика роль рабочих гипотез, концепций, предположений как обязательного инструмента при решении различных вопросов в условиях изначальной недостаточности конкретной достоверной информации.

7. *Закрытость поверхности рыхлым слоем и недоступность глубин Земли*. Геологи исследуют горные породы, слагающие поверхность Земли. Как правило, они перекрыты толстым слоем рыхлых наносов (глины, пески и др.) мощностью 3—200 м. С целью изучения таких пород надо предварительно вскрыть их при помощи горных выработок (канавы, шурфы, шахты и буровые скважины). Для этого требуются огромные деньги. Увязка вскрытых геологических тел часто оказывается неоднозначной, многовариантной, поскольку выработки и скважины обычно проходятся через большие интервалы на площади.

Большие глубины Земли (свыше 1—3 км и более, до 1—5 тыс. км), стало возможным исследовать только косвенными методами — геофизическими, на основе характера физических полей, присущих тем или иным горным породам.

Таким образом, для геологии характерна дискретность фактов в пространстве и обусловленная этой дискретностью неизбежная вариантность, увязанная с геологическими телами и структурами.

8. *Необходимость использования достижений смежных наук* (физика, химия, газогидродинамика и др.). Геологические объекты исследований находятся в твердом, жидком и газообразном состоянии и нередко вовлекаются в различные динамические процессы (движения) в условиях высоких температур и давлений. Для изучения таких динамических систем в геологии привлекаются методы и законы смежных наук — физики вещества в различных термодинамических условиях, химии для исследования реакций взаимодействия различных химических элементов в твердых, жидких и газообразных средах и др.

9. *Неоднозначность и конвергентность ряда фактов*. Для ряда природных образований характерна конвер-

гентность, порождающая нередко длительные споры, дискуссии. Конвергентность — это наличие морфологически сходных признаков у разных тел, сформированных генетически различными путями. Например, горная порода раздроблена и скементирована другим поздним материалом, т.е. она имеет брекчевое строение. И обломки или брекчи в этой породе более древние, чем цемент. Таковы тектонические брекчи. Однако встречаются случаи противоположные по своему генезису. Горная порода пропитывается горячими подземными растворами — силикатными, и в ней образуются более поздние округлые или угловатые формы кварца, весьма похожие на тектонические обломки. Одни геологи принимают такие формы за ранние обломки, другие — за поздние метасоматические формы. Из-за подобного, казалось бы, маленького пустячка среди многих геологов проходили многолетние дискуссии по вопросам генезиса месторождений золота, меди и других элементов — на Урале, в Средней Азии и на Дальнем Востоке [3].

10. *Широкое применение рабочих гипотез, моделей и предположений* — неотъемлемая черта геологической науки, призванная восполнить недостаток информации и домысливать характер тех или иных, особенно ретроспективных, процессов и явлений природы.

11. Следует отметить еще один *специфический фактор* в геологической науке, ярко обозначившийся в США за последние 40 лет и в России в последние 10 лет — *появление агрессивного воинствующего догматизма*, основанного на рабочей гипотезе тектоники плит, но обусловленного мощной государственной поддержкой. Рабочую гипотезу быстро объявили вначале теорией, а позже безальтернативной теорией, последним достижением геологии. Затем с помощью организационно-административных, финансовых методов и некоторых политических технологий обеспечили быстрое признание ее в странах англоязычного мира [7, 14], а в смутное время после краха СССР и в России.

На основании сказанного становится понятно, что развитие геологической науки происходит в условиях недостатка информации, дискретного характера получаемой информации и при постоянно существующих разнородных или даже альтернативных рабочих концепциях. Указанные ограничения и особенности развития геологии периодически приводят как к резкому прогрессу в науке, так и к периодам резкого замедления ее развития или даже регрессу, откату назад и разработке туниковых направлений.

Великие геологические споры. В развитии геологии можно выделить два крупных этапа: стихийный (донаучный) XVI—XVIII вв. и научный XIX—XX вв. В каждом из них состоялись крупные геологические дискуссии. В стихийном этапе — дискуссия нептунизма и плутонизма, в научном — дискуссия об оледенении (XIX в.) и дискуссия фиксизма и мобилизма (XX в.).

XVII век. Нептунизм и плутонизм. Интерес человека к природному камню, в т.ч. и с целью использования полезных руд и металлов, обозначился еще в глубокой древности четвертичного периода (каменный, медный и железный века). Однако активное осмысление процессов происхождения горных пород и руд стало проявляться в XVI—XVIII вв. В XVI в. великий итальянский художник и ученик Леонардо да Винчи первым обратил внимание на окаменелые остатки морских организмов в горных породах, которые указывали, по его мнению, на перемещения моря и суши. В XVII в. итальянский ученик Н.Стено установил некоторые тектонические формы горных пород,

указав, что одни слои осадочных пород первоначально формируются в горизонтальном положении, а другие их формы — наклонные и изогнутые — образуются позже и свидетельствуют о перемещении слоев под действием внешних сил; горизонтальные слои, залегающие на наклонных, являются более молодыми [12]. Роберт Гук, крупный изобретатель и мыслитель Англии (секретарь Королевского общества), отметил и ряд геологических закономерностей: 1) внешняя фигура кристалла зависит от его внутреннего строения; 2) окаменелости древних организмов в горных породах представляют собой документы истории, фиксирующие палеогеографию, климаты прошлого и последовательность событий; 3) землетрясения и связанные с ними поднятия и опускания суши обусловлены действием крупных подземных сил [7].

В XVIII в. с развитием промышленности и горной добычи руд интерес к строению поверхности Земли усилился. Для подготовки кадров исследователей были созданы первые высшие горные школы: в Чехии — 1716 г., Германии — 1765 г., России — 1773 г.

В разных странах появились отдельные выдающиеся мыслители, сумевшие высказать первые верные представления об образовании горных пород и отдельных геологических тел. В России М.В.Ломоносов в своих публикациях 1757—1763 гг. высказал идеи о наличии внешних (экзогенных) и внутренних (эндогенных) геологических процессов и их ведущей роли в образовании гор и впадин, а также об образовании металлов при тектонических перемещениях участков горных пород.

Особенно запомнилась в истории длительная дискуссия между немецким ученым А.Г.Вернером и шотландским геологом Д.Геттоном по вопросу происхождения горных пород в целом.

А.Г.Вернер жил в Германии на территории распространения осадочных горизонтально залегающих пород. Он много лет занимался исследованием горных пород, минералов и в 1780 г. впервые ввел в обиход слово «геология», направив область ее исследований на горные породы, условия их образования и залегания и оставил за минералогией задачи минералогического плана. По гипотезе А.Г.Вернера, первоначально на Земле был большой океан, из вод которого в дальнейшем последовательно отлагались все породы, начиная от гранитов, гнейсов и заканчивая химическими карбонатными и терригенными песчано-сланцевыми породами.

Д.Геттон проживал в Шотландии, на территории большого развития изверженных магматических пород. Он пришел к выводу о решающем значении для образования магматических тел подземного жара (горячей магмы) и тектонических движений, определяющих подъем горячей магмы из глубин к поверхности.

Дискуссия между оппонентами длилась более 50 лет. Однако впоследствии на основе новых полученных данных оказалось, что обе стороны правы в определенных пределах — горные породы разного типа могут образоваться и тем, и другим способом [9, 12, 14]. Главный позитивный вывод из рассмотренной великой дискуссии — *геологические закономерности, характерные для одной определенной территории, неправомерно экстраполировать на другие малоизученные территории и, тем более, на весь мир или далеко вглубь веков*.

К сожалению, на последующем наиболее активном этапе развития геологической науки указанная ошибка будет

повторяться многократно. Поэтому эту ошибку можно назвать ошибкой первого рода в теоретической геологии — «ошибкой экстраполяции».

XIX век. Проблема оледенения. XIX в. — золотой век геологической науки. Именно в это время геология оформилась как геологическая наука и были созданы ее основополагающие положения и принципы. Геологическая наука начинает свое развитие как наука с 1830 г., когда Ж.Кювье во Франции использовал остатки древних вымерших организмов как руководящие формы для определения их относительного возраста и заложил основы науки палеонтологии. В это же время английский ученый В.Смит заложил основы науки стратиграфии на принципах относительного залегания пластов осадочных пород и их относительного возраста по содержанию в них характерных, типических, древних организмов и растений. Были намечены основные стратиграфические подразделения временного порядка (кайнозой, мезозой и др.), сохранившие значение до современности. К 1859 г. исследуются складчатые формы осадочных пород, вводится понятие о геосинклиналях — подвижных поясах, и зарождаются основы геотектонического учения о них (Дж.Холл, Дж.Дэна, США). Это учение обеспечило затем разработку современной геосинклинально-платформенной теории развития континентов [1, 9, 12].

Для XIX в. характерна большая и длительная дискуссия (1810—1875 гг.) по проблеме оледенения. Натуралисты всей Европы были озадачены странными поверхностными отложениями в виде крупных холмов и валов, состоящими из несортированного осадочного материала: песков, глин, гальки и валунов различных размеров — от первых метров до десятков в поперечнике. При этом крупные глыбы имели необычный для окружающих территорий петрографический состав, часто типа гранитов и гнейсов, с гладкими отполированными поверхностями. Подобные породы были характерны лишь для Северной Европы (Норвегия, Финляндия и др.).

Относительно причины появления таких геологических образований было высказано три гипотезы: потопа, дрифта и материкового оледенения. По гипотезе потопа (делиювиальная) в древности произошло огромное наводнение (всемирный потоп), при котором Англия опустилась на глубину 1500 м, горные Альпы — почти до 3 км. В процессе наводнения многие горные породы были перенесены далеко от своего первоначального положения. По гипотезе дрифта, разнос исходного геологического материала на большие расстояния осуществлялся на поверхности отдельных блуждающих ледников. Наконец, в 1829 г. появилась и начала разрабатываться в процессе детальных наблюдений новая гипотеза — сплошного материкового оледенения (И.Венеца, Ж.Шарпантье, Агассиц). По этой концепции на протяжении последнего отрезка геологической истории, в четвертичном периоде за время около 1 млн. лет в Европе и Америке произошло три крупных материковых оледенения (через 100—300 тыс. лет), двигавшихся из разных мест — с севера Европы, с Альп, севера Канады и др. По окончании ледниковых эпох ледники таяли и оставляли принесенный с собой каменный материал. Потребовалось более 30 лет больших исследований и многочисленных дискуссий, пока данное положение стало общепризнанным достоянием науки и человечества. Однако многие крупные авторитетные ученые того времени (Лайель, Ч.Дарвин, Бух, Мурчисон и др.), так и не признали нового

научного достижения и остались на прежних отживших позициях. Например, Дж.Гриноу, основатель и первый президент Лондонского геологического общества, всегда оставался убежденным противником новой концепции и отзывался о ней с едким сарказмом и насмешками [7, 14].

Из данной дискуссии можно сделать следующий вывод: *при становлении и продвижении новой научной парадигмы существенную отрицательную роль играет субъективное начало в человеке и многие, даже крупные ученые в своей области знаний, оказывались нередко стойкими противниками новых идей и представлений.*

Отсюда следует вторая характерная ошибка теоретической геологии — агрессивный догматизм некоторых крупных ученых как специфическая субъективная преграда для продвижения новых идей.

XX век. Фиксизм и мобилизм. XX в. ознаменовался крупнейшей и продолжительной (почти вековой) дискуссией в геологической науке, не прекращающейся и в настоящее время. Дискуссия затронула кардинальные вопросы образования и развития главных геологических структур планеты — континентов и океанов. Дискутирующие стороны представлены двумя научными направлениями — фиксизмом и мобилизмом.

Направление фиксизм относится к континентальной геологии и подытоживает результаты геологических исследований на континентах за 170-летний период их изучения, закономерности их геосинклинально-платформенного развития и формирования в целом. Согласно учению фиксизма, превалирующая часть современных континентов (70% поверхности), их центральная ядерная часть возникла на заре геологической истории Земли в архее за счет выплавления ультраосновной магмы и воздействия существенно кремниево-кислородных эндогенных растворов. Поэтому эти ядра имеют трехслойное строение (осадочный, гранитогнейсовый и «базальтовый» слои) и большую мощность 40—75 км. В протерозое и фанерозое по границам ядер развивались геосинклинально-платформенные процессы, приводившие к консолидации земной коры этих окраинных частей и последовательному наращиванию с флангов древних ядер новых участков зрелой коры. Процессы развития геосинклинальных, разломных и орогенных структур происходили на фоне вертикальных тектонических движений — нисходящих или восходящих.

До середины XX в. данная теория пользовалась всеобщим признанием в мире. Однако в 50—60-е годы этого столетия были получены новые геологические и геофизические данные о строении земной коры под океанами. Оказалось, что океаническая кора маломощна (5 км) и имеет базит-ультрабазитовый состав, что резко отличает ее от коры континентов, и, что существенно, эта кора очень молода. Тонкий слой рыхлых осадков (пески, глины) на дне океанов образовался совсем недавно — в мезозое — кайнозое. Такой же возраст имеют и подстилающий эти осадки тонкий слой базальтов (1—1,5 км).

Проблема образования океанической земной коры и океанов, в частности, стала генеральной проблемой геологической науки в XX в., разделившей геологический мир на две противоборствующие стороны.

Сторонники фиксизма предполагали, что первоначально вся земная кора имела гранитогнейсовый состав, континенты — изначально фиксированное положение, а все геологические процессы происходили вследствие вертикальных тектонических движений разного знака. В начале ме-

зозоя крупные участки земной коры, отвечающие современным океанам, были опущены вдоль краевых разломов на большую глубину и ассилированы (поглощены) выплавками базальтовой магмы из ультрабазитов верхней мантии — процесс «базификации» [1, 8].

Сторонники мобилизма занимали по многим вопросам прямо противоположные позиции. Первые выступления мобилистов состоялись в начале XX в., когда в 1912—1924 гг. были опубликованы работы немецкого натуралиста А. Вегенера. Метеоролог по характеру работы, но любопытный натуралист, А. Вегенер выдвинул гипотезу дрейфа континентов по базальтовому слою океанической коры на огромные расстояния. Поводом для данной гипотезы послужили его наблюдения за откалыванием глыб айсбергов от ледников в Гренландии и сходство очертаний береговых линий Южной Америки и Африки со стороны Атлантики. Однако в геологических кругах эта гипотеза рассматривалась как не подтвержденная фактами и неправдоподобная, а сторонников ее считали маньяками. Крупный английский геофизик Х. Джеффрис показал, что вязкость мантии Земли слишком высока, чтобы позволить материкам «плавать» по ней, а приливные силы и силы Эйтвеша, привлекаемые А. Вегенером для объяснения движения материков, в миллион раз меньше силы, которая требуется для того, чтобы сдвинуть континент с места [14].

Спустя полвека, в 1962—1966 гг. произошло возрождение идеи А. Вегенера на новой основе удивительных открытий в океанах. Установление под океанами земной коры специфического состава и строения, выявление срединно-океанических хребтов планетарной протяженности с глубокими рифтами на их гребнях и сопровождающими сериями полосовых магнитных аномалий, а также крупных серий поперечных трансформных разломов и астеносферного слоя пониженной вязкости в мантии (на глубинах от 20 до 120 км), оказалось внезапным событием. Новые открытия оказались совершенно непривычными для традиционного геологического мышления. Требовалось какое-то объяснение новым фактам, но геологическая наука к этому была не готова.

Фиксисты пошли проторенным путем и попросту экстраполировали свое знание о земной коре сиалического состава на океаническую ультрабазитовую кору, объяснив ее видоизменение так называемой «базификацией», т.е. совершили типичную ошибку первого рода — ошибку экстраполяции.

Мобилисты пошли другим путем. Они придумали в 1962—1968 гг. новую рабочую гипотезу для объяснения океанической геологии, что было вполне правомерно и необходимо в сложившейся необычной ситуации. Гипотеза эта появилась в США, и это объяснимо, если учесть, что огромные объемы подводного бурения в океанах (1250 скважин), батиметрических и геофизических исследований были выполнены именно американскими специалистами за счет их огромных финансов. Но гипотезу разработали специалисты узкого профиля — геофизики, сейсмологи, петрологи и другие, недостаточно владеющие основами геологии и, как это не удивительно, основами физики и физики Земли в частности.

В основу новой гипотезы были положены следующие пять предположительных положений:

тврдая литосфера Земли (с подстилаемой вязкой и пластичной астеносферой — волновод) разделена крупны-

ми разломами на 7—9 плит, к границам которых приурочена основная тектоническая и сейсмическая активность и большинство землетрясений;

в осевых частях срединно-океанических хребтов, в рифтах происходит постоянное раздвижение их стенок в разные стороны (спрединг), поступление снизу из астеносферы повышенного теплового потока и горячей базит-ультрабазитовой магмы, слагающей новую молодую кору на дне океанов; за счет постоянного раздвижения стенок рифтов образовалось все пространство современных океанов с новой земной корой;

у границ континентов происходит опускание вниз в мантию прежней коры океанов, которая выжимается к краям при спрединге в центре океанов; зоны опускания (поглощении) литосферы в мантию называются зонами субдукции или зонами Беньофа;

крупные океанические плиты совместно с впаянными в них континентами постоянно движутся в горизонтальном направлении с юга на север и с запада на восток на тысячи километров, но в основном на север, будучи отколотыми от Антарктиды восходящим горячим потоком мантии [13]; когда они сталкиваются между собой, то в зоне столкновения происходит коллизия, т.е. сминание передних сталкивающихся сторон и образование высоких гор, смятие пород в крупные складки и внедрение с глубин в эти горы больших объемов глубинной гранитоидной магмы [13, 14; и др.];

движение литосферных плит осуществляется за счет тепловой конвекции, под которой понимается движение в мантии восходящих и нисходящих потоков горячего или холодного мантийного вещества; рифты срединно-океанических хребтов расположены над горячими восходящими ветвями конвективных ячеек, а зоны Беньофа на окраинах океанов совпадают с нисходящими холодными ветвями; океанические плиты движутся за счет толкающих их горячих потоков от рифтов к зонам Беньофа, в которых они погружаются (затягиваются) нисходящими потоками в мантию на глубину 200—400 км и глубже.

Как следует из сказанного, данная гипотеза была намечена первоначально для интерпретации фактов в океанах и применительно к геологии дна океанов. Однако не прошло и 10 лет после ее появления, как эту гипотезу распространяли и на континенты. Геосинклинально-платформенная концепция развития земной коры континентов была заменена плейт-тектонической, понятие «геосинклиналь» было заменено на «активные окраины» плит и весь геологический процесс стал рассматриваться с позиции столкновения плит, коллизий и обусловленного этим образованием складчатых поясов и магматизма. Концепция была объявлена самими авторами теорией, при этом теорией глобальной и безальтернативной [7, 14 и др.].

Таким образом, мобилисты допустили три крупные ошибки. С одной стороны, они создали *полностью гипотетическую концепцию* на основе суммы нескольких предположений (гипотез), не имеющую подтверждения в геологической истории Земли ни по какому-либо из базовых предположений данной концепции и не имеющую подтверждения по части физики твердого тела. С другой стороны, без должной проверки гипотезы временем и критикой, они сами же *объявили свою гипотезу теорией*, при этом теорией глобальной. И в-третьих, они *экстраполировали применение данной гипотезы на континенты*, представляющие и территориально, и в геологическом плане

совершенно другой тип геологических структур Земли, детально обоснованный наземными геологическими разработками двух веков. Следовательно, мобилисты допустили типичную историческую ошибку, экстраполировав результаты исследования одного типа геологических образований на другой, совершенно противоположный.

В советской геологической науке гипотеза тектоники плит успеха не имела. Наиболее авторитетные геологи-тектонисты и металлогенисты (академики Ю.А.Косыгин, В.И.Смирнов, А.Д.Щеглов и др.) глубоко и всесторонне рассматривали и критиковали эту гипотезу: «на сколько глубоко можно увязнуть в дебрях досужих вымыслов, если пытаться до такой степени детализировать концепцию тектоники плит, которая является только гипотезой» [5, с. 410]. Некоторые геологи активно обсуждали в отечественной печати зарубежную концепцию и пытались включиться в ее обоснование (Л.П.Зоненшайн, М.И.Кузьмин, С.А.Тильман и др.).

Однако после распада СССР и в последующее экономически трудное десятилетие ситуация в теоретической геологии России коренным образом изменилась: с помощью иностранных фондов и грантов концепция тектоники плит стала активно внедряться в научные организации. В последние же годы эта концепция стала насаждаться самым решительным образом — на должности директоров геологических институтов, и, соответственно, на выдвижение в академики стали представляться только лица, поддерживающие тектонику плит в своих печатных работах (это заметно на востоке страны).

Феномен политического и государственного протекционизма в США. Гипотеза разрастания океанического дна в стороны от оси срединно-оceanических хребтов (гипотеза спрединга) была предложена в 1961—1962 гг. американскими петрологом Г.Хессом и геофизиком Р.Дитцем. В 1963 г. английские геофизики Ф.Вайн и Д.Мэтьюз дали свое объяснение природе полосовых магнитных аномалий. Концепция тектоники плит в зачаточном виде была предложена канадским геофизиком Тузо Уилсоном в 1965 г., в 1968 г. она была расширена Д.Морганом [14]. Это были лишь первые публикации отдельных гипотетических положений новой концепции со стороны узких специалистов — не геологов, и, естественно, никакого серьезного резонанса в геологическом мире они не имели и не могли иметь в принципе. Неожиданно пришла мощная государственная поддержка.

В 1962 г., после запуска советского космического спутника с человеком на борту в мире, и в первую очередь в США, произошел шок. Могучий научный и технический прогресс в стране, еще не оправившейся толком от разрушительной войны, был вне понимания обычного разума. Чтобы хоть как-то «сохранить лицо», надо было противопоставить что-то и со стороны своей науки, и при этом крупное, глобальное. Новые идеи в американской печати в науках о Земле, претендующие на глобализм, оказались как нельзя кстати: «поворотным пунктом для Америки в целом является конференция в Нью-Йорке в ноябре 1966 г., финансированная НАСА (национальное управление по астронавтике и космическим исследованиям). На ней были представлены данные по магнитным аномалиям и распределению эпицентров землетрясений в океанических хребтах для всего земного шара» [14, с. 183].

Конференция была подготовлена должным образом. Многие противники новой концепции не пришли на нее, а

пришедшие не выступили публично против. С этого момента новая концепция тектоники плит, названная позже глобальной, начала стремительное наступление и признание в странах англоязычного мира. Этому в основном способствовала мощная организационно-финансовая и пропагандистская поддержка со стороны многих влиятельных государственных и научных кругов. В западном мире новую концепцию быстро признало большинство исследователей: «многие делали это, боясь потерять гранты и деньги, другие же искренне полагали, что раз это уже кем-то доказанная «теория», то нечего и подвергать ее сомнению. Падкие на сенсацию западные ученыe «кормились» новой глобальной тектоникой и подкармливали тех ученыx остального мира, которые им поддавали. Среди последних особенно заметными были советские академические круги. Посыпались соответствующие диссертации и появились новые академики, безусловно поддерживающие новую «современную» тектонику плит» [6, с. 33].

Тектоника плит, созданная в США, «одна из многочисленных «теорий», призванных оправдать притязания Америки на роль мирового лидера... и на то, что американская наука самая передовая» [10, с. 37].

Несмотря на быстрое увлечение новой концепцией, многие крупные исследователи категорически не принимали ее всерьез. Английский геофизик Г.Джеффрис непоколебимо отстаивал невозможность гипотезы дрейфа плит и материалов по причине высокой твердости мантии (лишь с локальными участками незначительной вязкости ее). Крупный австралийский геолог У.Кэрри, активно пропагандировавший тектонику плит в своих лекциях по Европе и Америке, затем полностью отказался от нее как геологически нереальной в своей основе [7]. По его словам, миф о субдукции «ссоединили с другой, принятой без доказательств, догмой... что складчатость, сейсмичность и орогенез в целом обусловлены горизонтальным сжатием земной коры. Так миф о том, что субдукция — твердо установленный факт, стал общепринятым..., но гипотеза субдукции ведет ко многим неразрешимым противоречиям» [7, с.197]. Но если нет субдукции, то нет и крупномасштабного спрединга, следовательно, нет и конвекции. А если это так, то нет и концепции тектоники плит, как таковой — остается только миф о ней! Однако все критические замечания в адрес новой концепции просто не принимались во внимание, как будто их и не было вовсе. Новая концепция быстро стала официальной непоколебимой догмой.

Как подчеркивают другие австралийские геологи: «теория, по общему признанию простейшая и с малой фактической основой, но претендующая на всеобщность, осуществлена ее проповедниками в агрессивной, нетерпимой, догматической и, иногда, к сожалению, в бес совестной манере — *The theory, although admittedly simplistic and with little factual basis but claiming to be all embracing was pursued by its proponents in an aggressive, intolerant, dogmatic and sometimes unfortunately an unscrupulous fashion*» [16, p. 1].

Новейшие геологические данные по строению земной коры в Тихом океане и его окраинах не подтверждают ни субдукции (рис. 2), ни спрединга, ни конвекции, ни прежней интерпретации полосовых магнитных аномалий, которая часто бывает неоднозначной и обусловлена разными причинами [2, 11; и др.].

Авторы исследований приходят к неутешительному выводу: «*K сожалению, гипотеза плитотектоники за три*

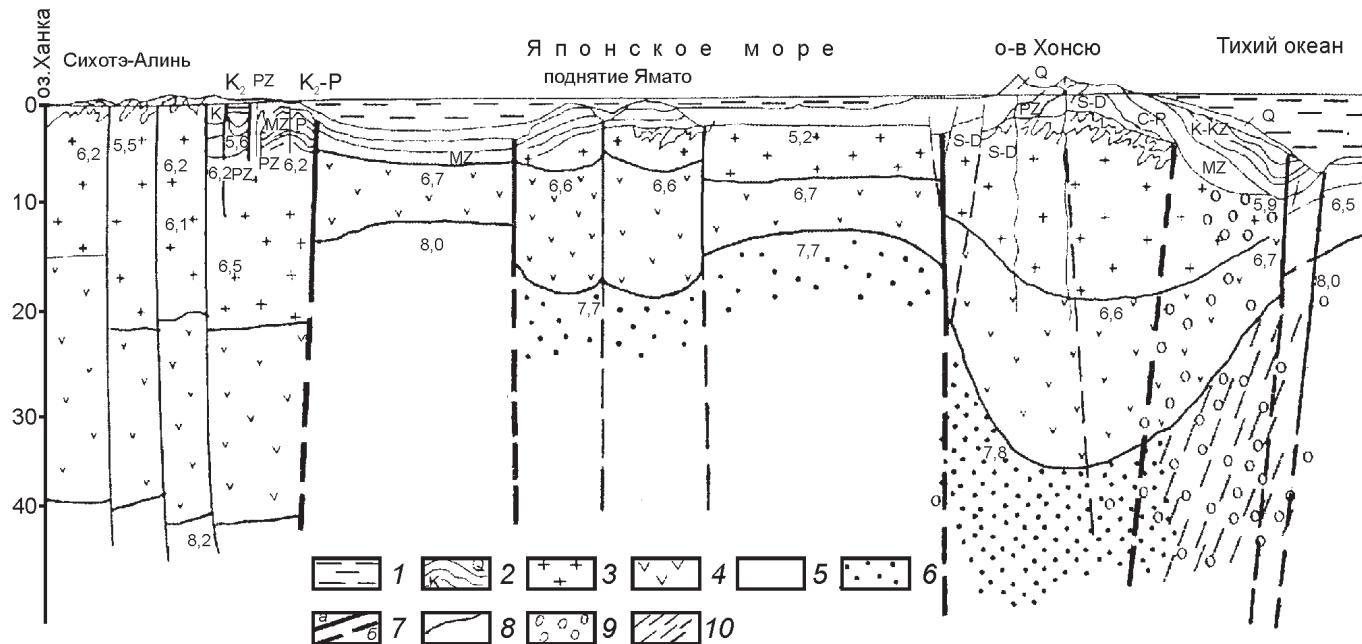


Рис. 2. Геологосейсмический разрез земной коры в области Японского моря. По [11], с дополнением по [4, 12, 17]:

1 — морские воды; 2 — осадочный слой; 3 — гранитный слой; 4 — базальтовый слой; 5 — верхняя мантия; 6 — разуплотненная верхняя мантия; разломы: 7 — сверхглубинные [4, 12, 17], 8 — коровые; 9 — область повышенной сейсмичности; 10 — система диагональных сколовых нарушений; цифры на рисунке — значения скорости продольных сейсмических волн

последние десятилетия превратилась в фетиш, и это стало подлинной трагедией для геологии» [2, с. 155].

Поскольку в редакциях многих геологических журналов сейчас стали преобладать сторонники новой гипотезы, в т.ч. и главные редакторы, то публиковать новые идеи и данные, не укладывающиеся в рамки тектоники плит, стало трудно или даже невозможно. Лишь в трудах специальных конференций (Новые идеи в науках о Земле, Тектонические совещания, Закономерности строения и эволюции геосфер и др.) пока принимаются такие материалы, но в краткой форме.

Несмотря на указанные сложности, новые идеи и концепции в глобальной тектонике все-таки появляются и развиваются.

В заключение автор считает своим приятным долгом выразить благодарность докторам геол.-минер. наук Б.И. Васильеву и В.П. Филатьеву, кандидату геол.-минер. наук Р.Ф. Черкасову за обсуждение вопроса и содействие в работе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белоусов В.В. Основы геотектоники. —М.: Недра, 1989.
2. Васильев Б.И., Чой Д.Р. Геология глубоководных желобов и островных дуг Тихого океана. —Владивосток: Дальнавака, 2001.
3. Жирнов А.М. Псевдобrekции кварца в золоторудных месторождениях близповерхностного генезиса // Советская геология. 1973. № 12. С. 139—144.
4. Жирнов А.М., Бормотов В.А., Шапочка И.И. Яна-Тором-Хонсю линеамент — крупнейшая неоднородность литосфера Дальнего Востока // Материалы V международного симпозиума «Закономерности строения и эволюции геосфер». —Владивосток, 2000. С. 152—154.
5. Косыгин Ю.А. Тектоника. —М.: Недра, 1988.
6. Кочемасов Г.Г. «Нехорошая» болезнь тектоники // Система планета Земля. X научный семинар. —М.: Изд-во МГУ, 2002. С. 33—35.
7. Кэрри У. В поисках закономерностей развития Земли и Вселенной. —М.: Мир, 1991.
8. Резанов И.А. Этапы эволюции Земли // Вестник РАН. 2006. № 10. С. 918—926.
9. Серпухов В.И., Билибина Т.В., Шалимов А.И. Курс общей геологии. —Л.: Недра, 1976.
10. Федоров А.Е. Совесть и наука // Система планета Земля. X научный семинар. —М.: Изд-во МГУ, 2002. С. 35—39.
11. Филатьев В.П. Механизм формирования зоны перехода между азиатским континентом и северо-западной Пацифики. —Владивосток: Дальнавака, 2005.
12. Хайн В.Е. Общая геотектоника. —М.: Недра, 1964.
13. Хайн В.Е., Ломизе М.Г. Геотектоника с основами геодинамики. —М.: Книжный Дом, 2005.
14. Хэллем Э. Великие геологические споры. —М.: Мир, 1985.
15. Шанцер Е.В. К методологии историко-геологического исследования // Геотектоника. 1970. № 2. С. 7—19.
16. Dickins J.M., Choi D.R. Theme and aims of the Newsletter // New concepts in global tectonics. 1996. № 1. P. 1.
17. Van der Hilst R.D., Engdahl E.R., Spakman W. Tomographic invention of P and pP data for aspherical mantle structure below the northwest Pasific region // Geophys. Journal International. 1999. Vol. 115. № 1. P. 264—302.

Критические замечания по тектонике плит с позиции пульсационного развития Земли

Н.И.ДЕРЯБИН (Институт геологических наук Национальной академии наук Украины)

В вопросах развития структур земной коры в настоящее время своего расцвета достигла концепция тектоники плит. Тем не менее, как и геосинклинальная концепция, она не могла достоверно аргументировать причины проявления тектонических режимов и обречена на быстрый закат. Так, основные ее положения по раскрытию земной коры на многие тысячи километров, с одной стороны, и субдукционные поглощения континентальных плит, с другой, не могли быть объяснены восходящими и тем более нисходящими (дивергенционными) энергетическими потоками. Эта концепция также не могла аргументировать и формирование локальных рудных структур, что являлось тормозом в развитии рудной геологии.

В.Б.Белоусов (1975), А.Мейерхорфф и др. [8], дали обоснованную картину такой концепции, но тем не менее она продолжала жить, т.к. была удобна для умозрительных теоретизированных манипуляций типа активных и пассивных окраин континентов, зон субструкций, образования задуговых бассейнов и других, которые невозможно проверить фактами и доказать. Поэтому в концепции тектоники плит при выделении отдельных структур использовались понятия, не имеющие однозначного толкования. Например, зоны меланжевые, сутурные, обдукционные. Обычно по данной концепции структуры выделялись не после анализа фактического материала по стратиграфии, литологии и динамике развития геологических разрезов, а при определении сетки шарьяжных разломов со смещениями по ним континентальных плит. Затем подтягивались к этой сетке надуманные структуры, которые иногда совершенно противоречили динамике становления литологических комплексов. Например [17], в шарьяжных коровых зонах появлялись ультрабазитовые мантийные пояса с серпентинитовым меланжем и др.

Известно, что в основу выделения отдельных структурных подразделений (тектонических режимов) должны быть заложены конкретные их признаки: литологические, структурные, магматические, физико-химические и динамические. В плитной тектонике для обоснования выделения древних островодужных структур, сложенных охиолитовыми полосами, часто служили их петрологические сравнения с вулканитами срединно-океанических хребтов, а в других случаях — геофизические данные о скоростях прохождения сейсмических волн в земной коре океанического типа. Использование таких подходов некорректно, т.к. в процессе исторического развития верхней мантии состав ее вулканитов постоянно изменялся, а сопоставлять локальные структуры земной коры по типам их кор (океанская, континентальная, переходная) в лучшем случае можно начиная лишь с кайнозоя, когда возник единый океан. В итоге основным недостатком этой концепции являлась невозможность обоснования проявлений мантийных пломб (горячих точек), а также глубоких корней литосферы под континентами, нисходящих конвекционных энергетических потоков и рудо-контролирующих тектонических режимов.

Одна из последних наиболее ярких обобщающих работ по тектонике плит — статья М.А.Гончарова [2]. В этой

публикации автор пытался доказать на проявлении разных масштабов конвекционных потоков существование в разрезе Земли иерархических соподчиненных геосфер (Земля, мантия, астеносфера с литосферой и осадочный чехол). Причем, при обосновании выделения геосфер не принимались во внимание такие их параметры как температура, давление в потоках и гравитационные силы. В основу разделения тектонических геосфер были положены конвекционные ячейки разных размеров (вплоть до глобальных [2, рис. 2]. Что же касается конвекционных потоков, то их ячейки (домены) в физике твердых тел существуют только на уровне их атомно-молекулярного строения. При прохождении по ним тепловых потоков эти ячейки в малом пространстве уравновешиваются друг другом и не создают в слоях пород зон растяжения или сжатия, а проявляются в породах в виде вихревых течений [11]. Причем, такие течения в зависимости от структур и теплоемкости пород в слоях могли иметь различные энергетические уровни. На контактах же слоев должны были возникнуть зоны контрастной теплоемкости. Однако подобные зоны могли быть только в локальных участках верхней части земной коры, где отсутствовали пластические течения пород, а в нижних частях Земли эти течения уравновешивали энергетические различия литологических разностей пород. В верхних частях земной коры автор статьи обосновывает проявление внутрислоевой складчатости в отдельных слоях [2, рис. 1] воздействием послойных конвекционных доменов сжатия, чередующихся с растяжениями. На практике такие явления объясняются совершенно другими причинами. Послойные складчатые слойки в слоистых толщах формируются не в условиях наложенного на них послойного метаморфизма, а в процессе осадконакопления. Когда в приповерхностных слоях на склонах бассейнов в период землетрясений происходили гравитационные срывы со сползанием слоев вниз по склону и образованием в этих слоях складок волочения. Вышележащие слойки в процессе облекания складок унаследовали их складчатость с постепенным затуханием в разрезе. Эти данные свидетельствовали о том, что выделение конвекционных ячеек разной размерности сомнительно и не подтверждается фактическим материалом.

Рассмотрим «обоснования», которые автор использовал при выделении конвекционных геосфер. Самые глобальные геосфера на Земле (ГС-0 и -1) проявились в результате конвективных ячеек в нижней и верхней мантиях, а также в северном и южном полушариях [2, рисунки 2, 4]. Существование ячеек обосновывалось различным дрейфом континентов, обусловленным направлениями конвекционных потоков в разрезах этих ячеек. Причем, их динамика в разрезах по меридиану для ГС-0 и по экватору для ГС-1 верхней мантии не совпадала, т.е. делался вывод о различных направлениях конвекционных потоков в зависимости от ранга таких ячеек. Автор утверждал, что под влиянием внешних (?) ротационных сил по отношению Земли в области Северного полюса при опускании Арктики проявлялся нисходящий конвекционный поток с горизонталь-

ным сжатием, а в области Антарктиды на Южном полюсе происходило поднятие, связанное с восходящими потоками и растяжением. При этом полностью игнорировалось влияние центробежных сил вращения Земли, гравитационных (центростремительных) сил, а также энергетических потоков, направленных вертикально от центра Земли, т.е. всех тех тектонических режимов, которые и определяли тектоническое развитие Земли.

Следующие глобальные геодинамические системы по М.А.Гончарову (ГС-1, -2, -3) проявлялись при распаде континентов, включая мантию, астеносферу и земную кору. Мантия Земли в разрезах в работе [2, рисунки 3, 4] делилась на ряд ячеек с разными направлениями конвекционных потоков. Эти выводы не подтверждались сейсмомагнитическими разрезами Земли [4, рис. 1]. Так, при анализе внутрьземной сейсмомагнитографии становится ясно [10], что литосфера континентов не могла перемещаться по горизонтали, отодвигаясь от срединно-океанических хребтов, т.к. «корни» континентов и океанов их верхней мантии ограничивали перемещение. В сейсмических моделях астеносфера же фиксировалась слоями с пониженной скоростью «волновода» и характеризовалась локальным залеганием, как под земной корой, так и в верхней мантии, где она оказывалась расслоенной на несколько скоростных слоев, в которых развивались горизонтально-полиморфные процессы в противовес интенсивной конвекции. Большие площади континентальной коры, покрытые тонким чехлом осадков, также выделялись в Северной Атлантике и Индийском океане. Это могло свидетельствовать о том, что при переходе континентальной коры в океанические впадины с океанической корой подъем мантии в них происходил не за счет спрединга, а в процессе замещения континентальной коры мантией. Далее астенолинзы и субгоризонтальные слои в верхней мантии хорошо согласовывались с процессами дегазации Земли. Мантийные флюиды, концентрируясь в ослабленных зонах под непроницаемыми покрышками, провоцировали плавление пород в горизонтальных участках астеносферы. В итоге главными аргументами, не подтверждающими схему конвективных потоков, выдвигаемых автором, являлись слабое проявление горизонтальной конвекции и полное отсутствие вертикально нисходящих их потоков. Направление же горизонтального раздвигаения континентов в незначительных масштабах проявлялось вследствие восходящих энергоемких газово-магматических потоков, которые хорошо фиксировались сейсмомагнитной, свидетельствующей о гравитационном равновесии (изостазии) так называемых конвекционных ячеек. В целом же происходило раздвигание блоков верхней мантии и земной коры в процессе внутреннего расширения ее ядра [6]. «Затягивание» нисходящего потока плитой под континент было проиллюстрировано в работе [6, рис. 5]. Принимая во внимание, что восходящие тепловые потоки на верхнем уровне земной коры хотя и могли растекаться по горизонту, как это наблюдалось при излиянии траппов, тем не менее, когда они доходили до «холодного» континентального барьера, проявлялось их полное поглощение и затухание (компенсация). Учитывая, что нисходящие конвективные потоки не проявлялись, то и никакого плитного движения под континент быть не могло. Формирование же активных континентальных окраин в кровле надвиговых зон в виде образования гор действительно имело место в фактической геологии. Здесь

горизонтальное сжатие с воздыманием одного крыла надвиговой зоны происходило не в результате сомнительного ныряния плит, а в результате действия гравитационных сил, не связанных с «горячим» расширением Земли в целом [4], а обусловленных ее сокращением. В условиях заполнения расслабленного пространства «отработанной» астеносферы и проседания вниз на нее более тяжелых рифтогенных блоков, ограниченных надвигами, в их кровле смежные более легкие блоки двигались вверх (выдавливались), образуя воздымающиеся горсты, шарьяжи и складчатость (см. таблицу). Нисходящие перемещения блоков в период сокращения земной коры были связаны с оттоком флюидов и лавовых масс из астенолинза, что приводило к поднятию мантии и опусканию «тяжелых» блоков в оставшиеся астенолинзы.

Детальные исследования тектонических смещений в орогенных и рифтовых структурах в Таджикистане, на Кавказе, в Эгейском море и Провинции Бассейнов и Хребтов США свидетельствовали о субгоризонтальном сжатии структур [12] с проявлением надвиговых разломов, а в осевых их частях зон растяжений с дейтероорогенными впадинами. Последнее подтверждается в орогенах (террейнах) более глубинным надвиговым типом землетрясений, а в дейтероорогенных межгорных впадинах — приповерхностными очагами землетрясений (Эгейский регион, Панамская впадина).

В воздымающихся надвиговых блоках развивались также коровье гранитные диапиры и процессы палингенно-метасоматической гранитизации (например, Кировоградский блок Украинского щита), а в опускающихся блоках по границе с надвигом формировались краевые прогибы и компрессионные впадины (задуговые бассейны) с океанической корой [4, рисунки 5, 93].

Проявление субдукции, коллизии и мантийного диапиризма доказывалось М.А.Гончаровым [2] на примере альпийского Средиземноморского орогенного пояса. Нужно отметить, что все исследователи, изучавшие тектонику этого пояса (Е.Е.Милановский, Г.А.Твалчелидзе, И.П.Гамкелидзе, С.С.Круглов и др.) связывали орогенные скибы, шарьяжи и воздымающиеся блоки с надвиговыми разломами и восходящими по ним более «легкими» породами. Что касается мантийного «тяжелого» диапиризма, то он в условиях контракционного сжатия, в результате которого сформировался этот пояс, вообще отсутствовал. Позднеальпийский (орогенный) магматизм здесь относился к вторичным коровым проявлениям. Мантийный вулканализм наблюдался лишь в наложенных рифтовых структурах уже в современный тектонический цикл (плиоцен—плейстоцен). М.А.Гончаров отмечает, что кора над мантийными диапирами должна быть двояковогнутой из-за разности направлений восходящего и нисходящего тепловых потоков. Это приводит к формированию впадин в рельфе. Если бы это было так, то образование вулканических кальдер происходило синхронно с мантийным вулканализмом. На самом деле все кальдеры возникли после завершения вулканализма в результате гравитационного проседания их структур. По представлениям М.А.Гончарова, фундамент осадочного слоя под Черноморской и Каспийской глубоководными впадинами должен был поддвигаться под окружающие их складчатые сооружения, но при этом почему-то в осевых частях впадин отсутствуют зоны спрединга с образованием вулканогенно-плутонических рифтов.

Классификация тектонических подразделений при развитии активных зон земной коры

Мегапикел	Ярус	Подърус	Региональные структуры	Фаза, стадия активизации	Тектонический режим	Строение разреза	Схемы разрезов	
							Полициклические	Моноциклические
ТЕКТОНИЧЕСКИЙ МЕГАЯРУС	РИФТОГЕНЕЗ (сосредоточенная проникаемость по разломам)	КАЛЬДЕРОГЕНЕЗ	ГРАБЕНОГЕНЕЗ (трафогенез)	КОНТРАКЦИОГЕНЕЗ (с рассеянной проникаемостью)	ОРОГЕНЕЗ	КОМПРЕССИОГЕНЕЗ (опускания и общего смятия)		

Модель поперечной валиковой конвекции на примере структур дна Атлантического океана, предложенную А.Г.Кирдяшкиным, М.А.Гончаров «усовершенствует», предложив двухярусную конвекцию [2, рис. 12] при подогреве пород снизу и сбоку. Эта модель объясняла, по мнению автора, формирование продольных и поперечных (трансформных) рифтовых долин с формированием на их бортах вулканических хребтов. Подобные построения основывались тепловыми потоками горизонтального и вертикально-нисходящего направлений. Проявление осевых (продольных) и трансформных (поперечных) долин можно объяснить здесь обычным эллипсоидом деформации с пересечением тектонических напряжений в трех его плоскостях. Учитывая, что Земля имеет форму шара и тепловые тектонические напряжения шли от центра (снизу вверх), то на поверхности Земли формировались: продольная (плоскость ab) и поперечная (плоскость cb) сети раздвиговых рифтогенных разломов. При этом центробежные силы вращения Земли смешали поперечные разломы по сдвигово-бросовым «кливажным» разломам, что приводило к формированию «трансформной» системы параллельных сбросов с развитием по ним хребтов (лежащие бока сбросов) и впадин (по висячим бокам сбросов).

Региональная геодинамическая система ГС-4 в осадочном слое Земли М.А.Гончаровым [2] обусловливается термофлюидной конвекцией с метаморфизмом и складчатостью осадочных толщ, что противоречит отсутствию складчато-метаморфизованных структур на платформах. Складчатость в осадочных слоях связывалась с горизонтальным сжатием [4], являющимся следствием (при разложении динамических сил) вертикально поднимающихся (выдавливаемых) по надвигам блокам, а в смежных с ними вертикально опускающихся блоках она наблюдалась под действием горизонтальных сил, идущих от вздымающихся по надвигам в их бортах орогенных блоков. Далее М.А.Гончаров отмечает, что главное следствие конвекции — возникновение в слоистой системе осадочной толщи системы сопряженных антиклиниориев (восходящие конвекционные потоки) и синклиниориев (нисходящие потоки). Здесь нельзя увязать то, что с нисходящими более ослабленными потоками были бы связаны неглубокие прогибы и в целом складчатость была бы асимметричной, но в природе такого не происходит.

Скорость тектонических движений в структурах автор указанной работы объясняет различной степенью конвекции в разных ячейках. На наш взгляд, нужно рассматривать два типа тектонических движений: горизонтальный при расширении Земли с формированием рифтовых структур и вертикальный нисходящий, связанный с гравитационными силами. В первом случае скорость перемещения блоков обязательно зависит от масштабов мантийных плюмов, а во втором — от масштабов тяжелых базальтовых масс. Их связь с конвективными ячейками не имеет под собой основы.

Выходы о скоростях деформации геодинамических систем в геосферах разного ранга (обратно пропорциональных мощностям этих геосфер) слишком упрощены, т.е. не учитывают физические состояния этих систем и, как признается М.А.Гончаров, имеют относительную достоверность.

Глобальная геодинамика не предусматривает повторного восстановления (акреции) всех фрагментов континентальной коры в единое целое, а декларирует в их поступа-

тельном развитии только дробление континентов, которые не могут быть восстановлены при последующем раскрытии океанов. Отсюда эта концепция отрицает циклическое развитие акреции отдельных регионов и рециклинг тектонических движений [7]. Тектоника плит современного этапа развития Земли без всяких ограничений экстраполируется в отдаленное прошлое Земли, что крайне сомнительно, т.к. главная причина тектоники Земли — ее внутренние энергетические запасы (магматотектоническая активность), которые с ее развитием постепенно истощаются. Отметим, что ни на одной из планет Солнечной системы не обнаружено существенных признаков плитной тектоники. Это свидетельствует о том, что подобная концепция ложенаучна.

Пульсация земной коры. Предлагаемая флюидно-пульсационная концепция эволюции земной коры основана на гипотезе изначально гидридной Земли [6]. Она предусматривает пульсационный характер дегазации водорода из ее ядра и связанное с этими процессами расширение внешней оболочки. Сокращение же Земли обусловливалось совершенно другими (гравитационными) напряжениями, особенно вблизи поверхности Земли, что создавало разобщенность во времени проявлений циклов расширения (рифтогенеза) и циклов сокращения (контракцииогенеза) [15]. В условиях надкритического давления в ядре Земли гидриды металлов и особенно водород находились в сжатом состоянии. Во внутреннем ядре Земли происходило волнобразное повышение температуры, которое обусловливало диссоциацию гидридов (водородные соединения металлов) с переходом водорода из гидридной формы в протонный газ, растворяющий металлы. При этом резко увеличивался объем атомов водорода, что и являлось основной причиной расширения жидкой оболочки (внешнего ядра) Земли.

После перехода из внешней оболочки ядра флюидов в мантию давление и температура падали и процессы разложения гидридов во внешней части ядра прекращались. Оставшиеся здесь металлы, по-видимому, замещались силикатными радикалами мантии с формированием минералов вистита и периклаза. Нижняя граница мантии опускалась с увеличением ее мощности при замещении внешней оболочки ядра и формировании на ее месте зоны восстановительных силикатов. Флюидные потоки, «прожигая» мантию, обогащались элементами твердого субстрата. Процессы сублимации веществ мантии протекали в эндотермическом режиме, т.е. с определенными затратами энергии, которая вновь восполнялась за счет окисления газов кислородом мантии и образования водяного пара. Расколы в мантии и в земной коре, а также фильтрация по ним восстановительных водородных флюидов происходили в виде пульсации. Все это создавало условия для проявлений рифтогенных тектономагматических циклов. После выхода флюидов из астеносферы уплотнялся астеносферный слой, из которого в предшествующие периоды рифтогенеза выходили на поверхность базальтовые лавы и разуплотняли его, создавая условия для последующих контракционных тектономагматических циклов под воздействием гравитации и изостазии. Вне зон проявления расширения и затем сокращения земной коры существовали относительно спокойные тектонические режимы, соответствующие платформенным циклам.

Резкий разогрев внешней геосферы и процессы формирования силикатно-окисной оболочки Земли увязываются

с выносом кислорода из ее недр в процессе «водородной продувки». Термодинамические расчеты, проведенные О.Л.Кусковым с учетом сжимаемости конденсированных фаз, показали, что с ростом давления тепловой эффект реакций восстановления (в нижней мантии) изменялся с эндотермического на экзотермический. Чем больше была величина давления, тем большее количество тепла выделялось при восстановительных реакциях. В случае восстановления оксида кремния водородом (или углеродом) инверсия знака теплового эффекта оказывалась в области давления в $400 \cdot 10^8$ Па [5]. При меньших давлениях должны были проходить реакции окисления. Чем меньше давление, тем больше был их экзотермический эффект. Отсюда реакции окисления в начальные периоды развития Земли начинали протекать предположительно с глубины 350 км, т.к. именно на этой глубине в то время находилась изобара в $400 \cdot 10^8$ Па. Увеличение тепла вызывало резкое повышение геотермических градиентов с перемещением кислорода снизу вверх, что и обусловливало увеличение объемов пород с образованием в них разрывов. Подобные выводы подтверждаются мнением Ю.М.Пушаровского [14] и других о двух категориях мантийных тепломассопотоков, идущих от границы ядро—мантия и продуцируемых в геосферах, являясь сквозьмантийными, продвинутыми до земной поверхности.

В верхней мантии на границе с земной корой во флюидных потоках происходило частичное снижение общего давления с увеличением при этом объемов флюидов и плавлением пород. На этом фоне формировались астенолинзы Земли с развитием внешних расколов в земной коре и выходом по ним флюидных потоков на поверхность. Ввиду того, что углерод и водород имели большее сродство с кислородом, в астеносферном слое происходило частичное расслоение флюидных потоков с формированием кислот и остаточных расплавов магм с серой (в форме сульфидов). Рудообразующие системы в земной коре являлись производными глубинных флюидов, которые также трансформировались в ходе взаимодействия с материалом литосферы (в горячих точках). В пределах одних и тех же региональных структур вблизи поверхности Земли могли формироваться одновременно несколько флюидных мегасистем (зон) с разными энергетическими потенциалами и разной рудно-генетической специализацией, контролируемой физико-химическими свойствами окружающей среды.

При движении от более древних (докембрийских) к молодым (кайнозойским) тектоническим циклам происходило сокращение объема внутреннего ядра и, как следствие, масштабов и времени проявлений в земной коре разобщенных эпох раздвигов и складчатости. Данная концепция, называемая пульсационной гипотезой, впервые была высказана в 1933 г. американским геологом В.Бухером и развита впоследствии М.А.Усовым и В.А.Обручевым. Затем ее поддержал П.Н.Кропоткин, Е.Е.Милановский [9] и А.Ф.Грачев [3].

Этапы расширения и сжатия земной коры являлись составными частями основных тектонических мегациклов, состоящих из тектоно-эр и характеризующих отдельные этапы развития активных зон земной коры. У.Б.Харланд и другие в 1985 г. уточнили шкалу геологического времени с учетом временных отрезков жизни окаменелых остатков живых организмов. Им были выделены следующие тектоно-эры (снизу вверх): кольская (архей 3 млрд.лет), лоп-

ская, киватинская, родезийская (поздний архей 2,6 млрд.лет), карельская (ранний протерозой 2 млрд.лет), готская (средний протерозой 1,5 млрд.лет), байкальская (верхний протерозой—рифей 0,8 млрд.лет), каледонская (венд—ранний силур 0,42 млрд.лет), герцинская (силур—карбон 0,29 млрд.лет), киммерийская (пермь—триас 0,23 млрд.лет), и альпийская (юра—неоген 23 млн.лет). Тектонические эры представляли собой сложные сочетания экспансивных рифтогенных режимов и сменяющих их контракционных режимов. Смена тектонических режимов по отдельным регионам земного шара в силу неоднородного строения мантии и земной коры происходила не последовательно, а с определенными перекрытиями во времени. Более целесообразно для описания структур отдельных регионов выделить глобальные мегаритмы, в которых заменялись старые и наращивались новые структуры земной коры. По этой причине представляется целесообразным выделить пять основных мегаритмов развития земной коры: родезийско-карельский (AR_2-PR_1), готско-байкальский (PR_2-R), каледонско-герцинский ($V-C$), киммерийско-альпийский ($T-N$) и современный.

Пульсационное расширение земной коры. Каждое расширение земной коры характеризовалось рифтогенным тектоническим режимом (тектоническим ярусом), который подразделялся на три подъяруса (подцикла): трогогенез, кальдерогенез и грабеногенез (см. таблицу). Обычно в наиболее полно проявленных структурах, таких как Криворожская (поздний архей), Уральская (палеозой), Кавказская (мезозой), развивались все три подъяруса, но в более локальных площадях могли формироваться (проявиться) структуры лишь одного подъяруса.

Процессы трогогенеза наиболее характерны для ранних периодов развития рифтогенных структур. Вначале развивались троговые долины, контролируемые швами раздвиговых разломов. В более редких случаях, обычно на платформах, проявлялись узловые (взрывные) структуры — диатремы, выполнявшиеся в раздвигово-вулканогенную стадию лавами основного состава, офиолитовыми (гипербазитовыми) и кимберлитовыми комплексами. Позднее троговые долины перерождались в вулканогенные авлакогены, заполненные контрастными (спилит-кератофировыми) формациями, переходящими в толеитовые, андезитовые и трахиандезитовые формации. Следующая стадия развития трогогенеза относилась к раздвигово-плутонической. С ней было связано проявление в бортах структур (авлакогенов) новых раздвиговых разломов и внедрение по ним магм основного, а затем кислого состава. При этом по разломам проходил впереди идущий фронт высокотемпературных щелочных флюидов с кремнием, натрием и калием. Фронтально по мелким трещинам и порам флюиды проникали в краевые части рифтов, магматически замещая как вулканогенные породы, так и породы их основания (гнейсы, песчаники, граувакки, доломиты, сланцы) с формированием массивов парагенетических гранитов пластиогранитной и мигматитовой формаций. В центральных частях швов раздвиговых разломов обычно образовывались массивы габбро, пироксенитов, плагиогранитов и гранитов нормальной щелочности.

Следующая стадия развития рифтов относилась к кальдерообразованию, когда среди вулканогенных пород формировались локальные просадки — прогибы, обусловленные гравитационным проседанием вулканогенных толщ. Эти проседания заполнялись флюидными рассолами с час-

то изменяющимся химическим составом потоков от кислотных до щелочных. В рассольных ваннах отлагались осадки флишиоидных формаций различного профиля (кремнистый, карбонатный или глинистый). Это формации джеспилитовая, яшмовая, слоистых и битуминозных известняков, флишиоидная, аспидная, граувакковая. Их полосчатые толщи чередовались с породами подводно-оползневых и флюидизитовых (грязевых) потоков, представленных прослойми глыбовых псевдоконгломератов и псевдопесчаников.

Завершающий тектонический подъярус грабеногенеза в рифтовых поясах наиболее продолжителен. Он проявлялся в результате подновленных раздвиговых (латеральных) движений по разломам и действия гравитационных сил, направленных вертикально к центру Земли.

В результате «разрыхления» рифтовых зон по разломам происходили сбросовые движения, в результате которых формировались линейные грабеновые структуры, заполнившиеся флюидными рассолами с образованием внутриконтинентальных озер, или в более поздние тектонические циклы, обычно на платформенных структурах среди мелководных морей формировались впадины, ограниченные в бортах разломами сбросового типа. Предшествующая кальдерная стадия переходила к структурам грабенов постепенно без смены направлений тектонических сил. Грабеновые структуры заполнялись слоистыми толщами хемогенных осадков: известняков, доломитов, аргиллитов, флюидизитовых псевдопесчаников, а также глинисто-кварц-песчаной и глинисто-сланцевой формациями. В завершающей грабено-плутонической стадии по зонам сбросов, в бортах грабеновых структур внедрялись аллохтонные граниты калиево-натриевого ряда нормальной щелочности, а также пегматоиды и дайки диабазов.

Пульсационное сокращение земной коры. Контракционный тектонический ярус завершал каждый мегацикл. В этом ярусе выделялось два крупных тектонических подъяруса — компрессиогенез и орогенез. Орогенез проявлялся в самостоятельный ректонический режим не всегда. Наиболее ярко он выражался в раннепротерозойской (Карельская), пермской (Герцинская) и миоценовой (Альпийская) фазах складчатости.

Компрессионный подъярус отличается отсутствием проявлений растяжения земной коры. Этот тектонический режим начинался постепенным переходом от предыдущего рифтогенного (грабенового) или платформенного режимов и обусловливается действием вертикальных гравитационных сил. Локальное проседание блоков земной коры возникало по ограничивающим их надвигам в результате заполнения на глубине пустот астеносферного слоя. При сокращении и погружении площади легкие породы в диапирах всучивались и «всплывали», а также формировалась волнообразная складчатость (общего сжатия) под действием латеральных сжимающихся усилий, идущих со смежных надвигающихся крыльев орогенных блоков. Складчатые деформации при этом происходили конседиментационно с накоплением осадочных толщ, которые представляли собой следующие формации: континентальная молассовая, флюидизитовых песчаников, красноцветная, лагунная соленосная, известняковая, граувакковая и угленосная. В целом формировались структуры компрессионных (складчатых) прогибов. В этих структурах периоды осадочного накопления пород могли чередоваться с периодами эфузивно-вулканического образования пород

корового происхождения, включающими липаритовую, порфировую, андезитовую и трахиандезитовую формации. В условиях изоклинальной складчатости в стадию неогенеза образовывались структуры островных архипелагов с накоплением мощных толщ терригенных песчаников. По-видимому, с этой стадией также было связано проявление по надвиговым разломам грязевых флюидизитовых потоков с формированием отдельных слоев флюидизитовых хемогенных отложений: псевдопесчаников, пластов солей, ангидритов и магнезитов. К антиклинальным зонам поднятий, как правило, приурочивалась стадия глыбового нагнетания более легких «всплывающих» пород с образованием соляных куполов. В глубоких частях разрезов, особенно в зонах надвигов, формировались интрузии параавтохтонных мигматитов и ультраметаморфических гранитов с их пегматоидными разностями. В бортах складчатых структур по границам с орогенными зонами проявлялись стадии краевых прогибов. Эти структуры всегда контролировались зонами надвигов. С одного их борта прогиб ограничивался надвинутой рамой структуры, а на глубине он заканчивался флюидопроводящей зоной разлома, по которой в прогиб поступали грязевые потоки с псевдоконгломератами и псевдопесчаниками. Эти осадки в основном и заполняли его структуру.

Орогенный подъярус подразделялся на четыре стадии (фазы) активизации с определенными в них тектоническими режимами. Основной причиной орогенеза и связанного с ним проявления горстообразных воздыманий по надвигам служило сокращение земной поверхности при контракции земной коры. При выжимании наиболее «легких» участков коры вверх в области отсутствия тектонических напряжений в зонах наиболее мощных воздыманий на конечных их стадиях наблюдалось максимальное расслабление (разбухание) поднятых блоков и формирование разрывов. В эти стадии происходили вулканические процессы с образованием или покровов и локальных вулканических впадин, или грабенов (межгорных дейтероогеновых впадин), заполненных молассами, флюидизитовыми псевдопесчаниками и терригенными породами. В таких случаях орогенно-рифтогенные зоны относились к типу Байкальских структур.

В надвигово-плутоническую стадию формировались надвиговые антиклинальные и коробчатые складки. Там где надвиги затухали, образовывались изгибы слоев с проявлением сундучных складок. С этой стадией был связан и подъем кислых магм предположительно корового происхождения, с локализацией их в гранитных куполах и валах. Магматические образования в целом характеризовались антидромным рядом развития с проявлением в ранние фазы активизации параавтохтонных и ультраметаморфических (палингенно-метасоматических) гнейсовидных гранатов и мигматитов, а в более поздние фазы нормальных аллохтонных гранитов, характеризующихся повышенным содержанием высокоглиноземных минералов (кордиерит, андалузит, гранат) и акцессорных (ильменит, циркон и сидерофильный апатит). Отношения в них $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$ 1,4—1,5; $\text{Al}/(\text{Na}+\text{K})+0,5\text{Ca}$ >1; Rb/Sr — 67; $\text{ЛРЭ}/\text{ТРЭ}$ 1,23—1,45; сумма РЭ 160—290 г/т; $\text{Sr}^{87}/\text{Sr}^{86}$ 0,7143—0,7183.

В молассовую стадию формировались межгорные (дейтероогенные) впадины, заполненные обломочным делювием, меланжем и флюидизитовыми хемогенными образованиями (псевдопесчаники, кварциты).

Циклическое развитие земной коры происходило с поэтапным формированием океанической коры [4]. Раннеальпийский цикл рифтогенеза в мезозое — главный в процессе образования океанических ванн. Платобазальтовый магматизм, представленный ареальными базальтами, долеритовыми силлами и базит-гипербазитовыми интрузиями раздвигово-вулканогенной стадии, являлся следствием подъема в верхние геосфера Земли гигантских объемов мантийного вещества [18], исходящих из астеносферного подкорового слоя. В истории развития водных бассейнов Земли выделялось несколько этапов платобазальтового магматизма, после которых резко возрастили объемы воды на ее поверхности: рифейский, мезозойский, кайнозойский и современный. В следующий, уже контракционный (позднеальпийский) период под гравитационным давлением покровов базальтов происходила деструкция континентальной коры с ее переходом в океаническую. Основной же процесс здесь, по-видимому, был в эклогитизации и магматическом замещении пород с формированием компрессионных впадин с субокеанической и современной океанической корами [10].

В контракционные циклы при некотором сокращении континентальной коры и опускании океанического ложа бассейнов, с одной стороны, продолжался огромный вынос воды из астеносферы по флюидизитовым породам, выполняющим надвиговые зоны разломов. С другой, появлялись резонансные напряжения в гравитационном поле плоскости океанизации, т.к. легкий водяной слой, выходя из глубоких подкоровых частей Земли на поверхность, создавал аномальное изостазийное неравновесие гравитационного поля в верхней оболочке Земли. Чтобы уравновесить это поле, мантийный слой начинал подниматься вверх, заполняя пространство астеносферы, освободившееся от водной фазы. В итоге гравитационное поле выравнивалось в результате подъема мантийного слоя до глубины 30 км. При этом в верхней мантийной части разреза, по-видимому, формировался коромантийный переходный слой, в котором коровые породы замещались гранулитами и эклогитами.

Такие выводы подтверждаются в современном тектоническом цикле проявлением поэтапных регressiveных стадий с понижением уровня мирового океана до 130 м в отрезках времени 0—1,8; 8,8—11,0; 11,7—12,4 млн. лет и др. С этими периодами было связано максимальное количество прослоев вулканических пеплов среди океанических осадков в гигантских кальдерах. Все это свидетельствует о изостазийной связи проседания ложа океана через астеносферу с активизацией вулканизма и выравниванием гравиметрового поля. С других позиций [16] понижение давления в астеносфере до 1,2 МПа сопровождалось оттокоммагмы вверх и замещением ее водным флюидом. В итоге на поверхности дна океана образовывались кальдерные просадки с дальнейшей эксплозией в них пирокластов и игнимбритов. Примеры подобной взаимосвязи хорошо изучены. Так, извержению вулкана Крымский и Академии Наук в 1996 г. на Камчатке предшествовало сильное землетрясение, которое сняло упругие напряжения в магматических очагах.

В заключение можно сделать следующие выводы по концепции тектоники плит, рассматриваемой с позиции пульсационного развития Земли:

1. Конвекционные потоки невозможно обосновать на уровне их глобальных и региональных ячеек; их энергетическое состояние в режиме молекулярного строения ве-

щества могло аккумулироваться лишь в вихревые восходящие струи.

2. Горизонтальные движения плит при раскрытии океанов в спредингах следовало бы заменить локальными раздвиговыми движениями блоков земной коры в условиях ее расширения и развития рифтовых систем с проявлением активного мантийного магматизма.

3. Субдукционные движения, объясняемые нисходящими конвекционными потоками, слабо аргументированы, т.к. эти потоки должны были поглощаться «холодной» континентальной корой; эти процессы могли происходить только в блоках, когда при сокращении земной коры под действием гравитационных сил образовывались надвиговые системы разломов с воздыманием по ним более легких и опусканием более тяжелых блоков земной коры.

4. Деструктивное направление тектонического развития Земли с дроблением континентальных плит следовало бы заменить на циклическое с проявлением в каждом цикле двух этапов — расширение (рифтогенез) и сокращение (контракциогенез).

5. Наиболее сложными в понимании тектонического развития Земли являлись зоны перехода континентов в океаны. С позиции тектоники плит могло быть два их типа — конвергентные и дивергентные (пассивные). В зонах активных окраин на примере Дальнего Востока от континента к океану выделялись следующие структуры: террейны — задуговые бассейны — островные дуги — глубоководный желоб — океаническая впадина. Их формирование объяснялось одновременным проявлением здесь спрединга и субдукции, что противоречило фактическому материалу. На Дальнем Востоке террейны, выполненные рифтогенными вулканическими поясами раннего мезозоя (Охотско-Чукотский, Восточно-Сихотэалинский, Сахалинский), были подвержены в неогене наложенным альпийским орогенезом с межгорными (дейтероорогенными) впадинами (Охотская). К востоку от орогенных поднятий (на Камчатке) проходила надвиговая глубоководная (с лежачего бока) зона с кайнозойскими осадками и краевыми прогибами.

В зонах же пассивных шельфовых окраин, например, восток Южной Америки, север Азиатского континента, юг Индии, были проявлены тектонические блоки (плиты) разного возраста с листрическими сбросовыми разломами и мантийными ультрабазитами вдоль континентов. По этим разломам структуры чехла были наследованы структурами с коллизионными швами в их основании [1]. Здесь нужно отметить, что континентальные шельфовые окраины по границе с океанической корой обычно выражены гравитационными и магнитными аномалиями (ультрабазитами), которые фиксировали вулканические рифтогенно-раздвиговые зоны (островные дуги), относимые к зонам растяжения (спрединга), не имеющие никакого отношения к сутурам.

6. Спорными и сомнительными обоснованиями в плейт-тектонике являются и часто выделяемые в обдукционных зонах при переходе задуговых бассейнов в пассивные окраины аллохтонный меланж, офиолитокластовые олистостромы с тектоническими обломками размером до 25 м длины и цементом карбонатного, кремнистого хемогенного материала. Обломки обычно представлены габброидами и серпентинитами. Подобные глыбовые тектонические брекчии с гидротермальным флюидизитовым цементом хорошо известны в рифтовых зонах сбросов [4]. Проявление же складчатости пород здесь обусловливается наложенными контракционными процессами. Несостоятель-

ность применения концепции тектоники плит в целом к зоне сочленения континента и океана на северо-востоке России [13] была обоснована фактическими материалами, изложенными в работе [19].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Богданов Н.А. Общие вопросы тектонического строения континентальных окраин // Тектоника Неогея. Т. 1. —М., 2001. С. 53—56.
- Гончаров М.А. Количественные соотношения геодинамических систем и геодинамических циклов разного ранга // Геотектоника. 2006. № 2. С. 3—23.
- Грачев А.Ф. Рифтовые зоны Земли. —Л.: Недра, 1977.
- Дерябин Н.И. Флюидно-пульсационная геотектоника. —Киев, 2004.
- Куксов О.Л., Хитаров Н.И. Тепловые эффекты окислительно-восстановительных реакций в мантии Земли // Докл. АН СССР. 1976. Т. 229. С. 725—727.
- Ларин В.Н. Гипотеза изначальной гидридной Земли. —М.: Недра, 1980.
- Малышев А.И. Основные возражения против экстраполяции плитной тектоники в домезозойское время // Тектоника неогея. Т. 2. —М., 2001. С. 12—13.
- Мейерхорфф А., Мейерхорфф Г. Новая глобальная тектоника — основные противоречия // Новая глобальная тектоника. —М.: Мир, 1974.
- Милановский Е.Е. Пульсация Земли // Геотектоника. 1995. № 5. С. 3—25.
- Павленкова Н.И. Структура земной коры и верхней мантии и глобальная геотектоника // Тектоника неогея. Т. 2. —М., 2001. С. 94—98.
- Паталаха Е.И., Гончар В.В. и др. Лангранжева турбулентность и структурирование тектоносферы // Тектоника неогея. Т. 2. —М., 2001. С. 101—105.
- Прилепин М.Т., Гусева Т.В. Современные геодезические измерения и основные геотектонические концепции // Тектоника неогея. Т. 2. —М., 2001. С. 135—138.
- Пущаровский Ю.М., Мазарович А.О., Соколов С.Д. и др. Тектоническая аккреция на востоке СССР // Тектонические процессы: Докл. советских геологов на XXVIII МГК. —М.: Наука, 1989. С. 89—101.
- Пущаровский Ю.М. Тектоника и геодинамика мантии Земли // Фундаментальные проблемы общей тектоники. —М.: Научный мир, 2001.
- Рамберг Х. Сила тяжести и деформации в земной коре. —М.: Недра, 1985.
- Селиверстов Н.И. Глобальные изменения уровня океана и четвертичный вулканализм // Тектоника неогея. Т. 2. —М., 2001. С. 177—179.
- Смирнов А.В., Бухарин А.К. и др. Основные черты структуры Центрально-Азиатского палеозойского орогенического пояса // Тектоника неогея. Т. 2. —М., 2001. С. 205—208.
- Фролова Т.И., Бурикова И.А. Платобазальтовый магматизм и образование океанов // Тектоника неогея. Т. 2. —М., 2001. С. 279—281.
- Шапиро М.Н. Проблема аллохтонных блоков в структуре Северо-Востока СССР // Тектонические процессы. —М.: Наука, 1989. С. 101—113.

УДК 552.57

© Ю.И.Лесовой, 2007

К вопросу о «феномене» черносланцевых отложений

Ю.И.ЛЕСОВОЙ (ИГиРНиГМ, Узбекистан)

Основной чертой каждой возникшей в науке новой идеи является то, что она связывает определенным образом два различных ряда явлений.

Макс Планк

Черносланцевые отложения (от раннеархейских до современных) широко распространены по всей Земле. По некоторым данным, их общая масса составляет порядка 30% от массы всех осадочных пород Земли. Породообразующими компонентами черносланцевых отложений являются глинистые минералы, карбонаты, кремнезем (соотношение их содержаний очень сильно колеблется) и обломочные частицы, представленные первично-терригенными минералами. Выделяются несколько комплексов черносланцевых отложений: глинисто-карbonатные, кремнисто-карbonатные, глинисто-кремнистые и кремнистые [5]. Вмещающими породами могут быть как кристаллические, так и осадочные, произвольного генезиса и состава.

Характерная особенность черносланцевых толщ — высокое содержание углерода в различных формах его проявления: мелкодисперсного минерального, графита, графита, в составе различных углеводородных минералов (тухолит, антрацолит), битумов, нефлей и углеводородных газов. От вмещающих пород такие толщи отличаются заметной радиоактивностью, причем настолько, что нефтяниками выделяются по этому признаку как «высокогаммаактивная пачка». В этих толщах всегда содержатся

аномально высокие, по мнению геологов, содержания U, Th, P, S, Fe, Mo, V, Ni, Cu, Zn, Cr, Co, Ag, Au, Hg, As, редких земель (La, Ce, Pr, Nd, Sm, Yb) и платиноидов (нефтяники называют приведенный перечень — «некогерентные элементы»). Во многих районах Земли с ними ассоциированы очень крупные месторождения урана, золота, фосфоритов, редких элементов, полиметаллов, а в настоящее время уже можно говорить, что и алмазов (Кумдыкольское и другие месторождения Северного Казахстана). В то же время с ними связаны крупнейшие мировые месторождения нефти и газа.

Считается, что черносланцевые отложения формировались в периоды планетарных катастроф в условиях резко увеличивающихся концентраций урана в бассейнах Земли (на 3—4 порядка, согласно работе [12]). По мнению некоторых исследователей, Солнечная система, обращаясь вокруг центра Галактики, регулярно попадает в области, где некие воздействия провоцируют в недрах Земли повышенную активность, в результате чего из глубин Земли выносится значительное количество урана и тория, которое распределяется как по поверхности, так и в водах океана. Фитопланктон якобы сорбировал значительные количества

тва растворенных в воде различных микроэлементов (в частности, урана), и в результате происходила вспышка его биопродуктивности с последующим накоплением этих микроэлементов в донных осадках. Одновременно под воздействием радиации массово вымирали многие другие, более сложные формы биоценоза и зарождались новые. Посмотрим, насколько верно это предположение.

Согласно графикам, приведенным в работе [12], длительность подобных процессов составляет сотни тысяч и первые миллионы лет. Однако если исходить из того, что γ -фон увеличивается только как результат α -распада урана, то увеличение его количества в водах океана и на поверхности Земли за такой относительно короткий промежуток времени, скажем, на три порядка, не может привести к катастрофическому увеличению γ -фона и, тем более, массовой гибели организмов. Это очень важный момент. Не надо забывать, что собственно уран, находясь в квазистабильном состоянии, не излучает γ -кванты. Они излучаются его дочерними продуктами для снятия излишнего возбуждения ядра после распада. Учитывая периоды полураспада урана и тория (по α -распаду), заметный рост γ -фона растянулся бы на десятки миллионов лет, что не вписывается в указанные схемы. Приведем еще несколько примеров:

1. Для домаников Поволжья, баженитов Западной Сибири и других черносланцевых отложений характерно крайне неравномерное по площади распределение концентрации органического вещества, углеводородов, U, микроэлементов. В частности, для баженовской свиты И.И. Нестеров приводит (судя по всему, чрезвычайно заниженные) максимальные значения для U в продуктивных зонах (линзах) ~100 г/т (до 2,5 кг/м³ нефтесодержащей породы) при 3—5 г/т за их пределами. Соответственно, содержание органического вещества — 20 и 0,5%, остальные сортированные элементы за пределами линз или отсутствуют совсем, или присутствуют в кларковых количествах. Трудно представить, что органика, погибавшая от воздействия радиации на протяжении 8—10 млн. лет (принятое время формирования толщи), накапливалась с сортированными элементами на крайне ограниченной площади, чтобы сформировать к настоящему времени линзы диаметром от сотен метров до первых километров и мощностью до 60 м.

2. Распределение урана в песчаниках неравномерное; повышенные концентрации его наблюдаются в сравнительно небольших линзообразных участках.

3. Многие исследователи отмечали отсутствие корреляции между степенью фаунистичности черносланцевых отложений и содержанием в них сопутствующих элементов.

4. В органогенных карбонатных отложениях — рифах, биогермах, стратифицированных с черносланцевыми отложениями и не содержащих урана, так называемого C_{орг} накапливается минимальное количество — первые доли процентов.

5. Практически все исследователи, занимавшиеся ассоциацией урана и углеводородов, в частности ураноносных битумов, отмечают «непонятную» концентричность фиксации: уран — вокруг него твердые битумы с ураном — черные вязкие битумы с ураном, цветные или бесцветные вязкие битумы без урана — нефть [13]. Действительно, такую последовательность невозможно объяснить с позиций классических представлений о сорбции урана биогенной с последующим переходом его в битумы.

6. По данным автора, в черносланцевой Ходжаипакской свите (Узбекистан) весь U, Th, Au, TR и другие радиоак-

тивные элементы в настоящее время сосредоточены в первично терригенных минералах — моноците, целестине, кашишпате, т.е. ни о какой сорбции этих элементов биогеннойкой не может быть и речи.

Подобных примеров можно привести множество. С.Г. Неручев, безусловно, прав, утверждая, что образование черносланцевых отложений связано с катастрофами планетарного масштаба, но если следовать его гипотезе, то накопление микроэлементов происходило бы более или менее равномерно по всей поверхности донных отложений, соответствующих данному периоду. На самом деле это далеко не так, поскольку черносланцевые отложения зачастую привязаны к прибрежным терригенным отложениям, более того — даже в пределах одной терригенной толщи существует высокая контрастность в концентрации накопленных микроэлементов, в первую очередь урана. Элементный состав терригенных толщ зависит от состава источника, т.е. участка поверхности, с которого идет снос первичного материала (в частности, радиоактивных элементов), а он может значительно меняться не только географически, но и во времени (причем крайне непродолжительном). В периоды катастроф скорость накопления таких толщ могла многократно преувеличить скорость накопления осадков в спокойных условиях (несколько миллиметров в год). К примеру, во время извержения вулкана Сент-Хеленс (штат Вашингтон, США) в 1980 г. в ближайших его окрестностях сформировалась толща переотложенных (терригенных) пород мощностью 180 м. И это всего за несколько дней, со скоростью до 8 м/сут! Конечно, это экстремальный случай, но если такие толщи формировались сотни и даже тысячи (но не миллионы) лет, то все равно с позиций геологической истории это происходило мгновенно. Естественно, что процесс образования терригенных толщ в конкретном регионе шел с различной интенсивностью. Более того, источники терригенного материала и его элементный состав могли существенно меняться, что привело к крайне неравномерному распределению радиоактивных элементов в черносланцевых отложениях как по простирианию, так и по разрезу.

Карбонатные отложения также характеризуются высокой контрастностью фиксации как урана и микроэлементов, так и месторождений углеводородов. Объяснить это можно с учетом того, что накопление идет, минуя стадию сорбции их биоценозом из воды.

Причиной катастроф, скорее всего, являлось внешнее воздействие — высокоинтенсивное жесткое космическое излучение, вероятно, из ядра Галактики, которое и провоцировало рост тектонической активности планеты, и служило причиной массовой гибели биоценоза [7]. Каждый такой акт сам по себе был относительно непродолжителен, но спровоцированная им активность недр экспоненциально продолжалась на протяжении нескольких миллионов лет.

В результате воздействия этого излучения на скопления радиоактивных элементов в нестабильных ядрах активизируется нейтронно-индукционный распад и, в частности, глубоко асимметричный кластерный распад. За относительно короткий отрезок времени на локальных участках с высокими концентрациями радиоактивных элементов происходит интенсивное накопление тех или иных элементов Периодической системы, в частности, углерода и, как следствие, углеводородов.

Таким образом, важным условием в гипотезе С.Г. Неручева остается приоритетное значение роста количества

урана на поверхности планеты, но без участия биоценоза в его концентрации и осаждении.

Многие исследователи задают себе вопрос: почему в одних случаях в, казалось бы, одинаковых геологических условиях формируется один спектр элементов, а в других иной? И в тоже время, почему «...спектр рудных микроэлементов в черных сланцах удивительно сходен для разных геологических эпох и для разных геотектонических обстановок осадконакопления» и приходят к выводу, что «... поиск причин феноменальной металлоносности углеродистых осадков в связи с ювенильным источником вещества в наиболее общем случае беспредметен» [2, с. 8]. Действительно, с позиций классической геохимии невозможно объяснить столь широкий набор элементов, зачастую геохимически чуждых друг другу. Но относится ли это только к черносланцевым отложениям? Для начала со-поставим два положения:

«Геохимические исследования уран-золотоносных конгломератов свидетельствуют о том, что между такими элементами как Ti, Zr, Cr, Fe, Pb, As, Sn, Ag, Cu, Zn, Nd, Pr, Ce, La, Y, Nb, Mo, Co, Ni, и содержаниями Au, U и Th существуют корреляционные зависимости» [3, с. 51]. Здесь речь идет о Витватерсrande, ЮАР. Основой этих конгломератов является кварцевая галька.

Алмазы найдены на территории, где главными промышленными и широко распространенными полезными ископаемыми являются U, Au, W, Sn, в значительно меньшей мере Mo, P, Ag, Sb, Ti, Zr, редко Fe и уголь. Что же касается киновари, ставшей для производственников, как и графит, уран и гелий, одним из поисковых геохимических признаков на алмазы, то связь ее, как и сурьмы, мышьяка и других микроэлементов, с углеродистыми (черносланцевыми, карбонатно-черносланцевыми) формациями, какой представляется алмазоносная толща Кумдыколя (Казахстан), уже общеизвестна [11].

Не правда ли, очень схожий набор элементов? При этом в первом объекте наряду с ураном и золотом добываются алмазы, по характеристикам очень схожие с казахстанскими.

Если же проанализировать описания любых типов месторождений собственно урана [4], то набор ассоциированных элементов в них окажется таким же. Как можно видеть, дело не в неких загадочных свойствах черносланцевых отложений.

Для решения этого «парадокса» необходимо отойти от классических геохимических представлений о формировании тех или иных элементно-минеральных ассоциаций и допустить, что первичными элементами в формировании черносланцевых отложений являются радиоактивные элементы (уран, торий и их дочерние производные), а все остальные — продукты их эволюции по различным каналам распада, и все встанет на свои места. Иными словами, необходимо осознать, что *в природе уран и торий, в отличие от стабильных элементов, непрерывно эволюционируют (не только по α -распаду) под воздействием прежде всего физических факторов, создавая при этом множество дочерних элементов.*

Почему-то остается незамеченным тот факт, что *значительная часть микроэлементов, накопленных в черносланцевых отложениях, четко укладывается в перечень дочерних продуктов, извлекаемых из отработанного топлива ядерных реакторов*, т.е. они могут являться продуктами, в частности, нейтронно-индукционного

распада (НИР) урана. При этом возможность течения таких реакций деления в природных условиях уже давно признана многими исследователями.

Естественно, что нельзя утрированно понимать это заявление — аналогия с промышленным ядерным реактором лишь отдаленная. Прежде всего потому, что и состав топлива (соотношение изотопов делящегося элемента), и конструкция промышленных реакторов рассчитаны на решение вполне определенных задач, с преимущественным делением ^{235}U . И, конечно же, в природных условиях процесс самоподдерживающегося нейтронно-индукционного распада радиоактивных изотопов происходит совершенно с другой интенсивностью, поскольку степень концентрации радиоактивных элементов и количество нейтронов соответствующей энергии явно недостаточны. Однако у природы есть два существенных фактора — постоянная, а временами весьма значительная инжекция нейтронов извне и время.

Энергетический спектр природного среднестатистического потока нейтронов у поверхности земли достаточно широк, но принято считать, что поскольку в этом потоке только ~1% нейтронов обладает энергией, необходимой для деления соответствующих изотопов урана, то и перечень вторичных элементов, и их количество в природных объектах должны быть крайне незначительными. Во-первых, этот поток — среднестатистический за период наблюдений человечеством, т.е. менее чем за 60 лет. При планетарных катастрофах такой поток возрастает на порядки. Следовательно, количество распавшихся в такие периоды радиоактивных элементов значительно выше, чем в условиях настоящего времени. Кроме этого, когда в ближайших окрестностях Солнечной системы взрываются сверхновые звезды (а таких событий по подсчетам астрофизиков за время существования Земли произошло примерно 10 000), плотность потока космических частиц у поверхности планеты кратковременно возрастает также во много раз.

Во-вторых, и это существенно — почему то *никто никогда не учитывал, что в геологических условиях этому типу распада подвержены и дочерние нестабильные (в частности по α -распаду) изотопы при соответствующих энергиях налетающих нейтронов*. В результате таких реакций заметно расширяется число испускаемых и используемых нейтронов и, как следствие, спектр и число стабильных дочерних продуктов.

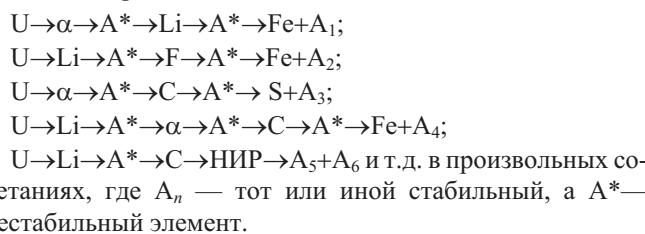
В-третьих, очевидно, самое важное, но, как ни странно, никогда и никем не учитываемое обстоятельство — *в природе всегда существуют условия, позволяющие нейтрону замедлиться до любой энергии*. Такое замедление происходит на ядрах элементов, в том или ином сочетании входящих в состав вмещающих пород и сопутствующих минералов. Нейтроны высоких энергий в результате неоднократных актов взаимодействия с этими ядрами всегда имеют вероятность замедлиться до энергии, позволяющей «развалить» тот или иной нестабильный изотоп. Соответственно, во много раз возрастает коэффициент использования нейтронов и значительно увеличивается число возможных дочерних элементов, перекрывающих фактически всю Периодическую таблицу. Исходя уже только из этих соображений, можно констатировать, что общее количество радиоактивных элементов, распавшихся по каналу нейтронно-индукционного распада за геологическую историю Земли значительно больше, чем принято считать,

и при этом пропадает элемент «的独特性» набора значительной части спектра микроэлементов.

До сих пор обсуждалось только расширение возможностей для формирования спектра и количества дочерних стабильных элементов в природных объектах за счет общепризнанного нейтронно-индукционного распада, но в природе существует еще и глубоко асимметричный кластерный распад урана и тория, открытый авторами работы [15], о существовании которого, к сожалению, мало кто из геологов знает. По этому каналу распада от ядер U и Th могут отцепляться элементы от Li до Fe включительно. В результате такого распада образуется принципиально новый шлейф дочерних элементов, который достаточно сложно выстроить в какой-то определенный ряд. С одной стороны, это кластеры — элементы начала Периодической таблицы, с другой — «остатки от деления» — тяжелые стабильные элементы, начиная с Bi и кончая TR.

Ранее автор уже писал [9], что для природных объектов не существует запретов на любое сочетание каналов эволюции радиоактивных элементов, и одним из наиболее вероятных каналов является «смешанный распад» (термин автора), при котором первый или первые акты деления идут по α -распаду, а последующие по нейтронно-индукционному и, преимущественно, глубоко ассиметричному кластерному. При этом автор считает, что кластерный распад происходит не спонтанно, а в результате взаимодействия радиоактивных элементов с нейтронами.

Существенно положение, когда при α -распаде наблюдается жесткая предрасположенность образования дочерних элементов, и тогда в рассматриваемом случае последовательность вылета легких кластеров и образования дочерних элементов из первичного материнского ядра непредсказуема, поскольку после каждого акта распада возникает так называемая точка бифуркации, а значит, возможны любые сочетания последовательности вылета тех или иных кластеров:



При этом каждый элемент-кластер может быть представлен любым своим изотопом. В качестве «побочного продукта» в таких реакциях практически при каждом акте вылетает то или иное число нейтронов, часть из которых успевает взаимодействовать с нестабильными ядрами, а остальные в итоге превращаются в водород.

Неочевиден и следующий факт — спектр продуктов распада делящихся ядер по различным каналам изменяется во времени [7]. В момент фиксации радиоактивных элементов вмещающая среда, т.е. совокупность элементов-замедлителей в ближайших окрестностях нестабильного ядра имела один состав. По мере накопления продуктов распада в окружении нестабильных ядер накапливаются дочерние (легкие и тяжелые), которые меняют направление распада и ведут к накоплению других элементов. Подобные процессы идут непрерывно в течение всей жизни данного сообщества до момента полного выгорания нестабильных ядер. Как ни покажется странным, такие изменения могут происходить достаточно быстро, по геологичес-

ким меркам практически сиюминутно. В работе [10] было показано, что при кучном выщелачивании уранового объекта за 20 лет (!!!) в рудном теле за счет изменения состава среды не только заметно поменялись изотопные отношения урана, но и накопилось аналитически обнаружимое количество новых элементов, включая и ^{239}Pu .

Рассмотрим теперь некоторые особенности черносланцевых отложений.

Одна из них отражена в самом названии — сланцы. Независимо от возраста, геологической обстановки и литологического состава вмещающих пород такие отложения характеризуются раздробленностью или рассланцованныстью. Этот факт известен давно, но удивительного объяснения ему в литературе автор не встречал. Хотя еще в 1950-х годах в методических указаниях для геологов-поисковиков приводился визуальный критерий возможного присутствия урана — локальная раздробленность или рассланцованнысть темноцветных пород. Причину этому надо искать в ядерной физике. Как известно, ^{238}U , превращаясь в свинец, испускает 8 α -частиц. Однако почему-то мало кто задумывается, что продуктам распада одного атома распавшегося ^{238}U (1 атом свинца + 8 атомов гелия) необходим физический объем в 8 раз больше исходного, а ^{235}U — в 7 раз. Таким образом, кристаллическую решетку разрушают не столько радиационные дефекты, сколько дочерние продукты, накапливающиеся в жестком замкнутом объеме. И если предположить, что гелий в силу своей высокой диффундирующей способности частично покидает место образования, то остальные стабильные элементы, накапливаясь, разрушают вмещающую среду, приводя последовательно к образованию дефектов решетки, метамиктизации, микротрешиноватости, разбуханию и, наконец, дроблению. Для черносланцевых отложений рассланцованнысть, раздробленность — состояние, приобретенное в результате эволюции радиоактивных элементов.

К разрушающим факторам необходимо добавить и локальное увеличение температур. В работе [1] установлено, что осадки доманикового типа имеют повышенные содержания урана, вплоть до промышленных. Именно из-за повышенной радиоактивности некоторые такие осадки (кимериджские сланцы J₃ в Северном море, сланцы Монтерей N1 в Калифорнии и др.) называют «горячими». Рассчитанные добавки к пластовой температуре в баженовской свите J₃ Западной Сибири составляют 2 градуса. Свои расчеты В.М.Бекетов, судя по всему, делал исходя лишь из α -распада. Действительно, при α -распаде ^{238}U вылетает 8 α -частиц со средней энергией 5,35 МэВ, т.е. суммарно выделяется 42,8 МэВ. Такой процесс значительно растянут во времени. При вылете же из ^{238}U единичного кластера углерода одноактно выделяется 22,27 МэВ, а азота — 20,7 МэВ. Существенно больше выделяется энергии при единичном акте нейтронно-индукционного распада урана. Не всякий кристалл выдержит такой тепловой удар.

В результате совокупного воздействия всех указанных факторов и при наличии над точкой локализации радиоактивных элементов пластичной покрышки (чаще всего глины) она «выдавливается», и формируется «ловушка УВ» — купол, характеризующийся пониженной плотностью и повышенной пористостью пород под ним. Именно в таком куполе и формируются месторождения углеводородов. Если же в покрышке по тем или иным причинам образуются трещины, то углеводороды покидают купол. Нефтяники называют эти купола антиклинальными складками, но та-

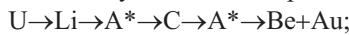
кое наименование неправомерно, поскольку формирование подобных объектов чаще всего не связано с тектоническими процессами.

Что же происходит со средой после фиксации в ней радиоактивных элементов? В первую очередь в ней накапливаются легкие элементы от Li до Fe и их соединения. Некоторые в виде газов He, CO, CO₂, CH₄, N₂, O₂, Ne и т.д. частично мигрируют из отложений, частично фиксируются в минералах в виде газов и газожидкостных включений, а вода входит в состав новых минералов в качестве кристаллогидрата или самостоятельно. В частности, давно замечено, что под пластами, содержащими углеводороды, над горизонтом с минерализованной водой, не смешиваясь с ней, и только в контуре залежи, накапливаются линзы абсолютно пресной воды. Этот факт настолько необъясним с позиций геохимии, что придумано даже специальное название для такой воды — «конденсатная». Если же учесть, что одним из продуктов распада является кислород, который соединяется с 2 атомами водорода, а также то, что вода тяжелее углеводородов — элемент необъяснимости просто отпадает. Частично Li, Be и B по известным реакциям преобразуются в гелий. Остальные элементы в той или иной форме фиксируются в среде, изменяя ее минеральный состав и образуя новые минералы. Часто присутствие таких минералов вызывает недоумение, поскольку, согласно позициям классической геохимии, при подобных РТ-условиях они никак не могут образовываться.

В частности, общеизвестно, что в окрестностях скоплений урана и тория наблюдаются зоны метаморфизма — альбитизации, биотитизации, хлоритизации, серпентинизации и т.д. Объясняется данный эффект проникновением растворов и взаимодействием их со средой при соответствующих температурах и давлении. Возникает вопрос: почему же эти растворы пропитывали среду лишь в непосредственной близости от точек локализации радиоактивных элементов, а не распространяются в тех же толщах за пределами рудных тел? Для объяснения генезиса всех этих процессов нет необходимости привнесения элементов теми или иными растворами. Логичнее предположить, что такие зоны образуются в условиях высокой ионизации за счет легких ядер, рождающихся в результате преимущественно глубоко асимметричного кластерного распада.

Тяжелые осколки фиксируются тут же, как в мелкодисперсном, рассеянном состоянии, так и в виде минералов. «...Золото в шлифах очень трудно увидеть, ибо оно очень мелкое, особенно в богатых рудах (до 65—70 мкм), ...золото содержится в углистом веществе, в тухолитах, и пиритных прожилках» [3, с. 47].

Образование золота может проходить по следующим реакциям глубоко асимметричного кластерного распада:

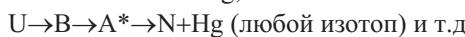
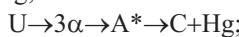
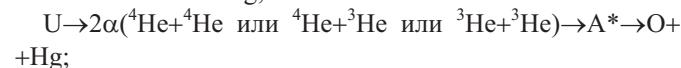
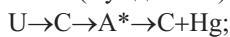


U → Al + Au и т.д., где A* — дочерние нестабильные изотопы. В качестве «побочных продуктов» в каждой реакции выделяется значительное количество нейтронов.

В частности, минерал AuO₂ — златит (открыт Т.С. Тимофеевой), возможно, образуется по следующей схеме: U → B → A* → O + Au в результате взаимодействия много зарядных ионов, образовавшихся одновременно в одной точке. Все перечисленные стабильные элементы всегда присутствуют в ураново-золотых ассоциациях.

В работе [3] говорится, что в состав углеродисто-алюмо-силикатного цемента входят уранинит, браннерит, уранодержащий циркон, монацит, ксенотит, свободное Au (до 1 кг/т) и Au в виде примеси в присутствующих сульфидах. Эти реакции характерны для преимущественно силикатной среды (Витватерсранд), но только с существенной поправкой — именно первичная урановая минерализация способствует образованию углеродисто-алюмо-силикатного цемента.

Для существенно карбонатной среды реакции несколько иные (Кумдыколь):



Автор работы [11] утверждает, что уже общеизвестна связь киновари, ставшей для производственников, как и графит, уран и гелий, одним из поисковых геохимических признаков на алмазы, с углеродистыми (черносланцевыми, карбонатно-черносланцевыми) формациями. Такой же поисковый признак — присутствие ртути над месторождениями углеводородов, где вмещающая среда существенно карбонатная (доманики), и отсутствие ее там, где среда существенно силикатная (бажениты).

Именно этими реакциями можно объяснить и гелий- и азотодержащие алмазы Витватерсранда и «ураганные» содержания гелия в алмазах Кумдыколя и, опять же, «непонятные» его изотопные отношения [11].

Активные элементы-кластеры S образуют соединения с продуктами распада радиоактивных элементов: «...многие зерна уранинита (при среднем размере 75—100 мкм) окаймлены оторочками золота, пирита и других сульфидов. ...Вместе с пиритом встречаются сульфиды: халькопирит, галенит, сфалерит, молибденит, арсенопирит и многие редкие сульфиды;... содержание редких земель в уранините в сумме не более 2,18% (всего лишь!)» [3, с. 48].

Поскольку в каждом акте распада образуется по одному атому стабильного элемента, то и фиксируются они вблизи материнского ядра, хаотично «прилипая» друг к другу, собираясь в агрегаты. Урановая минерализация представляет собой микрозерна ~100 мкм, поэтому агрегаты дочерних элементов не вырастают до макроразмеров.

Химические соединения, порой достаточно сложные, также изначально фиксируются в мелкодисперсной форме, постепенно формируют «...многочисленные каемочки, ореолы пирита вокруг включений циркона (урандержащего), уранинита, браннерита, тухолита, осмистого иридия и других минералов» [3, с. 48]. При достижении характерного для каждого элемента или химического соединения числа атомов или молекул начинается построение кристаллической решетки минерала. При этом могут возникнуть различные варианты. Гегузин (1972) показал, что при напылении золота на монокристалл кремния первая тысяча атомных слоев повторяет решетку подложки и лишь последующие слои, постепенно перестраиваясь, образуют решетку золота. То же происходит с любым элементом или соединением. По словам А.М. Мауленова [11], высокое содержание турмалина в алмазоносных породах Барчинской площади могло способствовать образованию совершенных октаэдрических форм алмаза.

Если же в ближайшей окрестности нет упорядоченной структуры, то «...вокруг первично обломочных зерен пи-

рита нарастают каемки вторичного пирита, формирующие скелетные формы, но с явной тенденцией к образованию метакристаллов» [3, с. 47]. Рассмотрим механизм формирования таких кристаллов.

В природных системах в высокоионизированной обстановке на микронеровностях радиусом кривизны ~ 1 мкм возникают электрические поля очень высокой напряженности до 10^8 В/см. Поскольку в момент рождения кластер представляет собой ядро элемента, т.е. многозарядный ион, то он под воздействием таких полей может переместиться на значительные расстояния и «притянуться» к микровыступам агрегата-зародыша кристалла размерами <10 мкм (первоначально обломочных зерен пирита). Атомы Fe и S «прилипают» к неровностям этих зародышей, образуя в данной точке последовательно агломераты и неупорядоченные FeS₂. Поскольку преимущественное «прилипание» происходит на острие, то радиус кривизны острия уменьшается, а напряженность электрического поля увеличивается. В результате происходит ускоренный избирательный рост структуры по некоторым произвольным направлениям и образование микрокристаллов экзотических форм (ажурных, скелетных), совершенно не свойственных для макрокристаллов данного минерала. В эту структуру могут встраиваться и атомы других элементов, в частности, золота (именно таким образом происходит его накопление в пиритах). При этом природа «зародыша» и конкретного кластера не существенна. Исследователи (Игнатиков Е.Н. и др., 2000) выявили развитие скелетных пиритов размером <10 мкм по мшанкам.

С накоплением некоторой критической массы и достижением определенных линейных размеров, характерных для каждого элемента или соединения, согласно законам термодинамики, начинается упорядочивание системы до специфической кристаллической решетки, причем эти кристаллы обязательно имеют высокую дефектность. Шидловский (Schidlowksi, Trurnit, 1966) отмечает в зернах такого пирита многочисленные ореолы субмикроскопической микротрещиноватости [3].

Особо остановимся на углероде — наиболее значимом кластере при эволюции радиоактивных элементов. Как было сказано, часть его связывается в газообразные соединения и при отсутствии герметизации среды покидает зону рождения, или фиксируется в образующихся кристаллах в виде газовых включений. Под действием ионизации из CH-групп полимеризуются углеводороды произвольного состава, которые в виде газов зачастую создают значительные проблемы при разработке урановых и золотых месторождений. Дебит шахтных углеводородных газов в одной из ураново-золотой шахт в ЮАР составляет 37 000 м³/сут. Существенно, что водорода в этих газах более 95%. Необходимо напомнить, что камнем преткновения в биогенной гипотезе происхождения углеводородов является значительный дефицит в исходном (био)материале водорода и невозможность объяснить, за счет какого источника покрывается этот дефицит при образовании нефти. По предлагаемой модели никаких проблем не возникает, поскольку при каждом акте распада радиоактивных элементов водорода образуется более чем достаточно.

В условиях изоляции данного объема от окружающего пространства (наличие непроницаемых покрышек) и высокого уровня ионизации происходит дальнейшая полимеризация углеводородов, вплоть до нефти и различных битумов, в результате чего в урансодержащих отложениях в

соответствующих условиях накапливаются гигантские месторождения нефти и углеводородных газов [6, 8].

Часть углерода накапливается в твердой фазе в мелко-дисперсной форме и по мере накопления агрегатируется. В ионизированной обстановке в агрегатах начинается построение кристаллической решетки графита. Если по тем или иным условиям степень ионизации повышается, то происходит перестройка этой решетки до алмаза. При этом, поскольку перестройка решетки происходит с поверхности, графитовые агрегаты могут служить зародышами и на них формируются кристаллы типа «графит в алмазе». В работе [11] говорится, что уран способен оказывать радиационное влияние лишь на микроучастки пород, где в органических веществах этих участков (В.Г.Дубинчук и др.) происходят заметные физико-химические процессы, вплоть до образования чешуек графита и зерен алмаза (В.М.Бекетов, Л.И.Климова, 1991); по контакту настурана и органических веществ — реакционная кайма алмаза и муассонита (Т.С.Тимофеева, 1984); а возле микроскопических включений урановых минералов были действительно открыты частицы настоящих графита и алмаза размером 0,1 мкм.

Особенное внимание надо обратить на тухолит, который представляет собой смесь сложных углеводородов переменного состава, содержащих различные количества Th, U, H, O, Au, TR (Витватерсrand). Шидловский и другие исследователи считают, что тухолит — это уранинит, замещенный углеводородами, причем Либенбергу удалось выявить все стадии замещения. Итак, «тухолит — следствие полимеризации углеводородов под воздействием радиоактивного облучения» [3, с. 49], причем степень полимеризации очень высока. В нем обнаружены высокомолекулярные соединения, в т.ч. аминокислоты: глицин, аланин, валин, серин, триорин, глутаминовая, аспартиновая и др., всего десять наименований. «Общее количество аминокислот в тухолите составляет 2—20%, кроме того, в них обнаружены моносахариды: галактоза, глюкоза, манноза, арабиноза, ксилоза, рибоза, рамноза. Р.Кранц доказал возможность образования аминокислот в результате воздействия радиоактивности на аммиак и простые углеводороды типа метана. Там же Шидловский обнаружил ячеистые структуры типа клетчатки двух видов, «но и это не доказывает биогенного происхождения как самих тухолитов, так и оруденения в них» [3, с. 49].

Из всего сказанного можно сделать вывод, что не органика сорбировала уран и другие микроэлементы, а эволюция радиоактивных элементов, и в первую очередь урана способствует образованию не только простых углеводородов, но и таких, из которых в определенных условиях (водный раствор с соответствующей минерализацией + высокий уровень радиации) может образоваться живая клетка. И эта мысль не нова. Еще А.И.Опарин говорил, что органические вещества — углеводороды, азотистые и кислородные соединения — образовались на Земле задолго до появления организмов, и само живое существо впервые возникло за счет углеводородов неорганического происхождения.

Подобные процессы наблюдаются не только в черносланцевых толщах, но и вообще в любом месте фиксации урана и тория независимо от генезиса. Все без исключения месторождения урана на Земле характеризуются наличием рассеянного углерода и большинства перечисленных элементов в том или ином сочетании. Состав и количество их

определяется только временем фиксации урана в конкретном месте и элементным составом вмещающих пород. Такие реакции распада происходят непрерывно, и их интенсивность зависит лишь от интенсивности космического излучения, которое крайне нестабильно.

Следствие этих процессов в черносланцевых отложениях — значительные аномалии в изотопных отношениях некоторых элементов и присутствие изотопов, которым, по мнению ряда исследователей, нет места в данной обстановке. Уже было сказано, что при глубоко асимметричном кластерном распаде любой кластер может быть представлен любым изотопом данного элемента. В частности, в работе [9] было показано, что при таком распаде (который, по мнению автора, является частным случаем нейтронно-индуцированного распада) из каждого изотопа урана может образоваться любой изотоп свинца, включая и «не радиогенный» ^{204}Pb . Согласно точке зрения автора, вокруг радиоактивных элементов в результате эволюционных процессов могут образоваться любые изотопы любых элементов. Это ведет, в частности, к тому, что при некотором среднестатистическом постоянстве соотношения изотопов конкретного элемента, при детальном анализе в определенной точке пространства мы имеем непонятные, зачастую значительные нарушения этого постоянства. Поскольку существование двух абсолютно идентичных геологических обстановок принципиально невозможно, все это приводит к тому, что *каждая элементно-минеральная ассоциация, сформировавшаяся в окрестностях фиксации радиоактивных элементов, уникальна*.

Самый известный пример таких процессов — урановое месторождение Окло, так называемый «природный ядерный реактор». О нем уже так много написано, что повторять не имеет смысла. Отметим лишь несколько фактов. В зоне «реактора» «...хлоритовые филлиты и «черные песчаники» с рассеянным уранинитом и многочисленными микропроявлениями галенита, в котором свинец представлен почти исключительно радиогенным изотопом ^{206}Pb » [4, стр. 167]. Во-первых, сама по себе мысль о фракционировании изотопов в твердой среде и миграция ^{207}Pb и ^{208}Pb куда-то, по утверждению некоторых авторов, абсурдна, тем более, что в окрестностях не выявлены зоны с повышенным содержанием этих изотопов. Во-вторых, если верить авторам работы [4], «природный ядерный реактор» прекратил свое существование где-то в среднем протерозое, но до наших дней в нем все равно должны были накопиться отсутствующие изотопы во вполне заметных количествах. Согласно схеме, приведенной в работе [4, с. 166] зона «реактора» представляет собой линзы порядка первых метров в сечении, в которых на протяжении 500 млн. лет (как утверждают некоторые исследователи) происходило «горение ^{235}U » за счет присутствия в ней воды, при этом на сопряженных участках месторождения вода отсутствовала! В этих же линзах выявлены точки с содержанием ^{235}U выше нормы (!!!), и исследователи не берутся объяснить этот факт.

По мнению автора настоящей статьи, самая главная особенность данного объекта — то, что это *единственный на Земле объект, исследованный с такой скрупулезностью* — $50 \times 50 \text{ см по площади и через } 10 \text{ см по глубине}$. Но все это произошло по причинам, изначально связанным не с научными, а скорее с политическими проблемами. Просто Naudet'у совершенно случайно попался для изотопных исследований концентрат из «реакторной» зоны и вдруг

«выяснилось», что из-за дефицита ^{235}U Франция «недосчиталась» его аж 50 кг, а это как раз на одну атомную бомбу! Именно поэтому на данные исследования были выделены такие значительные средства. Ни одно государство не позволяет себе такие затраты на столь детальные исследования даже урановых объектов. Таким образом, да простят меня коллеги, «природный ядерный реактор» — сказка «для научных сотрудников младшего возраста» и все его особенности можно объяснить с уже изложенных позиций.

Автор берет на себя смелость повториться [7] и еще раз сформулировать закон:

Фиксация радиоактивных элементов в любой точке геологического пространства ведет к накоплению в окрестностях этой точки дочерних продуктов их эволюции по различным каналам распада. Спектр этих продуктов в общем случае может перекрывать всю Периодическую таблицу. При этом состав и количество тех или иных стабильных дочерних элементов, их изотопные отношения есть функция концентрации исходных радиоактивных элементов, элементного состава вмещающей среды, интенсивности внешнего воздействия на данный объект за геологическую историю и времени.

Из этого закона вытекают два следствия:

1. Эволюция радиоактивных элементов ведет к изменению вмещающей среды, что происходит как за счет деструктивных процессов в среде, сопровождающих распад таких элементов, так и вследствие образования новых элементов и минералов и их изменения под воздействием, прежде всего, ионизирующего излучения. Изменение состава среды ведет к изменению перечня вновь нарабатываемых элементов.

2. Состав элементно-минеральных ассоциаций и изотопные отношения элементов в них уникален для каждой точки фиксации радиоактивных элементов и может служить идентификационным признаком данного объекта по принципу «отпечатков пальцев» [14].

В заключение надо отметить, что геологическое пространство Земли — частный случай ее физического пространства, и все физические процессы (в первую очередь, ядерно-физические) характерны для любых геологических объектов. Интенсивность и направленность этих процессов определяются граничными условиями — количеством радиоактивных элементов в данной точке пространства, интенсивностью внешнего воздействия (космического излучения) на конкретный объект за его геологическую историю и элементным составом вмещающей среды.

Таким образом, «черносланцевые отложения» — название условное и не вполне удачное, поскольку характеризует соответствующие объекты лишь по внешнему признаку, не раскрывая их сути. И «феноменальная металлоносность углеродистых осадков» [2, с. 8] есть нормальное следствие ядерно-физических процессов, которые идут всегда и обязательно в любой точке фиксации радиоактивных элементов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бекетов В.М. Функции урана в осадках доманикового типа (ОДТ) / Геохимия, минералогия и литология черных сланцев. — Сыктывкар, 1987.
2. Ермолаев Н.П., Созинов Н.А., Флициан Е.С. и др. Новые вещественные типы руд благородных и редких элементов в углеродистых сланцах. — М.: Наука, 1992.

3. Кренделев Ф.П. Металлоносные конгломераты мира. —Новосибирск: Наука, 1974.
 4. Лаверов Н.П., Смилкстин А.О., Шумилин М.В. Зарубежные месторождения урана / Под ред. Н.П.Лаверова. —М.: Недра, 1983.
 5. Лебедева Г.В., Гольдберг И.С. Геохимия, минералогия и литология черных сланцев. —Сыктывкар, 1987.
 6. Лесовой Ю.И. Генезис нефтегазовых углеводородов как результат эволюции нестабильных элементов // Геология, геофизика и разработка нефтяных месторождений. 2001. № 8. С. 28—32.
 7. Лесовой Ю.И. К вопросу об эволюции вещества Земли // Отечественная геология. 2007. № 2. С. 83—89.
 8. Лесовой Ю.И. О генезисе углеводородов и механизме формирования их залежей в кристаллических породах // Геология, геофизика и разработка нефтяных месторождений. 2001. № 12. С. 8—11.
 9. Лесовой Ю.И., Тимофеева Т.С. Эволюция нестабильных ядер и формирование природных минеральных парагенезисов //
- Геологическое изучение и использование недр. Вып. 1. —М.: ЗАО «ГеоИнформМарк», 1998. С. 3—8.
 10. Лесовой Ю.И., Тимофеева Т.С., Сисенгалиев А.Г., Калдышикина Т.В. Особенности распределения естественных нуклидов в зоне гипергенных изменений // Разведка и охрана недр. 1997. № 12. С. 15—18.
 11. Маулев А.М. Введение в учения о Земле XXI века с новой (научной) минерагенией алмазов. —Алматы: Онер, 2001.
 12. Неручев С.Г. Периодичность крупных геологических и биологических событий фанерозоя // Геология и геофизика. 1999. Т. 40. № 4. С. 493—511.
 13. Пеньков В.Ф. Уран и углеводороды. —М.: Недра, 1989.
 14. Тимофеева Т.С., Протодьяконов А.М. Способ определения принадлежности исследуемого образца к конкретной природной минеральной ассоциации и способ анализа естественного состава природной минеральной ассоциации. Патент России № 208958 от 27.08.97.
 15. Rose H.J., Jones G.A. A new kind of natural radioactivity // Nature. 1984. Vol. 307. P. 245—247.

УДК 525.211

© Е.С.Кучин, 2007

Есть ли жизнь на Марсе?

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

Есть две крайние точки зрения на возможности существования жизни на других планетах Вселенной. Одни ученые утверждают, что органическая жизнь на Земле — явление уникальное. Другие, наоборот, заявляют, что во Вселенной тысячи планет имеют биосферу. Обе точки зрения аргументированы крайне недостаточно.

Развитие органической жизни определяется такими факторами как наличие воды, атмосфера определенного состава и озонового слоя, удаление планеты от центрального светила (звезды) и, соответственно, температура на поверхности планеты и диапазон ее колебаний в течение суток и года, давление воздушного столба, величина ускорения силы тяжести, радиационный фон, скорость вращения вокруг центрального светила и своей оси и др. Изменение любого из этих условий может сильно повлиять как на само развитие органической жизни, так и на ее облик и разнообразие. Существенные изменения условий могут привести к гибели всей или почти всей живой природы, что, вероятно, не раз происходило в течение жизни нашей планеты. Полное вымирание отдельных видов животных — установленный факт.

Статистика, позволяющая предположить существование множества планет, имеющих биосферу, отсутствует. Например, неизвестно, сколько планет из миллиардного их количества находится на оптимальном для развития жизни расстоянии от центрального светила, а какой процент из числа этих планет имеет кислородно-азотную атмосферу и озоновый слой? Какое количество из таких планет располагает водными ресурсами? Для определения вероятности обнаружения обитаемых космических тел следует пройтись по всем условиям, оказывающим влияние на развитие жизни. Однако такой статистики не может быть при современном уровне знаний о Вселенной.

Наблюдая все минеральное и органическое разнообразие, существующее на Земле, и пути его зарождения, можно сформулировать два эмпирически выведенных закона:

природа бесконечно многообразна в своих проявлениях: например, из шести с половиной миллиарда человек нет двух совершенно одинаковых;

природа однообразна в процессах, в результате которых образуются природные объекты: все шесть с половиной миллиарда человек появились в результате одного и того же процесса — оплодотворения яйцеклетки.

Вопрос возможности существования разумной жизни на других планетах следует разделить на два:

1) возможность существования разумной жизни на других планетах в данный момент; 2) возможность существования разумной жизни на других планетах когда-либо вообще.

На основании первого закона можно сказать, что во Вселенной нет второй планеты с земными параметрами. Поэтому возможность существования в данный момент разумной жизни еще где-то во Вселенной равна нулю.

Можно возразить, что мы понимаем жизнь очень узко, т.е. так, как мы ее наблюдаем на Земле, что могут быть и альтернативные ее формы. Космос настолько богат и его потенциальные возможности в создании неорганической и органической жизни настолько широки, что в других условиях возникает другая жизнь. Но мы ищем форму жизни, адекватную нашей, хотим общаться с ее представителями. Какая-то другая, совсем не понятная нам, может быть, и существует, но об этом мы никогда не узнаем, потому что не представляем ни характера ее существования, ни ее проявлений, а она проявлять себя в понятном для нас виде не хочет или не может.

На Земле существенно менялись условия с течением времени, поэтому спектр видов живых существ, имевших возможность существовать и развиваться, был довольно широк. Возможно, он не охватил всего разнообразия, которым располагает Природа. На основании данных палеонтологии, археологии и биологии общее представление о разнообразии видов живых организмов у нас все-таки сложилось, и зеленым человечкам там пока места нет.

Второй закон позволяет предположить, что все планеты во Вселенной зарождались и развивались по той же схеме, что и Земля. А если исходить из космического происхождения органического вещества, то основа для возникновения жизни должна быть на всех планетах. Есть вероятность того, что где-то существовала или будет существовать планета, находящаяся на оптимальном расстоянии от центрального светила и имеющая на своей поверхности все благоприятные условия для развития жизни. Однако период существования собственно человеческой цивилизации на Земле (человечество, технически хорошо вооруженное) в истории планеты — просто миг, и совпадение таких «мигов» по времени в развитии двух отдельно взя-

тых планет с разными параметрами, несмотря на великое множество космических тел и общие законы их развития, трудно предположить.

Неутомно от осознания того, что земная цивилизация одна во Вселенной. Человечество в период своего существования вряд ли сможет установить контакты с внеземными цивилизациями, и встреча с инопланетянами в ближайшем будущем не состоится. Межпланетные путешествия, о которых человечество мечтает очень давно, не принесут каких-то ошеломляющих открытий. Чтобы получить представление о других планетах, не нужно лететь даже на Марс — достаточно детально изучить нашего ближайшего соседа — спутник Земли Луну.

УДК 550.93

© И.А.Апанович, 2007

Источники достоверности радиологического датирования

И.А.АПАНОВИЧ (ОАО «Гравиметрическая экспедиция №3»)

На III Всероссийской конференции по изотопной геохронологии (6—8 июня 2006 г.) «ни один из более чем 50 докладчиков не усомнился в том, соответствуют ли приводимые даты возрасту породы, массива, комплекса, никто даже не произнес слов «достоверность», «мера достоверности» — достоверность подразумевалась сама собой» [4, с. 101].

«Безоглядное фетиширование» радиологических данных не удовлетворило участников конференции, поэтому в итоговом постановлении намечены меры по совершенствованию методик определения абсолютного возраста пород, привлечению специалистов регионального проффиля, координации работ и обмену информацией. В качестве главных причин, влияющих на достоверность геохронологических привязок, чаще фигурируют лабораторные ошибки определения возраста, сложности в отборе представительного материала для анализа, а также неуверенность в стабильности изотопной системы, результирующие параметры которой определяет исследователь.

В данной работе рассматривается последний фактор, представляющий следствие длительных процессов превращений глубинного вещества, в т.ч. и естественного распада ядер атомов радиоактивных элементов. Для этого ответим на два вопроса: почему, как установили исследователи, содержание радиоактивных элементов с глубиной убывает? Каковы особенности естественного распада ядер атомов радиоактивных элементов в природе?

Доступная информация общефизического характера свидетельствует о том, что скорость распада радиоактивного вещества прямо пропорциональна концентрации этого вещества (в данном случае — содержанию в породах). Это положение не нуждается в особых доказательствах, хотя и опровергает допущение о постоянстве скорости распада радиоактивных элементов независимо от внешних условий, изначально заложенное в методике абсолютной геохронологии. Существующие представления об особенностях ранних стадий развития, а также наиболее вероятные геодинамические механизмы эволюции планеты [2] позволяют предположить:

1. На ранних этапах земного существования происходило лавинообразное (почти по принципу превращения ве-

щества в ядерных зарядах) накопление продуктов распада, фиксируемое сейчас в увеличении возраста наиболее глубинных образований. Затем в процессе формирования земной коры (и литосферы в целом) оставшаяся часть радиоактивных элементов была вынесена в верхние части коры, а в условиях более интенсивного давления распад продолжался, что в настоящее время фиксируется как дефицит атомов радиоактивных элементов с увеличением глубины.

2. Простые физические законы свидетельствуют о тесной зависимости особенностей взаимодействия систем от внешнего поля тяготения. Капля воды в своем естественном виде не может существовать в условиях громадных давлений земных недр. Чем интенсивнее силы тяготения, тем быстрее происходит и распад атомов радиоактивных элементов. Следует четко разделять теоретические положения и их следствия. Постоянство естественного распада как философский принцип, лежащий в основе функционирования любых систем, не надо смешивать с динамикой — параметрами такого процесса. Интенсивность распада зависит от внешних сил тяготения и концентрации атомов. За одно и то же время может, к примеру, распадаться вначале 100 млн.ядер атомов, а в последующие периоды в несколько раз меньше. Нет сомнений, что масса накапливавшаяся в породе «радиогенного» свинца-индикатора будет различной.

В итоге исследователи вынуждены фиксировать колебания содержаний элементов-индикаторов, представляющих собой только следствие распада атомов радиоактивных элементов за последние, например, несколько десятков миллионов лет. Интервал глубин в этом случае практически соответствует толщам земной коры. Изучение процесса происходит на фоне уже существующего «возрастного фундамента». Распределение продуктов распада в составе такого фундамента (метаморфическо-кристаллических архейско-протерозойских породах) весьма сложно, и это постоянно «путает карты» исследователям. Разделение комплексов магматических пород на фазы может быть следствием не только хронологической последовательности их формирования, но и глубинности. Однако простых соотношений ожидать не приходится. Например, интрузивы

палеозоя формируются за счет плавления субстрата уже с неравномерным содержанием и радиоактивного вещества, и продуктов распада. Основной расплав с изначально (еще до образования коры) пониженным содержанием атомов радиоактивных элементов, имеющий более низкую температуру плавления, в условиях более высоких давлений будет обогащаться продуктами распада урана. Более кислые разности могут прорывать породы первой фазы и быть богаче «радиогенным свинцом», уже существующим до эпохи магматизма. Интервал перекрывающихся значений возраста может быть весьма широким.

В Центральном Казахстане изучены докембрийские вулканиты и гранитоиды Атасу-Жамшинского междуречья. Уран-свинцово-ториевый и калий-argonовый методы дают возраст образований в пределах 370—1400 млн. лет [1]. Можно ли на фоне такой возрастной неопределенности корректно дать хронологию формирования тех же девонско-ордовикских интрузий Алтае-Саянской складчатой области? Напрашивается отрицательный ответ, т.к. «ордовикско-силурский период в Алтае-Саянской области является амагматичным и в отложениях этого возраста нет даже туфогенного материала» [4, с. 101]. Однако в какой степени проанализированы геодинамические условия формирования вулканитов Агульского грабена Восточного Саяна? Именно анализ геодинамики позволяет предположить, что в условиях тангенциальных подвижек блоков земной коры могли создаться условия для образования сублинейных грабенообразных прогибов и накопления магматического материала данного возраста, последующего воздымания и денудации эффузивно-осадочных пород. По данным геологосъемочных работ в отложениях ордовика мощность межпластовых интрузий основного состава значительно возрастает в направлении присаянских прогибов, а состав ордовикско-силурских отложений в прогибах — предмет, требующий отдельного рассмотрения. Отметим, что значения возраста, полученные для вулканитов Агульского грабена

[3], независимо подтвердили реальность выводов, следующих из материалов изучения глубинного строения и особенностей геодинамики территории в районе геотраверса Карабула—Восточный Саян.

Еще один пример — проблема возраста алмазов. Определение возраста по минералам-включениям практически всегда дает значения, соответствующие архею. Не все исследователи согласны с этим, и тем не менее, проблема решается только с учетом влияния 150—200-километровых глубин формирования алмазов (и существующего там громадного давления).

Актуальность озвученных на конференции вопросов очевидна. Без четких представлений о последовательности и особенностях образования геологических тел нельзя эффективно выполнять геологоразведочные работы. Устойчивость всего «здания геохронологии» прямо зависит от надежности фундамента, правильности заложенных общефизических законов. Количество анализируемого в образцах элемента-индикатора — функция продолжительности периода распада и накопления, а также интенсивности распада и накопления. Интенсивность распада определяется исходным числом атомов радиоактивных элементов (различным для разных эпох земной эволюции) и величиной сил тяготения в области распада. Только решив эти вопросы, можно существенно увеличить достоверность изотопного датирования в геологии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авдеев А.В. Докембрийские магматические образования Атасу-Жамшинского междуречья (Центральный Казахстан) / Проблемы докембрийского магматизма. —Л., 1974. С. 190—193.
2. Апанович И.А. Гравитация. Прошлое, настоящее и будущее вечно движущегося мира. —Красноярск, 2006.
3. Даценко В.М. Геотектоническая позиция Агульского грабена Восточного Саяна / Геология и минеральные ресурсы Центральной Сибири. —Красноярск, 2005. С. 187—193.
4. О достоверности радиологического датирования // Отечественная геология. 2007. № 2. С. 101—103.

К 100-летию со дня рождения Василия Васильевича Фролова

Василий Васильевич Фролов — заслуженный геолог РСФСР, главный геолог по золоту Министерства геологии РСФСР — родился 30 декабря 1907 г. в с. Дубовка Ардатовского уезда Нижегородской губернии в крестьянской семье. По окончании семилетней школы и Нижегородского рабфака в 1930 г. он был командирован на учебу во вновь созданный в г. Иркутск Институт золота и платины, преобразованный затем в Иркутский горный институт (сейчас Иркутский государственный технический университет (ИрГТУ)), который окончил в 1935 г. по специальности «Поиски и разведка месторождений полезных ископаемых», позже работал там ассистентом, а затем преподавателем на кафедре разведочного дела.

В 1941—1945 гг. В.В.Фролов был начальником экспедиции по поиску и разведке месторождений золота на севере Хабаровского края, в 1945—1951 гг. — заместителем главного геолога, главным геологом, заместителем начальника прииска Октябрьского в Амурской области, а с 1952 г. — заместителем главного геолога треста «Амурзолото».

В 1952—1957 гг. Василий Васильевич Фролов курировал в Министерстве цветной металлургии СССР геологические организации Главзолото и Дальстроя. С момента организации геологоразведочной службы РСФСР (1957) в течение 20 лет он работал главным геологом по золоту и платине в Управлении минеральных ресурсов Главгеологии РСФСР, переименованного в 1964 г. в Госгеолкомитет РСФСР, а в 1966 г. — в Министерство геологии РСФСР. Участвовал в проведении более 20 экспертных комиссий с выездом в приисковые и рудные районы по вопросам оценки перспектив золотоносности, разработки эффективных направлений геологоразведочных работ на золото, расширения сырьевой базы золотодобывающих предприятий и др.

В.В.Фролов принимал активное участие в организации курсов повышения квалификации геологов по рудному и россыпному золоту и читал лекции на этих курсах. С 1964 по 1977 гг. он был председателем Государственной квалификационной комиссии по выпуску техников-геологов в Старооскольском и Московском областном геологоразведочных техникумах. В.В.Фролов был одним из рецензентов союзного баланса по золоту, членом секции золота и алмазов Центральной комиссии по запасам полезных ископаемых Министерства геологии СССР, председателем секции золота и алмазов, членом постоянно действующей



Комиссии по запасам полезных ископаемых Министерства геологии РСФСР, членом Государственного комитета по координации научно-исследовательских работ при Совете Министров РСФСР и членом секции россыпей Научного совета по рудообразованию Отделения наук о Земле Академии наук СССР. Своей работой он был увлечен и получал от нее большое удовлетворение, а свою жизнь оценивал так: «Однажды я выбрал геологию и никогда об этом не пожалел».

За успешную работу В.В.Фролов награжден орденом Трудового Красного Знамени (1963), медалью «За доблестный труд в Великой Отечественной Войне» (1945), юбилейными медалями (1970, 1975) и нагрудным знаком «Отличник разведки недр» (1967). В 1973 г. ему присвоено почетное звание заслуженного геолога РСФСР.

Редакция журнала

К 100-летию со дня рождения Николая Никитича Ростовцева

В нас вера есть,
И не в одних богов.
Нам нефть из недр
Не поднесут на блюдце
Б.Высоцкий

Николай Никитич Ростовцев родился 30 ноября 1907 г. в Приморском крае. В 1931 г. поступил на геологоразведочный факультет Ленинградского горного института, совмещая учебу с работой в полевых геологических партиях. Уже тогда Н.Н.Ростовцев начал исследования по Западной Сибири. В 1949 г. он стал начальником Западно-Сибирской экспедиции ВСЕГЕИ и навсегда связал свою жизнь и судьбу с Сибирью. Западно-Сибирская ростовцевская одиссея продолжалась 30 лет. Он умер в 1981 г. и похоронен в Ленинграде.

Лишь только к 100-летию со дня рождения Н.Н.Ростовцева становится ясно величие этого человека в его делах и открытиях. Ветераны помнят, как он лично перелопачивал первичные геологические и геофизические материалы по Западной Сибири. Под его руководством зрелые геологи Ленинграда и юные сибиряки стали дотошно изучать керн первых скважин, строить разрезы, выделять свиты, составлять карты. Фактически именно Н.Н.Ростовцев заложил основы перспектив нефтяной геологии Западной Сибири.

Автор оценивает роль и вклад этого выдающегося исследователя через свои личные впечатления.

В 1957 г. в Новосибирске был создан Сибирский научно-исследовательский институт геологии, геофизики и минерального сырья (СНИИГГиМС), который в значительной мере пополнялся специалистами из лабораторий и партий треста «Запсибнефтегеология», где автор статьи работал в конце 1950-х годов. Первым директором СНИИГГиМС был М.В.Касьянов, ученым секретарем — Г.П.Богомяков (в дальнейшем секретарь Тюменского обкома КПСС). Летом 1959 г. во время совместной поездки на полевые работы по Томскому Приобью Г.П.Богомяков предложил автору публикации поступить в заочную аспирантуру СНИИГГиМС. Осенью того же года автор настоящей статьи был зачислен в аспирантуру, его научным руководителем был определен Н.Н.Ростовцев — начальник отдела нефти СНИИГГиМС.

Автор данной статьи в те годы активно занимался геохимией, в тресте была создана специальная геохимическая партия. Николай Никитич, просмотрев материалы и отчеты, одобрил направление докторской работы автора статьи. Вскоре он уехал в Тюмень, где организовал Тюменский филиал СНИИГГиМС, который позднее стал самостоятельным Западно-Сибирским научно-исследовательским геологоразведочным нефтяным институтом (ЗапСибНИГГИ).

Осенью 1961 г. приехав в г.Тюмень к Н.Н.Ростовцеву для окончательного согласования докторской работы, автор жил у него на квартире, где работал над рукописью, в спорах с Николаем Никитичем обсуждая и улучшая работу.

В начале 1962 г. прошла защита кандидатской докторской диссертации автора на тему «Геолого-геохимическая характеристика мезозойских отложений и перспективы нефтегазоносности Обь-Иртышского междуречья». Защиту вел ака-



демик А.Л.Яншин, отметивший, что подобной работы уже давно не было. Разумеется, это была заслуга Н.Н.Ростовцева — доброжелательного и требовательного учителя.

Работая несколько лет за пределами СССР, автор поддерживал связь с Н.Н.Ростовцевым. Николай Никитич предложил приехать в г.Тюмень на работу в ЗапСибНИГГИ, однако судьба опять распорядилась иначе. При встречах Николай Никитич сожалел, что автору пришлось заниматься поисками нефти в Новосибирской области, южных районах Западной Сибири, на землях, которые большинство авторитетных ученых считало малоперспективными. Автор публикации много времени уделял вопросам нефтегазоносности палеозоя Западной Сибири.

Следует сказать, что Николай Никитич часто сомневался в перспективности палеозойского фундамента территории Западной Сибири. Однажды сгоряча он сказал такую фразу: «Ты что же, хочешь получить молоко и от быка? Такого в природе не бывает». Но как геолог «широкого поиска», к этому направлению он относился с пониманием, однако всегда подчеркивал, что классику надо уважать.

Необходимо отметить, что Новосибирскому геологоуправлению удалось решить эти сложные проблемы. В 1970 г. было открыто Верх-Тарское нефтяное месторождение, которое по сегодняшним расчетам относится к категории крупных и находится в стадии активной разработки. В 1974 г. было открыто и разведано первое в Западной Сибири Малоицкое месторождение в палеозойском фунда-

менте. По добыче нефти Новосибирская область сегодня находится на третьем месте среди сибирских регионов после Тюмени и Томска.

Николай Никитич Ростовцев был многогранным геологом. Он владел практически всеми существующими в то время методами нефтяной геологии и хорошо знал стратиграфию, литологию, тектонику. Он лично описывал и изучал разрезы скважин, что помогло ему создать основу геологического строения Западной Сибири. Тщательная обработка разрезов опорных, параметрических и других скважин позволила составить региональные систематизированные стратиграфические схемы, а по геофизическим данным (гравиметрия, магнитика, сейсморазведка) были созданы тектонические карты. Надо отметить, что вся трудоемкая часть исследований проводилась сотрудниками разных организаций под руководством Н.Н.Ростовцева, а обсуждение результатов и окончательная отрисовка карт и схем осуществлялись коллегиально, часто в многочасовых активных дискуссиях ученых и производственников за круглым столом. В перспективном прогнозировании и разработке направлений нефтепоисковых работ на огромной территории Западной Сибири, охватывающей более 3 млн.км², ростовцевские карты и схемы сыграли определяющую роль.

Уместно вспомнить предвидение Н.Н.Ростовцева, сформулированное им в 1958 г., когда в Западной Сибири еще не было ни одного промышленного месторождения нефти. В книге «Геологическое строение и перспективы нефтегазоносности Западно-Сибирской низменности», изданной в Госгеолтехиздате в 1958 г., он писал: «Наличие в мезокайнозойском покрове мощностью до 4000 м хороших и многочисленных песчаных коллекторов для нефти и газа, мощных непроницаемых глинистых покрышек, пологих крупных структур платформенного типа, ...позволяет отнести по ожидаемым запасам нефти и газа территорию низменности к одной из крупнейших в будущем нефтегазоносных провинций в СССР».

Николай Никитич Ростовцев владел всей новой информацией, получаемой при поисково-разведочных работах на нефть и газ в Западной Сибири. Необходимо было уточнять и корректировать направления работ, а также объяснять и отрицательные результаты. Так, учитывая специфику Берёзовского газоносного района, он построил карты гипсометрических высот газовых залежей и карты пластовых давлений. На картах, составленных им в 1956—1961 гг., были показаны изобары метана для нижней части платформенного чехла и изолинии содержания тяжелых углеводородов в газах, растворенных в водах этой части разреза, а также изотермы глубоких горизонтов.

Для южных районов Западной Сибири, где не удавалось открыть нефтегазовые месторождения, Н.Н.Ростовцев основал концепцию о промытости недр, доказывая это составом пластовых вод и растворенных газов. Он также считал, что внешний южный пояс Западной Сибири был средой для активного развития бактерий, которые уничтожали углеводороды.

Николай Никитич был принципиальным, а часто и не-примиримым исследователем. Поздней осенью 1960 г. в г.Тюмень проходило рабочее совещание, на котором обсуждались направления, объекты и объемы поисково-разведочных работ на 1961 г. и ближайшую перспективу. Из вступительного слова Ю.Г.Эрвье и доклада Л.И.Ровнина следовало, что все силы будут сконцентрированы в Березовском газоносном районе, чтобы там увеличить запасы и

создать надежную базу для газоснабжения крупных промышленных центров Урала. Планировался газопровод на город Серов. Одновременно предполагали увеличить объемы работ в Шаймском нефтеносном районе. Такая концентрация работ в западной Приуральской части Западной Сибири предусматривала свертывание нефтепоисковых работ в Широтном Приобье. В этом решении чувствовалась позиция московских органов власти, которые считали неправильным распыление средств на огромной территории по многим объектам. Возможно, в этом просматривалась «хозяйственный подход», но он противоречил главному геологическому принципу — успех в нефтепоисковых работах обеспечивает широкий поиск (и добавим — неумная жажда открытый и профессиональный риск).

Концепция «широкого поиска» особенно в малоизученных районах, включая и новые глубокозалегающие горизонты, имеет достаточно хорошее научное обоснование — детерминистский хаос в процессах формирования крупных и высокодебитных скоплений нефти и газа.

Большинство участников совещания поддерживало планы тюменского геологического руководства, против были только Н.Н.Ростовцев и Ф.К.Салманов. Этот эпизод описан Ф.К.Салманов в своей книге «Сибирь — судьба моя» (1988). Процитируем некоторые выдержки из этой книги (с. 131—141):

«На столе лежала обзорная геологическая карта, где Сургутское Приобье обозначалось белым пятном. Я просил увеличить объемы бурения в нашем районе, уверял, что в самое ближайшее время мы получим промышленный приток нефти.

Но вот на трибуне один из ученых.

— Салманов не прав, — заявил он. — Видимо, он не знает ту геологическую обстановку, которая существовала в юрскую и меловую эпохи. Считаю, что лучше в этом районе не расходовать средства. Сургутская затея неумна. И это обязан знать молодой геолог Салманов.

В конце совещания выступил авторитетнейший специалист Н.Н.Ростовцев. Именно по его рекомендации для изучения Западно-Сибирской низменности в начале 50-х годов были заложены опорные скважины...

В своем выступлении Н.Н.Ростовцев решительно поддержал нас и заметил, что сургутские геологи правы в своих прогнозах. Тем не менее, в решении этого совещания Сургутская экспедиция была «забыта». Это означало дальнейшее сокращение объемов бурения и геофизических работ».

Не успели высохнуть чернила в решении этого совещания, и Сургутская экспедиция еще работала, как 20 марта 1961 г. был получен знаменитый Мегионский фонтан. Утром 21 марта 1961 г. московский диктор в «Последних известиях» объявил: «В центре Западно-Сибирской низменности, недалеко от села Нижневартовск, с глубины более 2000 м впервые получен фонтан нефти дебитом 200 т/сут».

Крупнейшая в мире Западно-Сибирская нефтегазоносная провинция была открыта в результате самоотверженного героического труда первопроходцев: ученых, геологов, геофизиков, партийных и советских работников. Всю свою жизнь, страсть и профессиональное мастерство отдал этой победе Николай Никитич Ростовцев — учитель и наставник автора данной публикации.

Н.П.Запивалов

Список статей, опубликованных в журнале «Отечественная геология» в 2007 г.

Ледовских А.А. Предисловие к книге Е.А.Козловского «Страны СНГ: исследование недр — стратегическая проблема». № 6. С. 3.

ОТЕЧЕСТВЕННОЕ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЕ

Актуальное интервью с заместителем министра природных ресурсов Российской Федерации А.И.Варламовым. № 1. С. 3.

Актуальное интервью с министром природных ресурсов Российской Федерации Ю.П.Трутневым. № 2. С. 3.

Ковалев Л.Н., Ян-жин-шин В.А. Создание и развитие единой геологической службы Якутии и ее роль в формировании минерально-сырьевой базы. № 1. С. 22.

Королева О.В. Из истории Института геологии алмаза и благородных металлов СО РАН. № 5. С. 3.

Оганесян Л.В. Геологический комитет и геологическая служба России: штрихи истории и современности. № 2. С. 10.

Петров О.В. От Геолкома к ВСЕГЕИ: традиции и тенденции развития геологических исследований в России. № 1. С. 7.

ОРГАНИЗАЦИЯ, УПРАВЛЕНИЕ, ЭКОНОМИКА, НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЕ

Бавлов В.Н., Михайлов Б.К., Беневольский Б.И., Ручкин Г.В. Перспективы создания новых горнорудных центров на юге Сибири и Дальнего Востока. № 3. С. 9.

Беневольский Б.И., Вартанян С.С., Кривцов А.И., Мигачев И.Ф., Михайлов Б.К. Программно-целевая система прогноза и воспроизводства минерально-сырьевой базы твердых полезных ископаемых России как основа инновационных технологий геологоразведочных работ. № 3. С. 4.

Ледовских А.А. Минерально-сырьевые базы новых горнорудных проектов России. № 3. С. 3.

ОРГАНИЗАЦИЯ, УПРАВЛЕНИЕ, ЭКОНОМИКА, НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЕ

Кривцов А.И. Мировое минерально-сырьевое обеспечение экономического развития — ретроспектива и прогнозы. № 2. С. 15.

Романченко А.А. На пути реструктуризации геологической отрасли. № 6. С. 5.

МЕТАЛЛОГЕНИЯ И МИНЕРАГЕНИЯ

Ветлужских В.Г. Золотоносность Северо-Становой металлогенической зоны (Южная Якутия, Амурская область). № 1. С. 59.

Гаврилов А.А. Новые данные о структурном положении Кавалеровского и Дальнегорского рудных районов (Приморье). № 6. С. 27.

Горбачев В.Ф., Лузин В.П., Лисов А.С., Шильников А.А. Слюдистые каолины Орского Зауралья как перспективный вид сырья для получения мелко- и микроразмерного мусковита. № 6. С. 20.

Иволга Е.Г. Минерагеническая интерпретация аномалий гравитационного и магнитного полей юга Дальнего Востока России. № 6. С. 8.

Истомин И.Н. Раннепротерозойские перикратонные мульды и металлогенез раннего докембрия восточной части Сибирской платформы. № 1. С. 37.

Кондратьева Л.А., Анисимова Г.С. Золотое оруденение нового типа в Аллах-Юньской металлогенической зоне. № 5. С. 11.

Костин А.В., Денисов Г.В. Крупные благороднометаллические рудно-магматические системы Западного Верхоянья. № 5. С. 17.

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВЫЕ РЕСУРСЫ

Габриэлянц Г.А. О новой Российской классификации запасов и ресурсов нефти и горючих газов. № 4. С. 3.

Гладков Е.А., Гладкова Е.Е. Трехмерная геологическая модель Средненорольского месторождения нефти Томской области на основе его геологической изученности. № 2. С. 51.

Зотеев А.М., Белинкин В.А., Коновалов Е.А., Янкеевич В.Ф., Белей И.И. Совершенствование технологии строительства нефтепроизводочных скважин в Якутии. № 1. С. 105.

Исмаил-Заде А.Д., Ализаде А.А., Гулиев И.С., Бабаев Д.Х., Гаджиев А.Н. Сквозная флюидодинамическая система Южно-Каспийской впадины. № 4. С. 12.

Кузнецов О.Л., Цой В.Е., Тихонов А.С., Кашик А.С. Разработка и применение полномасштабных программных комплексов для геологического, гидродинамического моделирования и мониторинга разработки месторождений углеводородного сырья. № 2. С. 43.

Ситников В.С., Ковалев Л.Н., Аржаков Н.А., Сереженков В.Г. Ресурсный потенциал нефти и газа Республики Саха (Якутия) как основа развития топливно-энергетического комплекса Дальневосточного региона. № 1. С. 33.

Хавкин А.Я. Особенности создания программных комплексов для мониторинга разработки нефтяных месторождений. № 2. С. 36.

Шилов Л.П., Краснова Ю.Л. Нефтегазоносность рифея Ухтинской складки Тимана. № 4. С. 7.

Шумилин М.В. Уранорудные провинции мира и ресурсный потенциал урана: попытка количественного анализа. № 2. С. 48.

Якимов А.С., Ермолова Т.Е., Волков Д.С. Перспективы поиска неантклинальных ловушек в терригенных отложениях верхнего девона и нижнего карбона на северо-востоке Республики Татарстан. № 6. С. 33.

РУДНЫЕ И НЕРУДНЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Афанасьев В.П., Зинчук Н.Н., Избеков Э.Д., Подъячев Б.П. Перспективы алмазоносности южного борта Вилюйской синеклизы. № 1. С. 119.

Ахманов Г.Г., Васильев Н.Г., Егорова И.П., Ходаковский Ф.И., Единцев Е.С. Новый тип месторождений барита в Хакасии. № 3. С. 65.

Беляев Е.В., Чайкин В.Г., Аксаментов Е.В., Глебашев С.Г., Курбанов М.М., Никифоров Ю.А., Омельченко В.Л. Перспективные направления развития минерально-сырьевой базы нерудных полезных ископаемых Северного Кавказа. № 3. С. 71.

Богуш И.А., Курбанов М.М., Труфанов В.Н., Рылов В.Г. Субмаринные сульфидные постройки медноколчеданного месторождения Кизил-Дере. № 2. С. 61.

Булнаев К.Б. Аршанско-Бастнезитовое месторождение карбонатитов — возможный источник бастнезитовых руд. № 3. С. 63.

Вафин Т.Р., Вафин Р.Ф. Технология оперативной прогнозно-минерагенической оценки территории путем создания системных моделей по комплексу структурно-геофизических данных (на примере кимберлитовых объектов Западной Якутии). № 4. С. 17.

Горянин П.М., Коноплева Н.Г., Иванюк Г.Ю., Яковенчук В.Н. Структурная организация рудной зоны Коашвинского апатит-нефелинового месторождения. № 2. С. 55.

Григоров С.А., Ворожбенко В.Д., Кушнарев П.И., Маркевич В.Ю., Токарев В.Н., Чичев В.И., Ягубов Н.П., Михайлов Б.К. Наталинское золоторудное месторождение — строение и основные поисковые признаки. № 3. С. 43.

Данковцев Р.Ф. Использование совместного анализа гравиметрических и сейсмических глубинных разрезов при прогнозных исследованиях. № 2. С. 67.

Кривцов А.И. Минерально-сырьевое обеспечение валового внутреннего продукта — система показателей многовариантного прогноза. № 1. С. 15.

Кривцов А.И., Беневольский Б.И., Блинова Е.В. Принципы и критерии отнесения месторождений твердых полезных ископаемых к стратегическим — США и Россия. № 3. С. 57.

Михайлов Б.К., Вартанян С.С., Аристов В.В., Беневольский Б.И., Блинова Т.А., Веремеева Л.И., Волкова Н.М., Волчков А.Г., Киммелман С.А., Ключарев Д.С., Комин М.Ф., Кочнев-Первухов В.И., Кременецкий А.А., Курбанов Н.К., Кучеревский П.Г., Мигачев И.Ф., Михайлов С.Б., Ручкин Г.В., Савин А.С., Савин С.В., Стружков С.Ф., Усова Т.Ю. Минерально-сырьевые основы новых горнорудных центров Российской Федерации.

Золото. Оценка ситуации. № 3. С. 14.

Северо-Восток России. № 3. С. 18.
Юг России. № 3. С. 23.
Серебро Западного Верхоянья. № 3. С. 25.
Никель, медь, платиноиды Восточно-Саянской провинции.
№ 3. С. 29.
Титан-циркониевые россыпи. № 3. С. 33.
Сурьма юга Восточной Сибири. № 3. С. 39.
Некрасов А.И. Западно-Верхоянская минерагеническая провинция — новая минерально-сырьевая база серебра России. № 3. С. 51.
Соколов А.С. Условия образования и накопления фосфоритов. № 3. С. 76.
Тишин П.А., Бирюков Е.И., Борозновская Н.Н., Бирюкова И.Н., Гертнер И.Ф., Врублевский В.В., Донварь Н.Н., Мартынова Н.Н., Векленко В.А. Золотосульфидное проявление Подголечное (Центральный Алдан). № 1. С. 71.

СТРАТИГРАФИЯ, РЕГИОНАЛЬНАЯ ГЕОЛОГИЯ И ТЕКТОНИКА

Баранов В.В. Рифовые системы в силуре и раннем девоне северо-востока Азии. № 5. С. 43.
Баянова Т.Б., Яковлев Ю.Н., Губерман Д.М., Яковлева А.К., Скуфын П.К. Изотопные исследования возраста пород архейской части разреза Кольской сверхглубокой скважины, протерозойской Печенгской структуры и ее обрамления. № 4. С. 23.
Вафин Р.Ф. Нетрадиционный взгляд на геологическое строение Алданского щита: линеаментная концепция. № 6. С. 55.
Гриненко В.С. Меловые континентальные образования востока Сибирской платформы. № 1. С. 110.
Дундо Г.П. Сухарно-бокситовый комплекс в нижнекаменноугольном разрезе северо-западного крыла Московской синеклизы. № 6. С. 45.

Зайцев А.И. Рубидий-стронциевая изотопная геохимия и возраст кимберлитовых пород Ары-Мастахского поля. № 1. С. 94.
Зорина С.О. О взаимосвязях литологического строения морских осадочных разрезов с эвстатическими колебаниями и тектоническими движениями. № 6. С. 52.
Казаков А.Н. Многократные проявления кливажа в ладожской серии (Балтийский щит). № 4. С. 34.
Князев В.Г., Деятов В.П., Мельник О.А. Опорный разрез ааленского и нижней части байосского ярусов Восточной Сибири (бассейн р.Молодой). № 5. С. 39.
Колосов П.Н. Самая ранняя на Земле вспышка биоразнообразия: чем обусловлена и какова роль водорослей. № 5. С. 50.
Конанова Н.В. Плотностные неоднородности литосферы Тимано-Североуральского региона. № 6. С. 42.
Прокопьев А.В., Торо Х., Бахарев А.Г., Миллер Э.Л., Вуден Дж., Сурнин А.А. Увязки палеорифтовая зона (северо-восток Азии): первые U-Pb SHRIMP геохронологические данные. № 5. С. 30.

Прокопьев А.В., Торо Х., Смелов А.П., Миллер Э.Л., Вуден Дж., Граханов С.А., Олейников О.Б. Усть-Ленский метаморфический комплекс (северо-восток Азии): первые U-Pb SHRIMP геохронологические данные. № 5. С. 26.

Сергеенко А.И., Зигерт К., Белолобский И.Н., Имаева Л.П., Андреев А.А., Ширмейстер Л. Едомные отложения прибрежно-шельфовой зоны Северного Верхоянья. № 5. С. 35.

Сюндюков Ш.А. Некоторые особенности угленосной формации восточной окраины Тунгусского бассейна. № 5. С. 33.

Трунилова В.А., Орлов Ю.С., Роев С.П. Меловой вулканализм Джахтардахского поля (Верхояно-Колымская орогененная область). № 1. С. 83.

ЛИТОЛОГИЯ, ПЕТРОЛОГИЯ, МИНЕРАЛОГИЯ, ГЕОХИМИЯ

Березкин В.И., Тимофеев В.Ф., Смелов А.П., Постников А.А., Тимошина И.Д., Зедегенизов А.Н., Попов Н.В. Геология и петрология палеопротерозойской Нижнекханинской грабен-синклиналии (Алдано-Становой щит): к проблеме поисков следов древнейшей жизни на Земле. № 5. С. 62.

Григоров С.А. Основы структурной интерпретации геохимических полей рудных объектов для целей их локализации и оценки. № 4. С. 45.

Зайцев А.И. Rb-Sr изотопные системы терригенных пород Чималгинского хребта (Верхояно-Колымская складчатая область). № 5. С. 71.

Лурье А.М. О связи между горизонтами с повышенным содержанием меди и месторождениями типа медистых песчаников и сланцев. № 4. С. 39.

Миляев С.А., Чекваидзе В.Б. Применение ионо-потенциометрического метода при поисках золоторудных месторождений в терригенно-сланцевых толщах (на примере Центральной Колымы). № 4. С. 52.

Молотков А.Е. Шум мерцания в ростовой зональности кристаллов природного алмаза. № 5. С. 74.

Олейников О.Б., Павлушкин А.Д., Попов Н.В. Постгенетические минералы и микростекла кристалла алмаза V разновидности из морсынского месторождения Холомох и их генезис. № 5. С. 77.

Роев С.П., Орлов Ю.С. Петрография, петрохимия и металлогеническая специализация Някунинского и Тобычанского массивов Верхне-Адычанского района. № 5. С. 94.

Смелов А.П., Кравченко А.А., Березкин В.И., Добрецов В.Н. Геология и геохимия докембрийских базит-ультрабазитовых комплексов центральной части Алданского щита и нижнекоровских ксенолитов. № 5. С. 53.

Томшин М.Д., Округин А.В., Зайцев А.И., Серов В.П. Погребенный Мунский массив докембрийских щелочных базитов (северо-восточная часть Сибирской платформы). № 5. С. 83.

Хабибулина Т.С. Типоморфизм цирконов пород Эликчанского магматического узла как отражение условий генерации и эволюции материнских расплавов. № 5. С. 104.

Шкодзинский В.С. Эволюция карбонатового и кимберлитового магматизма в истории Земли. № 5. С. 91.

ГЕОФИЗИКА И ГЛУБИННОЕ СТРОЕНИЕ

Имаева Л.П., Козьмин Б.М., Имаев В.С. Сейсмотектоническая позиция западного фланга Олекмо-Становой зоны (Южная Якутия). № 5. С. 114.

Стогний Г.А., Стогний Вас.В. Глубинное строение Попигайской кольцевой структуры по результатам анализа геофизических полей. № 5. С. 111.

ГЕОДИНАМИКА И СЕЙСМИЧНОСТЬ

Варташян Г.С. Гидравлический форшок — сверхкраткосрочный сейсмический предвестник. № 4. С. 59.

ГИДРОГЕОЛОГИЯ, ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ

Лисьев А.М. Изучение процессов водообмена с помощью метода среднемноголетнего водного баланса (на примере Южного Приуралья). № 6. С. 67.

Островский В.Н. Об условиях формирования питьевых подземных вод в криолитозоне Восточной Сибири. № 6. С. 62.

Скутин В.И. Состояние запасов и ресурсов подземных вод Якутии и перспективы их использования. № 1. С. 92.

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

Семенов Е.И. Лингвистика минералогических названий. № 6. С. 72.

ДИСКУССИИ

Апанович И.А. Источники достоверности радиологического датирования. № 6. С. 96.

Бергман И.А. О критерии негидроксидной природы рудного вещества докембрийских железисто-кремнистых формаций. № 2. С. 95.

Воробьев В.Я., Кононов Ю.С. О теоретичности геологии и геологическом творчестве. № 4. С. 73.

Воробьева С.В. Предположения о формировании Земли и Солнца. № 4. С. 81.

Дерябин Н.И. Критические замечания по тектонике плит с позиций пульсационного развития Земли. № 6. С. 81.

Жирнов А.М. Смена научных парадигм в геологии как фактор прогресса и регресса. № 6. С. 74.

Кононов Ю.С. О состоянии отечественной геотектоники. № 2. С. 90.

Кучин Е.С. Есть ли жизнь на Марсе? № 6. С. 95.

Лесовой Ю.И. К вопросу о «феномене» черносланцевых отложений. № 6. С. 88.

Лесовой Ю.И. К вопросу о эволюции вещества Земли. № 2. С. 83.

Нестеров И.И. Нефть и горючие газы — возобновляемые источники энергии. № 2. С. 73.

Одесский И.А. О поспешных выводах в области геохронологии. № 4. С. 78.

РЕЦЕНЗИИ

Круподеров В.С. Инженерно-геологические карты. № 4. С. 84.

ХРОНИКА, ИНФОРМАЦИЯ

Об утверждении Классификации запасов и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых. № 3. С. 84.

О достоверности радиологического датирования. № 2. С. 101.

Кубанцев И.А. Реорганизации в мировом горнорудном бизнесе и геологоразведочных работах после спада 1997—2002 гг. № 2. С. 104.

Новые издания. № 3. С. 85.

ПАМЯТНЫЕ ДАТЫ

60-летие Валерия Ивановича Ваганова. № 3. С. 83.

60-летие Валерия Дмитриевича Каминского. № 5. С. 120.

70-летие Николая Васильевича Межеловского. № 2. С. 114.

70-летие Владимира Мироновича Зуева. № 2. С. 115.

70-летие Владимира Ильича Кочнева-Первухова. № 3. С. 82.

70-летие Михаила Михайловича Константинова. № 4. С. 86.

70-летие Евгения Михайловича Аксенова. № 4. С. 87.

70-летие Левона Вагановича Оганесяна. № 5. С. 118.

75-летие Ивана Ивановича Нестерова. № 2. С. 111.

75-летие Намика Курбановича Курбанова. № 2. С. 113.

80-летие Урала Галимзяновича Дистанова. № 1. С. 123.

80-летие Гинаята Рахметуллича Бекжанова. № 2. С. 109.

80-летие Галины Александровны Сидоренко. № 2. С. 110.

К 70-летию Сергея Ивановича Романовского. № 4. С. 69.

К 100-летию со дня рождения Александра Андреевича Якжина. № 2. С. 99.

К 100-летию Михаила Михайловича Константинова. № 4. С. 67.

К 100-летию со дня рождения Василия Васильевича Фролова. № 6. С. 98.

К 100-летию со дня рождения Николая Никитича Ростовцева. № 6. С. 99.

Памяти Евгения Николаевича Алтухова. № 2. С. 100.

Памяти Владимира Владимировича Менниера. № 4. С. 71.

Уважаемые читатели!

Журнал «Известия вузов. Геология и разведка» отмечает 50-летие.

В соответствии с приказом Министерства высшего образования СССР от 31 июля 1957 г. начато издание серии «Известия высших учебных заведений», в том числе журнала «Геология и разведка», первый номер которого вышел в свет в январе 1958 г.

Сейчас учредителем журнала является Министерство образования и науки, издателем — Российский государственный геологоразведочный университет (бывший МГРИ).

В журнале представлены 15 разделов по различным направлениям наук о Земле (геология, минералогия, петрология, литология, геофизические методы поисков, техника разведки и др.).

ВАКом он включен в перечень ведущих рецензируемых научных журналов, в которых публикуются основные научные результаты диссертаций.

Журнал издается тиражом 350 экз., форматом 60/90/8, выходит 6 раз в год, отличается современным дизайном, отвечает требованиям международного стандарта.

Все статьи, поступающие в журнал, рецензируются высококвалифицированными специалистами, как из состава редколлегии, так и из различных ведущих институтов, научных и производственных организаций.

Редколлегия и редакция журнала «Геология и разведка» надеется на плодотворное сотрудничество с сотрудниками Вашей организации в области наук о Земле на благо нашего отечества.

Все пожелания, рекомендации и конструктивные предложения по совершенствованию работы нашего журнала просим направлять по адресу:

117997 Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 23, РГГРУ, редакция журнала «Геология и разведка», ответственному секретарю Щуровой Елене Николаевне
или по электронной почте magazin@msgpa.ru
Телефон редакции 8 (495) 433-61-66.

Главный редактор, ректор А.К.Корсаков
Зам. главного редактора,
проректор по научной работе
О.С.Брюховецкий