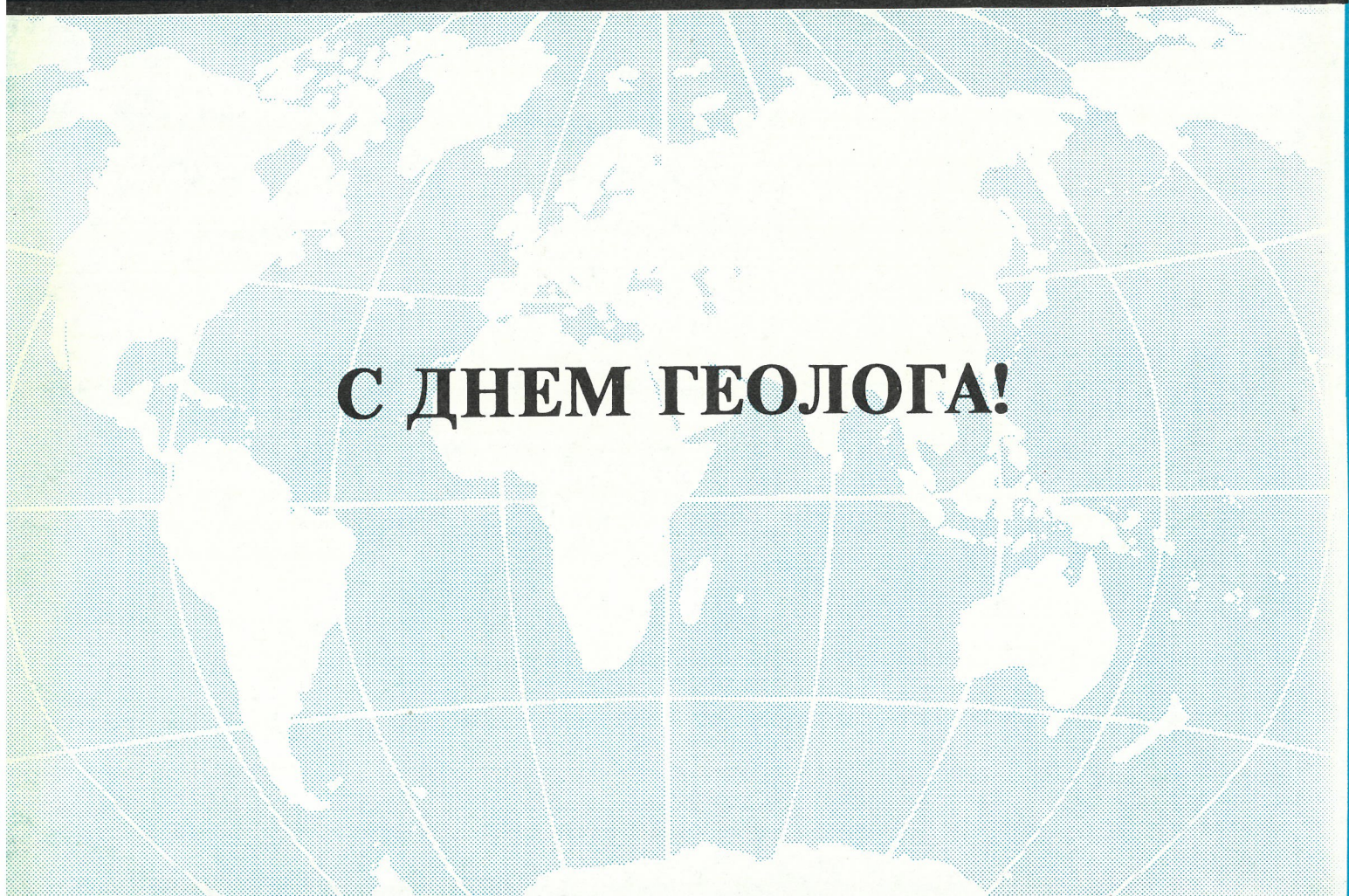


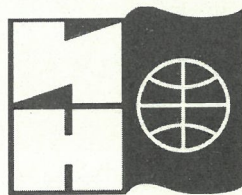
ISSN 0869-7175

Отечественная ГЕОЛОГИЯ



С ДНЕМ ГЕОЛОГА!

4/1997



ВНИМАНИЮ СПЕЦИАЛИСТОВ!

Во втором квартале 1997 г. ОАО «Издательство «Недра» выпускает на русском языке книгу **«Классификация магматических (изверженных) пород и словарь терминов. Рекомендации Международного союза геологических наук»** (перевод с англ. под ред. С.В. Ефремовой)

Книга состоит из четырех частей.

В первой части даны классификация и номенклатура вулканических (включая пирокластические) и плутонических пород, лампрофиров и чарнокитов, а также краткие определения более 1600 терминов магматических пород.

Во второй части — классификация и номенклатура мелилитовых, нефелиновых и базанитовых пород.

В третьей — химическая классификация вулканических пород — «сумма щелочей — кремнезем».

В четвертой — классификация лампроитов, лампрофиров, кимберлитов, кальсилитовых, мелилитовых и лейцитовых пород.

Заказ на книгу

можно сделать по адресу:

125047 Москва,
Тверская застава, 3
ОАО «Издательство «Недра»
Редакция 3

Справки по тел.:

251-55-22
250-47-59

Отечественная ГЕОЛОГИЯ

Ежемесячный научный журнал

Основан в марте 1933 года

4/1997

Учредители:

Министерство природных
ресурсов РФ

Российское геологическое общество

Центральный
научно-исследовательский
геологоразведочный институт
цветных и благородных металлов

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор **А. И. Кривцов**

Бюро: *И. Ф. Глумов, Р. В. Добровольская* (зам. главного редактора),
В. А. Ерхов, В. И. Казанский, А. А. Кременецкий, Г. А. Машковцев,
Н. В. Милетенко, Л. В. Оганесян (зам. главного редактора), *М. В. Ро-*
гачева (отв. секретарь), *А. Ю. Розанов, Г. В. Ручкин* (зам. главного ре-
дактора), *Б. А. Соколов, В. И. Старостин, А. А. Шпак, А. Д. Шеглов*
(председатель редсовета)

Редсовет: *А. Н. Барышев, Э. К. Буренков, В. С. Быкадоров, Н. Н. Ведерников,*
И. С. Грамберг, А. Н. Еремеев, А. И. Жамойда, А. Н. Золотов, А. Б. Каждан,
М. М. Константинов, Т. Н. Корень, Л. И. Красный, Н. К. Курбанов, Н. В. Межелов-
ский, И. Ф. Мигачев, В. М. Питерский, В. Ф. Рогов, Е. И. Семенов, В. В. Семенович,
В. С. Сурков, В. А. Ярмолук

ОРГАНИЗАЦИЯ, ЭКОНОМИКА, УПРАВЛЕНИЕ, НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЕ

Первое заседание коллегии Министерства природных ресурсов Российской Федерации

3

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ КАРТИРОВАНИЕ

Семинский К.Ж., Гладков А.С.

Комплексный подход к картированию структуры земной коры на современном этапе тектонофизики

7

МЕТАЛЛОГЕНИЯ И МИНЕРАГЕНИЯ

Горжевский Д.И., Донец А.И.

Минерогенические особенности древних платформ.

11

РУДНЫЕ И НЕРУДНЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Лалин А.В., Семенов Е.И., Ленаро С., Иванух В.

Пироксид в коре выветривания

16

Коплус А.В.

Геолого-промышленные типы грейзеновых месторождений флюорита стран СНГ.

22

ГЕОДИНАМИКА И СЕЙСМИЧНОСТЬ

Непомнящих И.А.

Методология применения геофизических методов изучения геологических объектов

27

ДИСКУССИИ

Аксиров М.М.

Новое освещение старых проблем геологии

34

70-летие Урала Галимзяновича Дистанова

39

65-летие Намика Курбановича Курбанова

39

60-летие Леонида Николаевича Солодилова

40

50-летие Валерия Ивановича Ваганова

41

К 300-ЛЕТИЮ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СЛУЖБЫ РОССИИ

Воларович Г.П., Моисеенко В.Г.

История золотой промышленности Приамурья

42

О чем писал наш журнал

48

Редакция: *Р.В.Добровольская, Г.В.Вавилова, М.В.Рогачева*
Компьютерный набор *В.К.Комарова*
Верстка и оригинал-макет *П.А.Сандомирский*

Сдано в набор 14.04.97. Подписано в печать 12.05.97. Формат 60 × 88/8. Бумага мелованная.
Печать офсетная. Тираж 1000 экз.

Адрес редакции: 113545, Москва, Варшавское шоссе, 1296.
Телефон: 315-28-47

Отпечатано Государственным картографо-геодезическим предприятием «Поликарт»

Первое заседание коллегии Министерства природных ресурсов Российской Федерации

5 февраля 1997 г. на расширенном заседании коллегии Министерства природных ресурсов были рассмотрены итоги работы предприятий министерства в 1996 г. и задачи на ближайшую перспективу.

В постановлении коллегии отмечено, что правовую основу деятельности МПР России составляют новая редакция Закона «О недрах», постановления Правительства Российской Федерации от 30.12.93 г. № 1359 «О порядке финансирования геологоразведочных работ», от 30.07.94 г. № 876 «О Федеральной программе развития минерально-сырьевой базы Российской Федерации на 1994—2000 годы», Указ Президента Российской Федерации от 14 августа 1996 г. № 1172 «О структуре федеральных органов исполнительной власти», постановление коллегии Роскомнедра «Об основных итогах геологоразведочных работ в 1995 г. и задачах на 1996 г.», а также другие документы законодательных и исполнительных органов власти Российской Федерации и постановления коллегии Роскомнедра.

В материалах и постановлении коллегии проанализирована деятельность водной и геологической служб РФ.

Коллегия отметила, что остается нерешенной главная задача региональных геологических исследований — обеспечение опережающих темпов составления государственных геологических карт масштаба 1:200 000 нового поколения. При общей геологической изученности территории Российской Федерации в масштабе 1:200 000, равной 82 %, геологическими картами, отвечающими современным требованиям, обеспечено лишь 27 % территории. Для изменения этой тенденции необходимо ежегодно выполнять геолого-съёмочные работы масштаба 1:200 000 в объеме 350—400 тыс. км².

Коллегия Роскомнедра 19.12.95 г. утвердила «Основные положения по созданию Государственной геологической карты России масштаба 1:1 000 000 (Госгеолкарта-1000, третье издание)». До 2015 г. необходимо обеспечить создание третьего поколения Государственной геологической карты масштаба 1:1 000 000 для всей территории суши и континентального шельфа России, а также комплекта государственных геологических карт масштаба 1:200 000 на 40 % площади суши с доведением общегеологической изученности в этом масштабе до 100 %.

Создана система государственного мониторинга геологической среды (ГМГС), включающая 15 тыс. наблюдательных станций и 700 участков. Она учитывает федеральные и территориальные потребности, а также потребности конкретных недропользователей.

В последующие годы должно быть обеспечено развитие системы ГМГС путем расширения опорной наблюдательной сети, улучшения ее технической оснащенности, создания правовой и научно-методической базы, а также организационно-экономического механизма функционирования.

Глубинное изучение земной коры и верхней мантии с 1995 г. приобрело новый качественный уровень. Начаты работы по созданию государственной

сети опорных геофизических профилей, параметрических и сверхглубоких скважин. В режиме геологической лаборатории функционировала Кольская сверхглубокая, в рабочем состоянии поддерживалась Уральская и Воротиловская скважины.

Продолжались работы в Мировом океане, Арктике, Антарктике и на континентальном шельфе. Приоритет морских геологических исследований в 1996 г. сместился в сторону континентального шельфа России: доля объемов работ на шельфе в общем объеме морских работ увеличилась с 17,2 % в 1991 г. до 67,2 % в 1996 г.

Проводились исследования скоплений железомарганцевых конкреций и кобальтомарганцевых корок в Тихом океане и сульфидов в Атлантическом океане, а также работы по созданию нового поколения глубоководных необитаемых и обитаемых подводных аппаратов, техническому перевооружению научно-исследовательских судов.

Морские геологические исследования нуждаются в государственной поддержке, что обусловлено необходимостью закрепления прав России на минеральные ресурсы участков дна Мирового океана, уточнения внешней границы континентального шельфа и обеспечения геополитических интересов России в Арктике и Антарктике.

В работах по воспроизводству минерально-сырьевой базы особое внимание уделялось нефти и газу. В 1996 г. работы на углеводородное сырье продолжались во всех нефтегазоперспективных провинциях России.

Объем глубокого поисково-разведочного бурения на нефть и газ в Российской Федерации в 1996 г. стабилизирован на уровне предыдущего года.

В 1996 г. в целом по России прирост запасов нефти с конденсатом по сравнению с 1995 г. увеличился на 15 %, однако, как и в 1994—1995 гг., добыча превышает прирост запасов. Прирост запасов газа в 1996 г. сохранился на уровне 1995 г. и в целом по России ниже объемов его добычи в 3,2 раза. В 1996 г. в России открыто 42 месторождения углеводородного сырья, в т.ч. 35 нефтяных.

В работах на твердые полезные ископаемые основные усилия были направлены на поддержание минимальной обеспеченности разведанными запасами действующих горно-добывающих предприятий и на первоочередные поиски стратегических и остродефицитных для России видов минерального сырья. Прирост запасов в 1996 г. составил (в % от 1995 г.): платины — 153, угля — 140, алмазов — 121, золота — 78, цинка — 70, никеля — 60, вольфрама — 51, меди — 48, олова — 36. Вместе с тем, уровень восполнения добычи полезных ископаемых приростами запасов составил по бокситам (в %) только 15, никелю 16, меди 18, вольфраму 21, олову 28, свинцу и цинку 37.

Поисковые и разведочные работы на пресные и минеральные подземные воды осуществлялись преимущественно на небольших объектах за счет бюджетов субъектов Федерации и средств заказчиков.

Получен прирост запасов пресных подземных вод в Республике Башкортостан (114 тыс. м³/сут), для водоснабжения Москвы (654 тыс. м³/сут), Костромы (109 тыс. м³/сут) и др.

Коллегия подвела итоги научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ. Отмечено, что впервые за последние 5 лет резко сократился объем завершенных научно-технических разработок; завершено около 20 %, в т.ч. по технико-технологическим разработкам всего 5 %. В структуре последних наибольшее сокращение приходится на долю опытно-конструкторских работ.

Сокращение объемов работ также связано с исчерпанием научно-технического задела, созданного в прошлые годы, трудностями получения фактографических материалов из-за невозможности проведения полевых наблюдений, сокращением численности, в первую очередь инженерно-технического и обслуживающего персонала.

Вместе с тем в научных организациях получены определенные положительные результаты и продолжают исследования в соответствии с государственными контрактами.

Усилены исследования по геолого-экономической переоценке минерально-сырьевой базы и по разработке методов геолого-экономической оценки месторождений на ранних стадиях их изучения, по конъюнктуре мирового сырьевого рынка, созданию современной нормативной базы. Сохранены исследования по разработке компьютеризированных аппаратно-методических комплексов обработки геологической информации и ее интерпретации.

В результате исследований составлены карты прогноза нефтегазоносности нижнеюрских отложений южных и центральных районов Сибирской плиты, стратиграфическое обоснование нефтегазогеологического районирования среднеюрских отложений, что расширяет возможности получения энергетического сырья вблизи промышленных районов, испытывающих в нем острую потребность; проведена типизация углегазовых месторождений России, позволяющая дифференцировать их по перспективности использования в качестве нетрадиционных источников углеводородного сырья; подготовлены классификации запасов и прогнозных ресурсов углеводородного сырья, твердых полезных ископаемых и подземных вод; разработаны компьютерная технология и банк моделей для прогноза и оценки рудных месторождений.

Достижения научных организаций министерства были обобщены и доведены до научной общественности на XXX сессии МГК, II Международном конгрессе «Акватех-96», выставках, конференциях, совещаниях и симпозиумах.

Совершенствование сети научных организаций осуществляется в соответствии с согласованной с ГКНТ России схемой, предусматривающей создание Государственного научного центра на базе «Южморгеологии», формирование специализированных и региональных научно-производственных геологических центров.

Отмеченные выше недостатки в работах по геологическому изучению страны, воспроизводству минерально-сырьевой базы, созданию научно-технической продукции обусловлены недостаточным финансовым обеспечением соответствующих предприятий.

Объем выполненных, но не профинансированных геологоразведочных работ в 1996 г. составил 1143 млрд. руб. и достиг 1223 млрд. руб. с учетом

неликвидированной задолженности за 1995 г. По научным организациям госзаказы в 1996 г. были обеспечены финансированием на 65 %.

Основной объем использованных средств (88,8 %) был направлен на геологоразведочные работы по развитию минерально-сырьевой базы добывающих предприятий. В соответствии с принятыми приоритетами, преобладающая часть средств использована на работы на нефть и газ — 68,7 %, на благородные металлы — 6,5 % и алмазы — 3 %. На региональные, научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы было использовано 11 %.

В наиболее сложном финансовом положении оказались предприятия и организации, выполняющие работы по геологическому изучению недр общегосударственного значения: региональные геолого-геофизические, гидрогеологические и геоэкологические работы, мониторинг геологической среды, специальные работы, работы на шельфе и в Мировом океане, поисковые работы на перспективных малоизученных площадях и НИОКР, которые финансируются из федерального бюджета.

Эта ситуация сохранялась в течение всего года, несмотря на неоднократные поручения Правительства Российской Федерации в адрес Минфина России по государственной поддержке финансирования геологоразведочных работ для федеральных государственных нужд и выход постановления Правительства Российской Федерации от 19.09.96 г. № 1120 «О дополнительных мерах по реализации Федеральной программы развития минерально-сырьевой базы Российской Федерации на 1994—2000 годы и стабилизации геологоразведочных работ».

Структура финансирования геологоразведочных работ из всех источников характеризуется сохранением в 1997 г. прежних приоритетов. Преобладающая часть средств (68,7 %) направляется на финансирование геологоразведочных работ по энергетическим видам сырья, из них 66,3 % — на нефть и газ, 1,7 % — на твердое топливо и 0,7 % — на уран. При сохранении уровня финансирования геологоразведочных работ на другие виды твердых полезных ископаемых приоритет будет отдан благородным металлам и алмазам.

В 1996 г. получило дальнейшее развитие информационное обеспечение недропользования. Продолжались работы по созданию Единой системы информационного обеспечения недропользования на основе накопления информационных ресурсов, современных средств информационно-вычислительной техники и телекоммуникаций и по формированию Государственного банка цифровой геологической информации и информации о недропользовании в России.

Были подготовлены и проведены выставки, конференции, симпозиумы и другие мероприятия отраслевого, общероссийского и международного уровней. В 1996 г. основное внимание было уделено подготовке материалов к XXX сессии Международного геологического конгресса.

В 1996 г. МПР России совместно с другими министерствами и ведомствами подготовило и представило в исполнительные и законодательные органы власти аналитический Государственный доклад «О состоянии минерально-сырьевой базы Российской Федерации» в качестве основополагающего документа для принятия решений по развитию минерально-сырьевого сектора экономики страны.

В сфере нормативно-правового обеспечения уп-

правления фондом недр особое значение имеет обоснование разделения компетенции между центром и регионами в вопросах пользования и распоряжения природными ресурсами. Ведется работа по подготовке нормативно-правовых актов, связанных с платой за пользование недрами и водными ресурсами с учетом готовящегося проекта Налогового кодекса РФ. Этот блок нормативных документов — от законов до инструкций и методических указаний — во многом определит эффективность действующей системы недро- и водопользования.

В 1996 г. завершено создание единой системы государственного управления недропользованием, основанной на принципах лицензирования и платности. Недропользователям выдано 12 568 лицензий на добычу основных видов полезных ископаемых и 11 943 — на добычу общераспространенных полезных ископаемых и подземных вод.

В связи с реформой горных отношений радикально изменились цели, задачи и функции государственного геологического контроля. В 1996 г. было выявлено 5119 нарушений законодательства о недрах (на 32 % больше, чем в 1995 г.), неплатежей на сумму 1326 млрд. руб. и 93,3 млрд. руб. нерациональных затрат. По результатам проверок сделаны представления об аннулировании или переоформлении 308 лицензий.

Основными направлениями внешнеэкономической деятельности и международного сотрудничества МПР России являются развитие внешнеэкономических связей в области геологии и использования минерально-сырьевых ресурсов, привлечение иностранного капитала для планомерного освоения минерально-сырьевой базы, сотрудничество с зарубежными организациями в рамках межправительственных и межведомственных соглашений (протоколов, меморандумов), развитие непосредственных научных и производственных связей российских предприятий и организаций с зарубежными фирмами и организациями, а также контактов МПР России с международными организациями.

В постановлении коллегии отмечено, что главные задачи геологической службы и службы водного хозяйства России на 1996 г., определенные постановлениями коллегий бывших Роскомнедра и Роскомвода по итогам работы в 1995 г., решены не в полном объеме. Создалась критическая ситуация в государственном секторе предприятий геологической службы и водном хозяйстве в связи с фактическим прекращением централизованного финансирования геологоразведочных работ для государственных нужд, а также недостаточным объемом бюджетного финансирования водного хозяйства: подавляющий объем геологоразведочных работ (89,1 %) выполнен за счет средств децентрализованных источников;

полученные приросты запасов углеводородного сырья в целом весьма близки или превышают уровень 1995 г.;

увеличились приросты запасов по углю, свинцу, платине, алмазам; открыты новые месторождения: 35 — нефтяных, 7 — газовых и 12 — твердых полезных ископаемых (алмазов, хрома, марганца, никеля, меди);

обеспечены потребности в воде основных водопользователей — гидроэнергетики, водного транспорта, земледелия, рыбного и коммунального хозяйства;

выполнен значительный объем работ по подготовке законодательных и нормативных актов;

в основном завершена структурная перестройка геологоразведочного производства и усилен контроль за рациональным использованием децентрализованной части отчислений на воспроизводство минерально-сырьевой базы.

Создание Министерства природных ресурсов Российской Федерации — федерального органа исполнительной власти по управлению ресурсами недр и водными ресурсами и проведению государственной политики и координации деятельности федеральных органов исполнительной власти в сфере изучения, воспроизводства, использования и охраны природных ресурсов, используемых в экономике страны — обеспечивает единую систему управления природно-ресурсным комплексом России.

В качестве главных задач МПР России на 1997—2000 гг. определены:

формирование новой структуры органов управления недро- и водопользования;

разработка государственной политики в области использования, воспроизводства, охраны и учета природных ресурсов;

создание рациональной системы координации деятельности федеральных и местных органов управления природно-ресурсным блоком;

создание системы платного природопользования, взаимосогласованной законодательной и нормативной базы, отвечающей условиям рыночной экономики;

коренное улучшение состояния минерально-сырьевой базы путем обеспечения сбалансированного развития ее основных компонентов: прогнозных ресурсов, предварительно оцененных и разведанных запасов;

обеспечение приростов запасов полезных ископаемых в объемах, обеспечивающих в 2000 г. достижение как минимум равенства между добычей и приростом запасов;

надежное обеспечение населения и народного хозяйства Российской Федерации качественной водой в необходимом количестве и режиме;

стабильное воспроизводство водных ресурсов, восстановление и охрана водных объектов;

стабилизация и коренное улучшение положения в государственном секторе геологической службы страны.

Для реализации главных задач МПР России на 1997 г. предусмотрены следующие основные меры.

В области разработки и реализации государственной политики в сфере природопользования:

создание концепции целостной системы государственной стратегии природопользования, включающей ликвидацию противоречий в действующем природно-ресурсном и природоохранном законодательстве;

разработка с участием заинтересованных министерств и ведомств взаимосвязанных законодательных актов: «О государственной политике в области природных ресурсов и природопользования»; «О системе платежей за природные ресурсы и природопользование»; «О государственных кадастрах природных ресурсов, системе учета и оценке состояния природно-ресурсного потенциала»; «О лицензировании природопользования»; «О системе органов государственного управления природно-ресурсным потенциалом»; «О системе специальных фондов по охране и воспроизводству природных ресурсов»; «О природно-ресурсном (природоохранном) страховании» и др.;

создание системы координации деятельности федеральных органов исполнительной власти природно-ресурсного блока;

создание структуры органов управления природно-ресурсным блоком в субъектах Российской Федерации.

В области геологических исследований, развития минерально-сырьевой базы и водопользования:

обеспечение максимально высокого уровня целевого использования финансовых средств, накапливаемых в «Целевом бюджетном фонде воспроизводства минерально-сырьевой базы, восстановления и охраны водных объектов», предусмотренного в Законе «О Федеральном бюджете на 1997 год»;

разработка кардинальных мер для восстановления до уровня 1995 г. объемов геологических исследований и геологоразведочных работ для государственных нужд: региональных, геолого-съёмочных, геолого-геофизических, морских, научно-исследовательских работ, работ по мониторингу геологической среды, информационного обеспечения недро- и водопользования;

сохранение приоритетного развития минерально-сырьевой базы углеводородного сырья, золота, цветных и редких металлов, дефицитных и стратегических видов полезных ископаемых;

совершенствование системы распределения отчислений на воспроизводство минерально-сырьевой базы с учетом создания условий и заинтересованности добывающих предприятий и компаний в проведении геологоразведочных работ за пределами основных сырьевых регионов;

разработка совместно с Росгидрометом и утверждение нормативно-методических документов по ведению Государственного водного кадастра (ГВК); обеспечение оценки текущего состояния водных ресурсов и прогноза его изменения, а также использования вод; разработка автоматизированных систем ГВК на геоинформационной основе.

Департаменту науки и морских работ поручено:

до 1 июля 1997 г. разработать комплекс мер по совершенствованию организационно-функциональной структуры научных организаций МПР России, обеспечивающий сохранение и развитие научно-технического потенциала научных организаций, а также создание специализированных научно-производственных и государственных научных центров;

активизировать работу по координации научных исследований, выполняемых министерствами и ведомствами Российской Федерации за счет централизованных источников на воспроизводство МСБ и водных ресурсов с учетом новой структуры федеральных органов исполнительной власти и создания МПР России;

усилить контроль за использованием научно-исследовательского флота МПР России, принять меры по реализации излишних судов;

обеспечить участие представителей МПР России в работе МОД ООН и Международной комиссии по границам континентального шельфа, подготовку геолого-геофизических материалов, обосновывающих внешние границы континентального шельфа России в Северном Ледовитом океане;

принять участие в подготовке ресурсного блока федеральной целевой программы «Мировой океан»;

до 1 апреля 1997 г. разработать структуру НТС министерства и положение о нем, обеспечить его работу с учетом задач и функций МПР России.

Управлению производственно-технического развития совместно с заинтересованными подразделениями центрального аппарата МПР России поручено до 1 апреля 1997 г. подготовить предложения о передаче части государственных предприятий в ведение территориальных (региональных) органов МПР России.

Управлению анализа и перспективного развития поручено:

до 1 апреля 1997 г. подготовить предложения по концепции Государственного доклада «О состоянии природных ресурсов Российской Федерации», нормативному обеспечению подготовки и представления доклада, порядку координации работы при его составлении, а также по составу редколлегии и рабочей группы;

активизировать работу по подготовке мероприятий в связи с исполняющимся в 2000 г. 300-летием горно-геологической службы России;

в первом полугодии 1997 г. разработать и осуществить меры по совершенствованию работы со средствами массовой информации, информационному обеспечению мероприятий, проводимых МПР России, с учетом основных задач министерства;

до 15 апреля 1997 г. представить предложения по составу Редакционно-издательского совета МПР России и соответствующий проект Положения.

На управление нормативно-правового обеспечения возложена подготовка предложений по внесению поправок в закон Российской Федерации «О недрах» и Водный кодекс Российской Федерации и завершение подготовки нормативных документов, определяющих порядок взимания платежей за право добычи полезных ископаемых, установления скидок и отсрочек этих платежей. Этому управлению также поручено до 1 июля 1997 г. представить на рассмотрение коллегии концепции проектов законов «О природных ресурсах Российской Федерации» и «О геологической службе».

На департамент координации и внешних связей возложено сотрудничество с комитетами и комиссиями Федерального Собрания при подготовке и рассмотрении проектов законодательных актов, в т.ч. проектов законов, находящихся на рассмотрении палат Федерального Собрания Российской Федерации: «О перечне участков недр, право пользования которыми может быть предоставлено на условиях раздела продукции», «О внесении в законодательные акты Российской Федерации изменений и дополнений, вытекающих из Федерального Закона «О соглашениях о разделе продукции», «О лицензировании пользования недрами».

Территориальным (региональным) органам МПР России поручено установить систематический контроль за целевым использованием отчислений на воспроизводство минерально-сырьевой базы, выделяемых из федерального бюджета, оставляемых в бюджетах субъектов Российской Федерации, передаваемых предприятиям, самостоятельного проводящим геологоразведочные работы.

Публикацию подготовили А.И.Кривцов, Л.В.Оганесян

Комплексный подход к картированию структуры земной коры на современном этапе развития тектонофизики

К.Ж.СЕМИНСКИЙ, А.С.ГЛАДКОВ (ИЗК СО РАН)

Тектонофизика как наука о механизмах формирования деформационных структур земной коры [2] на протяжении более полувекового периода становления в России являлась областью главным образом теоретических исследований. Однако объем и характер накопленных в ее рамках знаний к настоящему времени таковы, что значительная часть из них может быть успешно применена в геологической практике. Таким образом, отличительная черта современного этапа развития тектонофизики как науки XXI в. — широкое внедрение ее достижений в производство многих видов геологоразведочных работ.

Наибольшего внимания в этом плане заслуживает геологическая съемка, т.к. в настоящее время она представляет собой в основном картирование вещественных комплексов, более доступных по объективным причинам для непосредственного изучения, чем традиционно документируемые элементы структуры (разломы, складки, зоны трещиноватости и т.п.). Поэтому ведущие тектонофизики страны [1, 2, 5, 9, 11, 17] посвящали свои работы поиску таких методов, которые позволили бы собранную в ходе съемки информацию о структуре уравнивать по объему и значимости со сведениями, получаемыми по веществу. Описанный ниже подход к решению проблемы позволяет объединить на неформальной основе многие из известных разработок в данной области.

Предлагаемый нами комплекс работ [14] был назван *спецкартированием* в силу его специальной структурной направленности в отличие от традиционного геологического картирования природных регионов. Основной предмет исследования при проведении работ — трещины, повсеместное распространение которых делает характер структурных наблюдений массовым и позволяет, привлекая известные в тектонофизике закономерности разломообразования, использовать их как исходное звено для расшифровки разломно-блоковой структуры природных регионов.

Следует отметить, что важность исследования трещиноватости горных массивов подчеркивается во многих руководствах по структурной геологии и геологическому картированию [1, 6, 7]. Однако на практике широкомасштабные наблюдения за трещинами, как правило, не проводятся из-за большой время- и трудоемкости работ или по причине отсутствия таких приемов и способов исследования, которые бы позволяли получать необходимую информацию по структуре практически в каждом коренном выходе горных пород. В настоящее время возможность применения компьютеров при обработке больших объемов информации, а также степень развития полевых тектонофизических методов позволяют на качественно новом уровне картировать структуру природных регионов на основе анализа трещиноватости.

Особенно большие перспективы открываются при комплексном использовании тектонофизических разработок, наиболее эффективных при работе с трещиноватостью. В целом их можно разделить на две группы. Первая объединяет способы анализа трещин с видимыми признаками смещений, встречающихся далеко не во всех коренных выходах, но дающих богатую информацию о том или ином аспекте деструкции горного массива. Именно возможность получения ценных сведений о структуре по сравнительно небольшому числу наблюдений привлекла к разработке данного направления исследований трещин многих российских и зарубежных ученых [3, 10, 13, 21, 22, 24, 26]. В связи с этим методы восстановления осей палеонапряжений на базе измерений штрихов скольжения, а также способы определения морфогенетического типа разломов по характеру хорошо диагностируемых смещений на плоскостях опережающих трещин представляются сейчас наиболее хорошо разработанными.

В то же время для картирования более важны методы второй группы, т.к. исходная для анализа информация — пространственная ориентировка разрывных плоскостей — в этом случае может быть взята из каждого разбитого трещинами коренного выхода горных пород. В основе методических разработок данной группы лежат поиски и анализ разноориентированных трещинных систем, объединенных в структурные парагенезисы общностью происхождения. В зависимости от сложности напряженно-деформированного состояния выделены парагенезисы из двух (классических) систем трещин и более [2, 4, 8, 12, 16, 23, 25]. Наши специальные исследования в данной области позволили установить, что в горных породах, подвергнутых воздействию тектонических и нетектонических внешних сил, наиболее распространены парагенезисы из трех примерно перпендикулярных друг другу систем трещин [14, 15, 19].

Так, в зонах влияния «чистых» сбросов, взбросов и сдвигов наиболее интенсивно развита система трещин тройственного парагенезиса (главная) обычно параллельна сместителю разлома (рис. 1). Другая система (второстепенная) у сбросов и взбросов, простираясь так же как и главная, имеет противоположное падение и характеризуется меньшим максимумом на круговой диаграмме. Третья система трещин (дополнительная) занимает поперечное положение к двум первым и характеризуется специфическими особенностями формирования. Если главная и второстепенная системы (классическая пара сопряженных сколов) образуются в нагруженном массиве горных пород по примерно перпендикулярным друг другу направлениям действия максимальных касательных напряжений, то трещины дополнительной системы, появившись в этом же поле напряжений как перпендикулярные оси σ_2 отрывы, далее развиваются в виде сколов, т.к. их ориентировка совпадает с направлением тектонического транспорта веще-

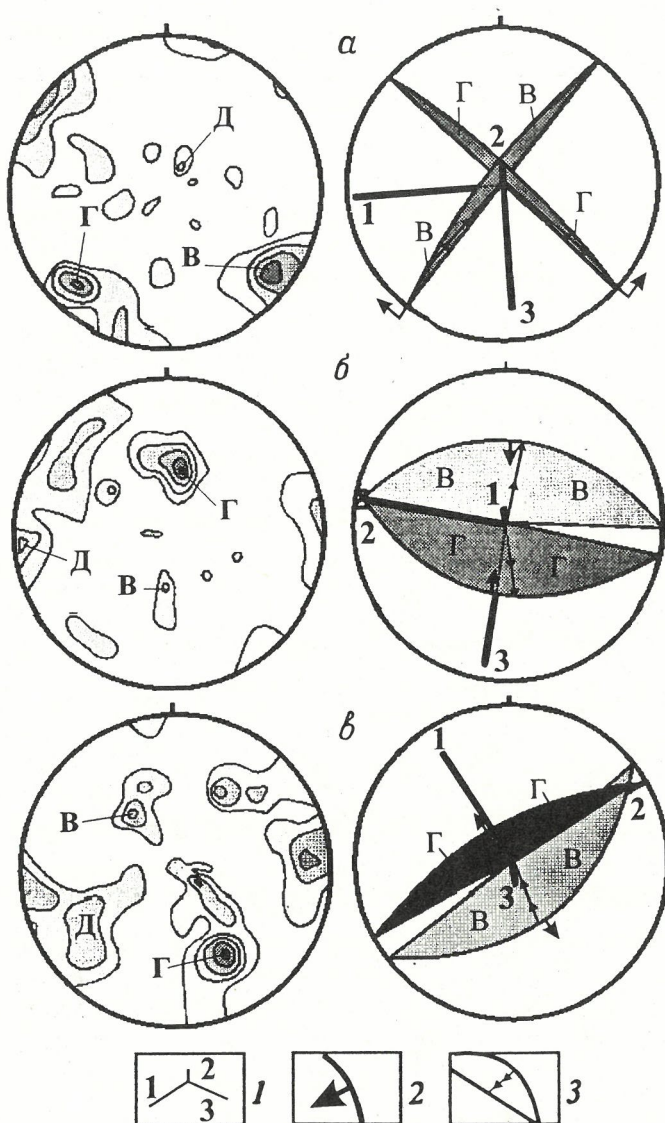


Рис. 1. Диаграммы, отражающие нарушенность горных пород вблизи сместителей тремя примерно перпендикулярными друг другу системами трещин (100 замеров; изолинии 0,5–2,5–4,5–6,5–8,5 %), а также положение осей напряжений, восстановленное с использованием главной и второстепенной систем трещин структурного парагенезиса:

а — Главный Саянский сдвиг (пос. Анчук); б — Гиссаро-Кокшальский надвиг (пос. Варзоб); в — Приморский сброс (пос. Сарма); 1 — положение осей σ_1 (1), σ_2 (2), σ_3 (3); 2 — направление разброса (по Николаеву) у максимумов, используемых для восстановления осей напряжений; 3 — положение вектора смещения на плоскостях трещин

ства при перемещениях по разрывам двух первых систем.

Структурный парагенезис из трех систем трещин, по-видимому, так же образуется и под воздействием сил нетектонического происхождения (при литогенезе, регмагенезе, внедрении и остывании магматических расплавов). То есть, несмотря на отличия в механизме возникновения, массив горной породы, разбитый тремя взаимно перпендикулярными направлениями разрывов, оказывается наиболее «компетентным» в отношении прилагаемых к нему внешних нагрузок.

Таким образом, рассматриваемый трещинный структурный парагенезис по встречаемости резко преобладает над другими известными совокупностями сопряженных систем трещин (конусы, пояса,

пирамиды и т.д.), условия образования которых весьма специфичны и имеют место в ограниченном круге природных ситуаций. Кроме того, они часто представляют собой сочетания разноориентированных тройственных парагенезисов. Все это дает основание использовать последние в качестве главного объекта исследований на первом этапе спецкартирования, особенностями которого являются массовый характер и единообразие наблюдений в пределах каждого обнажения горных пород. В противоположность этому основу второго этапа составляет изучение специфических, наиболее информативных элементов структуры в отдельных точках исследуемой территории. Следовательно, в рамках спецкартирования достигается комплексирование обеих групп тектонофизических методов, связанных с анализом трещиноватости горных пород. Ниже рассмотрено содержание двух этапов работ, а также приведены наиболее общие результаты спецкартирования некоторых природных регионов.

В ходе *первого этапа* картирования на изучаемой площади в соответствии с масштабом съемки создается сеть точек наблюдения, в каждой из которых по известным в структурной геологии правилам [7] проведен статистический замер элементов залегания трещин. На стадии обработки из всех отстроенных по данным измерений диаграмм трещиноватости вначале выбираются тройственные парагенезисы, которые затем группируются по пространственной ориентировке. Далее для каждой из групп строятся карты встречаемости структурного парагенезиса на изучаемой территории. Так как участки распространения одноориентированных троек-систем трещин характеризуются единством напряженно-деформированного состояния пород, анализ их внутреннего строения и распределения в пространстве позволяет сделать заключение о типе трещинообразующих процессов как для областей со слабыми проявлениями деформаций (контракция, уплотнение пород, регмагенез и т.д.), так и в более сложных структурных ситуациях (складко-, разломообразование).

Наши исследования в регионах с наиболее интенсивными проявлениями деформаций показали, что линейно вытянутые участки распространения одноориентированных троек-систем трещин в большинстве случаев являются разломными зонами. Определение динамической обстановки их развития (сдвиг, сжатие, растяжение) возможно по данным первого этапа спецкартирования с учетом закономерностей, выявленных ранее при изучении разломообразования в натуре и эксперименте [14, 15, 18, 19]. Так, сдвиги, с одной стороны, а надвиги (взбросы) и сбросы — с другой, могут быть легко отличимы друг от друга по общей ориентировке в пространстве тройственного структурного парагенезиса. У первых главная и второстепенная системы трещин вертикальны, а дополнительная горизонтальна. У второй группы разломов дополнительная система вертикальна, а две другие имеют разные наклоны к горизонту.

Идентификация разломов, формирующихся в условиях сжатия (надвиги, взбросы) и растяжения (сбросы), проводится по зональности внутреннего строения. Разломные зоны обоих типов разделены в продольном направлении на две неодинаковые по поперечным размерам части, характеризующиеся разным падением главной системы трещин структурного парагенезиса. Однако, если у разломов сжатия трещины главной системы в разных подзонах

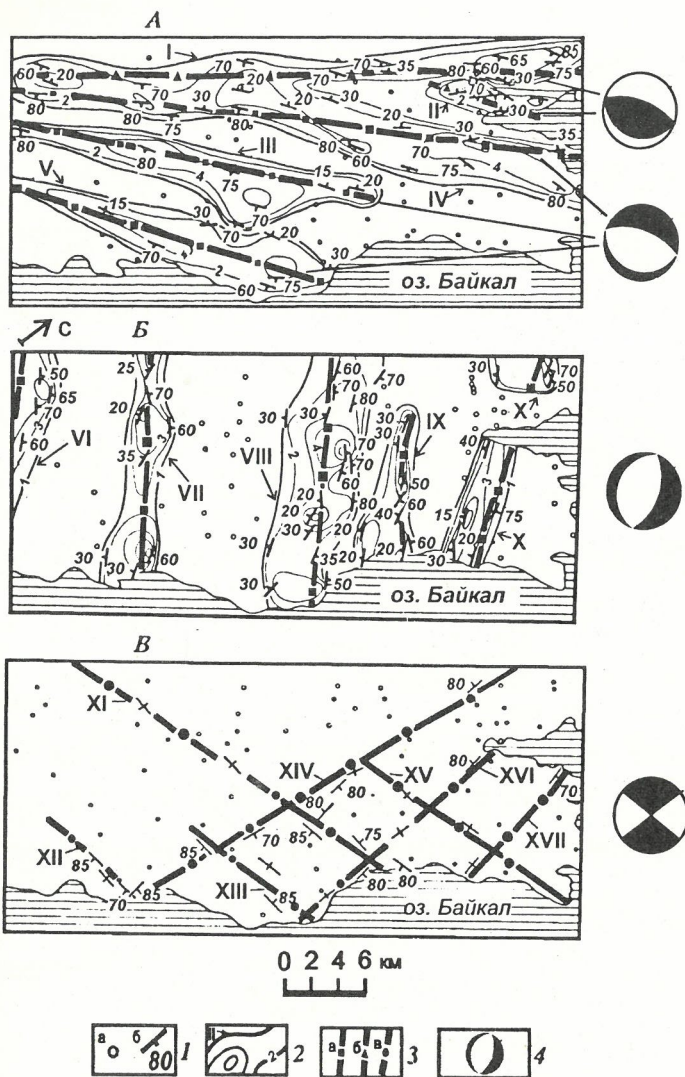


Рис. 2. Схемы встречаемости в породах Приольхонья троек-систем трещин, составляющих различные по пространственной ориентировке группы:

1 — точки наблюдения, характеризующиеся отсутствием (а) или присутствием (б) структурного парагенезиса из рассматриваемой на карте группы; 2 — разломные зоны (и их номера), в пределах которых изолиниями показано распределение нарушения соответствующего типа; 3 — оси разломных зон, сформировавшихся в условиях растяжения (а), сжатия (б) и сдвига (в); 4 — ориентация квадрантов сжатия (белое) и растяжения (черное), осредненная по всем наблюдениям в пределах одноориентированных разломных зон сходного генезиса

«падают» от периферии к центру, то у сбросов наблюдается обратная картина. Подвижки по разрывам меньшего, чем сама зона, порядка, которыми здесь являются трещины, в первом случае обеспечивают сокращение земной коры, а во втором — ее растяжение в направлении действия активной оси.

Проводимый по данным первого этапа картирования анализ ориентировок разломных зон и условий их образования, в свою очередь, позволяет охарактеризовать главные типы регионального поля напряжений, существовавшие в истории развития изучаемого участка земной коры в целом. Так, определенные по картам встречаемости троек-систем трещин в породах Приольхонья (рис. 2) разновидности регионального поля напряжений имели место в течение двух известных для Западного Прибайкалья эпох структурообразования. Более древняя из них характеризовалась северо-западным сжатием (см. рис. 2, А), приведшим к перемещениям блоков по серии

взбросов и надвигов, в т.ч. и по главному разлому территории — Приморскому (зона 1). В современную эпоху под воздействием северо-западного растяжения в Приольхонье образовались системы пересекающихся сдвигов (см. рис. 2, В), сбросовые разломные зоны (см. рис. 2, А), а также произошли смещения аналогичного типа по уже существовавшим сместителям (Приморский сброс), практически не отразившиеся в трещиноватости. Кроме того, активное трещинообразование в это время было связано с региональным растяжением земной коры в северо-восточном направлении (см. рис. 2, В).

Наряду с определением полей регионального уровня полученные на первом этапе материалы позволяют строить карты локальных полей напряжений по каждому из выделенных типов трещинных парагенезисов. Для этого следует в рамках известных методик восстановления осей напряжений [2, 8, 16] использовать положение главной и второстепенной систем трещин в тройках (см. рис. 1), что и было в качестве примера проведено для одного из сбросов Приольхонья (рис. 3). Площадной характер работ делает выделение сопряженных пар в этом случае более обоснованным, а также позволяет по средней интенсивности их проявления в обнажении [15] приблизительно количественно оценить действовавшие в точке напряжения [2]. Последнее важно для определения характера пространственного распределения данного параметра (см. рис. 3) и его корреляции с геохимическими, геофизическими и другими полями.

Несмотря на то, что работы первого этапа — самостоятельные исследования, наибольшая эффективность достигается при их совмещении со структурными наблюдениями традиционного типа, позволяющими уточнить и углубить полученные выводы. Эти наблюдения составляют *второй этап* спецкартирования и проводятся в обнажениях (ключевых точках) со специфическими структурными формами, которыми являются трещины со следами скольжения на плоскостях, разломные сместители, зоны дробления, рассланцевания, повышенной трещиноватости, складки, будины и т.п. Работы включают стандартные структурно-геологические приемы съемки и специальные тектонофизические методы анализа, среди которых особое значение имеют описанные в литературе способы восстановления осей напряжений. Полученная таким образом уникальная информация о структуре переносится с ключевой точки (или серии точек) на весь пространственно и генетически связанный с ней блок или зону, оконтуренную на картах встречаемости в ходе работ первого этапа.

Возможность комплексирования методов (II этап) на основе площадного изучения трещинных парагенезисов (I этап) — главное достоинство спецкартирования, но требует значительных временных затрат. В лаборатории тектонофизики ИЗК СО РАН наиболее времяемкие работы I (построение диаграмм трещиноватости, выделение троек-систем трещин, группирование последних по пространственной ориентировке) и II (методики Гзовского, Николаева, Парфенова, Даниловича) этапов автоматизированы в программных комплексах «Скат» и «Структура» соответственно. В настоящее время составляется алгоритм анализа выходных данных этих комплексов для получения серии компьютерных материалов (карт встречаемости троек-систем трещин, плотности трещиноватости, полей напряжений, разломных

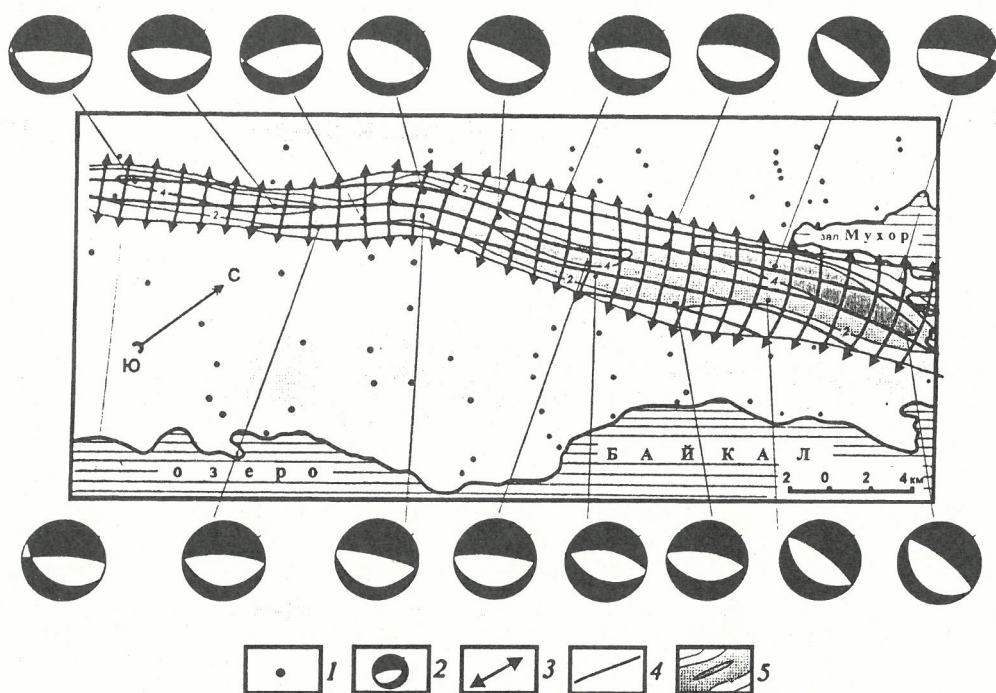


Рис. 3. Напряженное состояние пород, восстановленное для зоны влияния одного из сбросов Приольхонья посредством анализа пространственной ориентировки и интенсивности проявления троек-систем трещин:

1 — точки наблюдения за трещиноватостью, расположенные за границами зоны влияния сброса; 2 — ориентация квадрантов сжатия (белое) и растяжения (черное), определенная с использованием положения главной и второстепенной систем трещин структурного парагенезиса из точек наблюдения в зоне влияния сброса; траектории осей: 3 — σ_1 ; 4 — σ_2 ; 5 — распределение в изолиниях нарушенности субстрата сбросовой зоны трещинами, образующими структурный парагенезис рассматриваемого типа

смещителей и т.д.), являющихся основой для построения итоговой структурной карты.

Итак, в результате спецкартирования в распоряжении исследователя сосредоточена обширная информация о разломно-блоковой структуре изучаемой площади: выявлены сместители разломов и зоны их влияния, оконтурены блоки, собраны данные о структурном заполнении и полях напряжений в пределах выделенных объемов. Этих материалов достаточно не только для понимания пространственных взаимоотношений откартированных структурных единиц, но и для воссоздания истории их развития, что является ключевой проблемой любого тектонического исследования.

Апробация спецкартирования в пределах деструктивных зон растяжения (Байкальская рифтовая зона), сжатия (зона сочленения Памира и Тянь-Шаня) и сдвига (разломная зона р. Красная во Вьетнаме) позволила выявить у природных разломов такие закономерности внутреннего строения и развития, большинство из которых ранее было известно только экспериментально. Так, подтвердился неравномерный характер формирования разломных зон во времени (стадийность) и пространстве (различная степень нарушенности субстрата). При этом разломные зоны ранних стадий развития выделялись по ступеню сравнительно мелких разрывов, а поздних — по присутствию сместителей магистрального типа. Для показателя нарушенности субстрата разломных зон выявлены поперечные и продольные вариации, причем последние часто характеризуются постоянным шагом между максимумами (см. рис. 2, 3).

Кроме того, установлен универсальный набор зон сжатия, растяжения и сдвига, развивающихся совместно в поле напряжений более крупного масштабного ранга любого из перечисленных простых типов. Наряду с ранее известными парагенезисами разломов [5, 12, 23] он включает и новые разрывные направления. Так, в деструктивных зонах сжатия собственно взбросы и надвиги занимают продольное положение, сбросы простираются поперек и вдоль, а сдвиги, кроме поперечной, могут иметь косую ори-

ентировку. В зонах растяжения (см. рис. 2) сбросы занимают продольное и поперечное положения, надвиги продольны, а сдвиги характеризуются поперечной и косой ориентировками. В зонах сдвига в связи с временными вариациями напряженного состояния образуются сдвиги по крайней мере трех направлений, которые в местах сочленения друг с другом сопровождаются сбросами (pull-apart) или взбросами (duplex). Показано, что наибольший процент участия в формировании внутреннего строения крупных деструктивных зон имеет тип поля напряжений, аналогичный полю первого порядка, но суммарный вклад других динамических обстановок также значителен (в зонах сжатия — до 48 %) [19].

Проявления перечисленных выше общих закономерностей строения разломных зон осложнены в регионах с хорошо развитой древней сетью разрывных нарушений. Вновь приложенная нагрузка распределяется между серией ограниченных разломами блоков так, что их деформация происходит в различных по типу полях напряжений, однородных в центре и испытывающих вариации при приближении к активным разрывным границам [20].

Перечисленные результаты свидетельствуют о высокой информативности спецкартирования, которая достигается за счет неформального комплексирования в его рамках наиболее эффективных способов изучения структуры. В организационном плане (масштабы, экономические стандарты) метод легко вписывается в практику геологической съемки. Это позволяет рекомендовать широкое внедрение спецкартирования в производство геологоразведочных работ, что даст возможность на всех иерархических уровнях пространственно соединить и далее анализировать совместно информацию о веществе и данные по структуре. Последнее ликвидирует существующий «конфликт» между структурными и вещественными исследованиями, объединив их на тектоно-физической основе, что явится фундаментом качественно нового знания о природе того или иного участка земной коры.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 96-05-64399).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белоусов В.В. Основы структурной геологии. — М.: Недра, 1985.
2. Гзовский М.В. Основы тектонофизики. — М.: Наука, 1975.
3. Гуценко О.И. Метод кинематического анализа структур разрушения при реконструкции полей тектонических напряжений // Поля напряжений и деформаций в литосфере. М., 1979. С. 7—35.
4. Данилович В.Н. Метод поясов в исследовании трещиноватости, связанной с разрывными смещениями. — Иркутск: ИПИ, 1961.
5. Лукьянов А.В. Пластические деформации и тектоническое течение в литосфере. — М.: Наука, 1991.
6. Методическое руководство по геологической съемке масштаба 1:50 000. Т. 1 / Под ред. А.С.Кумпана. — Л.: Недра, 1978.
7. Михайлов А.Е. Структурная геология и геологическое картирование. — М.: Недра, 1984.
8. Николаев П.Н. Методика статистического анализа трещин и реконструкция полей напряжений // Изв. вузов. Геол. и разведка. 1977. № 12. С. 103—115.
9. Николаев П.Н. Методика тектонодинамического анализа. — М.: Недра, 1992.
10. Парфенов В.Д. К методике тектонофизического анализа геологических структур // Геотектоника. 1984. № 1. С. 60—72.
11. Паталаха Е.И. Тектонофацальный анализ как концепция и тектоническая карта // Тектонические исследования в связи со средне- и крупномасштабным геокартингом. М., 1989. С. 88—93.
12. Расцветаев Л.М. Парагенетический метод структурного анализа дизъюнктивных тектонических нарушений // Проблемы структурной геологии и физики тектонических процессов. Ч. II. М., 1987. С. 173—235.
13. Родыгин А.И. Признаки направления смещения при деформации сдвига. — Томск: Изд-во Томск. ун-та, 1991.
14. Семинский К.Ж. Принципы и этапы спецкартирования разломо-блоковой структуры на основе изучения трещиноватости // Геология и геофизика. 1994. № 9. С. 112—130.
15. Семинский К.Ж., Гладков А.С. Новый подход к изучению тектонической трещиноватости в разрывных зонах // Геология и геофизика. 1991. № 5. С. 130—140.
16. Структурная геология и тектоника плит / Под ред. К.Сейфурта. Т. 2. — М.: Мир, 1990.
17. Шерман С.И., Гинтов О.Б., Лобацкая Р.М. и др. Современные методы изучения и анализа разрывов при средне- и крупномасштабном картировании // Тектонические исследования в связи со средне- и крупномасштабным геокартингом. М., 1989. С. 44—60.
18. Шерман С.И., Семинский К.Ж., Борняков С.А. и др. Разломообразование в литосфере. Зоны сдвига. — Новосибирск: Наука, 1991.
19. Шерман С.И., Семинский К.Ж., Борняков С.А. и др. Разломообразование в литосфере. Зоны сжатия. — Новосибирск: Наука, 1994.
20. Шерман С.И., Семинский К.Ж., Гладков А.С. и др. Опыт применения тектонофизического анализа при оценке тектонической активности и сейсмической опасности района Саяно-Шушенской ГЭС (Зап. Саян) // Геология и геофизика. 1996. № 5. С. 89—96.
21. Angelier J. From orientation to magnitudes in paleostress determination using fault slip data // J.Struct. Geol. 1989. Vol. 11. P. 37—50.
22. Gephart J.W. Stress and the direction of slip on fault planes // Tectonics. 1990. Vol. 9. P. 845—858.
23. Guiraud M., Laborde O., Philip H. Characterization of various types of deformation and corresponding deviatoric stress tensors using microfault analysis // Tectonophysics. 1989. Vol. 170. P. 289—316.
24. Ramsay J.C., Huber M.J. The techniques of modern structural geology. — London: Academ. Pres. Inco., 1987. Vol. 1, 2.
25. Reches Z. Analysis of faulting in three-dimensional strain field // Tectonophysics. 1978. Vol. 47. P. 109—130.
26. Reches Z. Determination of the tectonic stress tensor from slip along faults that obey the Coulomb field criterion // Tectonics. 1987. Vol. 6. P. 849—861.

Принята редколлегией 27 мая 1996 г.

Металлогения и минерагения

УДК 551.242.51

© Д.И.Горжевский, А.И.Донец, 1997

Минерагенические особенности древних платформ

Д.И.ГОРЖЕВСКИЙ, А.И.ДОНЕЦ (ЦНИГРИ)

Под платформами, как известно, понимают относительно устойчивые, консолидированные складчатостью, метаморфизмом и интрузиями крупные участки земной коры.

Платформы обычно рассматриваются как структуры с отчетливо выраженным двухэтажным строением, состоящие из фундамента и чехла. Первый образован интенсивно метаморфизованными и дислоцированными осадочными и магматическими породами, а второй — сравнительно слабометаморфизованными и дислоцированными осадочными и в значительно меньшей степени вулканогенными породами [26].

Соответственно исследователи обычно приводят характеристику геологических и минерагенических особенностей фундамента и чехла, рассматривая их как составные части платформы. Однако при этом следует учитывать, что фундамент платформы представляет собой участки древних докембрийских догеосинклинальных или геосинклинальных систем, сформировавшихся в существенно иных по сравнению с чехлом условиях.

Среди магматических пород фундамента господствуют ультраосновные, основные и кислые породы нормальной щелочности, большей частью, корового

происхождения. В чехле важную роль играют ультраосновные-щелочные и щелочные породы — продукты мантийного генезиса [16].

Магматические породы фундамента образовались главным образом в геосинклинальных и субгеосинклинальных условиях, в то время как образование магматических пород чехла связано с процессами тектоно-магматической активизации платформ, проявляющейся однако в другой форме по сравнению с геосинклинальными структурами.

Распространенные в фундаменте платформы месторождения полезных ископаемых (колчеданные, золото-кварцевые, редкометалльные пегматиты и др.), как правило, отсутствуют в чехле и заменяются редкометалльными карбонатитами, алмазонасными кимберлитами, апатитовыми и другими рудными месторождениями, а также газонефтяными месторождениями, как правило, отсутствующими в фундаменте. Однако медно-никелевые и титано-магнетитовые месторождения, имеющие как докембрийский, так и палеозойский возраст и связанные с основными и ультраосновными интрузиями, присутствуют как в фундаменте, так и в чехле платформ.

Вышеизложенные данные заставляют высказать сомнение о принадлежности к типичным платфор-

менным структурам так называемого фундамента платформ или, по крайней мере, отметить существенные различия в условиях формирования, а следовательно и в минерагенических особенностях фундамента и чехла платформ.

Процессы тектоно-магматической активизации платформ наиболее отчетливо проявляются в авлакогенах, которые представляют собой континентальные генетически связанные с глубинными разломами грабенообразные структуры, обычно выходящие за пределы платформ в смежную геосинклиналь либо затухающие внутри платформы [1, 15, 18, 28, 29]. При этом следует отметить, что процессы тектоно-магматической активизации геосинклинальных структур по характеру магматизма и эндогенной металлогении резко отличаются от процессов активизации платформ, и в частности авлакогенов. Для них, как известно, типичны господствующие кислые магматические породы и разнообразные гидротермальные месторождения цветных, редких и благородных металлов, отсутствующие на платформах [34].

Геофизические исследования последних лет [4, 25, 28] в наиболее изученных авлакогенах показали, что литосфера под ними, по сравнению с другими участками платформы, утонена, а раздел Мохо в погруженной части авлакогенов образует поднятие, которое возвышается над аналогичной структурой зон, обрамляющих авлакоген. Так, например, раздел Мохо в Припятско-Днепровско-Донецком авлакогене залегает на 10—15 км выше, чем на смежных структурах. Осадочный слой этого авлакогена имеет большую мощность по сравнению с обрамляющими его структурами, а «гранитный» — наоборот уменьшенную [4, 25].

В авлакогенах Восточно-Европейской (ВЕП) и Сибирской платформ скорости сейсмических волн в верхней части мантии (на уровне раздела Мохо) занижены (7,8 км/с), в то время как под окружающими авлакоген структурами они составляют 8,1—8,3 км/с. Эти данные интерпретируются некоторыми геофизиками [10, 30, 33 и др.] как подтверждающие существование под авлакогенами в верхней мантии разуплотненных астеносферных выступов — диапиров, состоящих из коромантийной смеси.

Формирование авлакогенов некоторые исследователи [4, 30] представляют в следующем виде: вначале над горячим астенолитом происходило растрескивание литосферы и образование систем разломов. Затем в результате растяжения мантийного вещества вдоль подошвы земной коры в противоположных направлениях образовался раздвиг, а на поверхности фундамента зона дифференцированных опусканий, заполнявшаяся рифтогенным комплексом. Перераспределение масс в нижней части земной коры и в верхней мантии обуславливает изменение положения раздела Мохо. В этот период, по нашему мнению, происходит внедрение мантийных расплавов и образование траппов и интрузий ультраосновных-щелочных пород.

По мере остывания астенолита и уменьшения его объема рифтообразование прекращается, и процессы расширения сменяются сжатием и деформацией пород рифтогенного комплекса. Последующие остывание и уплотнение вещества мантии под остывающей рифтовой зоной приводят к опусканию древней поверхности и формированию пострифтовых синеклиз. Охлаждение и уплотнение астенолита вызывает дальнейшее сжатие палеорифта и образо-

вание складок в рифтовом комплексе, а также формирование инверсионных поднятий. С этими явлениями связаны процессы катагенеза, способствующие извлечению органического и рудного вещества из пород рифтогенного комплекса и переносу этих веществ в более высокие горизонты, где в условиях понижения температуры и уменьшения давления происходит их отложение в виде нефти и газа, стратиформных (а иногда и жильного типа) свинцово-цинковых руд (иногда с золотом), медистых песчаников и сланцев, а также крупных месторождений

Абсолютные возрасты пород и руд, локализованных в палеозойских авлакогенах Восточно-Европейской платформы, млн лет

Состав пород и руд	Местонахождение	Абсолютный возраст	Источник информации
Базальты и трахибазальты	Волновахо-Елахнинская зона Западного Донбасса	365—335	[28]
Щелочные породы	Покровско-Киреевский комплекс Западного Донбасса	330—300	[28]
Трахитипариты субвулканические	Западный Донбасс	270—200	[31]
Дациты	«	230—200	[31]
Лампрофиры	«	160	[31]
Щелочные базальты	«	80	[31]
Туфолавы	Южный фланг Воронежского массива	74	[31]
Андезитобазальты и трахиандезиты	Восточный Донбасс (Россия)	188—165	[25]
Дайки керсантитов и мончекитов и ассоциирующие с ними метавулканыты	«	180—160	[25]
Свинцово-цинковые руды	Южный фланг Воронежского массива (Валуйско-Марковская зона, Украина)	200±30	[8]
	«	200	[13]
	Донбасс (Нагольный кряж)	200±20	[28]
Ртутные руды	Западный Донбасс, Никитовское месторождение	200	[8, 28]
Битум-карбонат-сульфидные прожилки	Западный Донбасс (Украина, Славянское месторождение)	195±5	[28]
Золото-сульфидные руды	Восточный Донбасс (Россия)	97—91	[25]
Аптитовые и нефелиновые сиениты	Восточная часть Балтийского щита (Кольский полуостров)	365—360	[22]
Нефелиниты, мелиниты, ультраосновные фойалиты, щелочные пикриты	«	360—340	[22]
Кимберлиты	«	340±2	[22]
Ультраосновные-щелочные породы с карбонатитами	Тиман	590—570	[12]

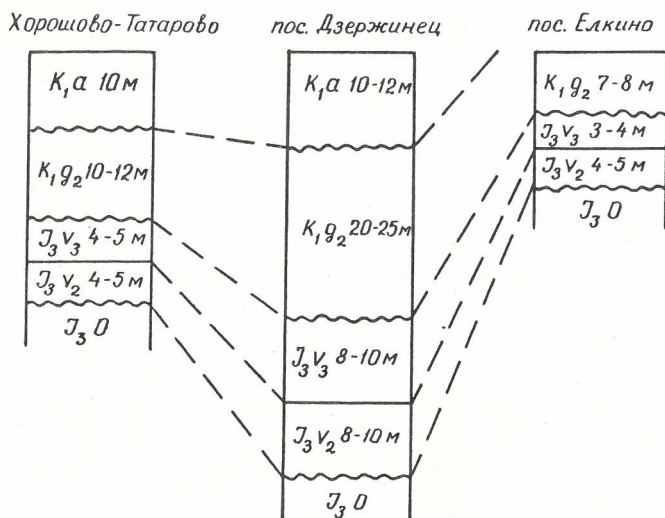


Рис. 1. Сопоставление разрезов верхневолжских и нижнемеловых отложений в Среднерусском авлакогене, Южно-Московский рифт — по А.Е. Михайлову, 1994

ртути, которые хорошо известны в Донбассе (Никитовское и др.).

Такое происхождение вышеперечисленных типов рудных месторождений в авлакогенах подтверждается тем, что они, с одной стороны, не связаны с магматическими породами, обычно отсутствующими вблизи месторождений, а с другой, являются эпигенетическими по отношению к вмещающим породам. В Донецком сегменте Припятско-Днепровско-Донецкого авлакогена осадочные породы, вмещающие рудные тела, чаще всего имеют каменноугольный возраст, в то время как стратиформные и жильные свинцово-цинковые месторождения, согласно многочисленным изотопным данным, имеют возраст около 200 млн. лет и, следовательно, сформировались в позднем триасе (таблица [15, 21, 25, 26]).

Из таблицы можно сделать вывод, что месторождения, связанные с ультраосновными-щелочными и щелочными породами (редкометалльные карбонаты и алмазоносные кимберлиты), как на северо-западе ВЕП, так и в Донбассе формировались в интервале 360—300 млн. лет. Месторождения, генетически не связанные с магматическими породами, формировались в два этапа. Первый — 200—190 млн. лет — отвечает позднему триасу (свинцово-цинковые и ртутные месторождения), а второй — 180—95 млн. лет — юрскому и меловому периодам (золото-сульфидные месторождения Восточного Донбасса). Это согласуется и с геологическими данными, свидетельствующими о том, что развитие авлакогенов ВЕП не завершилось в палеозое, а продолжалось и в мезозойское время (рис. 1).

Еще одним доводом в пользу катагенетического происхождения рудных месторождений авлакогенов являются их пространственные ассоциации с газо-нефтяными месторождениями.

На платформах образуются три главных генетических типа месторождений полезных ископаемых:

1) осадочные месторождения железа, марганца, бокситов, угля, каменной и калийной солей, фосфоритов и др.;

2) магматогенные — редкометалльные, железорудные, флогопитовые и апатитовые карбонаты, месторождения алмазов, иногда медно-никелевые и титано-магнетитовые руды;

3) катагенетические — месторождения нефти и газа, стратиформные и жильные месторождения свинцово-цинковых и медных руд, ртутные и, возможно, золоторудные.

Осадочные месторождения платформ не обнаруживают связи с авлакогенами, формируются как в трансгрессивную, так и в регрессивную и даже в эмерсивную стадии развития платформ [5, 19, 20] и связаны главным образом с терригенной сероцветной, реже красноцветной формациями. Исключение составляют месторождения каменной и калийной солей, которые чаще локализуются в авлакогенах и передовых прогибах платформ и ассоциируются с эвапоритовыми формациями [5].

Месторождения, связанные с магматическими породами платформ, широко распространены на Восточно-Европейской и Сибирской платформах. В отличие от геосинклинальных систем в чехле платформ почти не формируются породы гранитоидных и андезитодиоритовых формаций, которые господствуют в геосинклинальных системах и областях их тектоно-магматической активизации. На платформах образуются главным образом породы ультраосновного и основного составов и, что особенно характерно, ультраосновные-щелочные и собственно щелочные породы.

С породами ультраосновного состава ассоциируют медно-никелевые и титаномагнетитовые месторождения Кольского полуострова, размещение которых предположительно контролируется грабенообразными протерозойскими структурами, прослеживающимися в северо-западном направлении через весь Кольский полуостров [7]. Они могут рассматриваться как протоавлакогены, сформированные в одну из древнейших эпох тектоно-магматической активизации [15].

Медно-никелевые месторождения Сибирской платформы (Норильск, Талнах и др.) связаны с породами основного состава и формировались, как и титаномагнетитовые месторождения Ангаро-Ленского района, в период позднепалеозойско-мезозойской тектоно-магматической активизации.

Месторождения редкометалльных карбонатов и алмазов Сибирской платформы контролируются Патомско-Вилуйским авлакогеном, существовавшим в раннем и среднем палеозое и протягивающимся от среднего течения р. Лена до Верхоянского хребта. В пределах этого авлакогена размещены многочисленные интрузии траппов, трахибазальтов и ультраосновных-щелочных пород (рис. 2).

В мезозое над этим авлакогеном образовалась широкая Вилуйская синеклиза, к сводовым поднятиям в осевой части которой приурочены многочисленные месторождения газа.

На Кольском полуострове после затухания процессов протерозойской тектоно-магматической активизации и наступившего после этого периода длительного тектонического покоя возобновились движения вдоль древних разломов северо-западного и северо-восточного направлений. С этим девонско-каменноугольным этапом связано формирование ультраосновных-щелочных и собственно щелочных пород — нефелиновых сиенитов. С первыми ассоциируют карбонаты с тантало-ниобиевым, железорудным, а иногда флогопитовым и апатитовым оруденением, а также алмазоносные кимберлиты и лампроиты, выявленные в последние годы, со вторыми — крупнейшие месторождения апатитовых и нефелиновых руд. Все эти интрузивные породы и

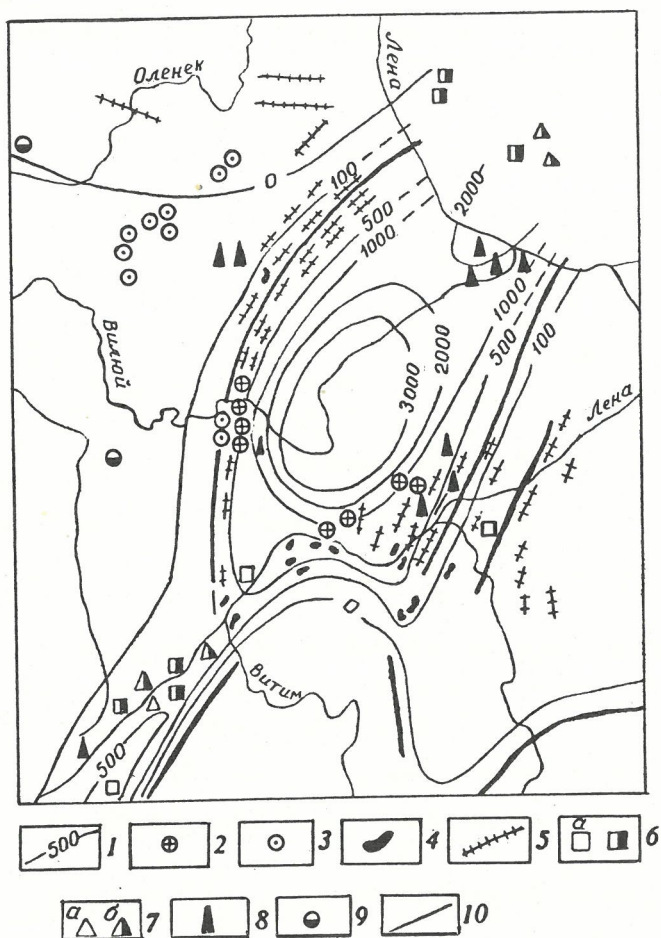


Рис. 2. Палеотектоническая схема восточной части Сибирской платформы для конца позднего девона — начала раннего карбона с элементами минерализации, использованы материалы В.Л.Масайтиса и М.В.Михайлова:

1 — палеостратоизогипсы по подошве отложений среднего девона; 2 — базальтовые трубки; 3 — кимберлитовые трубки; 4 — силлы долеритов; 5 — дайки долеритов; 6 — месторождения (а) и рудопроявления (б) свинца и цинка; 7 — месторождения (а) и рудопроявления (б) меди; 8 — нефтегазовые месторождения и проявления; 9 — источники хлоридных кальциевых и кальциево-натриевых седиментогенных вод; 10 — разломы

месторождения размещены главным образом в бортах палеозойских авлакогенов [2, 15] и не характерны для геосинклинальных зон и развивающихся на них процессов активизации (рис. 3).

Третья группа месторождений полезных ископаемых, проявленных на платформах, включает, кроме месторождений нефти и газа, некоторые геолого-промышленные типы свинцово-цинковых, медных и ртутных месторождений.

Известно, что 80 % газонефтяных месторождений локализируются в пределах платформ. Согласно представлениям ученых [11, 23], они формируются в осадочных породах, содержащих органическое вещество, которое в процессе катагенеза преобразуется в углеводородные соединения и переносится в более высокие горизонты. Углеводороды скапливаются в пористых и трещиноватых породах (главным образом в песчаниках и известняках) под экранирующими горизонтами слабопроницаемых пород, представленных обычно породами глинистого состава или эвапоритами.

В условиях рассматриваемых нами платформ в область катагенетических преобразований попадают углеродистые сланцы и песчаники девонского и каменноугольного возраста.

В качестве примера можно привести средневизейские отложения Днепровско-Донецкого бассейна, представленные темноцветными глинистыми породами с подчиненным развитием обломочных пород (мутевые потоки и выносы рек). Содержание органического вещества в этих отложениях составляет 2,5—16 % [14]. Кероген представлен спекшимся сапропелево-гумусовым типом, а содержание хлороформного битумоида составляет 0,016—0,35 %. Породы нижней части средневизейской толщи общей мощностью 120—660 м и более залегают в Донбассе на глубине 4,5—6,5 км и подвергнуты катагенезу стадии МК₁-МК₄. Они, по всей вероятности, первоначально представляли собой горючие сланцы и являлись нефтематеринскими. Вместе с тем, как показали геохимические исследования, они содержат anomalously высокие концентрации халькофильных металлов (Hg, Cu, Pb, Zn, Cd и др.), в несколько раз превышающие кларки, а также повышенные концентрации золота [14, 28]. Таким образом, эти породы, возможно, были источниками не только нефти и газа, но и некоторых рудных месторождений Донбасса.

В процессе катагенеза водные растворы, обогащенные органическим веществом и растворимыми соединениями металлов, поднимались вверх и образовывали в верхних частях авлакогенов или в пострифтовых синклиналях, а также в пределах смежных прогибов газонефтяные и рудные месторождения. Преимущественная локализация газонефтяных месторождений именно в авлакогенах ВЕП установлена исследованиями Р.Н.Валеева, И.М.Шахновского и др. [3, 19, 23].

Стратиформные свинцово-цинковые месторождения в известково-доломитовых породах платформ, как и газонефтяные, локализируются главным образом в пределах авлакогенов [21] и чаще всего не ассоциируют с какими-либо магматическими породами. В результате длительных исследований выяснилось, что они эпигенетичны по отношению к вмещающим породам, пересекают не только их, но и эпигенетические доломиты и нередко моложе последних. Так, например, рудопроявления Валуиско-Марковской зоны, приуроченные к границе Воронежского массива и Припятско-Днепровско-Донецкого авлакогена, локализируются в карбонатных породах ранне-среднекаменноугольного возраста, обнаруживают отчетливые признаки наложения на эпигенетические доломиты [28, 29] и, по изотопным данным, сформировались 200 млн. лет назад, т.е. в поздне триасовое время. Установленная исследователями [21] парагенетическая связь стратиформных свинцово-цинковых месторождений в карбонатных породах с месторождениями нефти и газа во многих провинциях мира свидетельствует о возможном образовании свинцово-цинкового оруденения этого типа также в процессе катагенеза, а пространственная ассоциация свинцово-цинковых месторождений этого типа с эвапоритами [21, 27] указывает на возможность извлечения свинца и цинка из осадочных пород авлакогенов газоводными рассолами, обогащенными натрием и калием. Как известно, такие растворы легко растворяют и переносят свинец и цинк.

Подобное же происхождение, возможно, имеют и некоторые свинцово-цинковые месторождения жильного типа и, в частности, Нагольного кряжа Донбасса (Острогорское, Бобриковское и др.). Их рудные тела представлены маломощными жилами, секущими осадочные отложения и посткаменноугольные дайки и силлы изверженных пород. Воз-

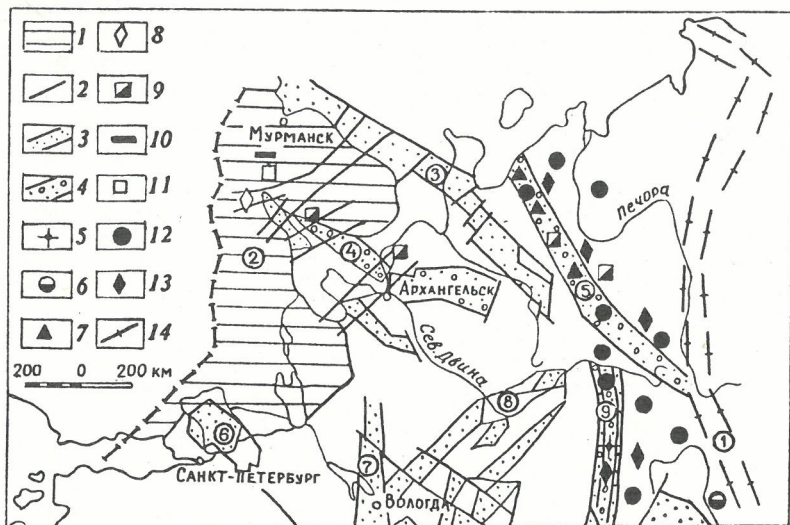


Рис. 3. Схема размещения рифейских и палеозойских авлакогенов и связанных с ними месторождений и проявлений полезных ископаемых в северо-западной части Восточно-Европейской платформы:

1 — выступы фундамента; 2 — глубинные разломы; 3 — грабены, выполненные рифейскими отложениями; 4 — грабены, выполненные рифейско-палеозойскими отложениями; месторождения и проявления: 5 — флюоритовые, 6 — медистых песчаников, 7 — стратиформные свинцово-цинковые; 8 — редкометалльных карбонатов, 9 — алмазоносных кимберлитов, 10 — медно-никелевые, 11 — апатитовых руд, 12 — газонефтяные, 13 — природных битумов; 14 — граница Предуральского краевого прогиба; цифры в кружках: 1 — Предуральский краевой прогиб; 2 — Балтийский щит; авлакогены: 3 — Мезенский, 4 — Онежско-Кандалакшский, 5 — Тиманский, 6 — Ладожский, 7 — Вожа-Лачский, 8 — Среднерусский, 9 — Кожимский

раст рудных тел этих месторождений, иногда содержащих и золото, по данным изотопных методов, около 200 млн. лет, а в отдельных случаях даже около 90 млн. лет [9, 25], что соответствует меловому периоду. Самородное золото, присутствующее в некоторых из этих месторождений, также, видимо, имеет катагенетическое происхождение и не связано непосредственно с магматическими породами.

Вероятно, многочисленные рудопроявления медистых песчаников на ВЕП контролируются авлакогенами. Они размещены главным образом в пермских отложениях, перекрывающих Припятско-Днепровско-Донецкий и Кольско-Бельский авлакогены и Предуральский краевой прогиб.

Интересным типом золоторудных месторождений в пределах данной платформы являются золото-полиметаллические месторождения, выявленные в палеозойских отложениях Припятско-Днепровско-Донецкого авлакогена (Острогорское, Бобриковское, Керчикское рудопроявления в Донбассе) и, возможно, существующие в других авлакогенах. Перспективы выявления золоторудных месторождений в пределах ВЕП подтверждаются и наличием на ее территории россыпей проявлений (более 150), которые особенно широко распространены в пределах Воронежской, Московской, Камо-Северодвинской и Тиманской площадей [17].

Все вышеизложенное свидетельствует о важных отличительных особенностях минерации платформ, которые заключаются, прежде всего, в приуроченности месторождений редкометалльных карбонатов и алмазоносных кимберлитов, ассоциирующих с ультраосновными-щелочными породами, только к древним платформам. Другая важная отличительная особенность минерации платформ — преимущественная локализация в их пределах газонефтяных месторождений, а также определенных геолого-промышленных типов месторождений свинца, цинка, меди и золота, не связанных с магматическими породами.

Для платформ важнейшим геолого-промышленным типом свинцово-цинковых месторождений являются стратиформные месторождения в карбонатных породах, впервые появившиеся, по-видимому, в рифее, в то время как для геосинклинальных систем к важнейшему геолого-промышленному типу отнесены колчеданно-полиметаллические, связанные с осадочными или магматическими породами и широко распространенные уже в позднем архее и раннем протерозое.

А.И. Гинзбург [6] обратил внимание на происхождение разных геолого-промышленных типов тантало-ниобиевых месторождений геосинклинальных систем и платформ. Для геосинклинальных систем наиболее характерны редкометалльные пегматиты, которые возникли впервые еще 2,5 млрд. лет назад и после этого формировались во все периоды развития Земли. Эти редкометалльные пегматиты связаны с гранитной магмой и отсутствуют в чехле платформ, где их заменяет тантало-ниобиевое орудушение в редкометалльных карбонатах, которые получили распространение только с начала палеозойской эры (600—700 млн. лет).

Что касается группы месторождений осадочного происхождения, то здесь, как нам представляется, различие между структурами платформенного и геосинклинального типов, а также зонами тектоно-магматической активизации существенно уменьшается. Исключение составляют месторождения минеральных солей, часто локализуемых в авлакогенах платформ и передовых прогибах.

Эндеогенные месторождения платформ — магматогенные и катагенные отличаются от таковых геосинклинальных складчатых зон и отнесены к разным рудноформационным и геолого-промышленным типам одного полезного ископаемого. Формирование этих типов обусловлено различными глубинными процессами, происходящими на сравниваемых структурах. На платформах, в отличие от геосинклинальных систем, время от времени формировались ультраосновные-щелочные породы мантийного происхождения, связанные с развитием глубинных разломов, достигающих мантии Земли, в то время как в геосинклинальных системах такие глубинные разломы встречаются редко и контролируют размещение только собственно ультраосновных пород.

Вместе с тем, авлакогены, служившие путями поднятия мантийных расплавов и усиленных тепловых потоков, были благоприятными структурами для процессов катагенеза и метаморфизма горных пород. Эти процессы вызвали перераспределение органического и рудного вещества, вынос его в более верхние горизонты, где они отложились в виде залежей нефти, газа и руд в локальных структурах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Богданов А.А. О некоторых общих вопросах тектоники древних платформ (на примере Восточно-Европейской платформы) // Сов. геология. 1964. № 9. С. 3—28.
2. Ваганов В.И., Варламов В.А., Фельдман А.А. и др. Прогнозно-

- поисковые системы для месторождений алмазов // Отечественная геология. 1995. № 3. С. 42—52.
3. *Валеев Р.Н.* Авлакогены Восточно-Европейской платформы. — М.: Недра, 1978.
 4. *Гарецкий Р.Г., Каратаев Г.И., Астапенко В.Н.* Тектоносфера западной части Восточно-Европейской платформы // Геологический журнал. 1993. № 3. С. 78—91.
 5. *Геологическое строение СССР и закономерности размещения полезных ископаемых. Т. 1 (Русская платформа).* 1985.
 6. *Гинзбург А.И.* Эволюция редкометалльной минерализации в ходе геологической истории Земли // Минералы, горные породы и месторождения полезных ископаемых в геологической истории. Л., 1985. С. 74—79.
 7. *Гладковский А.А., Горбунов Г.И., Сысоев Ф.А.* Месторождения никеля // Рудные месторождения СССР. Т. 2. М., 1974. С. 5—74.
 8. *Гойжевский А.А., Скаржинский В.И., Шумлянский В.А.* и др. Металлогения фанерозоя платформенной части Украины. — Киев: Наукова думка, 1984.
 9. *Грановская Н.В.* Минерогения и термобарогеохимия золотого оруденения в юго-восточном Донбассе // ЗМВО. 1992. № 4. С. 29—42.
 10. *Ильченко Т.В.* Сейсмическая модель земной коры по профилю ГСЗ Приазовский массив — Донбасс-Воронежский массив // Геофиз. журнал. 1992. № 5. С. 50—59.
 11. *Калинко М.К.* Геология и геохимия нефтидов. — М.: Недра, 1987.
 12. *Константиновский А.А., Пачуковский В.М., Захарова О.Н.* К проблеме рудоносности Тимана // Литология и полезные ископаемые. 1993. № 5. С. 69—80.
 13. *Крестин Е.М., Шустов Ю.А., Егоров А.Ю.* Полиметаллическое оруденение в палеозойском осадочном чехле Русской платформы // Геология рудных месторождений. 1974. № 4. С. 63—69.
 14. *Лукин А.Е.* О Днепровско-Донецком средневизейском палеобассейне эвксинского типа // Докл. АН. 1995. Т. 344. № 5. С. 660—664.
 15. *Магматизм и металлогения рифтогенных систем восточной части Балтийского щита.* — С-Пб.: Недра, 1993.
 16. *Магматические горные породы. Эволюция магматизма и истории Земли.* — М.: Недра, 1987.
 17. *Мигачев И.Ф., Кальниченко С.С., Ракенчук А.И.* Перспективы золотоносности Восточно-Европейской платформы // Отечественная геология. 1995. № 3. С. 53—57.
 18. *Милановский Е.Е.* Рифтогенез в истории Земли. — М.: Недра, 1983.
 19. *Милановский Е.Е., Никишин А.М., Горбачев В.И.* и др. Развитие рифтогенных и пострифтовых осадочных бассейнов Восточно-Европейской платформы и смежных метаплатформенных областей в позднем протерозое и фанерозое // Тектоника осадочных бассейнов: Тез. докл. М., 1995. С. 120—124.
 20. *Михайлов А.Е.* Об активности южно-московского рифта в мезозое и кайнозое // Изв. вузов. Серия геол. и разв. 1994. № 6. С. 152—156.
 21. *Парагенезис металлов и нефти в осадочных толщах нефтегазоносных бассейнов / Д.И.Горжевский, А.А.Карцев, Д.И.Павлов и др.* — М.: Недра, 1990.
 22. *Проскуряков В.Р.* и др. Глубинное строение, геотектоника и магматизм восточной части Балтийского щита // Геология северо-запада Российской Федерации. С-Пб., 1993.
 23. *Рудоносность и геологические формации структур земной коры / К.А.Марков, В.А.Трофимов, Ю.Г.Старицкий и др.* — Л.: Недра, 1981.
 24. *Старицкий Ю.Г., Кочин Г.Г.* Типы неметаллических и металлических ископаемых чехла Русской платформы // Геология рудных месторождений. 1994. № 2. С. 137—147.
 25. *Терентенко Н.А., Лихачев В.А., Зеленников Г.В., Кузнецов Ю.А.* Литолого-структурные условия локализации цветных и благородных металлов на Керчинском рудопоявлении // Геология, строение и полезные ископаемые Ростовской обл. Ростов-на-Дону, 1987. С. 90—95.
 26. *Хаин В.Е.* Общая геотектоника. — М.: Недра, 1964.
 27. *Холодов В.Н.* Постседиментационные преобразования в элизионных бассейнах. — М.: Наука, 1983.
 28. *Чайкин В.Т., Шумлянский В.А.* Эндогенная металлогения авлакогенов юго-восточной части Восточно-Европейской платформы // Геологический журнал. 1984. № 3.
 29. *Чайкин В.Т.* Основные эпохи тектоно-магматической активизации Восточно-Европейской платформы // Геотектоника. 1986. № 3.
 30. *Чекунов А.В.* Глубинные причины тектогенеза // Геодинамика и развитие тектоносферы. М., 1991. С. 18—30.
 31. *Чекунов А.В., Наumenko В.В.* Связь между глубинной перестройкой земной коры, тектоническими движениями, магматизмом, метаморфизмом и металлоносностью в Днепровско-Донецком палеорифте // Геофизический журнал. 1982. № 4. С. 25—34.
 32. *Шатский Н.С.* О происхождении Пачелмского прогиба // Бюлл. МОИП. Отд. геол. 1955. № 5. С. 5—26.
 33. *Шаховский И.М.* Геологическое строение и нефтегазоносность авлакогенов Восточно-Европейской платформы. — М.: Наука, 1988.
 34. *Щеглов А.Д.* Основы металлогенического анализа. — М.: Недра, 1980.

Принята редколлегией 26 ноября 1996 г.

Рудные и нерудные месторождения

УДК 551.311.231

© А.В.Лапин, Е.И.Семенов, С.Ленаро, В.Иванух, 1997

Пироксид в коре выветривания

А.В.ЛАПИН, Е.И.СЕМЕНОВ, С.ЛЕНАРО, В.ИВАНУХ (ИМГРЭ)

Томторское месторождение — одно из самых крупных и богатых комплексных редкометалльных месторождений в мире. Комплекс рудных компонентов этого месторождения весьма обширен. Он включает ниобий, лантаноиды, иттрий, скандий, ванадий, фосфор, титан, стронций и некоторые другие компоненты, в совокупности составляющие около 50 % объема руды. Месторождение приурочено к массиву ультраосновных щелочных пород и карбонатитов, который относится к Уджинской щелочной провинции, расположенной между Анабарским щитом на западе и Оленекским поднятием на востоке. Массив занимает площадь около 300 км² и является одним из крупнейших карбонатитовых комплексов.

Массив имеет зональное строение и состоит из карбонатитового ядра (12 км²), промежуточной зоны ийолит-мельтейгитов, обычно интенсивно карбонатизированных, и краевой зоны нефелиновых и ше-

лочных сиенитов. Породы массива, включая карбонатиты, прорваны многочисленными дайками и трубками пикритов, альнеитов, авгититов. Возраст карбонатитов датируется вендом (660—510 млн. лет).

Карбонатиты подразделены на ранние кальцитовые и доломит-кальцитовые породы, не содержащие редкометалльной минерализации (безрудные), и поздние кальцитовые, доломит-кальцитовые и анкеритовые породы, содержащие пироксид, монацит, бастнезит и другие редкометалльные минералы. Отмечается приуроченность ранних карбонатитов к краевым, а поздних — к центральным частям ядра.

Массив обладает хорошо развитой зоной гипергенеза, достигающей максимальной мощности (300—400 м) на карбонатитах. Кора выветривания карбонатитов Томтора, к которым приурочены уникальные редкометалльные руды, отличаются от большинства месторождений этого типа (Араша, Брази-

лия; Маунт Вельд, Австралия; Мабуни, Габон и др.) более сложным составом и строением [4, 6]. Это объясняется сложной и длительной историей формирования зоны гипергенеза, включающей два этапа, которые существенно различаются условиями гипергенного минералообразования.

Первый этап относится к допермскому времени (девон-карбон), когда массив был выведен на земную поверхность, и в окислительной обстановке поверхностного выветривания сформировался мощный зональный профиль латеритного выветривания карбонатитов, представленный верхней зоной остаточных лимонитовых охр (зона выщелачивания) и нижней зоной лимонит-франколитовых и иногда также лимонит-кварцевых пород (зона цементации или вторичного переотложения).

Главные рудоконцентрирующие процессы окислительного этапа гипергенеза — остаточное накопление инертных рудных компонентов в зоне выщелачивания, обусловленное выносом главных породообразующих компонентов карбонатитов, которое приводит к 3–4-кратному обогащению латеритных охр по сравнению с карбонатитами ниобием и редкоземельными элементами, а также вторичное переотложение фосфора, вынесенного из зоны выщелачивания, в результате которого на глубоких горизонтах латеритного профиля формируются ниобиево-фосфатные лимонит-франколитовые руды.

В пермское время породы массива вместе со сформировавшимися на них корами выветривания на значительных площадях были перекрыты континентальными отложениями, содержащими мощные пласты углей. Под их влиянием воды, промывающие верхние горизонты кор выветривания, приобрели восстановленный характер, что привело к развитию здесь специфических эпигенетических минеральных ассоциаций, значительно усложняющих состав и строение верхних горизонтов латеритного профиля выветривания.

Характерной особенностью восстановительного этапа гипергенеза, так же как и окислительного этапа латеритного корообразования является зональное развитие эпигенетических процессов. Верхнюю часть разреза коры, претерпевшей эпигенетические изменения, занимают осветленные породы, образующиеся в результате выноса из латеритных охр восстановленных форм железа и марганца и привноса эпигенетическими растворами некоторых

компонентов (Al, Si и др.) из вышележащих осадочных пород. Главные компоненты осветленного горизонта — минералы группы крадаллита, монацит и пирохлор. Непосредственно ниже зоны осветления расположена сопряженная с ней зона эпигенетической сидеритизации продуктов выветривания, в которой происходит осаждение вынесенных из осветленной зоны двухвалентных катионов железа и марганца, а также восстановление оксида железа (II) «in situ».

Эпигенетический процесс осветления оказывает сильный рудоконцентрирующий эффект, обусловленный выносом из продуктов выветривания большей части железа и марганца и накоплением остаточных минералов — пирохлора и монацита. Вследствие суммирования рудоконцентрирующих эффектов двух этапов гипергенеза в осветленном горизонте создается максимальный уровень содержания редких металлов, сопоставимый с таковым главных породообразующих оксидов. Так, содержания Nb₂O₅ в рудах этого горизонта достигают 6–12 %, а Tr₂O₃ 12–30 %. Резко увеличиваются содержания и других инертных редкометалльных рудных компонентов (в %): Y₂O₃ — 1; Sc₂O₃ — 0,6; V₂O₃ — 1,2; SrO — 3–5 и т.д.

Главным редкометалльным рудным минералом карбонатитов и формирующихся за счет них гипергенных продуктов является пирохлор. Проведенные нами исследования пирохлора существенно дополняют имеющиеся данные о пирохлорах из зоны гипергенеза карбонатитов [2, 3, 5, 7, 8] и свидетельствуют о том, что этот минерал чутко реагирует на изменение условий гипергенного минералообразования и может служить хорошим маркером сложных процессов гипергенеза. Этому благоприятствуют особенности кристаллической структуры минерала — наличие устойчивого трехмерного каркаса VO₆ — октаэдров и заполняющих его пустоты относительно слабо связанных с каркасом катионов группы А. Вследствие этого возникают возможности как для неполного заселения полостей VO₆ каркаса, так и для широкой реализации ионообменных процессов в структурной позиции А. При этом в зоне гипергенеза карбонатитов происходит изменение не только состава первичных пирохлоров, но и внутреннего строения его зерен, которое также становится индикатором условий гипергенеза.

Состав первичных пирохлоров, встречающихся в коренных карбонатитах, а также в виде реликтовых ядер в неоднородных зернах пирохлора из продуктов выветривания карбонатитов, достаточно стабилен. Он характеризуется преобладанием среди катионов группы А натрия и кальция с примерно равными соотношениями их атомных количеств. В отдельных участках встречаются пирохлоры с повышенным содержанием церия (10–12 % Ce₂O₃), но пониженным количеством натрия (табл. 1).

Кристаллохимические формулы первичных пирохлоров близки к теоретичес-

1. Состав первичного пирохлора из реликтовых участков в частично измененных зернах минерала, %

Оксид	1	2	3	4	5	6	7	8
Nb ₂ O ₅	59,41	62,19	63,59	63,96	64,04	66,73	68,83	53,90
Ta ₂ O ₅	0,10	0,01	0,02	0,05	0,09	0,07	0	Не опр.
TiO ₂	2,82	3,60	1,71	1,65	1,57	0,65	0,54	6,42
SiO ₂	0,16	0,71	0	0,22	0,17	0,37	0,71	0,22
ZrO ₂	Не опр.	4,47	Не опр.	Не опр.	Не опр.	1,37	1,43	2,47
Ln ₂ O ₃	5,31	2,47	3,92	1,77	2,75	1,10	0,53	9,87
Y ₂ O ₃	Не опр.	Не опр.	Не опр.	Не опр.	Не опр.	Не опр.	Не опр.	0,24
CaO	16,02	16,53	16,66	17,24	17,57	16,64	16,68	17,81
SrO	0,47	0,90	0,52	0,71	0,65	1,60	0,90	0,24
BaO	0	0,18	0	0	0	0	0,11	0
PbO	Не опр.	0,23	Не опр.	Не опр.	Не опр.	0,08	1,20	0,16
FeO	0,99	0,77	0,87	1,07	0,88	0,86	1,13	1,82
K ₂ O	0,10	Не опр.	0,10	0,13	0,09	Не опр.	Не опр.	Не опр.
Na ₂ O	8,38	6,75	8,91	9,57	8,52	9,15	8,67	2,80
ThO ₂	Не опр.	0,11	Не опр.	Не опр.	Не опр.	0,10	0,05	0,03
UO ₂	»	0	»	»	»	0,17	0	0
F	»	Не опр.	»	»	»	Не опр.	Не опр.	0,94
-O=F ₂	—	—	—	—	—	—	—	0,25
Сумма	93,76	98,92	96,36	96,37	96,33	98,89	101,33	97,28

Примечание: 1–8 — номера реликтовых участков.

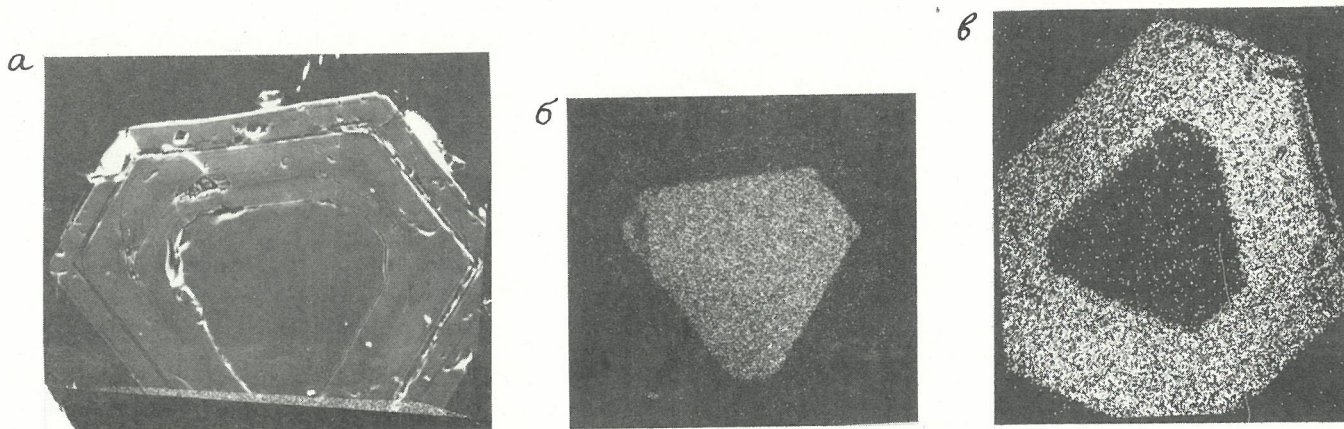


Рис. 1. Неоднородное зональное зерно пироклора с внутренней зоной первичного пироклора обычного состава и внешней зоной барийсодержащего стронциопироклора:

а — изображение в отраженных электронах; сканирование того же зерна в характеристическом рентгеновском излучении: *б* — кальция, *в* — бария; $\times 115$

кой формуле $A_2B_2O_6$ (O, OH, F) $\approx NaCaNb_2O_6F$ со стехиометрическими соотношениями катионов, занимающих различные структурные позиции и незначительным или совершенно не проявленным дефицитом катионов группы А.

Первичные пироклоры дают четкую дифракционную картину, аналогичную эталонной. Параметры элементарной ячейки $(10,4 \div 10,42)10^{-4}$ мкм. Микротвердость минерала 750—840 кг/мм². Плотность 4,55—5,16 г/см³. Минерал образует октаэдрические кристаллы, размером от долей до 5 мм. Окраска минерала варьирует от темно-коричневой и красной до светло-бурой или желтой. Для внутреннего строения зерен первичных пироклоров характерно наличие первичной зональной структуры роста.

Изменение первичных пироклоров в охристых продуктах латеритного выветривания начинается с периферии зерен, при этом образуются неоднородные зерна с вторичной зональностью замещения, центральные части которых имеют обычный состав, а краевые части сложены стронциево-бариевыми или бариево-стронциевыми пироклорами (рис. 1). Иногда изменению подвергаются фрагменты раз-

дробленных зерен пироклора, обладающих первичной зональностью роста. В таких случаях отчетливо видно, что изменение пироклора с образованием вторичной зональности происходит уже после дробления его зерен (рис. 2).

Гипергенные изменения пироклора протекают также с использованием микротрещиноватости зерен, вследствие чего центральные части зерен разбиваются на отдельные блоки, внутри которых сохраняются реликты первичного минерала. Блочное строение зерен измененного пироклора обычно сохраняется даже при полном замещении первичного минерала.

Сравнение составов первичного и замещающего его вторичного пироклора показывает, что оба минерала обладают одинаковым, стабильным содержанием ниобия, титана и других катионов группы В, но различаются по составу катионов группы А и степени заполнения этой структурной позиции в кристаллической решетке пироклора. Доминирующую роль в составе катионов группы А вторичных пироклоров играют стронций и барий; в этой группе присутствует также свинец, который иногда становится преоб-

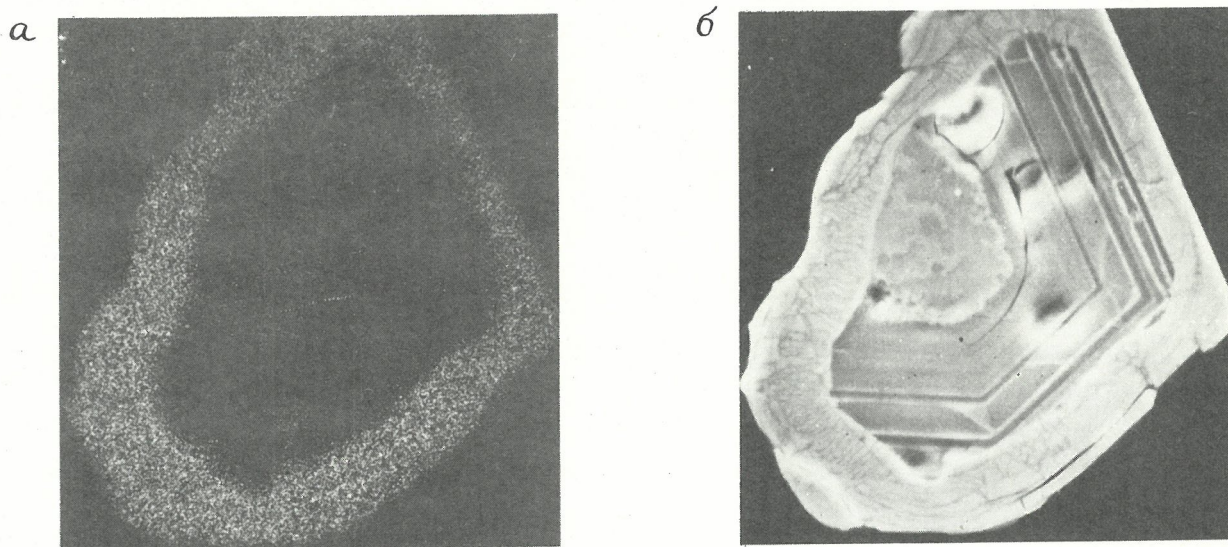


Рис. 2. Замещение фрагмента зерна первичного пироклора вторичным барийсодержащим стронциопироклором:

а — изображение в отраженных электронах; *б* — сканирование в характеристическом рентгеновском излучении стронция; $\times 800$

2. Результаты микрозондовых анализов фазово-неоднородных зерен пирохлора из месторождения Томтор, %

Оксид	Обр. 6151/81, зерно 1		Обр. 6151/158			
			Зерно 1		Зерно 2	
	1	2	1	2	1	2
Nb ₂ O ₅	62,16	66,59	68,83	65,77	66,73	64,83
Ta ₂ O ₅	0,01	0	0	0	0,07	0,05
TiO ₂	3,60	2,73	0,54	2,15	0,65	0,24
SiO ₂	0,71	0,17	0,42	0,40	0,37	0,26
ZrO	4,47	0,20	1,43	2,05	1,37	1,41
La ₂ O ₃	0,33	0	0,16	0,07	0,16	0,08
Ce ₂ O ₃	1,59	0	0,20	0,48	0,74	0,66
Nd ₂ O ₃	0,55	0,40	0,17	0,10	0,20	0,13
CaO	16,53	1,62	16,68	3,90	16,64	0,67
SrO	0,90	16,48	1,74	14,05	1,60	13,99
BaO	0,18	5,21	0,11	5,03	0	6,85
PbO	0,23	4,93	1,20	3,99	0,08	5,20
FeO	0,77	0,24	1,13	0,10	0,86	2,03
Na ₂ O	6,75	2,96	8,67	2,85	9,15	2,75
ThO ₂	0,11	0,09	0,05	0,26	0,10	0
Сумма	98,92	100,76	101,33	102,28	98,89	99,15

Примечания. Обр. 6151/81 — из эпигенетически измененных (осветленных) охр; 6151/158 — из латеритных кор. Номера точек: 1 — реликтовое центральное зерно; 2 — измененная краевая зона.

ладающим катионом. Составы первичных (реликтовых) и вторичных измененных пирохлоров из фазово-неоднородных зерен приведены в табл. 2. Отсюда видно, что в зонах вторичного измененного пирохлора наблюдаются одновременное увеличение содержания стронция, бария и свинца и снижение содержания кальция и натрия.

Примечательно, что составы вторичного измененного пирохлора в фазово-неоднородных зернах из латеритных кор (обр. 6151/158) и из продуктов их эпигенетического изменения практически не различаются между собой.

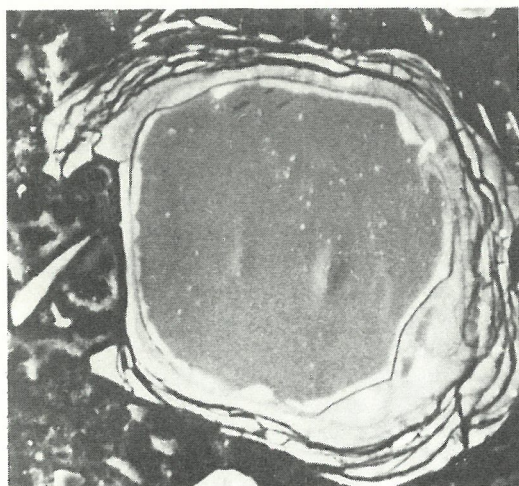
Как следует из этих и других данных, при развитии в корях эпигенетических восстановительных процессов состав вторичных пирохлоров не претерпевает существенных изменений. Можно указать лишь на то, что внутри зерен свинецсодержащих пирохлоров и вокруг них появляется тонкая вкрапленность галенита, который образуется за счет свинца, извлекаемого из пирохлора. Это объясняется

тем, что изменение состава и перераспределение вещества продуктов выветривания при их эпигенетических восстановительных преобразованиях связаны главным образом с изменением геохимического поведения элементов с переменной валентностью (Fe, Mn, S, C и др.). В то же время сопровождающие эпигенез процессы перекристаллизации затрагивают все гипергенные минералы, включая и устойчивый в этих условиях пирохлор. Поэтому эпигенетические преобразования продуктов выветривания в большей степени отражаются на структуре зерен пирохлора, чем на его составе.

Как уже отмечалось, для измененного пирохлора в обычных, не подвергшихся эпигенетическим преобразованиям продуктах выветривания карбонатитов характерно зональное или блочное строение, которое обусловлено замещением первичного минерала по периферии зерен либо с использованием их микротрещиноватости. Особенностью строения фазово-неоднородных зерен, обладающих зональным или блочным строением и содержащих реликтовые ядра или блоки первичного пирохлора, является наличие скорлуповатой отдельности. В зональных зернах скорлуповатая отдельность развивается концентрически вокруг центральных ядер первичного пирохлора, повторяя и подчеркивая рисунок вторичной зональности зерен (рис. 3). В зернах с блочным строением скорлуповатая отдельность облекает отдельные блоки первичного пирохлора (рис. 4) и сохраняется даже при полном замещении этих блоков вторичным пирохлором. В результате такие зерна представляют собой агрегаты полицентрического строения, структурными центрами которых являются реликтовые блоки первичного пирохлора, часто уже замещенные вторичным минералом, вокруг которых развивается скорлуповатая отдельность.

Процесс перекристаллизации, сопровождающий эпигенетические преобразования продуктов выветривания, приводит к дальнейшему усложнению внутреннего строения зерен пирохлора. Внутренние части зерен, представляющие собой реликтовые ядра, часто полностью замещенные вторичным пирохлором, подвергаются грануляции и представляют

а



б

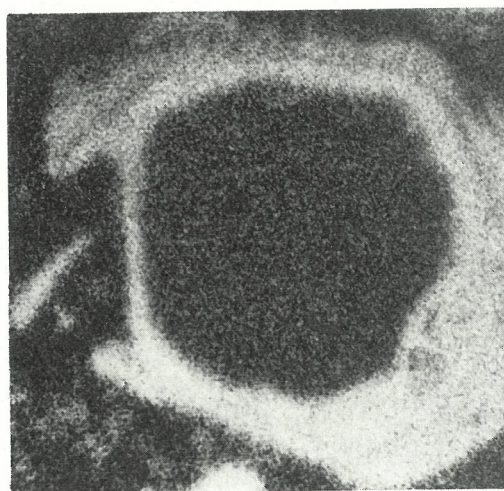


Рис. 3. Неоднородное зерно зонального пирохлора с внутренним ядром первичного пирохлора обычного состава, окруженным внешней зоной вторичного стронциопирохлора:

а — изображение в отраженных электронах; б — сканирование в характеристических лучах стронция; $\times 260$

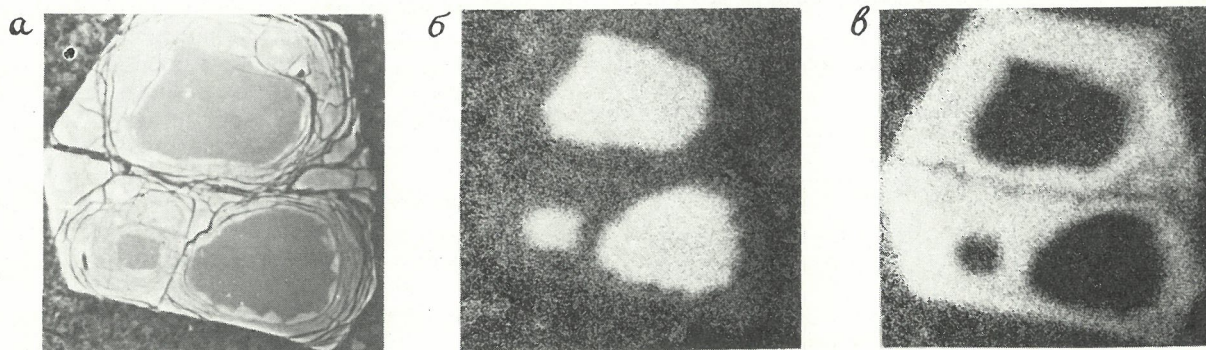


Рис. 4. Неоднородное зерно пирохлора с реликтами первичного пирохлора обычного состава внутри вторичного барийсодержащего стронциопирохлора:

a — изображение в отраженных электронах; сканирование в характеристических лучах: *б* — кальция, *в* — стронция; $\times 260$

собой агрегат полигональных зерен. Внешняя кайма скорлуповатого строения в результате перекристаллизации приобретает зональное строение и включает зону, образованную таблитчатыми зернами пирохлора, которые представляют собой перекристаллизованные скорлуповатые выделения, оформленные в более правильные таблички и сохраняющие общую ориентировку скорлуповатых выделений. Внутри таблитчатой зоны нередко наблюдается кайма, сложенная шестоватыми призматическими зернами пирохлора, ориентированными перпендикулярно таб-

литчатым зернам пирохлора (рис. 5). Вследствие этого некоторые зерна вторичного пирохлора в эпигенетически измененных продуктах выветривания карбонатитов превращаются в полизональные агрегаты, которые отражают сложную двухэтапную историю гипергенных преобразований субстрата. Такие агрегаты состоят из гранулированного ядра, окруженного зоной таблитчатого строения, которая сменяется зоной шестоватого строения, за которой вновь следуют фрагменты зоны таблитчатого строения.



Рис. 5. Перекристаллизованные полизональные агрегаты вторичного пирохлора из эпигенетически измененных осветленных продуктов выветривания карбонатитов, включающие ядро, сложенное гранулированными зернами, таблитчатую зону, зону шестоватого строения и вновь франколиты зоны таблитчатого строения

3. Состав зонального пирохлора из эпигенетически измененных кор выветривания карбонатитов, %

Оксид	1	2
Nb ₂ O ₅	66,8	67,5
TiO ₂	2,2	2,6
CaO	3,1	4,9
SrO	13,9	15,1
BaO	4,3	4,1
PbO	5,1	0,3
ΣFeO	1,4	1,3
Na ₂ O	3,2	4,2
Сумма	100	100

Примечания: 1 — ядро, барий- и свинецсодержащий стронциопирохлор, 2 — пластинчатая краевая зона, барийсодержащий стронциопирохлор. Анализы выполнены в Университете Сан-Пауло (Бразилия) на приборе SEM с энергодисперсионной установкой. Аналитик С.Ленаро. Сумма приведена в пересчете на безводный состав.

Состав измененного пирохлора соответствует стронциопирохлору и в различных зонах варьирует незначительно, за исключением содержаний свинца, которые в гранулированном ядре выше, чем в пластинчатой зоне (табл. 3). Снижение содержаний свинца во внешних зонах полизональных агрегатов, как уже отмечалось, по-видимому, объясняется его извлечением из минерала в процессе перекристаллизации и связыванием серой в устойчивую сульфидную фазу — галенит.

Таблитчатый облик кристаллов стронциевого пирохлора, который можно объяснить их сильным уплощением по тройной оси и преимущественным развитием пары противоположных граней октаэдра, ранее отмечался для этого минерала из альбититов Ловозера и пегматитов Хибин [1].

В целом среди измененных пирохлоров преобладают барийсодержащие стронциопирохлоры, несколько меньше распространены стронцийсодержащие барио- и плумбопирохлоры.

Гипергенные изменения пирохлоров помимо ионообменных процессов, сопровождающихся возрастанием дефицита катионов группы А, приводят к резкому увеличению степени гидратации минерала, а также выносу фтора из анионной группы с замещением его гидроксидом [5].

Вторичные пирохлоры наследуют форму кристаллов первичного минерала, однако первичная окраска минерала меняется. Обычно темноокрашенные бурые, красные, красновато-коричневые первичные пирохлоры при гипергенных изменениях приобретают серовато-белую окраску, иногда со слабым желтоватым, голубоватым или зеленоватым оттенком. Кристаллы вторичного пирохлора обычно обладают повышенной хрупкостью и легко разрушаются до порошковидного состояния даже при слабом механическом воздействии. Вторичные пирохлоры обычно сильно трещиноваты, пористы. Плотность вторичных пирохлоров варьирует в очень широких пределах и зависит не только от состава минерала, но и от его пористости, которая может быть весьма существенна также и в результате выщелачивания включений посторонних минералов (апатита, силикатов и др.). Поэтому общий диапазон вариаций плотности вторичных пирохлоров составляет 3,38—4,75 г/см³.

Твердость вторичных гидратированных стронциопирохлоров, определенная на микротвердометре ПМТ-3 С.И.Лебедевой и Д.К.Щербачевым, значительно ниже, чем у первичных пирохлоров и составляет $(2 \div 2,46)10^2$ МПа. Показатель преломления

вторичных стронциопирохлоров выше, чем у первичного минерала и составляет 2,08.

Вторичные пирохлоры дают типичные дебаеграммы минералов этой группы, однако нередко они характеризуются нечеткими размытыми линиями. Стронциопирохлор отличается от обычных пирохлоров повышенными размерами элементарной ячейки, равными $(10,5 \div 10,505 \pm 0,005)10^{-4}$ мкм.

В некоторых случаях диффракционная картина измененных пирохлоров становится чрезвычайно слабой, и минерал практически утрачивает кристаллическую структуру. У сильно измененных пирохлоров, особенно часто встречающихся в эпигенетически измененных продуктах выветривания, дефицит катионов группы А иногда очень велик вплоть до полного выноса катионов из этой структурной позиции при одновременном возрастании гидратированности минерала. Можно предполагать, что в этих случаях пирохлор переходит в гидратированный оксид ниобия типа Nb₂O₃(ОН)₄.

Таким образом, гипергенные преобразования карбонатитов приводят к изменению не только состава первичного пирохлора, но и внутреннего строения его зерен. Доминирующая тенденция изменения состава пирохлора заключается в замещении Са и Na в структурной позиции А на Sr, Ba, Се и Pb, сопровождающемся возрастанием вторичного дефицита катионов в этой группе и интенсивной гидратацией минерала. Преобразование внутреннего строения зерен пирохлора отражает специфические особенности зоны гипергенеза Томторского массива и, в частности, сложную двухэтапную историю формирования кор выветривания карбонатитов. В продуктах латеритного выветривания карбонатитов оно проявляется в развитии фазово-неоднородных зерен с гипергенной зональностью замещения, скорлуповатой отдельностью, сложным блочным строением. В эпигенетически измененных продуктах выветривания происходит дальнейшее усложнение внутреннего строения зерен вторичного измененного пирохлора с появлением перекристаллизованных полизональных агрегатов, включающих зоны, сложенные таблитчатыми и призматическими зёрнами вторичного пирохлора.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект 96-05-64049).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Волошин А.В., Пахомовский Я.А., Пушаровский Д.Ю. и др. Стронциевый пирохлор: состав и структура // Новые данные о минералах. 1989. Вып. 36. С. 12—24.
2. Коноплев А.Д., Кузьмин В.И., Эпштейн Е.М. и др. Геолого-минералогические особенности делювиально-озерной россыпи на коре выветривания редкометалльных карбонатитов // Минералогия и геохимия россыпей. М., 1992. С. 111—123.
3. Лапин А.В. Типоморфизм и генезис стронцио- и бариопирохлоров // Докл. АН СССР. 1987. Т. 296. № 6. С. 1458—1467.
4. Лапин А.В. Геологическая позиция и генезис богатых комплексных редкометалльных руд месторождения Томтор (Север Сибирской платформы) // Геология рудных месторождений. 1995. Т. 37. № 1. С. 22—39.
5. Лапин А.В., Куликова И.М. Процессы изменения пирохлора и их продукты в корях выветривания карбонатитов // Записки Всесоюз. минер. об-ва. 1989. № 1. С. 41—49.
6. Лапин А.В., Толстов А.В. Новые уникальные месторождения редких металлов в корях выветривания карбонатитов // Разведка и охрана недр. 1993. № 3. С. 7—11.
7. Энтин А.Р., Еременко Г.К., Тянь О.А. и др. О химизме пирохлоров карбонатитового массива Сибири // Минералогические аспекты металлогении Якутии, 1990. С. 142—152.
8. Lottermoser B.G., England B.M. Compositional variation in pyrochlores from the Mt. Weld carbonate laterite, Western Australia // Mineral. and Petrol. 1988. Vol. 38. № 1. P. 37—54.

Геолого-промышленные типы грейзеновых месторождений флюорита стран СНГ

А.В.КОПЛУС (ВИМС)

Флюорит (плавиковый шпат) — практически единственный промышленный минерал фтора. В виде концентратов и продуктов их переработки он широко используется в самых различных отраслях производства, что при дефицитности флюорита определяет его важное экономическое значение. Основным источником добычи плавикового шпата в странах СНГ служат флюоритовые средне-низкотемпературные гидротермальные (эпитермальные) и редкометалльно-флюоритовые грейзеновые (апокарбонатно-грейзеновые) месторождения. Геолого-промышленная типизация эпитермальных флюоритоворудных объектов была предложена нами ранее [5].

Говоря о редкометалльно-флюоритовых месторождениях, важно отметить, что на их долю в структуре баланса разведанных плавиковошпатовых руд бывшего СССР приходилось 27–28 % запасов, а в России они составляют около 50 %, обеспечивая на протяжении последних лет получение более 90 % флюоритовых концентратов. Г.Н.Щерба относит эти месторождения к скарново-карбонатно-грейзеновой рудной формации, И.Н.Говоров — к формации апокарбонатных грейзенов, А.А.Иванова — к редкометалльно-флюоритовой формации, а А.И.Гинзбург и Н.П.Заболотная — к формации флюорит-фенакит-берtrandитовых метасоматитов. Однако геолого-промышленная типизация рассматриваемых месторождений, основанная на комплексе характеристик, предъявляемых современными требованиями промышленности [7], остается практически не разработанной. Между тем считается, что по прикладной ценности, определяемой количеством информации, необходимой для нахождения места каждого месторождения в существующих классификациях, геолого-промышленная систематика превосходит все остальные [8].

Редкометалльно-флюоритовое грейзеновое оруденение известно в ряде районов Дальнего Востока, а также в Казахстане и Средней Азии, где оно формировалось в каледонскую, герцинскую и альпийскую эпохи в геодинамической обстановке активных континентальных окраин, начала раскола плит и «рассеянного спрединга». Предполагается возможность возникновения сходных минеральных объектов в условиях внутриконтинентальных горячих полей. Месторождения располагаются на зрелой континентальной коре, в активизированных краевых частях платформ, срединных массивов (микроконтинентов) и прилегающих к кратонам складчатых областей, обычно во внутренних геоантиклиналях, блоках устойчивого воздымания, сводовых поднятиях и горстовом обрамлении депрессий вулканоплутонических поясов. Для геологического строения наиболее флюоритоносных региональных сооружений характерно присутствие среди пород основания докембрийских метаморфитов — представителей протоконтинентальной коры и миогеосинклинальных кремнисто-карбонатных фосфоритоносных (обычно вент-раннепалеозойских) толщ, изначально являющихся шельфовым чехлом древних массивов. Примечательно, что комплексы протоконтинентальной коры и кремнисто-карбонатного чехла, как правило, повышенно-фтороносны.

На уровне рудных узлов и полей оруденение чаще приурочено к отрицательным структурам высоких порядков, образованным складчатыми вмещающими толщами, разбитыми системами разрывных нарушений, к крыльям синклинальных складок, сравнительно небольшим выполненным карбонатными отложениями впадинам и мульдам, находящимся в зонах влияния региональных разломов фундамента и узлах их пересечения.

Промышленное значение в качестве источников добычи плавикового шпата имеют лишь месторождения слюдисто-редкометалльно-флюоритового апокарбонатного грейзеново-гидротермального формационно-генетического подтипа [4]. Они тесно пространственно и генетически связаны с интрузиями гранит-лейкогранитовой и субщелочногранитовой формаций (с типом плюмазитовых редкометалльных гранитов или гранитов литий-фтористого типа). Имея в целом ограниченную распространенность, наиболее продуктивные редкометалльные литий-фтористые граниты локализованы в центральных частях структурно-магматических зон, среди поясов гранитоидов нормального ряда, слагая небольшие купола, штоки и трещинные тела в более ранних гранитоидах или осадочных и вулканогенных породах. Типичный парагенезис Li—F гранитов — альбит, калишпат, кварц, литиевые слюды, топаз.

Продуцирующие гранитоиды палингенные, аллохтонные, многофазные. Интрузии кристаллизуются на глубинах 1–4 км, при температурах 550–680 °C и давлениях порядка 2 кбар (аляскиты) и 3,5–4,4 кбар (субщелочные граниты). Помимо фтора породы обогащены щелочами (в сумме 8–10 %; $K_2O > Na_2O$), литием, рубидием, цезием, бериллием, оловом, вольфрамом, молибденом, ниобием, танталом, редкими землями. Флюоритовое оруденение ассоциировано с гранитами конечных фаз становления, образовавшимися из остаточных, обогащенных фтором (2500–3000 г/т) расплавов. Их высокая фтороносность связана с ассимиляцией фтора в процессе плавления субстрата и длительной эволюцией палингенных магм, когда фракционирование кварца и калиевого шпата приводило к накоплению летучих в остаточных расплавах. Только такие относительно низкотемпературные высокофтористые кремнекислые расплавы были способны выделять значительное количество фтора в составе флюида. Напомним в этой связи, что коэффициент распределения F между магмой и флюидом варьирует от 3 до 25; с повышением содержания фтора в расплаве и падением температуры он уменьшается, приближаясь к минимальному значению [2].

Кроме собственно флюидного выноса фтора, вероятно, имела место и постмагматическая (автометасоматическая) его мобилизация из уже консолидировавшихся гранитов. Не исключено также добавление к магматогенному источнику фтора определенного количества этого элемента, ремобилизованного из вмещающих кремнисто-карбонатных флюоритоносных толщ. Ремобилизация из вмещающих пород могла осуществляться также изначально осадочных концентраций флюорита как гранитным расплавом (что, несомненно, повышало его фторо-

жения общей мощностью 7600 м залегают на жестком дорифейском фундаменте и представлены чередующимися между собой пачками филлитовидных кварц-серицитовых сланцев, алевролитов, песчаников, кварцитов и горизонтов битуминозных кристаллических известняков (мощность 200—800 м) с прослоями кремнистых пород. Содержание фтора в песчано-сланцевых отложениях 500—600 г/т, в карбонатных свитах — 700—800 г/т.

Смятые в узкие линейные складки осадочные породы прорваны различными интрузивными и дайковыми образованиями, из которых особое значение имеют ранне-среднепалеозойские гранитоиды Вознесенского комплекса. Среди них выделяются две основные разновидности, рассматриваемые одними исследователями как продукты внедрения последовательных фаз единого интрузивного цикла, а другими — в качестве самостоятельных разновозрастных магматических образований [10]: биотитовые, турмалинсодержащие граниты ордовика ($451 \pm 2...444 \pm 4$ млн. лет), слагающие относительно крупные массивы; лейкократовые, иногда аляскитовые протолитионитовые (литий-фтористые) граниты силура (399 ± 9 млн. лет), образующие трещинные тела и штоки, апикальные части которых изменены от калишпатизации и альбитизации до появления кварц-топазных грейзенов. Граниты содержат 0,3—0,45 % фтора и до 400 г/т лития. По Н.П.Заболотной [1], ассоциированное с ними оруденение сформировалось в три основные стадии: ниобий-танталовую (с вольфрамом и оловом), синхронную со становлением литий-фтористых гранитов, но до внедрения диорит-порфировых даек; флюоритовую с сопутствующим бериллием и промышленной концентрацией олова

(последайковую); полиметаллическую. М.Г.Руб и др. [10] выделяют две стадии грейзенообразования и оруденения: раннюю, автометасоматическую (для гранитов) с ниобий-танталовым и оловянным (касситерит-кварцевая формация) минеральными образованиями; позднюю, обусловленную поступлением гидротермальных растворов и развитием кварц-топазовых грейзенов по алюмосиликатным породам и слюдисто-редкометалльно-флюоритовых руд по известнякам.

Литий-фтористые граниты слагают основание Вознесенской грабен-синклинали и одноименного рудного поля. Отдельные выходы измененных гранитов фиксируются на крыльях складчатой структуры в форме узких тел, вытянутых в северо-западном направлении.

Позиция флюоритовых месторождений определяется приуроченностью к пересечениям выступов литий-фтористых гранитов с поперечными нарушениями северо-восточной ориентировки, а локализация рудных тел контролируется экранированием наднапикальных участков интрузий пологими тектоническими срывами, контактами известняков со сланцами, дайками основного и среднего состава.

На Вознесенском месторождении, залегающем среди известняков крутого западного крыла грабен-синклинали в местном относительно пониженном блоке, зона плавиковошпатовой минерализации длиной 1,5 км располагается в наднапикальной части, как бы на продолжении выступа гранитов (рис. 2, разрез а). Основная масса флюорита сосредоточена в занимающем центральную часть минерализованной зоны Главном рудном теле. В плане оно имеет эллипсоидальную форму и вытянуто в северо-запад-

Основные признаки грейзеновых флюоритовых месторождений геолого-промышленных типов

Признаки месторождений	Тип	
	Слюдисто-(турмалин)-фенакит-флюоритовый метасоматический в карбонатных и терригенно-карбонатных породах	Слюдисто-хризоберилл-топаз-флюоритовый метасоматический в карбонатных и терригенно-карбонатных породах
Форма рудных тел	Конусо-, линзо-, трубо- и пластообразные (залежи)	Линзообразная (залежи) и удлинённая сложного строения (жильно-прожилковые зоны)
Условия залегания	Крутопадающие, реже пологозалегающие	Крутопадающие и средненаклонные субсогласные
Размеры рудных тел, м:		Прожилковые зоны Линзообразные залежи
длина по простиранию	250—800	400—1500
длина по падению	150—1000	100—700
мощность	15—20	30—150
Формационно-генетический тип (ФГТ) и подтип (ФГП)	Редкометалльно-флюоритовый грейзеновый ФГТ; слюдисто-редкометалльно-флюоритовый апокарбонатный грейзеново-гидротермальный ФГП	
Основные минеральные типы и промышленные ассоциации руд	Мусковит-(турмалин)-фенакит-флюоритовый, мусковит-фенакит-флюоритовая, мусковит-турмалин-хризоберилл-флюоритовая, мусковит-альбит-флюоритовая, альбит-флюоритовая, касситерит-турмалин-фенакит-флюоритовая, магнетит-флюоритовая (в скарнах) с минералами Be, топах-флюоритовая	Мусковит-хризоберилл-топаз-флюоритовый, топаз-флюоритовый, мусковит-топаз-флюоритовая, мусковит-хризоберилл-флюоритовая, мусковит-карбонатно-топаз-флюоритовая, магнетит-флюоритовая (в скарнах) с минералами Be
Среднее содержание флюорита в рудах, %	30—70	30—45
Попутные компоненты — основные и обычно присутствующие (в скобках)	Be, Sn, Zn, Ta, Nb, Li, Rb, Cs (W, Mo, Pb)	Be (W, Sn, Mo, Bi, Pb, Zn)
Масштаб месторождений	Крупные и очень крупные	От мелких до средних
Способ отработки месторождений	Открытый или комбинированный	Подземный, реже комбинированный
Примеры месторождений	Вознесенское, Пограничное, Лагерное (Россия)	Солнечное (Казахстан), Шабрез (Узбекистан)

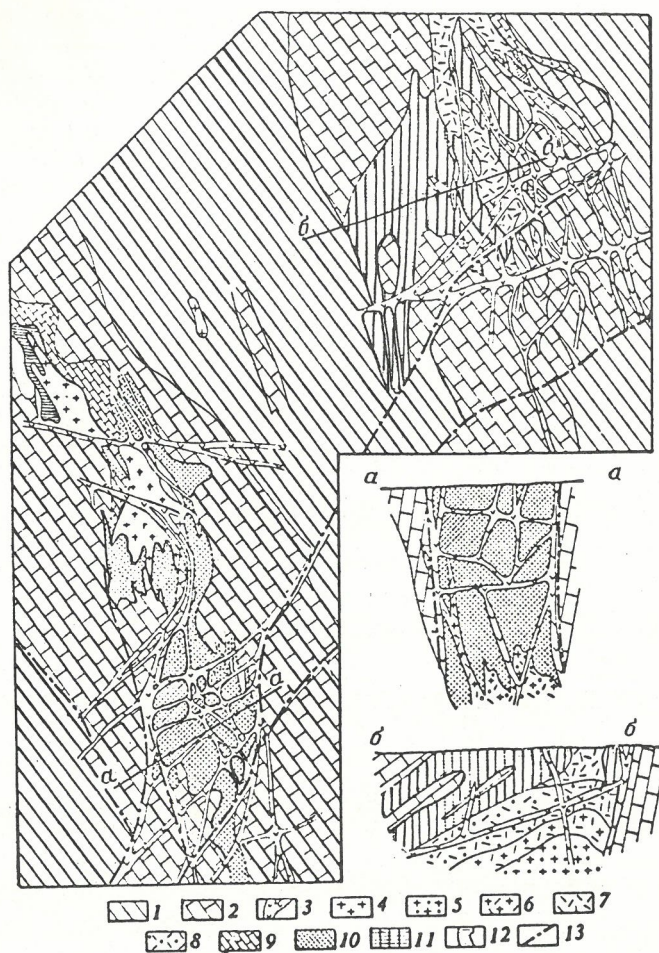


Рис. 2. Схема геологического строения месторождений Вознесенское (слева) и Пограничное (справа), по М.П.Материкову, Э.И.Шкурко:

1 — алюмосиликатные породы синия (кварц-серицитовые, хлоритовые, графитистые и туфогенные сланцы, алевролиты, песчаники); 2 — кристаллические, органогенные известняки; 3 — дайки порфиритов (разновозрастные); 4 — аляскитовые граниты; 5 — аляскитовые, слабо грейзенизированные граниты; 6 — аляскитовые, сильно грейзенизированные граниты; 7 — топаз-флюоритовый грейзен; 8 — кварц-флюоритовый грейзен; 9 — скарны; 10 — фенакит-флюоритовая руда; 11 — хризоберилл-флюоритовая руда; 12 — сфалеритовая руда; 13 — зоны нарушения

ном направлении на 360 м при мощности в раздуве 200 м. По падению рудное тело в виде трубчатой залежи с отходящими апофизами прослежено более чем на 1 км. На северном фланге месторождения выделяются две флюоритоносные залежи — Западная и Восточная, расположенные по обе стороны гранитного интрузива. Распространение их на север ограничивается скарнами с наложенным сфалеритовым оруденением. На южном фланге месторождения от Главного рудного тела отходит одна апофиза — Южная, представленная сложной пластовой залежью почти вертикального падения.

На располагающемся в 1 км к северо-западу Пограничном месторождении, залегающем в приподнятом блоке среди известняков относительно более пологого восточного крыла грабен-синклинали, апокарбонатные руды локализируются непосредственно над кровлей массива измененных гранитов. Здесь они составляют наклонную залежь, которая по мере удаления по падению от контакта с интрузией принимает пластовую форму, обычно согласную со слоистостью вмещающих пород (см. рис. 2, разрез б).

Протяженность залежи около 800 м, ширина 100—200 м, размеры по вертикали превышают 250 м.

На нижних горизонтах месторождений апофизы гранитных интрузивов, превращенные в кварц-слюдистые, кварц-топазовые грейзены, и дайки среднего и основного составов.

Наиболее распространенные апокарбонатные руды месторождений в целом сходны по составу. Главное значение имеют флюорит (30—70 %) и слюды (20—30 %). Отмечаются топаз (до 20—30 %), турмалин (до 20—30 %) и другие минералы (см. рис. 1), причем среди бериллиевых на Вознесенском месторождении доминирует фенакит, а на Пограничном — хризоберилл. Особенностью последнего месторождения является заметное присутствие слюдисто-топаз-флюоритовых руд, развившихся в основном по гранитам в гребневидном выступе интрузии. Эти руды (30—40 % флюорита) слагают компактную, не выходящую на поверхность залежь, слегка удлиненную в северо-восточном направлении. Ее почти горизонтальные верхняя и нижняя границы совпадают с ограничениями блоковой кварц-микроклиновой зоны в интрузиве, сформировавшейся в процессе микроклинизации пород. Вблизи гранитов, особенно на глубинных горизонтах месторождений, встречаются апоскарновые руды, а в центральных частях — апобрекчиевые. Помимо массивных сплошных, полосчатых и фстончатых руд, в изобилии присутствуют плагиоклазовые, слюдисто-флюоритовые, флюорит-топазовые, слюдисто-турмалин-флюоритовые, фенакитовые, флюорит-сульфидные, флюорит-кальцитовые и другие прожилки.

Рудные тела месторождений сопровождаются четкими первичными ореолами многих химических элементов, распределение которых, согласно [9], характеризуется следующими рядами: F—Sn—Be—Bi—Zn—Mo—Li—W—Pb—Sb—Ag—Au—Cu (Вознесенское месторождение) и F—Sn—Be—Bi—W—Au—Li—Mo—Zn—Pb—Ag—Sb—Cu (Пограничное месторождение).

Тип 2. Слюдисто-хризоберилл-топаз-флюоритовые метасоматические месторождения в карбонатных и терригенно-карбонатных породах. Можно считать, что месторождения рассматриваемого и предыдущего геолого-промышленных типов принадлежат к единой обобщенной рудной колонне, связанной с редкометалльными гранитами, но к различным ее уровням. Это согласуется с фактом встречаемости тех и других месторождений преимущественно на разных площадях и ассоциированностью слюдисто-хризоберилл-топаз-флюоритового оруденения обычно с молибден-вольфрамовым, а слюдисто-(турмалин)-фенакит-флюоритового — с ниобий-танталовым (в апикальных частях альбитизированных интрузий) и оловянным в рудных узлах длительной эндогенной активности. Не исключено, однако, что слюдисто-(турмалин)-фенакит-флюоритовые месторождения связаны с редкометалльными гранитами, претерпевшими наиболее глубокую дифференциацию исходных магм, а слюдисто-хризоберилл-топаз-флюоритовые — с интрузиями, процессы дифференциации которых были несколько менее интенсивны. Это обстоятельство, а также вполне определенные отличия в масштабах рудных объектов, морфологии, условиях залегания и отчасти в составе флюоритоносных тел свидетельствуют о целесообразности выделения данных месторождений в самостоятельный промышленный тип. В странах СНГ они представле-

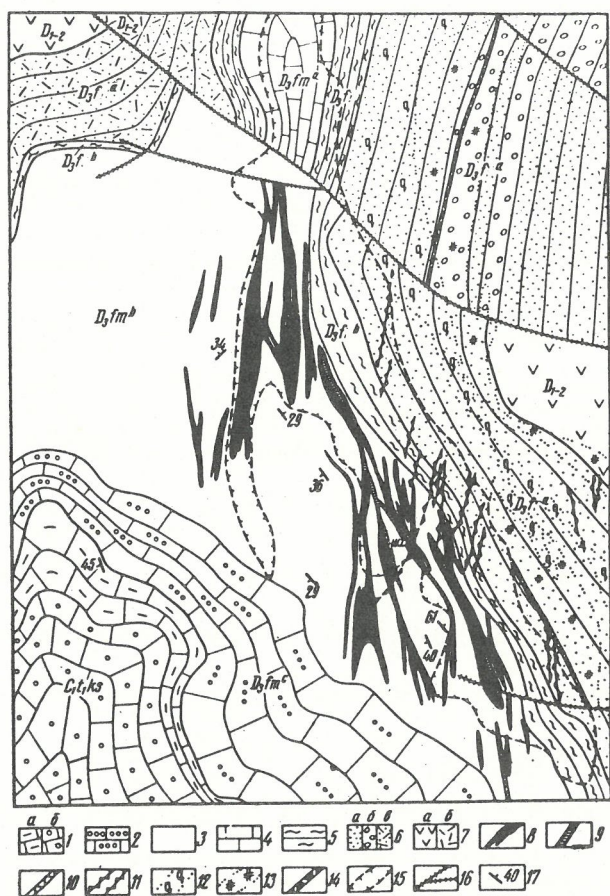


Рис. 3. Схема геологического строения месторождения Солнечное, по Г.Ю. Коломенскому:

1 — турнейский ярус, известняки кассинских слоев (а — глинистые, б — органогенные); фаменский ярус: 2 — верхний горизонт — органогенные, комковатые известняки, 3 — средний горизонт — мрамора и мраморизованные известняки, 4 — нижний горизонт — кристаллические плотные битуминозные известняки; франский ярус: 5 — верхний горизонт — тонкозернистые песчаники, сланцы, известняки, 6 — нижний горизонт (а — песчаники, б — конгломераты, в — туфогенные песчаники); 7 — нерасчлененные нижний и средний девон, средняя свита (а — кварцевые порфиры, б — туфы кварцевых порфиров); 8 — редкометалльно-топаз-флюоритовые метасоматические рудные тела; скарны: 9 — пироксен-гранат-магнетитовые, 10 — волластонитовые; 11 — кварцевые жилы с минералами вольфрама и молибдена; гидротермальные изменения пород: 12 — окварцевание, 13 — грейзенизация, 14 — флюоритизация; 15 — контуры флюоритоносной коры выветривания; 16 — разрывные нарушения; 17 — элементы залегания пород и руд

ны единичными мелкими, реже средними по запасам рудными объектами, встречающимися как в наложенных впадинах, так и в породах фундамента складчатых областей. Эксплуатируемых среди месторождений пока нет, но некоторые из них детально разведаны. Оруденение меж- и внутриформационное, залегает субсогласно с вмещающими скарнированными, калишпатизированными, грейзенизированными и флюоритизированными известняками в экзоконтактной и особенно наднапикальной частях интрузий лейкогранитов. Рудные тела метасоматические, мусковит-хризоберилл-топаз-флюоритовые, образуют средненаклонные, сложные по строению и форме грейзеново-прожилковые удлиненные зоны. Зачастую они включают более компактные линзовидные минерализованные тела того же состава. Иногда с апокарбонатно-грейзеновыми метасоматитами ассоциируются серии крутопадающих секущих

кварцевых жил с вольфрамовой и сульфидной минерализацией.

Руды массивные, брекчиевые и прожилково-вкрапленные с полосчатой, фестончатой, бурундучной и комбинированной текстурами, характеризуются средним качеством, содержат 30—35 % плавикового шпата и требуют обогащения.

Основные черты геологического строения слюдисто-хризоберилл-топаз-флюоритовых рудных проявлений в карбонатных породах достаточно полно устанавливаются на примере эталонного месторождения Солнечное, изучавшегося Е.П. Шпановым [12], Г.Ю. Коломенским [3], А.В. Коплусом и др. [6]. Месторождение размещается в Приатасуйском синклинии Бетпакадала-Чуилийской области каледонид, претерпевшей неоднократную тектоно-магматическую активизацию, на восточном крыле пришовной Караобинской мульды, контролируемой региональной Шалгия-Караобинской зоной разломов, в экзоконтакте многофазного массива гранит-лейкогранитовой формации пермского возраста (рис. 3). Массив обнажается на удалении 3 км от месторождения, а в пределах флюоритоносной площади геофизическими работами зафиксирована нескрытая интрузия гранитоидов с кровлей на глубине около 400 м. Выполняющие мульду верхнедевонские и нижнекаменноугольные эффузивные и терригенно-осадочные породы смяты в асимметричную складку северо-западного простирания, разбитую разноориентированными нарушениями. Приуроченные к ним минеральные образования сформировались, по Г.Ю. Коломенскому, в такой последовательности: магнетитовые скарны — флюоритоносные метасоматиты грейзеновой формации с топаз-флюоритовой и слюдисто-флюоритовой фациями — стронцианитовые гнезда и прожилки в известняках — топазовые прожилки — слюдисто-мусковитовые и мусковитовые прожилки — магнетитовые тела — кварцевые жилы и прожилки с редкометалльной минерализацией. В составе этих образований и в продуктах их изменения выявлено несколько десятков минералов. К основным гипогенным относятся флюорит (среднее 30 %), топаз (до 20—30 %), мусковит (10—30 %), кварц. Менее распространены микроклин, магнетит, шпинель, апатит,grossуляр, везувиан, пироксены, диаспор, кальцит, стронцианит, целестин, серицит, хризоберилл, берилл, вольфрамит, висмутин, молибденит, пирит, халькопирит, галенит, сфалерит, тетраэдрит, касситерит и др. Гипергенные минералы — гипс, каолинит, лимонит, ярозит, малахит, азурит, монтмориллонит, вад, палыгорскит и др.

Магнетит-диопсид-андрадитовые и везувиан-диопсид-андрадитовые скарны образуют линзы протяженностью 20—30 м и мощностью до 4—5 м. Они интенсивно мусковитизированы, хлоритизированы и эпидотизированы и в меньшей мере флюоритизированы. Промышленная мусковит-топаз-флюоритовая с хризобериллом минерализация залегает в кристаллических известняках фамена в виде прожилково-метасоматической зоны, падающей на юго-запад под углами 30—60°. По простиранию она прослеживается на несколько сотен метров, глубина распространения зоны изменяется от 50 до 400 м. Для прожилковых метасоматитов характерна группировка в вытянутые субсогласно с напластованием вмещающих пород линзовидные пачки шириной 40—70 м, содержащие сближенные, невыдержанные по мощности (0,5—20 м) рудные тела протяженностью

в десятки метров, грубо повторяющие контуры складчатых структур. Главная масса флюоритоносных грейзенов располагается в низах разреза карбонатной толщи, вблизи ее тектонически омоложенного контакта с подстилающим горизонтом филлитов франского яруса.

Рудные тела сопровождаются ореолами мусковитизации, хлоритизации, топазитизации и особенно флюоритизации известняков. Они содержат от 1 до 25 % плавикового шпата, тонкая вкрапленность которого как бы «пропитывает» вмещающие породы. Наряду с плотными мелко- и среднезернистыми рудами встречаются брекчиевые карбонатно-слюдисто-топаз-флюоритовые, содержащие касситерит, гюбнерит, галенит, сфалерит, хризоберилл. Пространственно они связаны с мусковит-топаз-флюоритовыми образованиями и представляют их дробленные разности, сцементированные тонкозернистым карбонатно-хлоритовым материалом.

Флюорит в рудах образует кристаллы размером от 1,5 см до долей миллиметра, окрашенные в различные цвета — от темно-фиолетового до почти бесцветного. Преобладают разности от темно-коричневых до чайно-медовых.

Падающие на восток под углами 70—85° секущие субмеридиональные кварцевые жилы и прожилки с вольфрамитом, сидерофиллитом и имеющими второстепенное значение висмутином, молибденитом, галенитом, другими сульфидами, флюоритом и редким бериллом развиты в лежащем боку общей зоны распространения метасоматитов. Жилы образуют серию субпараллельных тел; в алюмосиликатной среде они прямолинейные, в карбонатных породах — ветвящиеся и изгибающиеся, здесь в их составе увеличивается роль флюорита, появляются шеелит, касситерит. Мощность жил 0,2—0,8 м, наиболее значительные из них прослеживаются по простиранию до 400 м. Вдоль контактов жил развиты мусковит-флюоритовые, флюоритовые и топаз-флюоритовые оторочки непостоянной мощности в карбонатных породах и кварц-флюоритовые, слюдисто-кварцевые и реже топаз-кварцевые зоны грейзенов мощностью 0,2—0,3 м — в алюмосиликатных.

К ведущим ореолообразующим элементам рудных тел относятся фтор, олово, молибден, никель, вольфрам, бериллий, свинец, висмут и др.

Наряду с коренными массивными, брекчиевыми и прожилково-вкрапленными рудами, обладающими полосчатой, фестончатой, бурундучной и комбиниро-

ванной текстурами, на месторождении установлены пролювиально-делювиальные флюоритовые руды коры выветривания.

В заключение отметим, что, несмотря на относительно редкость слюдисто-редкометалльно-флюоритовых месторождений, определяемую специфичностью условий их образования, поискам промышленных залежей плавиковошпатовых руд грейзенового (апокарбонатно-грейзенового) типа следует уделять самое серьезное внимание. На базе этих месторождений возможна организация горнодобывающих предприятий с производительностью от 300 тыс. т до 1,5 млн. т руды в год.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гинзбург А.И., Заболоня Н.П., Куприянова И.И. и др. Генетические типы гидротермальных месторождений бериллия. — М.: Недра, 1975.
2. Коваленко Н.И., Писарская В.А., Чернышев А.В. Распределение фтора между онгонитовым расплавом и сосуществующим флюидом // Геохимия. 1976. № 2. С. 247—255.
3. Коломенский Г.Ю. Месторождение плавикового шпата Солнечное в Центральном Казахстане // Химическое и горнорудное сырье Казахстана. Алма-Ата, 1968. С. 120—123.
4. Коплус А.В. Формационно-генетическая систематика флюоритовых и флюоритосодержащих месторождений // Отечественная геология. 1993. № 5. С. 39—40.
5. Коплус А.В. Геолого-промышленные типы эпитепидальных месторождений флюорита СНГ // Отечественная геология. 1995. № 8. С. 3—10.
6. Коплус А.В., Пантелеев А.И. О возрасте флюоритового оруднения комплексных месторождений Карагайлы-Актас и Солнечное (Казахстан) // Геология рудных месторождений. 1975. № 1. Т. XV. С. 86—95.
7. Кривцов А.И., Самонов И.З., Филатов Е.И. и др. Справочник по поискам и разведке месторождений цветных металлов. — М.: Недра, 1985.
8. Момджи Г.С. Задачи классификации месторождений полезных ископаемых // Советская геология. 1988. № 12. С. 100—105.
9. Петрищевский А.М., Холин В.Н., Цой В.В. Физико-геохимические модели флюоритовых месторождений Приморья // Геология рудных месторождений. 1992. № 2. С. 48—60.
10. Руб М.Г., Руб А.К. Петрология руднометалльных гранитов Вознесенского рудного узла, Приморье // Петрология. 1994. Т. 2. № 1. С. 43—67.
11. Рязанцева М.Д., Шкурко Э.И. Флюорит Приморья. — М.: Недра, 1992.
12. Шпанов Е.П. Геолого-минералогические особенности Солнечного флюоритового месторождения // Материалы к геохимии фтора и его роли в процессах минералообразования. М., 1970. С. 157—173.
13. Шкурко Э.И. Флюоритовая минерализация Приморья // Флюорит (ресурсы, закономерности образования и размещения). М., 1976. С. 75—95.

Принята редколлегией 27 мая 1996 г.

Геодинамика и сейсмичность

УДК 550.83

© И.А.Непомнящих, 1997

Методология применения геофизических методов изучения геологических объектов

И.А.НЕПОМНЯЩИХ (АО «СЕЙСМАЛИМЕТ»)

В начале XX в. П.А.Флоренский в переписке с В.И.Вернадским высказал мысль о том, что химия и физика будут перестроены, как биохимия и биофизика [25]. Это означает, что первенство в фундаментальных науках должно принадлежать биохимии и биофизике, а не химии и физике. В данной статье аналогичная проблема рассматривается во взаимоот-

ношении физики и геофизики. Ее решение крайне важно для того, чтобы правильно сформулировать направления в разработках теоретических основ существующих, а также в создании новых геофизических методов, не скатываясь при этом на простое приложение теоретических наук. Дело в том, что геофизику, по крайней мере, полевую, нельзя свес-

ти, например, к физике, рассматривая геофизику как раздел прикладной физики (наиболее распространенная точка зрения, хотя существуют и другие — в зависимости от узкой геофизической специализации авторов). В этом случае теоретическая геофизика не отличалась бы от математической физики. Здесь уместно провести аналогию с невозможностью сведения физики к математике в силу того, что физик часто находится во власти результатов своего эксперимента, с помощью и во время которого он вынужден в развитии своей теории делать новые допущения; при этом в отсутствии противоречия вновь принятого допущения с прежними его убеждает только или сам эксперимент, или некоторая физическая интуиция — обстоятельство, которое при строгом логическом построении теории недопустимо [21].

Невозможность сведения геофизики к наукам, обычно рассматриваемым как общетеоретические, в работе [34] обуславливается тем, что, например, расхождение между теорией и практикой есть сердце и душа разведочной сейсмоки, как и любой живой науки, а в работе [23] тем, что выделение отдельных явлений как объектов изучения, свойственное старой геофизике, и связанное с этим ее разделение по методическому признаку на сейсмологию, гравиметрию, изучение магнитного поля Земли и т.п., в настоящее время не выдерживают критики. Едва ли мы совершим ошибку, допустив, что методология геофизики ближе к методологии биологии, чем физики. Действительно, задачи геофизической науки выходят за пределы возможностей физического описания, т.к. физик вынужден сильнее ограничивать свой предмет, довольствуясь изображением наиболее простых, доступных нашему опыту явлений, тогда как все сложные явления не могут быть воссозданы человеческим умом с той точностью и последовательностью, которые необходимы физико-теоретику. Высшая аккуратность, ясность и уверенность — за счет полноты [28]. Поэтому нельзя говорить о геофизике, как о физике Земли, точнее будет, если говорить, как о физической геологии [13], поскольку физика, математика и различные области техники являются лишь средством, а совсем не предметом геофизических исследований, точно так же, как математика является лишь инструментом для решения физических задач. Термин геофизика — геологическая физика — так же неверен, как если бы предмет математической физики (результаты которой широко используются в геофизических методах) был бы назван физической математикой.

Математика изучает некие абстрактные структуры, формируемые средствами математического языка; физика (по крайней мере, классическая) — некие эталонные процессы, адекватно воспроизводимые в экспериментальных условиях; геофизика (физическая геология!) — реальные процессы, вычленение которых из окружающей среды, ввиду целостности последней, в принципе невозможно. Поэтому данные процессы адекватно не воспроизводимы в экспериментальных условиях как аналоговым, так и цифровым моделированием, т.е. здесь можно только наблюдать, но не доказывать. Именно этим последним и отличается геофизика от физики. Именно поэтому первую нельзя свести ко второй. Само понятие эксперимента — наблюдения в физике и геофизике совершенно различно. Поэтому можно твердо сказать, что пока не будут выработаны свои концепции геофизики, отличные от таковых

классической физики, до тех пор нельзя и говорить о геофизике, как о самостоятельной отрасли знания.

Чтобы понять место геофизики в общем ряду наук, рассмотрим намеченный выше ряд (математика — физика — геофизика) дальше: геофизика — геология (геохимия) — биология. Далее этот ряд можно было бы продолжить в области изучения психических и духовных процессов, но мы здесь ограничиваемся областью естественных наук. Фактически предметом каждой науки в представленном ряду является создание средств, языка исследований для непосредственно следующей за ней науки. Дело в том, что результаты данной науки получают реальный смысл лишь в последующей за ней науке рассматриваемого ряда.

Так, математика создает аппарат, используемый при решении физических задач, методы геофизических исследований используют те или иные физические законы и уравнения. Математические понятия в пределах самой математики остаются лишь абстракциями и реальное значение получают только в физической науке. В свою очередь, физические процессы сами по себе также являются результатом абстракции, и реальное их проявление возможно лишь в геофизических явлениях. Поэтому физические законы, созданные в лабораторных условиях, не предназначены для объяснения реальных природных процессов, за исключением тех редких случаев, когда какой-то один физический процесс резко доминирует над остальными.

Геофизические явления, вычленяемые из реальных природных процессов с помощью искусственных приборов, также являются абстракциями. Реальными они могут стать лишь тогда, когда будут дополнены всеми их связями с остальными процессами, участвующими в формировании земной коры. Именно поэтому и невозможно, как уже отмечалось, проведение физического эксперимента при изучении геофизических явлений.

В свою очередь, геологические процессы также рассматриваются как самостоятельные лишь в силу ограниченных возможностей собственно геологической науки, благодаря которой эти процессы вычленяются из общей жизни биосферы.

Обобщая эти рассуждения, можно заметить, что приведенный выше ряд наук представляет собой ничто иное, как движение от абстрактного к конкретному: каждая последующая наука этого ряда, используя предыдущую как средство, имеет своим содержанием опредмечивание ее результатов и готовит, в свою очередь, средства для дальнейшего продвижения к реальности.

И наоборот, каждая предыдущая наука приведенного ряда есть результат абстрагирования при рассмотрении данных исследований последующей. Это подтверждается и историей возникновения этих наук. Понятие магнетизм возникло из изучения свойств магнетита, электричество — свойств янтаря, дифференциальное исчисление — задач механики и т.д. Такой подход естественен, но на определенном этапе. За анализом должен следовать синтез. Сейчас пришло время синтеза.

С этих позиций полевые геофизические исследования, имея своим предметом создание технических средств наблюдения объектов, непосредственное наблюдение которых или невозможно, или недостаточно, должны осуществлять движение от абстрактных физических законов к конкретным геологическим явлениям. То есть задачей геофизики является со-

знание методов максимально возможного целостного наблюдения объектов Земли. Принципиальным здесь является то, что физические законы используются в геофизике для разработки средств наблюдения геологических объектов, но не являются предметом и средством описания результатов этих исследований. В целом же здесь нужно говорить о принципиальной несводимости геологических явлений к физическим в соответствии с принципом дополнительности Н.Бора [13—17]. Это тем более очевидно, если принята выведенная из эмпирического обобщения точка зрения В.И.Вернадского о том, что основу энергии геологических, по крайней мере, геохимических — наиболее важных для человека процессов составляет преобразованная биосферой энергия Солнца [5], причем в этом преобразовании второй закон термодинамики не соблюдается [5, 27].

Поэтому и биологические исследования всегда являются по своей сути полевыми, а не лабораторными. Вихрь атомов, входящих и выходящих из живого организма, устанавливается определенной организованностью среды жизни, геологически определенным механизмом планеты — биосферы. Биологическая форма становится понятной только тогда, когда обе части вихря Кювье будут приняты во внимание: тот, который находится в среде жизни, и тот, который находится в морфе, в организме [5].

В связи с этим примечательно следующее высказывание о путях целостного изучения биологических объектов: мнение, что красота в природе есть нечто привнесенное в нее нами и объективно не существующее — так же близоруко и так же противоречит чувству реальности, как целиком надуманное сомнение в реальности видимого мира или в существовании цели поведения живых существ... Жизнь не будет постигнута достаточно полно вне категории красоты, как она не будет понята вне категории цели [7].

Наглядным примером неэффективности физического подхода, использования физических моделей при изучении Земли является проблема прогноза землетрясений. При реальном прогнозе в лучшем случае речь идет о чисто описательном подходе, а именно о регистрации предвестников, т.е. основная проблема состоит в организации мониторинга. Нефизический характер задачи определяется тем, что мы не пытаемся предсказывать землетрясения с практической точностью, оценивая прочность горных пород и предельную деформацию, но пробуем предсказать время землетрясения, наблюдая различные явления, непосредственно предшествующие подземному толчку. Степень и характер проявления предвестников зависят от района и конкретного разлома. Попытки моделирования очага землетрясения приводят к некорректным задачам: даже у материалов, макроскопически совершенно идентичных, имеются очень большие различия в пределе прочности и времени, проходящего до момента разрушения [10].

Само появление неустойчивости в геофизической задаче является признаком того, что модель не охватывает изучаемый объект целиком, модель объекта нарушает его целостность.

Здесь необходимо отметить, что методология решения геофизических задач путем сведения их к физическим основана на классической физике. Вместе с тем геофизику (точнее, физическую геологию) нужно рассматривать как макроаналог квантовой (неклассической) физики [13]. Это связано с

тем, что при изучении взаимодействия геологических объектов в общем протекании геологических процессов эти объекты нужно рассматривать как квантовые, поскольку они как естественные объекты таковыми и являются. Макромодели классической физики являются грубыми приближениями, применимыми лишь к изучению искусственных систем, но не к реальным геологическим процессам. Отказ от представлений классической физики как раз и связан с той сменой научной парадигмы, о которой говорилось в работе [25].

Методология же квантовой физики иллюстрируется следующим высказыванием: глубоко интуитивная природа понимания квантово-физических систем упоминается не так часто, несмотря на то, что это является очевидным следствием квантово-механического описания физических систем. Квантово-физическая система, такая как молекула, не может быть до конца понята при разделении на ядра и электроны, хотя из имеющихся традиций возникает искушение так поступить. Квантово-физическая система более адекватно понимается интуитивно и функционально [3]. То есть, для квантовой физики характерен отказ от вычленения отдельных самостоятельных физических элементов, отказ от атомистического подхода в пользу целостного рассмотрения объекта изучения.

Сказанное выше не означает, что модельный подход классической физики в геологических науках вообще неприемлем. Частные модели здесь могут иметь место, но они играют чисто практическую, а не научную роль. Например, гидродинамическая модель конкретного нефтяного месторождения может иметь важное значение для организации оптимального процесса добычи нефти именно на этом месторождении. Частный, конкретный, характер моделей отличает геофизические исследования от физических, поскольку геофизика не сводит объекты своих исследований к каким-либо универсальным, фундаментальным физическим или математическим моделям, т.е., как и квантовая физика, отрицает атомизм. Целостность и исключительность геологических объектов взаимообусловлены. Именно исключительность геофизических моделей и представляет их основную ценность: важно знать глубину именно конкретного горизонта и именно в конкретной точке. Но если ценность результата в геофизике определяется его исключительностью, то физического — его всеобщностью (в смысле возможности тиражирования).

Рассмотрим проблемы целостного, адекватного наблюдения геологических процессов [15]. Очевидно, что целостность, адекватность наблюдений может быть достигнута за счет максимальной интеграции разнородных данных, данных наблюдений разных физических полей, разных физических процессов. Интеграция разнородных данных — геофизических, геологических, геодинамических, технических — сейчас рассматривается как главное средство повышения эффективности поисков и разведки полезных ископаемых [30, 32, 37—39]. Именно совместное решение разнородных задач как основное средство борьбы с неустойчивостью каждой из них и отличает геофизический подход к решению проблем от математического и физического подходов, при которых каждая задача решается изолированно, когда сама изоляция задачи, абстрактное ее рассмотрение и создает проблему — некорректную задачу.

Задачи, решение которых основано на совместном

использовании данных разной физической природы, конечно же, не могут иметь строгой математической постановки. Так, совместная инверсия разных данных приводит к неразрешимой формальными средствами проблеме определения веса каждого из данных в общем критерии оптимальности [30, 38].

Целостное познание геологических объектов относится к той области, которая базируется совсем на других началах, чем математизированное познание. Эти начала еле различимы, их скорее чувствуют, нежели видят, а кто не чувствует, того и учить вряд ли стоит: они так тонки и многообразны, что лишь человек, чьи чувства утонченны и безошибочны, в состоянии уловить и сделать правильные, неоспоримые выводы из подсказанного чувствами; притом зачастую он не может доказать верность своих выводов пункт за пунктом, как принято в математике... Познаваемый предмет нужно охватить сразу и целиком [19].

Искусство геофизика как раз и заключается в том, чтобы, свободно ориентируясь в физико-математическом аппарате, так сформулировать задачу, что все математические трудности оказываются обойденными за счет полного охвата всей имеющейся разнообразной информации. Вся задача при этом сводится к последовательности решения достаточно простых (устойчивых) — в идеальном случае высокотехнологичной разработки, но разнородных математических задач. Поэтому в геофизике очень немногих методов в обычной обработке, используемой на практике, возникло прямо из общей физико-математической теории [34]. Именно в этом методология геофизики противоположна таковой математики и физики.

При рассмотрении взаимоотношений между разными геофизическими методами и между геофизическими и геологическими данными нужно исходить из принципа дополнительности точности и целостности, адекватности геофизических наблюдений [13—17]. Согласно этому принципу, действующему как на уровне регистрации полей, так и на уровне определения характеристик геологической среды по результатам этой регистрации, точность определения параметров полей или среды альтернативна информативности этих параметров, поскольку точность всегда достигается за счет ужесточения условий приема, вычленения более узкой части общего излучения Земли, использования более ограниченной модели геологической среды, и вообще наша способность анализировать гармонию окружающего мира и широта его восприятия всегда будут находиться во взаимоисключающем дополнительном соотношении [1]. Здесь мы имеем ситуацию совершенно противоположную той, которая имеет место в науках физико-математического цикла, где повышение детальности исследований ведет к повышению их точности. При изучении же геологических объектов повышение детальности исследований ведет к лавинному росту числа вопросов, остающихся без ответа.

Однако и в формализованных теориях имеет место проблема соотношения точности и адекватности, где она совпадает с проблемой соотношения истинности и доказуемости [8]. На неэквивалентности этих понятий указывают известные теоремы Геделя, именно с ними связаны проблемы Гильберта [21].

В общем случае принцип дополнительности прямо связан с целостностью реальных процессов, чем именно и отличаются последние, как указывалось выше, от процессов, изучаемых в физической науке (точнее, в классической физике). Целостность процесса означает невозможность сведения его к

простым элементам, т.е. целостность отрицает редукционизм, синергетику, в которых полагается, что различие между простым и сложным поведением не столь резко, как нам интуитивно представляется, что всем наблюдаемым фактам можно дать адекватную интерпретацию на основе небольшого числа фундаментальных взаимодействий [18]. Правильнее было бы говорить о принципе целостности, единства реальности, который рассматривается больше как философский и геологический принцип, а Н. Бор лишь спроецировал его на задачи конкретных наук, оперирующих данными разнородных наблюдений.

Проследим действие принципа дополнительности на всех этапах изучения геологических объектов по создаваемым ими полям: регистрация, анализ (разложение поля на составляющие на основе применения специальных систем возбуждения и/или обработки) и инверсия поля (преобразование поля в представление среды).

На этапе регистрации в соответствии с данным принципом будем различать три случая: 1) жесткое вычленение строго заданного физического поля из общего потока энергии, излучаемой Землей в некоторый объем; 2) вычленение общего потока некоторого, не строго очерченного круга явлений, определяемого конструкцией искусственной чувствительной системы прибора; 3) регистрация в той или иной мере всех компонентов общего потока с помощью естественного образца из гео-(лито-), биосферы.

В первом случае геофизик сразу переходит к количественно характеризующему полю (к метрической величине), которое достаточно точно измеряется и описывается (моделируется) математическим уравнением, но геологическая информативность которого невысока вследствие того, что основная часть общего излучения Земли отсечена при регистрации. По этим же причинам этапы обработки и инверсии здесь хорошо формально определены, но имеют мало возможности исправить ситуацию (некорректная обратная задача), навязанную методом регистрации. Типичный пример этого случая — гравиметрия.

Во втором случае — в случае более мягкого приема — регистрируемая величина не имеет строго определенного физического описания. Например, сейсмоприемник в зависимости от соотношений частот собственных и вынужденных колебаний может рассматриваться как измеритель смещений, скоростей или ускорений. Кроме того, сейсмическое поле представляет собой сложное связанное поле, т.е. взаимосвязь различных физических полей. В частности, воздействие сейсмического импульса на среду не может быть описано метрической величиной, и при его характеристике используется эмпирическая шкала (шкала Рихтера, например). В результате умеренности в ограничении полного энергетического потока при регистрации его сейсмоприемником остается возможность маневра на этапах анализа и инверсии, а именно возможность визуализации и осмысления зарегистрированных данных и включения геофизика в неформальный интерактивный процесс обработки и инверсии. Именно поэтому сейсморазведка оказалась в настоящее время наиболее геологически эффективным геофизическим методом.

В третьем случае регистрируется реакция образца естественного объекта Земли на ее общее излучение (геологическое поле [13]). Использование геологических объектов как средств измерения в геологических науках должно быть так же естественным,

как использование физических приборов в физических, а человека — в гуманитарных науках. Знаменательными особенностями измерений в последних являются рассмотрение человека как средства измерения и нематериальность сравниваемых состояний [20]. Аналогично при измерениях реакции геологических объектов сравниваемые состояния в принципе неопределимы, по крайней мере, в понятиях классической физики. Именно поэтому данная группа методов до сих пор не вышла из стадии экспериментов.

Прогресс здесь может быть достигнут при рассмотрении регистрации поля с позиций квантовой (неклассической) физики, поскольку здесь проявляются эффекты, определяемые химическим составом, т.е. атомным строением датчика, а следовательно, и квантовым составом поля [13]. При высокочувствительных измерениях свойств вещества-датчика в различных точках исследуемой площади выявляется зависимость этих свойств от характера взаимодействия его с окружающими объектами (от состава излучения этих объектов), что отвечает принципу неклассической физики — принципу Маха [29]. В классической физике ради повышения точности регистрации поля утрачивается знание о квантовом его составе [2]. В то же время при сохранении этой информации неминуемо теряется точность регистрации (принцип дополнительности точности и информативности).

Для возможности восприятия результатов полной регистрации излучения геологических объектов необходимо создание средств анализа этих результатов, с помощью которых можно было бы как-то ограничить общий энергетический поток, что и позволило бы изобразить результаты регистрации в геологически интерпретируемой форме.

В общем же случае на этапе анализа поля в соответствии с принципом дополнительности можно различать три варианта: объект изучается индивидуально, т.е. устранено влияние полей окружающих объектов; объект вычленяется приближенно, т.е. влияние сторонних полей устранено лишь приближенно; объект изучается по суммарному полю среды.

Предельные возможности анализа поля, очевидно, ограничиваются способом его регистрации. Так, расчленив гравитационные поля соседних объектов на этапе анализа в принципе невозможно, тогда как разделение сейсмических волн от разных границ составляет задачу этапа обработки, ежедневно решаемую в производственных условиях. С одной стороны, возможность анализа здесь подготовлена избирательным характером регистрируемого поля — отраженных волн, формируемых на достаточно определенных объектах среды (отражающих границах). С другой стороны, высокая эффективность решения этой задачи определяется интерактивным характером обработки, качество которой на каждом ее шагу оценивается геофизиком, т.е. задача не формулируется в общей математической постановке. Необходимость в интерактивной обработке определяется тем, что на этапе анализа используются формально совершенно разнородные процедуры: деконволюция, суммирование и временная миграция, основанные на разных моделях и принципах [24]. Поэтому обработка сейсмических данных представляет собой необычное сочетание весьма тонких и строгих математических методов с субъективным подходом геофизика-интерпретатора [26].

На третьем этапе — инверсии поля — в соответствии с принципом дополнительности будем рассматривать три случая геофизического представления геологической среды: на основе определения физических параметров среды в рамках заданной физико-математической модели связи поля и среды; без определения физических параметров среды при приближенном использовании физико-математической модели связи поля и среды; без использования заданной физико-математической модели связи поля и среды.

В первом случае, при инверсии гравитационного поля, например, характерно возникновение плохо обусловленных задач, поскольку жесткое математическое описание поля уже было введено на предыдущих этапах. Поэтому математические задачи инверсии здесь легко формулируемы, но зато очень трудно решаемы.

При решении таких задач определяющее значение имеет выбор типа модели. Обычно это делается на основе геологических представлений. Поэтому в данном случае мы фактически решаем задачу геофизической интерпретации геологических данных, т.е. обратную той, которая была сформулирована. Именно в этом заключается недостаток применения чисто математических средств решения неустойчивых геофизических задач. Здесь мы видим наглядный пример того, что методология геофизики прямо противоположна таковой прикладной математики. Различные алгоритмы регуляризации лишь создают некоторую технологию, упрощающую работу геофизика по выбору оптимального соотношения между разрешенностью и точностью решения. Однако сам этот выбор делает геофизик, исходя, например, из минимума отклонения решения от априорной модели, т.е. из совершенно неформализуемых соображений. Избежать понижения разрешенности решения при повышении его точности можно только за счет ввода конкретной геологической информации или информации, полученной по данным другого геофизического метода, уточнить которую в ходе решения неустойчивой задачи невозможно [11, 38].

Такая ситуация могла бы возникнуть и при инверсии сейсмического поля, если эту задачу решать в лоб, т.е. сразу рассматривать как формальную математическую, а именно как обратную динамическую задачу. К счастью, при регистрации сейсмического поля вследствие указанных выше ее особенностей остаются значительные возможности для проявления искусства геофизика при формулировании математических задач, которые не приводят к таким нерешаемым проблемам, как в гравиметрии. Здесь мы имеем дело со своеобразным проявлением используемого принципа дополнительности точности и информативности (полезности) результатов решения геофизических задач: сложности формулирования задачи и ее решения дополняют друг друга. Поскольку только вторая трудность относится к области математики и физики, принцип дополнительности совершенно определенным образом подводит к методологии применения этих наук при решении геофизических задач.

В соответствии с отмеченными выше тремя видами представления геологической среды по сейсмическим данным этап инверсии сейсмического поля можно разделить на три типа разнородных процедур: определение толстослойной скоростной модели среды; формирование сейсмического изображения

тонкослоистой среды; оценка характеристик тонкослоистой среды [33].

Построение скоростной модели среды представляет собой последовательность усложняющихся процедур, которая в наиболее сложной ситуации завершается отражательной томографией, представляющей собой ничто иное, как обратную кинематическую задачу, т.е. классическую задачу прикладной математики.

При формировании сейсмического изображения среды используется волновая миграция, причем все ее способы включают физически интуитивную комбинацию методов обращенного продолжения поля и принципов построения изображения среды [5], т.е. задача здесь не является чисто математической.

При оценке характеристик тонкослоистой модели решается или динамическая обратная задача, или используются эмпирические методы распознавания образов и обработки изображений. Отсутствие заданной физико-математической модели во втором случае очевидно, а в первом задача решается на основе установления в ходе самого решения фактически статистической (эмпирической) связи между сейсмическими и акустическими (скважинными) данными (например, при определении формы импульса) и интерполяции этой связи между скважинами.

В итоге в каждой из процедур подход к описанию поля совершенно различен: лучевой — в томографии, волновой — в миграции, статистический — при сопоставлении динамики сейсмического поля со скважинными данными. Рассмотрение каждой из этих процедур как самостоятельной математической задачи приводит к очень сложным проблемам.

Так, задача отражательной томографии является нелинейной, поэтому ее решение в общем случае возможно лишь итерационным методом, на каждой итерации которой наиболее оптимально последовательно применение миграции для определения геометрии отражающих границ и самой томографии для определения скоростной модели. Для организации итерационного процесса лучше всего метод продолжения, используя на каждой итерации решения томографической задачи результаты прослеживания отраженных волн на мигрированных разрезах с постепенно уменьшающейся кратностью (по мере увеличения номера итерации) [16]. Кроме того, необходим ввод в томографическую задачу фантом-лучей, фиксирующих результаты предыдущих методов скоростного анализа (или скважинных данных), а также предыдущих итераций решения томографической задачи [41].

Эффективность решения задачи глубинной миграции также определяется внешними данными. Все различия между алгоритмами миграции полностью перекрыты ошибками в задании скоростной модели [26]. Поэтому решение этой задачи возможно лишь в комплексе с той или иной процедурой формирования скоростной модели, в частности, с томографией, поскольку суть итерационной процедуры глубинной миграции состоит в том, чтобы скоростная модель, использованная при миграции, мало отличалась от модели, отвечающей результату этой миграции [42]. Необходимое при этом согласование разнородных описаний разреза (скоростная модель и сейсмическое изображение) невозможно выполнить формальными математическими средствами. Кроме того, отличие геофизического подхода при построении глубинного разреза от математического, используемого при решении физических задач, состоит здесь и в том, что для моделирования сейсмического поля

(т.е. для реализации математического подхода) требуется более точное описание процесса распространения волн, чем при построении сейсмического изображения с помощью миграции (т.е. при реализации геофизического подхода) [6]. Поэтому построение сейсмического изображения нельзя рассматривать как задачу, обратную задаче моделирования. Задачу миграции рассматривают или как сопряженную с прямой [34], или даже как прямую задачу [22].

Эффективность оценки параметров тонкослоистой модели полностью определяется достигнутой вертикальной разрешенностью сейсмического разреза, т.е. точностью определения толстослоистой скоростной модели, а также горизонтальной разрешенностью, зависящей от точности алгоритма самой миграции. Формализация понятия разрешенности всегда субъективна, т.е., как и на этапе анализа, на этапе инверсии сейсмического поля необходимо сочетание довольно сложных математических методов с искусством анализа формально разнородных данных.

Завершая рассмотрение всех трех этапов геофизических исследований, отметим, что высокая эффективность сейсмического метода как раз и объясняется тем, что все три этапа здесь равномерно участвуют в решении общей задачи, и поэтому анализ и синтез общего поля геологического объекта выполняются наиболее плавным, последовательным из всех геофизических методов образом, что и позволяет получить наиболее полное изображение этого объекта.

Однако и здесь еще остались нереализованными некоторые возможности, поскольку полный синтез всех полевых эффектов геологических объектов в современной сейсморазведке не достигается. Для расширения возможностей синтеза в сейсмическом изображении геологического разреза необходимо усилить эффекты взаимосвязи сейсмического поля с остальными компонентами общего поля, создаваемого геологическим объектом. Для этого в настоящее время развивается метод четырехмерной сейсморазведки, основанный на вводе четвертой — временной — координаты, а также метод трехкомпонентных сейсмических наблюдений, которые лучше выявляют указанные эффекты [35]. Аналогичный интерес представляют проводимые исследования перекрестных эффектов: сейсмoeлектрических, сейсмамагнитных и т.д. Характерным источником общего излучения геологических объектов являются микроземлетрясения, сейсмический шум [31], которые сейчас обычно изучаются сейсмическим методом. Совсем недавно начал развиваться сейсмический метод, основанный на изучении искусственно возбуждаемых микроземлетрясений [36]. Но для наиболее подробного изучения всех эффектов здесь необходима регистрация квантовых взаимодействий поля и датчика, т.е. последовательная регистрация поля в каждой точке с помощью датчиков, имеющих разное атомное строение (разный химический состав). Различия в результатах таких измерений могут дать информацию о квантовом составе поля, т.е. о составе изучаемых (излучающих) геологических объектов. Использование же направленного возбуждения первичного сейсмического поля может позволить ввести пространственную избирательность при излучении геологического разреза.

Отказ от модельного подхода позволяет также реализовать новые возможности методов регистрации конкретных физических полей, если регистрировать слабые аномалии, связанные с эффектами, не поддающимися моделированию [9, 12].

Оказывается, высокочувствительная астазированная система (являющаяся поэтому и неустойчивой), предназначенная для вычленения заданного физического поля, в аномальной зоне месторождения становится подверженной сторонним эффектам. Влияния этих эффектов для регистрации заданного поля являются помехой, но для поисков аномальных зон (месторождений) могут быть и полезным сигналом. Наряду с астазированными механическими системами здесь могут использоваться и электрические мостиковые схемы [12]. Наблюдать процессы в веществе, включенном в общую регистрирующую систему, можно также с помощью высокочувствительного магнитометра [12, 17, 40]. В общем случае при работе в аномальной зоне в регистрирующей системе появляется дополнительный чувствительный элемент, который изменяет здесь свои свойства.

Общей чертой всех приведенных направлений разработок новых методов геофизических исследований является отказ от физикализма, т.е. методологии физического подхода при разработке методов регистрации, анализа и инверсии полей, излучаемых геологическими объектами. Предлагаемые новые методы фактически выходят за рамки чистой геофизики и являются синтезом геофизических, геологических и биологических методов, позволяющим полнее изучить взаимодействия, функции геологических объектов.

В заключение можно сказать, что, хотя физические законы и математические уравнения не могут быть непосредственно и однозначно использованы для объяснения полученной картины Земли, эффективность решения геофизической задачи определяется искусством владения геофизиком средствами физики и математики при выполнении возможно наиболее глубокого анализа общего излучения геологических объектов, а затем наиболее полного его синтеза в изображение этих объектов. Это изображение и является предметом дальнейшего его последовательного изучения геологией (геохимией), биологией и другими науками, исследующими психические и духовные процессы, для создания все более и более целостного образа мира — основы для созерцания его гармонии и красоты.

Применение в геофизических методах математических и физических средств может быть сравнимо с использованием в архитектуре таких наук, как теоретическая механика и сопротивление материалов. Знание свойств каждого материала и элементов конструкций необходимо, но творчество начинается там, где возможности разнородных материалов и разных элементов конструкций подчинены единой форме, которая выражает уже функцию объекта, а не его состав. Кроме того, геофизика не может устроить тезис — «высшая аккуратность, ясность и уверенность — за счет полноты» [28], он вынужден добиваться адекватности, полноты, целостности, истинности изображения природы за счет точности, доказуемости, однозначности используемых средств. Здесь важна другая точность, а именно точность определения функций изучаемого объекта, которая и определяет точность прогноза полезного ископаемого, сейсмического события или результата того или иного воздействия на геологический объект.

Предпочтение такой точности означает предпочтение глобальных проблем бытия перед сиюминутной потребностью, целостного подхода перед физикализмом и синергетизмом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бор Н. Химия и квантовая теория строения атома // Избранные научные труды. М., 1971. Т. 11. С. 75—110.
2. Бор Н., Розенфельд Л. К вопросу об измеримости электромагнитного поля // Избранные научные труды. М., 1971. Т. 11. С. 120—162.
3. Боум А. Квантовая механика: основы и приложения. — М.: Мир, 1990.
4. Веглейн А.Б. Многомерный сейсмический анализ: миграция и обратная задача. — М.: Мир, 1971.
5. Вернадский В.И. Очерки геохимии. — М.: Наука, 1983.
6. Клаербоут Д.Ф. Сейсмическое изображение земных недр. — М.: Недра, 1989.
7. Кузин Б.С. О принципе поля в биологии // Вопросы философии. 1992. № 5. С. 148—164.
8. Кураев В.И., Лазарев Ф.В. Точность, истина и рост знания. — М.: Наука, 1988.
9. Михайлов И.Н. Рабочая гипотеза о физических и теоретических основах интерпретации по методике ГОНГ // Прикладная геофизика. Вып. 129. С. 119—124.
10. Моги К. Предсказание землетрясений. — М.: Мир, 1988.
11. Непомнящих И.А., Шабалин В.Н. К построению оптимальных вычислительных схем задач интерпретации гравитационных и магнитных полей // Физика Земли. 1976. № 1. С. 58—70.
12. Непомнящих И.А., Сочеванов Н.Н., Исаева О.А. Возможности биолокации при поисках нефтяных и рудных месторождений. — М.: ВИАМС, 1989.
13. Непомнящих И.А. От геофизики — геологической физики, физики Земли — к физической геологии // Отечественная геология. 1992. № 10. С. 91—93.
14. Непомнящих И.А. Геологическая интерпретация геофизических данных и принцип дополнительности // Отечественная геология. 1994. № 4. С. 70—75.
15. Непомнящих И.А. К проблеме целостности, адекватности изучения геологических объектов // Отечественная геология. 1995. № 7. С. 60—65.
16. Непомнящих И.А., Сыдыков К.Ж. Отражательная томография — решение проблем глубинной миграции // Международная геофизическая конференция и выставка: Тез. докл. СПб., 1995. Т. III.
17. Непомнящих И.А. Квантовая геофизика — новый подход к поискам месторождений нефти и газа // I-й международный геофизический конгресс Казахстана. Алматы, 1995. С. 46.
18. Николис Г., Пригожин И. Познание сложного. Введение. — М.: Мир, 1990.
19. Паскаль Б. Мысли. — СПб.: Северо-Запад, 1995.
20. Пиотровский Я. Теория измерений для инженеров. — М.: Мир, 1989.
21. Проблемы Гильберта. — М.: Наука, 1969.
22. Робинсон Э.А. Метод миграции в сейсморазведке. — М.: Мир, 1988.
23. Садовский М.А., Писаренко В.Ф. Дискретные иерархические модели геофизической среды // Комплексные исследования по физике Земли. М., 1989. С. 9—26.
24. Сильвия М.Т. Деконволюция и теория обратных задач рассеяния сейсмических волн // Анализ и выделение сейсмических волн. М., 1986. С. 44—61.
25. Флоренский П.А. Вернадскому В.И.: Переписка // Новый мир. 1989. № 2. С. 194—203.
26. Хаттон Л., Уэрдингтон М., Мейкин Дж. Обработка сейсмических данных. Теория и практика. — М.: Мир, 1989.
27. Шредингер Э. Что такое жизнь с точки зрения физики. — М.: Атомиздат, 1972.
28. Эйнштейн А. Принципы научного исследования // Физика и реальность. М., 1965. С. 8—10.
29. Эйнштейн А. Эрнст Мах // Собр. науч. тр. М., 1967. Т. IV. С. 27—32.
30. Aminzadeh F., Wong F.S., Ruspini. A practical view of expert systems for oil exploration: integration of multiple knowledge sources // Advances in Geophysical data Processing. London, 1989. Vol. 3. P. 1—17.
31. Apostol A. Field-Dowsing in geology: a possible interpretation. Supplement to the Proceedings of the First International Conference on paranormal research. Colorado State University. Fort Collins. Colorado, 1968. P. 53—64.
32. Benson R.D., Davis T.L., Shuck E.L. et al. Multidisciplinary Compartmentalization study of the Fruitland Coal Gas Reservoir. Cedar Hill Field. San Juan Co. New Mexico. USA. EAEG. 57th Conference and Technical Exhibition. Glasgow, 1995.
33. Berkhout F.J. Seismic Inversion in Terms of Pre-Stack Migration and Multiple Elimination. Proceedings IEEE. 1986. Vol. 74. № 3. P. 415—427.
34. Claerbout J.F. Earth Soundings Analysis. Processing versus Inversion. Boston, 1992.
35. Davis T.L. The next wave. Proceeding of the 3rd SEG1/SEG

- International Symposium Geotomography-Fracture Imaging. Tokyo, 1995. P. 1—8.
36. *Fehler V., Rutledge J.* Using Seismic Tomography to Characterise Fracture Systems Proceeding of the 3rd SEG1/SEG International Symposium Geotomography-Fracture Imaging. Tokyo, 1995. P. 17—22.
 37. *Kelamis P.G.* Integrated Reservoir Characterization. Part 1-Concepts and Methodology, EAEG/57th Conference and Technical Exhibition. Clagow, 1995.
 38. *Lines L.R., Schults A.K., Treitel S.* Cooperative inversion of geophysical data // *Geophysics*. 1988. Vol. 5. № 1. P. 8—20.
 39. *Machet E., Kozloff D., Koren Z., Falkowitz.* A Global Approach to Depth Velocity Determination-a High Productivity Tool. EAEG. 57th Conference and technical Exhibition. Clagow, 1995.
 40. *Nepomnyashchikh I.A.* To the problem of adequate investigation of geophysical fields created by objects of lithosphere. *Annales Geophysical*. Supplement to Vol. 13. P. 101.
 41. *Sydykov K., Nepomnyashchikh I.A., Matvejev V.* Reflection tomography-velocity model reconstruction. EAEG-56th Meeting and technical Exhibition. Vienna. 1994.
 42. *Yilmaz O.* Seismic data processing. Tulsa. SEG. P. 526.

Принята редколлегией 26 ноября 1996 г.

Дискуссии

УДК 551.3.051

© М.М.Аксиров, 1997

Новое освещение старых проблем геологии

М.М.АКСИРОВ (Институт экологии горных территорий Кабардино-Балкарского НЦ РАН)

К настоящему времени накоплена сравнительно полная и довольно представительная информация по палеоклимату, которую никак не удается согласовать с теорией приливной эволюции. Не поддается истолкованию не только вся совокупность фактов, известных в геологической истории, но даже часто те из них, которые относятся к отдельным этапам истории Земли. Например, по венду палеоширотные спектры индикаторов-антогонистов полностью перекрываются и области оледенений разделены бассейнами карбонато- и соленакопления или близко соседствуют с ними, индикаторы климата в целом имеют незакономерное пятнистое расположение, отсутствуют зональности или субширотные пояса, для индикаторов высоких температур имеет место очень широкий спектр палеоширот, а крупные фазы оледенения носят низкоширотный характер. Наблюдаемые здесь особенности распространения индикаторов климата не соответствуют климатическим условиям, которые следует ожидать, исходя из любой гипотезы, предложенной для их объяснения [14]. Еще более показательные особенности сопровождали палеозойские оледенения, следы которых отмечаются, начиная с ордовика. Совершенно очевидно, что эти события могли быть вызваны только существенным различием между прежними и ныне наблюдаемыми значениями некоторых параметров внешних климатообразующих факторов, например, положение и движение Земли в Солнечной системе, светимость Солнца, наклон оси вращения планеты к плоскости орбиты и скорость ее ротации. Орбита планеты находится в сравнительно устойчивом состоянии, и связать с ней отмеченные события, для которых необходимы резкие изменения астрономических параметров, невозможно. Солнце является неравновесной системой, которая находится в устойчивом состоянии, и его светимость не могла претерпевать соответствующие колебания. И, наконец, существуют достаточно веские аргументы в пользу того, что в прошлом имела место относительная стационарность ориентировки в пространстве экваториальной плоскости и оси вращения [1—3]. Допустимые значения этих параметров таковы, что и они не могут решить вопрос. Остается искать причины отмеченных особенностей палеоклимата в инсоляции, генезис которой связан с ротационным ре-

жимом планеты. А последний традиционно рассматривается только с позиции гипотезы приливного торможения, которая так многократно повторена, что в ее истинности мало кто уже сомневается. Положение даже часто представляется так, как будто теория приливной эволюции имеет прямое подтверждение в данных о древних кораллах. Однако ныне накопленная информация свидетельствует о том, что такое утверждение не соответствует действительности — это представление, как показано в работах [2, 3], по существу, базировалось на дефиците фактического материала. Подчеркивая заманчивость полученных выводов для специалистов в области тектоники, разделяющих точку зрения об уменьшении скорости вращения Земли, Е.И.Кузьмичева (1982) предлагает относиться к ним с большой осторожностью. По ее мнению, это связано с малой представительностью исследованного материала и большими временными промежутками, сложностью подсчета суточных колец на эпитеке и отсутствием детальных знаний о всех факторах, влияющих на рост эпитеки. Если иметь в виду все это, то напрашивается только один вывод: в геологическом прошлом скорость вращения Земли претерпевала весьма существенные изменения во времени.

Таким образом, последнее заключение логично и с позиции фактических данных геологии. Однако мы пришли к нему совершенно иным путем, а полнота и представительность геологической информации потом уже позволили подтвердить истинность вывода.

Генезис ротации Солнца и планет — одна из труднейших проблем космогонии Солнечной системы: ни одна из известных теорий не позволяет вписать его в процессы начальной стадии формирования Солнечной системы или дальнейшей ее эволюции. Из механики, в частности релятивистской, следует, что вращение могло генерироваться позже при перемещении этих тел по их естественным траекториям (геодезическим линиям) в космическом пространстве [1—3].

Состоянию гляциального режима планеты в раннем протерозое и особенностям его изменения в дальнейшем, скорее всего, соответствует ретроградная ротация Земли в начале протерозоя. В среднем протерозое она уже имела медленное прямое враще-

ние, а в позднем — по неопровержимому свидетельству многочисленных фактических данных, скорость прямой ротации планеты увеличивалась непрерывно, приближаясь к одному обороту в год. Соответственно увеличивалась и продолжительность суток. В кембрийское время период вращения Земли вокруг своей оси сравнялся с таковым ее орбитального обращения. Длительность солнечных суток достигла максимума, а также произошло изменение направления смены дня и ночи на противоположное.

В палеозое скорость вращения Земли увеличивалась быстрее, чем в протерозое, но разница здесь была незначительной. Начало быстрого роста скорости ротации планеты приходится на мезо-кайнозойскую перестройку земной коры. Приближенная продолжительность суток по периодам приведена ниже.

Период	С	Р	Т	Ј	К
Продолжительность палеосутки, лет	В среднем $3,5 \cdot 10^4$	В среднем 10^4	В среднем 10^2	В среднем 10	На конец мела на порядок больше, чем сейчас

Такая альтернативная точка зрения, которая имеет физическое доказательство, зашифрованное в толщах осадочных пород, совершенно по-новому освещает геологическую историю, ход эволюции биосферы и осадконакопления, формирование осадочных полезных ископаемых [1—3]. Она разрабатывалась нами более 20 лет, ее необходимость для построения геологической теории, адекватной истории Земли, становится очевидной сейчас, когда фактические данные, в т.ч. информация по палеоклимату так полны и представительны, а последовательный отход исследователей от гипотезы тектоники плит закономерен, вызван ее абстрактным, нереальным характером [4]. Особенности палеоклимата, которые противоречат гипотезе приливной эволюции, пытались истолковать именно движением континентов, хотя крупные специалисты возражали против этого [13].

При медленной ротации Земли основные термические контрасты, которые создавали циркуляцию атмосферы, возникали между нагретой освещенной и охлажденной ночной сторонами. Распределение палеоклиматических зон и физико-географические условия на разных широтах весьма существенно отличались от нынешнего состояния. За одну смену дня и ночи возникал комплекс суточных климатических условий (СКУ). Последние периодически и с одной и той же последовательностью повторялись вдоль каждого меридиана, что наглядно отражено в осадочном чехле. СКУ были главным контролирующим фактором многих геологических процессов, в частности формирования седиментационных циклов. Анализ литологической структуры циклотем выявляет корреляцию литологических свойств элементов циклов с плотностью потока солнечной радиации, которую она принимала в течение длительных суток.

Следы длительных палеосутки очень четко и в огромном масштабе запечатлены на карбонатных циклах всего позднего протерозоя и палеозоя, формирование которых сопровождалось интенсивным доломитообразованием. При этом в течение одной смены дня и ночи откладывался один цикл, на кото-

ром отражен весь суточный очень медленный ход изменения плотности потока солнечной радиации. На ритмах в зависимости от широты местности запечатлены и сезонные годичные изменения в виде слоистости. Однако, несмотря на такие вариации, общий ход изменения плотности потока солнечной энергии и палеотемпературы в течение суток четко запечатлен в пределах одного цикла. Трансгрессивный этап его начинался с восходом Солнца в результате таяния льда, накопленного на теневой стороне в течение длительной палеоночи. В возникшем водоеме сначала устанавливался нормальный режим для органического развития. В дальнейшем в результате повышения температуры условия жизни постепенно улучшались. Со временем устанавливались чрезвычайно благоприятные климатические условия для развития жизни, органический мир здесь часто достигал необычайно большого расцвета [16]. При этом организмы не просто расселялись, захватывая новые экологические ниши, резко возрастала скорость их развития. Далее со временем наступал предел такому ходу события, дальнейшее повышение температуры приводило не к улучшению условий жизни, а, наоборот, к их ухудшению. В результате интенсивного испарения воды сильно повышалась соленость, сопровождаемая прогрессирующим обеднением органического мира по мере увеличения доломитности. В доломитовых породах органические остатки скудные и фауна однообразна. При этом обеднение органического мира в основном является не вторичным признаком, связанным с образованием метасоматических доломитов, а их первичной особенностью. Вместе с садкой доломитов осолонение приводило к полному вымиранию фауны или резкому ее угнетению и появлению специфического биоценоза [13]. В соответствии с сокращением длительности суток в мезокайнозое масштабы доломитообразования резко сокращены, снижена хемогенная садка, смененная биогенным выделением.

Интенсивное доломитообразование, которое широко развито среди карбонатных толщ, и следы низкоширотных оледенений в позднем протерозое и палеозое наглядно отражают чередования дня и ночи в осадочном чехле в условиях длительных суток.

Определяющее значение солнечной энергии в основных геологических процессах, которые контролировали формирование осадочного чехла, находит все новые и новые свидетельства и становится ясным для все более широкого круга исследователей [8].

Основные свойства процесса осадконакопления, в частности распределение следов ледниковых и межледниковых периодов, в послепалеозойской геологической истории носят дисимметричный характер относительно кембрийского периода, что обусловлено особенностями изменения длительности суток [2]. Протерозойские отложения коррелируются с толщами послекембрийского фанерозоя по свойствам литологических типов пород, изменению последних во времени, а также пространственному распределению тиллитов относительно экватора и полюсов. При этом венд и рифей сопоставляются с послекембрийским этапом палеозоя, послепалеозойский этап, когда на Земле не было существенных покровных оледенений, — с аналогичным отрезком времени среднего протерозоя, а нижний протерозой — с позднекайнозойским периодом. Древние оледенения, разделенные межледниковыми периодами,

сконцентрированы в четырех этапах геологической истории: 1) раннем протерозое, 2) позднем протерозое, 3) посткембрийском палеозое, 4) позднем кайнозое [14]. При этом одним длительностям суток, заключенным в одних пределах времени, соответствуют ледниковые периоды приполярного типа, другим — глобального с низкоширотными крупными фазами, которые вызывались аккумуляцией льда на теневой стороне. Для третьих периодов суток характерна обстановка, когда нигде на планете не накапливались большие массы льда, чтобы всерьез можно было говорить об оледенении. В первом случае имели место наиболее короткие сутки, в третьем — они были довольно продолжительными, но не настолько, чтобы переходы на теневую сторону могли привести к аккумуляции значительного количества льда, что свойственно второму случаю. Отсюда ясно, что для успешного решения задач стратиграфической калибровки необходим учет зависимости изменения характера осадконакопления, палеоклимата от скорости ротации планеты. То, что оледенение приполярного типа не получило развитие в межледниковые периоды среднего протерозоя и мезокайнозоя, объясняется в основном двумя причинами, одна из которых — низкое альbedo вследствие отсутствия полярных шапок: как известно, в целом за год полярные области получают достаточно большое количество солнечной радиации. Эта энергия, которую они получали за лето, дополнялась периодическими порциями тепла при переходе на солнечную сторону. В условиях сравнительно длительных суток различные сочетания двух форм поступления радиации оказывались достаточными, чтобы растопить очаги льда, которые возникали во время пребывания на теневой стороне.

Особенно наглядный пример осадочных формаций, которые четко запечатлели специфические условия инсоляции, характерной для медленной ротации планеты, дают позднепалеозойские угольные циклотемы. Проанализируем литологическую структуру одной идеальной угольной циклотемы карбона. Рассмотрим при этом, как ее элементы коррелируются по литологическим свойствам и последовательности их напластования в пачке с различными положениями Солнца на небе относительно бассейна седиментации в течение суток. Такая корреляция — очевидное физическое доказательство медленной ротации планеты в то время: она имеет место не только по отношению к данной, но и ко всем позднепалеозойским циклотемам, примеры которых даны в работах [1—3]. Рассматриваемый цикл имеет следующий порядок напластования элементов снизу вверх по разрезу [7]: песчаник; глинистый сланец с карликовой морской фауной; известняк, содержащий нормальную морскую фауну; угольный пласт; огнеупорная глина.

Формирование огнеупорной глины начиналось после спада сильной дневной жары, охватывающей середину палеодня. Мелкие частицы, из которых слагалась глина, в основном переносились с запада, где подсолнечная точка была окружена зоной песчаника. На слое глины развивалась растительность, из которой впоследствии, после ее отмирания на теневой стороне, формировался пласт угля. Растительность погибала в очень неблагоприятных условиях ночной тьмы, когда понижение температуры сопровождалось аккумуляцией льда в результате переноса сюда водяных паров атмосферой с освещенной стороны. Окончательное размещение органического ве-

щества (ОВ) по бассейну седиментации было связано с восходом Солнца, таянием льда, накопленного на теневой стороне в течение длительной ночи, и трансгрессией, которая разворачивалась в это время. В морской обстановке и в условиях непрерывного всевозрастающего потока солнечной радиации развивались организмы и водоросли, из которых формировался известняк, содержащий нормальную морскую фауну. При дальнейшем повышении температуры и солености воды (из-за интенсивного испарения) до критического значения для органического развития фауна вырождалась, что и запечатлено в глинистом сланце с карликовой морской фауной. Этот компонент оказывался глинистым в результате переноса мелких частиц из зоны песчаника, которая приближалась к бассейну седиментации с востока вследствие движения Солнца к кульминации. С дальнейшим повышением температуры бассейн высыхал, формировался песчаник.

В условиях непрерывного освещения и трансгрессивного начала с восходом Солнца в угольных бассейнах карбона пышно развивались леса. В дальнейшем (с повышением дневной температуры) здесь бушевали обширные лесные пожары, следы которых так четко обозначены в кровле угольных пластов [10]. Этими пожарами объясняется и то, что углефикация часто протекала при значительно более высоких температурах, чем те, которые могли быть обусловлены внешним нагревом. Такие пожары приводили к образованию древесного угля, неотличимого от фюзена. Каменноугольные торфяники испытывали только поверхностные пожары [10]. Углефикация по всем данным протекала не под влиянием глубинного тепла, а под воздействием солнечной радиации и пожаров, масштабы которых были связаны и с длительностью суток [2, 3]. Подтверждается это и тем, что высокая температура, устанавливаемая физическими методами, далеко не всегда коррелируется с глубиной залегания пород [6]. Исследований, подобных последнему, достаточно много, ссылки на некоторые из них имеются в работе [3].

В вертикальном разрезе угольного пласта выделяются четыре фазы изменения споровых комплексов: ликоспоровая, промежуточная, денсоспоровая и трансгрессивная [10]. В простейшем случае от подошвы пласта вверх до прослоя крассидюрена включительно следуют прослои, соответствующие последовательно ликоспоровой, промежуточной и денсоспоровой фазам. От прослоя крассидюрена до кровли пласта наблюдается обратная последовательность. Комплекс денсоспоровой фазы может быть расположен непосредственно в кровле пласта или отделяться от последней прослоем с комплексом промежуточной фазы. Причину смены прослоев угольного пласта объясняют изменением глубины воды, переходом от субаквальных условий к субаэральным, иногда с последующим возвратом к субаквальной обстановке торфонакопления. Однако этому противоречат факты. Во-первых, если бы отмирание в первой фазе было результатом погружения, то вторая фаза не могла бы быть представлена таким богатым сообществом растительности, какое на самом деле наблюдается. Во-вторых, развитие наземной растительности во всех фазах было непрерывным: на остатках погребенных растений росли другие, прободая их совершенно недеформированными корешками. Молодые деревья селились на торфяном субстрате на протяжении всего этапа накопления ОВ. Многочисленные их остатки внутри угольных пла-

тов свидетельствуют о непрерывном росте растительности, когда молодые корни плауновидных прободают уже захороненные остатки других [11]; на остатках погребенных растений накапливались другие, используя эти остатки как субстрат. Все это имело место не только в нижней и средней частях угольного пласта, но также в его верхних горизонтах. Сказанное свидетельствует о том, что отмирание лесной растительности разных типов и сообществ происходило не одновременно и не в результате медленного погружения, а вследствие изменения климата, которое было постепенным и медленным, но охватывало широкий диапазон. Такое изменение климата в течение сравнительно длительного времени могло происходить и в сторону похолодания, и в сторону потепления. В первом случае ОВ накапливалось в результате гибели разных типов и сообществ растительности в зависимости от их холодоустойчивости и хода понижения температуры при постепенном переходе на теневую сторону в следующей последовательности: ликоспоровая, промежуточная, денсоспоровая фазы. Во втором случае в обратной последовательности: денсоспоровая, промежуточная, ликоспоровая. Полный ряд фаз, объединяя эти два случая, содержит перечисленные комплексы в таком порядке: ликоспоровая, промежуточная, денсоспоровая, промежуточная и ликоспоровая. Наличие такого ряда в пласте означает, что в нем нашли отражение все основные этапы и похолодания, и потепления в течение длительных палеосуток. Факты свидетельствуют о том, что в первом случае отмирание лесной растительности происходило именно в результате похолодания. Процесс накопления ОВ был длительным. Поэтому сохранение органической массы, отмершей, например, в первой фазе, могло иметь место только в условиях сравнительно низкой температуры. Постепенное похолодание с наступлением теневой стороны подтверждается и тем, что в последней фазе произошло обеднение видового состава растительности. На низкую температуру указывает и то, что пирит, образующийся в застойных восстановительных условиях, в краSSIDюрене менее обилен, чем в большинстве других петрографических типах угля. После возникновения лесной растительности в ходе первого этапа похолодания происходило отмирание биомассы, составляющей ликоспоровую часть пласта, в результате гибели самых теплолюбивых типов растительности и их сообществ. Накопление в промежуточной фазе связано с дальнейшим понижением температуры, когда погибают уже менее теплолюбивые древовидные, в т.ч. и травянистые формы. Наконец, в чрезвычайно неблагоприятных условиях ночной тьмы погибают и холодоустойчивые растения. Некоторые из деревьев до конца выдерживали неблагоприятные условия ночной тьмы, о чем говорят единичные кольца прироста, которые свидетельствуют не только о пережитых ими суровых условиях, но и о последующем благоприятном этапе в жизни этих растений. Показательно, что кольца единичны или отсутствуют у корней и стволов деревьев каменноугольного периода: не могли же деревья так быстро расти, чтобы за 1—2 года достигнуть высоты 70 м и нескольких метров в диаметре?!

С увеличением скорости ротации планеты и сокращением длительности суток в мезозое и особенно в кайнозое климатические изменения становятся более быстрыми и частыми. Постепенно с концом палеозоя уходит этап образования уникальных

угольных циклотем, которые обладают четко выраженной богатой литологической структурой и угольным пластом выдержанной мощности по площади на большие расстояния. Со временем ритмы становятся мелкими и многочисленными. Не с каждым наступлением палеоночи происходит массовое отмирание и накопление растительности. Для этого в мезокайнозое необходимы уже определенные сочетания параметров движения Земли, которые наступали периодически. А в мезозое временами все еще наступали условия для формирования сравнительно крупных циклов [2, 3]. Угленакпление претерпевает изменение: наблюдается резкое увеличение мощностей как угленосных отложений, так и пластов угля на небольших локализованных участках, что связано с развитием речных долин и карстообразованием. Если в карбоне угольные пласты были сложены в основном древесной растительностью, то палеоген-неогеновые торфяники формировались главным образом из остатков трав или кустарников при ограниченном участии деревьев. В четвертичном торфонакоплении древесная растительность вообще не участвует.

Изложенное выше представление об угленакплении подтверждается и нынешним состоянием этого процесса. Сравнение морфологических признаков ископаемых угольных пластов с современными и погребенными торфяными залежами показывает достаточно резкое их различие; значительная часть современных торфяников не перейдет в ископаемое состояние; масштабы современного угленакпления чрезвычайно ограничены, и современным торфяникам не суждено быть отмеченным в геологической летописи Земли. Различия в морфологии и масштабах залежей настолько существенны, что ставят под сомнение возможность проведения аналогии между условиями древнего угленакпления и современными торфяниками [5].

Относительно длительности суток в конце мелового периода имеется весьма важный палеонтологический факт. Изучение фрагментов яиц динозавров из французских месторождений, предпринятое сотрудниками Музея естественной истории в Эксе, показало, что в самых верхних слоях верхнего мела, выше которых остатки динозавров уже не встречаются, скорлупа яиц обладает многослойной структурой, отражающей перерывы в ее образовании. Слоистость была объяснена термическими колебаниями, которые временно прекращали активную жизнь динозавров. В периоды похолоданий динозавры погружались в спячку, на время которой продуцирование скорлупы прекращалось [9]. Причиной соответствующих понижений температуры не могли служить ни сутки нынешней продолжительности, ни сезонные годовые изменения: первые слишком короткие, вторые — длинные. А на порядок более продолжительные, чем ныне, палеоночи вполне могли играть эту роль. Данный факт не только подтверждает нашу оценку длительности суток в палеогене, но и проливает свет на причину исчезновения динозавров. Потомству этих животных необходимо было не только успеть вывести в течение светового дня, но и окрепнуть, чтобы благополучно перенести суровые условия следующей длительной ночной тьмы. Для этого непрерывно освещенный этап должен был содержать какой-то необходимый отрезок времени. Сокращение продолжительности палеодня за пределы этого минимума, скорее всего, и послужило причиной исчезновения этих рептилий.

Климат — сложное явление, которое зависит от таких взаимосвязанных циклов геофизических процессов глобального масштаба, как тепло- и влагооборот, общая циркуляция атмосферы. Тем не менее, можно указать некоторые свойства изменений климата и температуры у земной поверхности в прошлом, каждое из которых, с одной стороны, представляет собой прямое следствие инсоляции, связанной с медленной и ускоренной ротацией Земли. А с другой, ни одно из них не может быть следствием любой гипотезы, предложенной для их объяснений в рамках теории приливной эволюции. Речь идет о следующих четырех совокупностях данных, которые в комплексе составляют, по существу, характеристику истории ротационного режима Земли в качественном плане.

1. Крупные фазы позднепротерозойских и палеозойских оледенений в основном были низкоширотными; области оледенений разделяются бассейнами карбонато- и соленакпления или близко соседствуют с ними, индикаторы-антогонисты климата имеют низкоширотное пятнистое расположение; раннепротерозойский и кайнозойский ледниковые периоды имеют приполярный характер [14—16].

2. Межледниковые фазы позднего протерозоя и палеозоя и периодические потепления, которые сопровождали межледниковые периоды среднего протерозоя и мезокайнозоя, резко отличались от ныне наблюдаемых на планете условий: во время теплых эпох максимально высокие палеотемпературы значительно превосходили современные; высокие температуры мигрировали и к полярным областям [14—16].

3. На протяжении всего фанерозоя четко прослеживалась общая тенденция понижения циклически повторявшихся максимально высоких температур земной поверхности [16].

4. В кембрийском периоде не выявлена разница в температурном режиме между полярными и экваториальными областями. В ордовике такая разница уже вырисовывалась, а в дальнейшем с течением времени она увеличивалась. В настоящее время она достигает 70 °С, хотя в позднем ордовике не превышала 20—30 °С. В среднекаменноугольном периоде уже складывались различия между фаунами высоких и низких широт, обусловленные поясностью климата. В перми зоогеографическая зональность стала еще более отчетливой. А в меловом периоде изотермы 15 и 20 °С уже смещались к северу только на 10—20° широты.

Некоторые виды, изолированные друг от друга в течение длительного времени, не испытали заметных расхождений в эволюционном развитии, хотя и обитали в средах, имеющих существенные различия по нынешним меркам на Земле. Сопоставляя это обстоятельство с многообразием видов, некоторые исследователи приходят к выводу, что для биологической эволюции не хватает времени. И в общем-то это заключение логично, поэтому ученые выдвигают разного типа гипотезы в поисках факторов, которые могли выступать в качестве катализатора. Широко распространено мнение, что причиной биологичес-

кой революции в истории Земли послужило спорадическое усиление интенсивности жесткой радиации, которое вызывало у организмов резкое возрастание мутаций — внезапных скачкообразных изменений в генах и хромосомах, передающихся по наследству. Но такое объяснение, в сущности, загадочно, если оставаться в рамках гипотезы приливного торможения. А с рассматриваемой здесь точки зрения, возникновение длительных непрерывно повышенных состояний плотности потока жесткой радиации является частным случаем более общего, систематического колебания плотности потока солнечного излучения на уровне земной поверхности, в результате которого экстремальные условия могли чередоваться с чрезвычайно благоприятными для органического развития. Если иметь в виду все это, то появление на планете огромного разнообразия видов в течение геологической истории получает новое освещение. С излагаемой здесь позиции, последовательное истолкование получают и другие аспекты биологической эволюции, в частности «скачки» от одной фауны к другой между соседними горизонтами, содержащими палеонтологические остатки, да и вообще перерывы в осадконакоплении в осадочном чехле [2, 3].

Автор выражает благодарность профессору Г.П.Полуаршинову за полезные советы и замечания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аксиров М.М. О ротационном режиме Солнца и планет и некоторых аспектах эволюции Земли в фанерозое // Методы математического моделирования в системах автоматизированного проектирования и планирования. Нальчик, 1985. С. 59—79.
2. Аксиров М.М. Об эволюции Земли. — Нальчик, 1989.
3. Аксиров М.М. Об эволюции Земли. — Нальчик, 1988.
4. Власов Г.М. К вопросу о «господстве» тектоники плит за рубежом // Сов. геология. 1992. № 6. С. 80—86.
5. Волков В.Н. Генетические основы морфологии угольных пластов. — М.: Недра, 1973.
6. Горшков А.И., Волкова Т.П., Горбенко Г.А., Амлеева Г.Д. Палеогеотермические критерии распределения нефти и газа в осадочном чехле на севере Западно-Сибирской плиты // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1986. № 3. С. 115—122.
7. Дафф П., Халлам А., Уолтон Э. Цикличность осадконакопления. — М.: Мир, 1974.
8. Полуаршинов Г.П., Бирка Г.И. В чем убеждает критический анализ основ геологии? // Сов. геология. 1989. № 1. С. 122—124.
9. Синицын В.П. Введение в палеоклиматологию. — Л.: Недра, 1980.
10. Смит А. Условия формирования каменноугольных торфяников // Проблемы палеоклиматологии. М., 1968. С. 52—62.
11. Снигиревская Н.С. История и значение палеоботанического исследования окаменелых торфов в угольных пластах Донецкого бассейна // Проблемы палеоботаники. Л., 1986. С. 126—135.
12. Сребродольский Б.И. Коралл. — М.: Наука, 1986.
13. Страхов Н.М. Типы литогенеза и их эволюции в истории Земли. — М.: Мир, 1969.
14. Чумаков Н.М. Ледниковые горизонты и проблемы палеомагнетизма верхнего докембрия // Проблемы стратиграфии верхнего протерозоя и фанерозоя. М., 1989. С. 42—57.
15. Чумаков Н.М. Главные ледниковые события прошлого и их геологическое значение // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1984. № 7. С. 35—53.
16. Ясаманов А.Л. Древние климаты Земли. — Л.: Гидрометеоздат, 1985.

70-летие Урала Галимзяновича Дистанова

28 февраля 1997 г. исполнилось 70 лет Уралу Галимзяновичу Дистанову — доктору геолого-минералогических наук, Заслуженному деятелю науки и техники ТАССР, Почетному разведчику недр, академику Международной академии минеральных ресурсов, главному научному сотруднику ЦНИИгеолнеруд.

Вся жизнь У.Г.Дистанова связана с Казанью, где он в 1948 г. окончил геологический факультет Казанского университета. За 50 лет трудового стажа в институте он прошел все должностные ступени от лаборанта до заместителя директора ВНИИгеолнеруд по науке и главного научного сотрудника.

В 1952 г. У.Г.Дистанов защитил кандидатскую диссертацию по литологии углевмещающих пород миоцена центральной и южной Башкирии. Под его руководством составлены карты по палеогеографии литолого-палеогеографического атласа СССР, разработана схема стратиграфии палеогеновых отложений Поволжья.

В 50-е годы сформировалось основное направление его научной деятельности — геология месторождений кварцево-кремнистого сырья, итогом которой явилась докторская диссертация «Опал-кристаллитовые породы СССР». В бюллетене ВАК отмечалось, что У.Г.Дистановым решена проблема, имеющая важное народнохозяйственное значение, а его диссертация может служить образцом докторских диссертаций.

Во ВНИИгеолнеруд он возглавил исследования по составлению прогнозной и геолого-промышленной карт на кремнистое опал-кристаллитовое сырье СССР масштаба 1:2 500 000, опубликовал монографию «Кремнистые породы СССР». Им разработана общия теория кремненакопления в мезозойско-кайнозойский этап развития земной коры, дана оценка климатических, палеогеографических и биогенетических факторов, обусловивших процессы формирования кремнистых отложений. У.Г.Дистанов — один из первооткрывателей крупнейшего в России Лукья-

новского месторождения (Ульяновская область) формовочных и стекольных песков, соавтор патента по способу применения опок как природных осушителей нефтяных газов.

Под руководством У.Г.Дистанова разработана и реализуются общероссийские программы по расширению минерально-сырьевой базы и обоснованию возможности использования нерудных полезных ископаемых в новых нетрадиционных направлениях в сельском хозяйстве и в природоохранных целях, в частности для экологической реабилитации территорий, пострадавших от Чернобыльской катастрофы. За исследование «Природные цеолиты — новый вид минерального сырья» в 1990 г. ему с соавторами была присуждена Премия Совета Министров СССР.

В настоящее время У.Г.Дистанов разрабатывает теоретические основы минерализации осадочных бассейнов и оценки месторождений неметаллов с созданием геолого-генетических моделей.

У.Г.Дистанов — автор и соавтор 200 опубликованных работ, в т.ч. 11 монографий и 4 авторских свидетельств, участник некоторых международных форумов, ведущий специалист страны в области геологии нерудного минерального сырья. Умелый организатор, он многое сделал для становления и развития института и формирования в нем работоспособного дружного коллектива. Он подает пример, как нужно активно и уверенно действовать в любых обстоятельствах, неустанно работать, находить в жизни красоту и радость, любить природу, верить в лучшее. У.Г.Дистанов — обаятельный человек, всегда готовый помочь каждому и делом, и советом. Авторитет его среди геологов огромен, в свои 70 лет он молод душой, полон сил, энергии и новых идей. Искренне желаем Уралу Галимзяновичу дальнейших успехов и радостных дней!

*Ученый совет ЦНИИгеолнеруд
Редколлегия журнала*

65-летие Намика Курбановича Курбанова

Исполнилось 65 лет Курбанову Намику Курбаноглы, академику МАГРМ, профессору, доктору геолого-минералогических наук, «Почетному разведчику недр СССР», известному ученому в области металлогении, прогноза, поисков и разведки месторождений цветных и благородных металлов, члену редколлегии журнала «Отечественная геология».

Его геологическая деятельность началась в 1954 г. с изучения условий локализации и закономерностей размещения золотого оруденения в Восточном Забайкалье и создания геологических основ для подсчета запасов Балецкого и Тасеевского месторождений.

После двух лет успешной работы в Сирийской экспедиции Мингео СССР Н.К.Курбановым были организованы исследования в Верхнеуральском и



Учалинском меднорудных районах Южного Урала, где впоследствии при реализации прогнозных рекомендаций были открыты Узельгинское и Талганское медноколчеданные месторождения.

В дальнейшем под руководством Н.К.Курбанова изучались колчеданно-полиметаллические и золоторудные месторождения Кавказа и Закавказья для развития сырьевой базы благородных и цветных металлов этих регионов. Его плодотворная деятельность обеспечила удвоение запасов Филізчайского колчеданно-полиметаллического рудного узла, создание геологических основ подсчета запасов ряда месторождений и выявление новых рудных узлов.

С начала 80-х годов Н.К.Курбанову было поручено изучение золотоносных провинций Средней Азии. Новые, нетрадиционные подходы к изучению закономерностей размещения золоторудных месторождений позволили в короткие сроки создать эффективные прогнозно-поисковые и оценочные модели месторождений золота в терригенных комплексах. Результаты этих работ легли в основу генеральных программ и рекомендаций по направлению ГРП в регионе.

Н.К.Курбанов — один из разработчиков основ рудноформационного анализа и его широкого применения в прикладных металлогенических построениях.

Им совместно с коллегами создана система геолого-генетических моделей золоторудных месторожде-

ний в терригенных комплексах. Выделен конвергентный ряд полигенно-полихронных месторождений экзогенно-эндогенного класса, в который входят «первичные» стратиформные сульфидоносные эксталяционно-осадочные или элизионно-катагенетические руды и «вторичные» регенерированные рудные тела различной морфологии.

Присущие Н.К.Курбанову энергия и высокие организаторские способности, глубокое проникновение в сложные научно-производственные проблемы, определяют его заслуженный авторитет среди широкого круга геологов научных и производственных организаций России и СНГ.

Результаты исследований Н.К.Курбанова отражены во многих производственных отчетах, 215 печатных работах, включая 7 монографических.

Он оказывал помощь геологическим службам Сирийской Арабской Республики, Ирана, Румынии и Чехословакии; представлял отечественную науку на международных геологических конгрессах и форумах.

Мы искренне желаем Намику Курбан-оглы доброго здоровья и дальнейших творческих успехов.

*Коллегия Госкомгеологии Республики Узбекистан
Коллегия Госкомгеологии Республики Башкортостан
Ученый совет ЦНИГРИ
Редколлегия журнала*

60-летие Леонида Николаевича Солодилова



Исполнилось 60 лет Леониду Николаевичу Солодилову, одному из ведущих специалистов в области изучения глубинного строения литосферы и сейсмических зон Земли, народнохозяйственного использования энергии взрыва, геоэкологии, доктору технических наук, лауреату Государственной премии СССР.

Л.Н.Солодилов после окончания Московского инженерно-физического института в 1960 г. по распределению был направлен в геологическую отрасль, где начал свою трудовую деятельность с техника-вычислителя полевой партии Научно-исследовательской морской геофизической экспедиции. Далее работал в различных регионах необъятного СССР. С февраля 1988 г. был избран трудовым коллективом на конкурсной основе генеральным дирек-

тором Центра региональных геофизических и геоэкологических исследований Геон (Центра Геон) Министерства природных ресурсов Российской Федерации.

Л.Н.Солодилов впервые теоретически и экспериментально доказал принципиальную возможность создания экологически более безопасных для природы способов подводного возбуждения сейсмических сигналов за счет уменьшения давления в головной части импульса ударной волны в разные периоды. На этой основе под его руководством разработаны и внедрены линейно-составные заряды, газовые взрывы и пневматические источники, что позволило в дальнейшем выявить перспективные нефтегазоносные структуры в бассейне Каспийского моря.

Леонидом Николаевичем Солодиловым обоснована методика определения места заложения ядерного заряда с учетом свойств горных пород, обеспечивающая оптимальные амплитуду, энергию и частотный состав сейсмической волны в гипоцентре взрыва при изучении глубинного строения труднодоступных территорий Сибири и Крайнего Севера для поиска углеводородов, алмазов и других полезных ископаемых. Впервые разработанная с его участием новая технология многоволнового глубинного сейсмического зондирования (МГСЗ) отличается повышенной информативностью, дает возможность увеличить глубину исследований до нескольких сотен километров.

При участии, а с 1989 г. под руководством Л.Н.Солодилова создана каркасная сеть региональных сейсмических профилей МГСЗ, общая протяженность которых превышает 100 тыс. км. Исследованиями охвачены Прикаспийская впадина, Запад-

но-Сибирская плита, Сибирская платформа, Урал и отдельные районы Восточно-Европейской платформы. Это позволило решить ряд принципиальных вопросов в отношении глубины залегания и рельефа фундамента, мощности и структуры чехла для оценки потенциальных запасов углеводородов и других полезных ископаемых в этих районах.

Под научным руководством и при непосредственном участии Леонида Николаевича впервые в геологической отрасли разработаны автономные цифровые регистраторы сейсмических сигналов «Альфа-Геон» и его модификации, которые предназначены для исследований на региональных профилях и для работы в составе локальных сетей в рамках «Федеральной системы сейсмологических наблюдений и прогноза землетрясений» (ФССН).

В условиях Северного Кавказа на основе локальных сетей сейсмических станций под научным руководством Л.Н.Солодилова разработана автоматизированная технология мониторинга сейсмичной геосреды с выделением геодинамически активных элементов земной коры.

Впервые на примере Москвы Л.Н.Солодиловым с

сотрудниками созданы основы методики сейсмологических исследований крупных городских агломераций с учетом эндогенных процессов и техногенных воздействий на базе мониторинговых наблюдений для изучения процесса возбужденной сейсмичности. Это важно и для других крупных промышленных городов России, где сейсмический эффект при строительстве зданий не учитывается и даже при относительно слабых 5—6-балльных толчках возбужденных землетрясений может привести к серьезным последствиям.

Л.Н.Солодилов избран членом-корреспондентом РАЕН, почетным академиком МГГА. Он является членом Государственной комиссии по сейсмическому строительству, членом бюро Межведомственного совета по сейсмическому мониторингу, а также Председателем экспертного совета Кавминводского автоматизированного экспериментального участка ФССН. Желаем Леониду Николаевичу здоровья, счастья, дальнейших творческих успехов.

*Коллектив Геон
Редколлегия журнала*

50-летие Валерия Ивановича Ваганова



Исполнилось 50 лет Валерию Ивановичу Ваганову — доктору геолого-минералогических наук, члену-корреспонденту Международной Академии минеральных ресурсов России, главному научному сотруднику отдела геологии, методов поисков и экономики месторождений алмазов. В.И.Ваганов работает в ЦНИГРИ с 1973 г., с 1984 по 1996 г. он возглавлял отдел геологии алмазов института.

В.И.Ваганов — ведущий специалист в области геологии, генезиса, методов прогноза и поисков месторождений алмазов. Им разработаны научно-методические и геолого-генетические основы прогноза и поисков этих месторождений, используемые в настоящее время в практике геологоразведочных работ.

Валерием Ивановичем изучено уникальное по значению Полигайское месторождение технических алмазов (Красноярский край) и установлена зависимость алмазоносности от состава пород. Это позволило обосновать и реализовать эффективную систе-

му разведки месторождения и подсчета запасов. Предложенные им критерии прогноза подобных месторождений привели к обнаружению с его участием на территории России двух новых алмазоносных объектов на Полярном Урале и в Горьковской области.

В.И.Ваганов научно обосновал прогноз в России алмазных месторождений лампроитового типа.

Результаты его исследований отражены в более 90 печатных работ, опубликованных в России и за рубежом, в т.ч. в 8 монографиях, ряде методических рекомендаций и указаний общепромышленного значения. Валерий Иванович передает свой опыт молодым специалистам, осуществляя научное руководство аспирантами.

В.И.Ваганов ведет большую научно-организационную работу: в течение 7 лет он был главным куратором Мингео СССР по алмазам, в последнее время — один из руководителей всероссийских научно-производственных программ, член бюро межведомственного совета по алмазам.

Валерий Иванович пользуется заслуженным авторитетом среди геологов-алмазников как в России, так и за ее пределами. За высокие научные достижения в 1986 г. он был награжден знаком «Отличник разведки недр», а в сентябре 1996 г. — медалью ордена «За заслуги перед Отечеством II степени».

Сейчас Валерий Иванович находится в полном расцвете творческих сил. Поздравляя его с 50-летием, желаем крепкого здоровья и дальнейшей плодотворной деятельности.

*Ученый Совет ЦНИГРИ
Редколлегия журнала*

История золотой промышленности Приамурья

Г.П.ВОЛАРОВИЧ (ЦНИГРИ), В.Г.МОИСЕЕНКО (АмурКНИИ)

Начало поисков и освоения месторождений золота. При заключении Айгунского договора 1854 г. была установлена государственная граница на Дальнем Востоке между Россией и Китаем, которая прошла по рекам Аргунь, Шилка, Амур и Уссури. Таким образом, вся территория левобережья Амура отошла Российской империи. В освоении новых территорий обычно золотая промышленность является пионером. И в Приамурье с середины XIX в. хлынула на свой риск волна старателей, которые начали добывать золото. Для первоначальной оценки золотоносности обширной области царским правительством был направлен опытный горный инженер Н.П.Аносов. За несколько лет он объездил все золотоносные районы Приамурья, системы рек Ольвой, Уруши, Джалинда, Гилуй, Унья, Верхняя Селемджа, Ниман, Кербри до устья р. Амур на востоке. Все это были площади, занятые среднегорьем с долинами, имеющими низкие цокольные террасы и хорошо очерченные поймы. В пределах нынешней Амурской области они составляли системы хребтов Тукурингра — Эзопа — Джагды.

Условия для поисков золота были очень благоприятны. Его можно было без больших усилий найти лотковым опробованием галечных кос рек, речек и ручьев. Малая мощность аллювия поймы и террас (5—7 м в среднем) при наличии вечной мерзлоты давали возможность проходить неглубокие шурфы «на пожар». Это способствовало быстрому открытию многих россыпных месторождений в районах среднегорья.

Одновременно и последовательно с поисками началась интенсивная добыча золота. Стали отрабатывать наиболее богатые россыпи с содержанием 5—8 и 10 г/м³ пласта при соотношении песков к торфам 1:1 и 1:2. Протяженность таких богатых участков россыпей колебалась от 200 м до 3 км, хотя отдельные богатые россыпи, например Джалинда на Верхнем Амуре и Джалон-Джалта в Дамбукинском районе достигали 8—10 км.

Н.П.Аносов весьма оптимистично оценил осмотренные районы. На основании этого скоро образовались золотопромышленные компании и крупные акционерные общества. Добыча золота быстро возрасла и через 20—25 лет достигла 10—15 т в год. Основное количество металла давали россыпи района Соловьевского прииска, Дамбукинское и Харгинское узлов. На то время успешно шла добыча золота во многих районах Российской империи. И Амурская область вносила значительный вклад в получение валютного металла для страны.

Для приемки золотого песка (шлихового золота) под эгидой Государственного казначейства была организована золотосплавочная лаборатория в г. Благовещенск, которая принимала металл от всех акционерных компаний, старательских артелей и отдельных вольнопринесителей. Однако из-за недостаточной деятельности горного надзора по контролю за отработкой россыпных месторождений, особенно

мелкими артелями, имела место утечка золота на сторону по более высокой цене, минуя золотосплавочную лабораторию. По экспертной оценке Э.Э.Анерта и других специалистов, официальные статистические данные о добыче золота в отдельные годы были занижены на 20 и даже на 40 %.

Организация геологического изучения золотоносных территорий. В связи с интенсивным развитием золотодобычи на осваиваемых Россией восточных территориях и придавая этому значение большой государственной важности, Геологический комитет по инициативе А.П.Карпинского, К.И.Богдановича и Э.Э.Анерта организовал геологическое изучение золотоносных районов Сибири и Дальнего Востока. В Приамурье, начиная с 1890-х гг., работало несколько геологических партий, в которых принимали участие Э.Э.Анерт, М.М.Иванов, Я.А.Макаров, П.Б.Риппас, А.И.Хлапонин, П.К.Явороский и др. Были охвачены все площади среднегорья хребтов Становой, Тукурингра, Эзопа, Джагды, входящих в границы Амурской области. По изученным районам были составлены геологические карты в масштабе 1:400 000 и крупнее. Обобщив геологические карты по районам, Э.Э.Анерт составил сводную геологическую карту Приамурья; до 1930-х гг. она была единственной обзорной геологической схемой Амурской области. За это время были уже открыты некоторые проявления, в частности Золотая гора в Дамбукинском районе, Рифманова гора (ныне Кировское месторождение) на Верхнем Амуре и отдельные жилы Харгинского рудного поля на Верхней Селемдже. На двух последних даже началась в небольшом объеме добыча рудного золота. Были установлены также древние водораздельные россыпи — Петровская и Яснополянская, на которых проводилась даже пробная добыча. В результате всех этих работ уже тогда, по существу, оформился главный широтный золотоносный пояс Приамурья от Уруши-Ольдойского района до Кербинского. Этот пояс — основной производитель золота Приамурья подтвердился последующими детальными исследованиями геологических структур и распределения общих концентраций золотоносности.

Ко времени первого геологического изучения золотоносных районов Приамурья в России начали применять дражный способ добычи золота. В Амурской области также приступили к освоению драг на пойменных россыпях с повышенной водоносностью, в частности, по рекам Гилуй, Джалинда, Харга. В основном же добыча велась так называемым мускульным способом, т.е. ручным трудом. При этом орудиями труда были лопата, кайло, лоток, тачка и бутара. При разработке больших россыпей разрезами, когда торфа и пески приходилось перемещать на расстояние 100—200 м и более, применялись конные таратайки. В таких случаях бутара сооружалась больших размеров и называлась конной. Небольшие артели, промывавшие в день всего 1,5—3 м³ песков, использовали так называемые проходнушки — коло-

ды длиной 2—3 м, сколоченные из досок. Такие проходнушки у старателей приходилось видеть еще в середине 1930-х гг.

На больших приисках на добыче золота одновременно участвовало несколько сотен рабочих. Малые артели состояли иногда всего из 3—4 человек — один на добыче, второй на доставке песков и третий на промывке. На приисках золотопромышленных компаний закладка разведочных линий шурфов, контроль за опробованием, определение контура добычных разрезов и установки промывных устройств осуществлялись горными мастерами и подчиненными им десятниками. Небольшие артели все делали сами под руководством опытного старателя — бригадира.

Геологоразведочной и маркшейдерской служб в те годы в золотой промышленности не существовало.

Поиски вели те же старатели группами 2—4 человека, которые, найдя золото, или начинали его самостоятельно хищнически добывать, или сообщали о своих находках хозяевам крупных приисков, которые оформляли заявки на получение горного отвода для разведки и разработки месторождений. Поисковые группы по золотоносной тайге Приамурья бродило каждое лето очень много — более сотни. Поэтому большинство мелкозалегающих пойменных и террасовых россыпей в пределах среднегорья области было обнаружено за 25—30 лет.

Восстановление золотой промышленности после гражданской войны. С началом Русско-Японской войны прекратился подъем добычи золота в Приамурье. Часть рабочих была призвана в действующую армию. Интенсивная обработка россыпей и тем более поиски новых объектов сократились. Также сократилось геологическое изучение Геологическим комитетом золотоносных районов.

Отдельные открытия золотоносных узлов продолжались: в верховьях верхних притоков р. Зeya — по рекам Унахе, Брянте и др., в районе Магдагачи — Тыгда-Улунгинский узел, в Архаринском районе — россыпи прииска Ивановский и т.д. Кроме того в результате детальных поисков обнаруживались россыпи по небольшим ключам, а также террасам в уже освоенных золотой промышленностью районах.

Еще более сократились добыча и поиски золота в Приамурье во время Первой империалистической войны и практически прекратились после революции и в период гражданской войны. Только со второй половины 1920-х гг. с организацией «Союззолото» и его отделения в Хабаровске на Дальнем Востоке стали возрождаться прииски и золотые рудники. В Амурской области особенно быстро развилась добыча в связи с созданием двух золотопромышленных трестов «Амурзолото» и «Верхамурзолото». С одной стороны, ускоренными темпами восстанавливался мускульный способ добычи на разрабатывавшихся ранее россыпях и, с другой, по инициативе начальника «Союззолото» («Главзолото») А.П.Серебровского приступили к строительству драг. Был за короткие сроки создан целый дражный флот (более 20 драг). Восстановили и усилили разработку золоторудных месторождений на Джалиндинском (Рифмановая гора) прииска Соловьевский и III-м руднике в Харгинском районе. В 1927 г. геолог В.И.Серпухов открыл Ворошиловское месторождение на ключе Зазубринский в Верхнемынском районе.

К этому же периоду относится освоение россыпных узлов, открытых ранее в среднем течении рек Зeya и Селемджа. Долины крупнейших водных арте-

рий были врезаны в выровненные заболоченные пространства Зeya-Буреинской низменности, где обнажались коренные породы фундамента. Наличие золотоносных узлов Кухтерина луга по долине р. Зeya и Майский по р. Селемджа показало, что распространение золота в Приамурье не ограничивается основным широтным поясом среднегорья хребтов Тукурингра — Джагды. Однако районы среднегорья в связи с благоприятными геоморфологическими условиями могли легко «отдать» свое россыпное золото, тогда как поиски и освоение золота площадей заболоченной Зeya-Буреинской низменности во много раз сложнее. Поэтому разработки россыпей указанных узлов длительное время не продвигались далеко от берегов рек Зeya и Селемджа.

Несколько позднее были обнаружены россыпи в нижнем течении р. Деп, где в скором времени организовали прииск Ясный. Это открытие имело принципиальное значение. Во-первых, в вершине россыпи было найдено рудопроявление золота в пределах развития юрских отложений, что сразу же решило вопрос о мезозойском возрасте, во всяком случае, какой-то части золотого оруденения Приамурья. Во-вторых, было принято решение развивать поиски на запад и восток от Ясненского узла, преодолевая трудности марей Зeya-Буреинской равнины. Поиски в восточном направлении увенчались замечательным успехом; П.А.Сушковым были открыты россыпи знаменитого прииска Октябрьский. Этот район россыпных месторождений расположен среди марей на практически плоском рельефе. Россыпи содержали очень богатое золото и залегали на глубине 20—25 м. Так возникла проблема глубоких погребенных россыпей Приамурья.

Далее, глубокозалегающие весьма продуктивные россыпные месторождения были вскрыты к востоку от Октябрьского района вплоть до Майского узла, а также западнее в Тыгда-Улунгинском районе.

Вместе с внедрением технических средств при эксплуатации месторождений золота — драг, мониторов и насосов на гидравликах, перфораторов, вагонеток и т.д. на рудниках, А.П.Серебровским была организована геологоразведочная служба в золотой промышленности. Как в аппарате трестов, так и на рудниках и приисках были введены должности геологов. Стали применять станки Эмпайр и Кийстон при разведке россыпей и колонковое бурение на золоторудных месторождениях. В трестах «Верхамурзолото» и «Амурзолото» во второй половине 1920-х гг. появились геологические ячейки. Через 10 лет они уже оформились как геологоразведочные отделы со специальными ассигнованиями. Они решали, с одной стороны, задачи обслуживания эксплуатационных работ и, с другой, проводили поиски и разведку новых рудных и россыпных месторождений. Однако выявление новых объектов, особенно россыпей, в большей степени обеспечивалось старателями, которые особым положением по системе «Главзолото» обязывались проводить поиски и сообщать результаты геологоразведочной службе трестов и приисков.

С середины 1930-х гг. к изучению золотоносности Приамурья подключились институты Академии наук СССР. Сначала Геологический институт организовал из Москвы экспедицию по изучению полезных ископаемых вдоль проектируемой трассы БАМ. По результатам работ экспедиции появилось описание месторождения «Золотая гора» В.М.Холмова. Интересные сведения были получены геологом Н.И.Бо-

говичем по содержанию золота в железистых кварцитах из района р. Чичитка, которые до сих пор остались непроверенными. В 1935 г. Дальневосточный филиал АН СССР направил Г.П.Воларовича исследовать золотоносность Верхнемынского района. Им были составлены геологическая карта в масштабе 1:100 000, а также схема золотоносности бассейна р. Верхняя Селемджа, где были намечены зоны оруденения северо-западного простирания, на одной из которых через 5 лет было найдено Токурское золоторудное месторождение, эксплуатируемое до настоящего времени.

За эти годы было найдено много небольших золоторудных месторождений — Березитовое на Верхнем Амуре, Сагур, Верхнемынское, Ингаглинское, Афанасьевское, Иннокентьевское, Унгличikan в Верхнеселемджинском районе и др.

Второй подъем золотодобычи в Приамурье. В самом конце 1930-х и в начале 1940-х гг. имел место подъем золотодобычи в Приамурье. Во-первых, были окончательно восстановлены работы на всех известных ранее россыпях путем привлечения к добыче золота большого числа людей. Часть из них работала в государственном секторе, и значительное число являлось старателями. Во-вторых, действовало много драг, отработывавших россыпи с пониженным содержанием золота, и получил распространение гидравлический способ. В-третьих, быстро организовали эксплуатацию богатых глубокозалегающих россыпей Октябрьского района. В-четвертых, развили добычу рудного золота на Кировском, Ворошиловском, Токурском, Харгинском и других месторождениях.

И самое главное, сохранились многочисленные льготы для золотой промышленности, введенные еще А.П.Серебровским. Они состояли в пониженной оплате за горючее, электроэнергию и различные материалы, а также в повышенной зарплате всех категорий рабочих, служащих и инженерно-технического персонала. Также имело место предпочтительное снабжение транспортными средствами, горным оборудованием и техническими материалами золотодобывающих предприятий. Особое значение имело существенно улучшенное продовольственное и промышленное снабжение всех учреждений системы золотой промышленности на местах добычи золота и в городах, где размещались центры управления производством. Правительство пошло на это, несмотря на сильные затруднения в стране с продовольственными и промышленными товарами. Для расчета за сдаваемое золото были введены специальные чеки (боны), которые отоваривались без каких-либо норм на дефицитные тогда продукты: белую муку, крупы, жиры, сахар и др.

На геологоразведчиков распространялись также все льготы и привилегии золотой промышленности. Особенно значение и авторитет геологической службы поднялись, когда по инициативе главного геолога «Главзолото» М.П.Проснякова приказом заместителя министра цветной металлургии Д.А.Бочкова были введены должности геологов-заместителей начальников всех рангов: управляющих трестов, комбинатов, приисков, рудников и т.д. Это способствовало улучшению учета разведанных запасов золота, их более правильной отработки, увеличению запасов на большинстве объектов, открытию новых месторождений. В 1960-х гг. льготы были отменены министром цветной металлургии П.Ф.Ломако, следстви-

ем чего явилось в целом ухудшение геологической службы в золотой промышленности.

Исключительную роль в увеличении добычи золота в Приамурье в те годы сыграл прииск Октябрьский, где трудились несколько десятков тысяч старателей. В 1940—1941 гг. на нем добывалось по 7—8 т золота, что позволило «Амурзолото» в целом давать до 12—13 т металла в год и вывело его на одно из первых мест среди золотодобывающих трестов «Главзолото».

Когда в Москве были созданы трест «Золоторазведка» и институт «НИГРИзолото», их сотрудники командировались в Приамурье для помощи геологической службе треста «Амурзолото». В.К.Флеров и А.А.Усова провели инвентаризацию всех золотых объектов области и составили первый геолого-экономический очерк региона. Большая группа геологов под руководством М.М.Одинца и В.М.Федорцева занималась изучением Октябрьского золотоносного района.

Великая Отечественная война и послевоенный период. С первых же дней войны прошла мобилизация рабочих, служащих и инженеров на предприятиях треста «Амурзолото». Особенно большой призыв в армию коснулся старателей, на которых сначала не были оформлены брони, освобождающие от военной службы. Однако добыча золота в тресте «Амурзолото» в 1941—1942 гг. не уменьшилась. Это объясняется тем, что минерально-сырьевая база большинства предприятий треста была хорошо подготовлена, и имела возможность выполнять план добычи даже с меньшим числом рабочих. Кроме того, руководство «Амурзолото» привлекло к добыче золота вторых и третьих членов семей ушедших на фронт работников, т.е. жен, отцов, детей, которые добывали определенное количество металла. Сократились и объемы геологоразведочных работ; главным образом сократилось число старательских поисковых бригад.

Особенно большое значение в уменьшении добычи золота по Амурской области имел резкий спад ее в 1943—1944 гг. на прииске Октябрьский, т.к. за предыдущие три года там были отработаны наиболее богатые площади. Для эксплуатации месторождений с более низкими содержаниями металла прииск не был подготовлен. Уровень добычи по трестам «Амурзолото» и «Верхамурзолото» стабилизировался, хотя постепенно стали выходить из строя, в связи с отработкой богатых жил, рудники III-й на Харге и Ворошиловский на Верхнем Мыне. Взамен их в Верхнеселемджинском районе организовали добычу на Сагурском золоторудном месторождении.

Для усиления золотой промышленности и компенсации убыли рабочей силы правительство приняло решение о передаче в 1947 г. всех организаций «Главзолото» в систему МВД СССР, чтобы использовать военнопленных и заключенных на добыче золота. Такое мероприятие было осуществлено и на приисках Амурской области. В это же время ликвидировали трест «Верхамурзолото». Его прииски, расположенные в пределах Читинской области, отошли к тресту «Забайкалзолото»; в пределах Амурской области, а именно прииски Соловьевский и Нюкжинский — тресту «Амурзолото».

Геологоразведочная служба была укреплена путем организации конторы «Амурзолоторазведка» (Г.А.Яковлев), в задачу которой входили поиски новых россыпных и рудных месторождений, а также разведка объектов, удаленных от действующих золотодобывающих предприятий. Одновременно НИГРИзолото на-

правил в Амурскую область экспедицию под руководством А.З.Лазарева для оценки перспектив Зей-Буреинского амфитеатра на погребенные россыпи. Экспедицией впервые на Дальнем Востоке было применено дешифрирование аэрофотоснимков при составлении геологических и геоморфологических карт золотоносных территорий, что в последующем явилось могучим средством геолого-геоморфологического картирования.

Для общей систематизации всех сведений по месторождениям золота «Главспеццветметом» (Главзолото) предпринята работа по составлению карты золото- и платиноносности СССР на геологической основе в масштабе 1:1 000 000 с врезками более крупных масштабов для площадей, особо насыщенных золотыми объектами. В процессе этой большой работы, проведенной под руководством И.С.Рожкова, Г.П.Воларовича, Е.Т.Шаталова, были собраны и обобщены все материалы, начиная от количества добытого металла до единичных поисковых линий, шлиховых и штучных проб. По Амурской области приняли участие все геологи приисков и сотрудники НИГРИзолото, работавшие на Дальнем Востоке. Из приисковых геологов особенно много труда вложили Н.Ф.Левыкин, Г.К.Цивилев, Л.П.Спицын; от НИГРИзолото А.З.Лазарев, Р.В.Разумова, А.А.Макарова. В дальнейшем карты золотоносности служили опорным материалом при выборе направления поисковых работ на золото, поэтому они постоянно пополнялись и оформлялись в более детальных масштабах (1:200 000 — 1:50 000).

Работа золотой промышленности в 1950—1970 гг. В системе золотой промышленности страны в середине 1950-х гг. произошли серьезные изменения, которые отразились на работе треста «Амурзолото». Во-первых, отказались от труда заключенных. Во-вторых, до минимума был сокращен старательский сектор. В-третьих, ликвидированы многие правительственные льготы: пониженные тарифы на электроэнергию, лесоматериалы, горючее и т.д. Руководить промышленностью было поручено местным Совнархозам.

Еще с момента создания «Союззолото» — «Главзолото» все геологическое обеспечение золотой промышленности, включая поиски новых районов и месторождений, осуществлялось самими предприятиями с незначительной помощью экспедиций и партий треста «Золоторазведка» и института НИГРИзолото — ЦНИГРИ. С этого момента геологическая съемка золотоносных районов, поиски и разведка новых объектов поручались территориальным геологическим управлениям Госкомитета по делам геологии СССР. Экспедиции и конторы «Амурзолоторазведка» и геолого-поисковые партии приисков были переданы «Дальгеологии». Сначала имели место сложности и недочеты в руководстве геологоразведочными работами по золоту и снижение прироста запасов, поскольку геологическое управление не имело опыта работы по золоту.

Все это вместе привело к уменьшению добычи треста «Амурзолото». Весьма существенно повлияло на сокращение добычи установление правительством единой расчетной цены на золото при сдаче его промышленностью Министерству финансов СССР. Новая цена в размере 2 руб. за 1 г химически чистого золота привела к тому, что некоторые предприятия оказались убыточными, и работа их была приостановлена. В первую очередь закрыли рудники — Кировский, Ворошиловский, Харгинский, Сагурский и большинство подземных работ на россыпях, а также

часть малолитражных драг, которые имели себестоимость добычи 1 г золота более 2 руб.

Одновременно «Дальгеологии» были выделены солидные ассигнования на геологоразведочные работы по золоту в Амурской области. «Дальгеология» при участии ВАГТа и ВСЕГЕИ организовала крупную геолого-съемочную Зейскую экспедицию для составления государственных геологических карт масштаба 1:200 000 главнейших золотоносных районов.

Продолжилось также составление карт золотоносности на улучшенной геологической основе. Получили признание и развитие геоморфологические исследования россыпных районов, начатые Амурской партией ЦНИГРИ (А.А.Сапрыкин). Широкий размах они приняли после подключения группы специалистов МГУ под руководством С.С.Воскресенского для изучения геоморфологии состава кайнозойских отложений. Научные работники МГУ охватили исследованиями россыпные районы Зей-Буреинского амфитеатра, а также некоторые золотоносные узлы Амуро-Зейской низменности для выяснения перспектив погребенных россыпей.

Параллельно была проделана огромная работа геологом «Амурзолото» А.А.Жданом по ревизии и переоценке ранее частично отработанных россыпей (техногенных россыпей) по новым более сниженным кондициям в старых золотопромышленных районах. В результате за 15 лет были доразведаны с утверждением запасов в ГКЗ СССР 25—30 полигонов для дражного вида добычи. Таким образом, резко возрасла сырьевая база по россыпному золоту. Были пущены в строй более 10 драг производительностью 250 л. Это привело к новому (третьему по счету) повышению золотодобычи треста «Амурзолото» к началу 1970-х гг. Трест стал сдавать государству 8—10 т металла ежегодно.

Подразделениями «Амурзолоторазведка» (Амурской экспедицией) проводились оценка и разведка золоторудных месторождений — Березитовое на Верхнем Амуре и Иннокентьевское на северо-западном продолжении рудника Токур. Поиски велись также на рудном поле Кировского месторождения, в Дамбуканском районе на площади Золотой горы, в районе Октябрьского прииска и в других местах. Однако они не принесли серьезных положительных результатов.

Постановка проблемы выявления на востоке страны близповерхностных месторождений золота привлекла внимание геологов Приамурья к Огаджино-Умлеканскому вулканическому поясу. Было обнаружено золоторудное проявление на правом берегу р. Зей на площади прииска Юбилейный, но оно осталось до конца не изученным. В западной части пояса по рекомендациям И.С.Чанышева открыто промышленное Покровское месторождение среднего масштаба по запасам, но экономически рентабельное. На его периферии в Тыгда-Улунгинском узле известны еще и другие рудопроявления золота.

В тот же период в пойменной россыпи р. Гарь найдены необычно крупные для Приамурья многочисленные самородки золота в интрузии серпентинитов. В их числе имелись два уникальных самородка массой более 5 и 7 кг. Вообще связь отдельных проявлений золотого оруденения с ультраосновными в Приамурье известна еще с 1950-х гг., когда золото было обнаружено в кварц-карбонатных жилах среди ультрабазитов Урканского района.

Другая проблема общесоюзного значения — при-

уроченность золотого оруденения к «черносланцевым» толщам терригенных пород также нашла отражение в результатах поисковых работ на территории Амурской области. В системе верхнего течения р. Селемджи, по р. Меламыр вскрыта мощная прожилково-вкрапленная кварц-сульфидная зона в алевролит-сланцевых породах палеозоя. Однако на оцененном участке среднее содержание золота пока не представляет практического интереса.

Большое научное значение для понимания геологии золотого оруденения Приамурья имели исследования В.Г.Моисеенко и группы сотрудников ЦНИГРИ под руководством С.Д.Шера на Токурском рудном поле. Во-первых, был установлен более молодой возраст диоритовых штоков и даек по отношению к промышленным золоторудным жилам. Во-вторых, обнаружено контактное воздействие диоритовых тел на золото-кварцевые жилы — перекристаллизация кварца и повышение пробы золота по сравнению с таковой в других частях рудных жил. В-третьих, закартировано субмеридиональное простирание дайковых пород, секущих свиту золотых жил, залегающих согласно простиранию вмещающей алевролит-сланцевой толщи. В-четвертых, выявлено бананцевое столбовое распределение золота в рудных телах, что обусловлено наложением в определенных местах наиболее продуктивной золотой ассоциации. Все это послужило основанием для расширения перспектив месторождения и рационального направления разведочных работ на руднике Токур. Параллельно в его подземных выработках был впервые применен пьезоэлектрический метод для прослеживания и выявления кварцевых жил, созданный М.П.Воларовичем.

В середине 1960-х гг. в г. Благовещенск Дальневосточным отделением АН СССР была организована Амурская научно-исследовательская лаборатория, нацеленная на изучение золотоносности Амурской области. По инициативе ее руководителя В.Г.Моисеенко при поддержке местных организаций лаборатория превратилась в Комплексный институт, ставший ведущим научным учреждением в области по широкому кругу вопросов. Однако главенствующей ролью в деятельности института осталась изучение металлогении золота, рудных и россыпных месторождений Приамурья. В институте создана солидная экспериментальная база по разностороннему исследованию самородного золота, минералогии и геохимии руд и горных пород современными точными методами, что поставило АмурКНИИ в один ряд с аналогичными учреждениями страны. Научный авторитет института послужил основанием для проведения на его базе в г. Благовещенск всесоюзных совещаний и конференций, в частности по проблеме россыпных месторождений, производственным силам районов, тяготеющих к трассе БАМ и др.

Программа по резкому увеличению добычи золота в Амурской области. К концу 1970-х, началу 1980-х гг. сырьевая база россыпной золотодобычи на Колыме, Чукотке, в северных районах Якутии и на Алдане была в значительной степени истощена. Оставшиеся запасы могли добываться по весьма дорогой цене. Вместе с тем минерально-сырьевой потенциал золотых россыпей Амурской области, а также смежных с ней территорий Хабаровского края и Читинской области оставался еще очень значительным. Это послужило основанием для АмурКНИИ (В.Г.Моисеенко, А.П.Сорокин и др.) и «Амурзолото» (И.П.Зару-

кин, В.М.Малютин) выдвинуть предложение о целесообразности в ближайшие годы резко увеличить добычу россыпного золота. Для реализации указанного положения составлена программа, с одной стороны, по форсированному вовлечению в эксплуатацию большого числа россыпных месторождений золота с запасами, уже стоящими на государственном балансе, и, с другой, по существенному расширению геологоразведочных работ по переоценке известных золотоносных долин.

К составлению указанной программы были привлечены специалисты ЦНИГРИ (И.С.Чанышев, А.А.Сапрыкин, И.Б.Флеров), «Дальгеология» (Л.О.Сахьянов), Амурской лаборатории ДВИМС (В.Д.Мельников) и других организаций.

Одновременно сотрудники АмурКНИИ (А.П.Сорокин) обобщили материалы по палеографии и истории развития морфоструктур в мезозое и кайнозое, установив эпохи максимального благоприятствования россыпеобразованию. Положительно оценены перспективы золотоносности древних россыпей и выделены площади их вероятного распространения на территории Приамурья. Оценены (Г.И.Неронский) прогнозные ресурсы долинных и террасовых россыпей золота нижнего течения главных речных артерий — Зеи и Селемджи, а также рудного золота.

В целом реальный потенциал россыпного золота Приамурья на середину 1980-х гг. был оценен высоко, что делает возможным обеспечить увеличение запасов при соответствующем развороте геологоразведочных работ.

Продолжались работы также по рудному золоту. Было возобновлено изучение законсервированных объектов — Березитового, Кировского (Н.В.Остапенко), Унгличиканского, Сагурского, Верхнемынского, Хангинского (И.Ю.Громаковский) и др. Открыты новые месторождения, связанные с вулканами — Звездное в Верхнезейском районе, Прогресс на южном окончании Туранского хребта. Геологоразведочная служба Верхнеселемджинского прииска восстановила работы на Ворошиловском руднике. Одновременно получены положительные результаты на Токурском месторождении по глубоким горизонтам с учетом склонения рудных столбов по известным жилам. И особенный интерес представляют данные по опробованию мощного окварцованного пространства между известными уже отработанными кварцево-золоторудными жилами. Выявленный новый морфологический тип руд весьма значительно пополняет сырьевую базу предприятия, правда с более низкими содержаниями золота в рудах.

В целом перспективы рудного золота Приамурья безусловно значительны. Они, по существу, совершенно не раскрыты и раскрываются крайне медленно. Основное внимание геологов и горняков уделяется россыпям, запасы которых быстрее выявляются и осваиваются. Геологическая структура большинства рудных полей и размещение на них золотого оруденения освещены весьма слабо. Рудные тела вскрыты только на небольшую глубину, и вертикальный размах промышленного золотого оруденения не выявлен. До сих пор имеет место ориентация только на богатые руды. Золотое оруденение в древних толщах, главный продуцент золота в ряде стран мира, остается «вещью в себе» на территории Приамурья.

Анализ истории открытия, изучения и разработки месторождений золота Амурской области показыва-

ет длительность и сложность развития ее золотой промышленности. Почти за 150 лет (с 1855 г.) наблюдалось несколько подъемов и спадов золотодобычи. Последние вызывались в основном войнами. Из них гражданская война и интервенция практически приостановили добычу золота в Приамурье. На уменьшение добычи в середине 1950-х гг. повлияло неправильное отношение нашего правительства к роли золота в народном хозяйстве: золотую промышленность лишили представленный ей льгот.

Основу золотой промышленности в Амурской области всегда составляла, составляет и будет составлять в течение ближайших 15—20 лет добыча россыпного золота. Мелкозалегающие россыпи обусловили существование на длительное время так называемой мускульной добычи, вытесненной механизацией (драги, гидравлики и экскаваторно-бульдозерный способ), проведенной вследствие снижения содержания металла в россыпях.

Уже около 25 лет геологи в Приамурье успешно ведут работу по переоценке известных золотоносных долин с техногенными россыпями. Снижение кон-

дий позволяет продолжать эту работу еще в течение 10—15 лет, не выходя за экономическую целесообразность в сравнении с мировым рынком.

Золоторудные месторождения в Амурской области открывались и эксплуатировались от случая к случаю попутно с россыпями. Количество добытого рудного золота в целом по «Амурзолото» составляло не более 10 % общей добычи. Устойчиво на протяжении 50 лет функционировал только один рудник Токур. Вместе с тем имеется значительное число мелких месторождений и рудопроявлений золота разных геолого-промышленных типов во многих районах области. Уже сейчас целесообразно для подкрепления добычи золота из россыпей использовать небольшие рудные месторождения малыми предприятиями. Параллельно абсолютно необходимо проводить систематические геологоразведочные работы, нацеленные на выявление крупных золоторудных объектов, разработка которых через 15—20 лет восполнит уменьшение добычи россыпного золота в Приамурье.

О чем писал наш журнал

40 лет назад *Н.К. Овечкин и Д.Д. Топорков* подробно охарактеризовали геологическое строение Тургайского прогиба и обосновали перспективы выявления железных руд, бурых углей, бокситов и других полезных ископаемых. Для реализации огромного сырьевого потенциала было предложено составление сводной геологической карты прогиба м-ба 1:500 000 и форсирование съемки м-ба 1:200 000 с необходимым обеспечением геофизическими и буровыми работами.

А.П. Прокофьев рассмотрел методики учета затрат на разведку месторождений и оценки ее эффективности. Он предложил такие виды работ, как геологическая съемка, топорачеты, геофизические исследования и т.п. относить на стоимость запасов нижней категории (С), а дальнейшие расходы оценивать как стоимость перевода таких запасов в более высокие категории.

30 лет назад *Н.И. Николаев, В.И. Бабан, А.И. Медянец* проанализировали неотектонические движения Балтийского щита и норвежских каледонид. Ими были составлены неотектоническая карта Фенноскандинавии и прилегающих областей, карта сейсмичности и схема развития земной коры Балтийского щита. Было показано, что активизация краевой части Балтийского кристаллического щита в новейший тектонический этап была предопределена строением и направлением развития древнейших структурных элементов платформы: для периодов наибольшей скорости поднятий характерна повышенная сейсмичность.

Е.С. Гуткин сопоставил геологические характеристики бокситов Урала и Средней Азии и показал, что их общие палеофациальные особенности могут использоваться при прогнозе бокситоносности в других регионах.

20 лет назад *Э.Т. Кудашев* рассмотрел гидрогеохимические критерии размещения нефтяных и газовых месторождений. Он установил, что в соленосных бассейнах древних платформ зоны преимуществен-

ного газонакопления приурочены к внутренним, наиболее погруженным участкам впадин, а нефтяные месторождения размещены на периферии бассейнов, образуя внешний пояс нефтеносности. Это обусловлено процессами разгазирования пластовых вод при подъемах территорий: выделявшийся газ пополняет запасы углеводородов и, поступая в ловушки, содержащие нефть, вытесняет последнюю по восстановлению пластов.

В.М. Питулько и С.Л. Шварцев предложили рациональный комплекс геохимических поисков, включая разномасштабные литогеохимические и гидрогеохимические съемки и способы интерпретации результатов в различных условиях криолитозоны, а также в зависимости от поисков задач.

10 лет назад *В.Г. Крюков и Л.И. Щербак* детально описали геологию и металлогению Баджальского оловорудного района (Приамурье). Ими были охарактеризованы петрохимические типы гранитоидов, среди которых к продуктивным принадлежат дифференцированные и пестрые по составу магматические формации. Для оловоносных метасоматитов благоприятны слабоэродированные и нескрытые гранитные купола, оконтуриваемые гравитационными аномалиями силы тяжести.

С.В. Малинко, А.Е. Лисицын и Л.В. Сумин показали, что соотношения изотопов бора в датолите, турмалине и других минералах могут быть индикаторами источника рудного вещества. Облегченный изотопный состав бора ($^{11}\text{B}/\text{B}$ 3,99+0,02) указывает на мантийный источник, отношение B / B в пределах 3,99 + 0,02 в боратах и боросиликатах свидетельствует о коровом происхождении. Утяжеленный изотопный состав бора (B / B 4,10) характерен для минералов во всех тех случаях, когда имеет место изотопное фракционирование.

Публикацию подготовил *М.М. Константинов*



ЦНИГРИ

ЦЕНТРАЛЬНЫЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫЙ ИНСТИТУТ
ЦВЕТНЫХ И БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ

МЕТАЛЛОГЕНИЯ АНДЕЗИТОИДНЫХ ВУЛКАНО-ПЛУТОНИЧЕСКИХ ПОЯСОВ

Часть I

А. И. Кривцов, И. Ф. Мигачев

Книга входит в серию методических руководств по геодинамическому анализу при геологическом картировании.

Рассмотрены общие вопросы классификации, геотектонического развития андезитовидных вулканоплутонических поясов. Дано описание строения и развития вулканоплутонических поясов Анд, Мексики, Запада Сев. Америки и Юго-Восточной Европы с анализом закономерностей размещения рудных месторождений и типизацией металлогенических зон и рудных районов.

Книга рассчитана на специалистов, занятых в сфере геологического и металлогенического картографирования, преподавателей, аспирантов, студентов высших учебных заведений, а также на исследователей рудных месторождений и специалистов в области металлогении.

— М., ЦНИГРИ, 1997, 326 с. Ил. 145, табл. 8, список лит. 121 назв.

Цена — 20 000 рублей.

Книгу можно приобрести по адресу: 113545, г. Москва, Варшавское шоссе 129«Б», ЦНИГРИ

Телефон: (095) 315-43-47
Факс: (095) 313-18-18

METALLOGENY OF ANDESITIC VOLCANO-PLUTONIC BELTS

Part 1

A. I. Krivtsov, I. F. Migachev

The monograph is involved in the series of «Methodological handbooks on geodynamic analysis in geological mapping».

General aspects of classification and geotectonic evolution of andesitic volcano-plutonic belts are considered. Structure and development of volcano-plutonic belts of the Andes, Mexico, Western United States and South-East Europe are described including analysis of the regularities of distribution of ore deposits and classification of metallogenic zones and ore districts.

This book is intended for the specialists involved in geologic and metallogenic mapping, professors, post-graduates and students of institutes and universities as well as for ore deposit researchers and metallogenists.

— Moscow, TsNIGRI, 1997, 326 pp. Figs. 145, tables 8, ref. 121.

The address for potential buyers: TsNIGRI, Varshavskoye sh. 129 B, 113545 Moscow, Russia

Phone: (095) 315-4347
Fax: (095) 313-1818

ORGANIZATION, ECONOMICS, MANAGEMENT, SUBSURFACE USE

- The first Session of the Board of the Ministry of Mineral
Resources of the Russian Federation 3

GEOLOGICAL MAPPING

- Seminsky K.Zh., Gladkov A.S.*
An integrated approach to Earth's crust structure mapping at the
present-day level of tectonophysics' development 7

METALLOGENY AND MINERAGENY

- Gorzhovsky D.I., Donets A.I.*
Mineragenetic features of ancient platforms 11

METALLIC AND NONMETALLIC MINERAL DEPOSITS

- Lapin A.V., Semenov Ye.I., Lenaro S., Ivanukh V.I.*
Pyrochlore in crusts of weathering 16

GEODYNAMICS AND SEISMICITY

- Nepomnyashchikh I.A.*
A methodology of using geophysical techniques in the studies of
geological entities 27

DISCUSSIONS

- Axirov M.M.*
Throwing new light on old problems in geology. 34
70th anniversary Ural G.Distanov 39
65th anniversary Namik K.Kurbanov 39
60th anniversary Leonid N.Solodilov 40
50th anniversary Valery I.Vaganov 41

TERCENTENARY OF THE GEOLOGICAL SURVEY OF RUSSIA

- Volarovich G.P., Moiseenko V.G.*
The history of gold industry in Priamurye 42
A backward glance on the pages of our journal 48