

ISSN 0869-7175



Отечественная геология



1/2005

ПРАВОВОЕ ПОЛЕ ОТЕЧЕСТВЕННОГО НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ

СЕМИДЕСЯТИЛЕТИЕ ЦНИГРИ

РЕЗОЛЮЦИЯ МСГН

МОСКОВСКОМУ ГОСУДАРСТВЕННОМУ УНИВЕРСИТЕТУ им. М.В.ЛОМОНОСОВА

250 лет

Редколлегия журнала «Отечественная геология» поздравляет профессоров, преподавателей и выпускников геологического и географического факультетов со славным юбилеем «alma mater».

В истории интеллектуального развития России роль МГУ неопределима. Наш Университет — это гордость всей нашей страны и нашего народа, храм наук, сохраняющий национальные ценности и традиции на всех этапах непростой истории России и щедро делящийся знаниями и умениями с каждым пришедшим в стены детища М.В.Ломоносова и И.И.Шувалова.

В юбилейный год — особые поздравления и благодарности ректорату МГУ, сумевшему вывести Университет на новые высоты на благо всех россиян, жаждущих озарения светом знаний, передовых идей, смелых и свободлюбивых мыслей.

*Главный редактор
А.И.Кривцов*

Отечественная ГЕОЛОГИЯ



Журнал выходит один раз в два месяца

Основан в марте 1933 года

1/2005

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

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

МОСКВА

Содержание

Рекомендации парламентских слушаний на тему: «Актуальные вопросы совершенствования законодательства Российской Федерации о недрах и недропользовании».
Семидесятилетие ЦНИГРИ

РУДНЫЕ И НЕРУДНЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Усманов Ф.А.

Статистический металлогенический анализ: выявление и оценка закономерностей размещения рудных месторождений относительно геологических объектов, геофизических и геохимических аномалий.

Воробьева С.В.

Закономерности развития регионального динамометаморфизма и геологическая позиция залежей комплексных сульфидных руд на Урале.

Куприянова И.И., Рязанцева М.Д., Кукушкина О.А., Беляцкий Б.В., Крымский Р.С.

Предпосылки и факторы формирования крупных литий-бериллий-флюоритовых месторождений Вознесенского рудного района

Грановский А.Г., Грановская Н.В.

Перспективы баритоносности Северо-Западного Кавказа

СТРАТИГРАФИЯ, РЕГИОНАЛЬНАЯ ГЕОЛОГИЯ И ТЕКТНИКА

Репин А.Г.

Разломы – линеаменты севера Западной Сибири

Акулов Н.И.

Эволюция бассейнов девонской седиментации на юге Сибирской платформы.

Дольник Т.А., Файзулина З.Х., Ильин А.С., Артемьева А.И., Субицкая Т.Ф., Анисимова С.А., Леликова А.А.

Олхинская свита – ключ к увязке стратиграфических подразделений докембрия Саяно-Байкальской горной области и Сибирской платформы.

Шилов Л.П., Шмарова М.Б., Докипевич О.А.

Структурно-тектонические особенности строения Тимана

ЛИТОЛОГИЯ, ПЕТРОЛОГИЯ, МИНЕРАЛОГИЯ, ГЕОХИМИЯ

Воеводин В.Н., Поповченко С.Е., Шукайло Л.Г.

Новый тип карбонатитов

ГЕОФИЗИКА И ГЛУБИННОЕ СТРОЕНИЕ

3 Козеев С.И., Мавричев В.Г., Петрова А.А.

7 Модель слоистого строения земной коры на Южном Урале по гравимагнитным данным.

63

ГЕОДИНАМИКА И СЕЙСМИЧНОСТЬ

Гасанов Г.А., Керамова Р.А., Агапов Н.И.

Связь сейсмичности, грязевого вулканизма, появления геохимических аномалий в подземных водах Каспийского региона

69

ГЕОЭКОЛОГИЯ

19 Татаринцов А.В., Ходанович П.Ю., Смирнова О.К.

Техногенные геологические процессы в горной промышленности

73

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

23 Непомнящих И.А.

33 О трех подходах в методологии геологических наук (на примере геофизики).

78

37 90-летие Виктора Андреевича Ярмолюка 82
75-летие Николая Павловича Лаверова 83

ХРОНИКА

Резолюция Международного союза геологических наук (МСГН). 85

46 Строев П.А., Корякин Е.Д., Грушинский А.Н.
Шестые геофизические чтения им. В.В.Федынского 86

Письмо в редакцию 95

60 Памяти Николая Николаевича Ведерникова 96

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

Подписано в печать 07.02.2005. Формат 60×88/8. Бумага мелованная.
Печать офсетная. Тираж 1000 экз.

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

Отпечатано ООО «Русская полиграфическая группа»

РЕКОМЕНДАЦИИ
парламентских слушаний на тему:
«Актуальные вопросы совершенствования законодательства
Российской Федерации о недрах и недропользовании»
30 ноября 2004 г. (№312)

Проведя с участием депутатов Государственной Думы, членов Совета Федерации, представителей федеральных органов исполнительной власти, исполнительных и законодательных (представительных) органов власти субъектов Российской Федерации, представителей научно-исследовательских учреждений, коммерческих и некоммерческих организаций обсуждение актуальных вопросов совершенствования законодательства Российской Федерации о недрах, участники парламентских слушаний отмечают следующее.

Минерально-сырьевая база Российской Федерации является основой экономики России, ее рациональное использование способно на ближайшие десятилетия обеспечить развитие других видов производства и непроизводственной сферы.

Закон Российской Федерации «О недрах» и Положение о порядке лицензирования пользования недрами, принятые в 1992 году, сыграли свою положительную роль в становлении нового порядка пользования недрами: лицензирования, платности, конкурсного порядка предоставления прав и судебного порядка разрешения споров. В настоящее время отдельные нормы законодательства о недрах и недропользовании не соответствуют действующему законодательству Российской Федерации, требованиям практики недропользования и нуждаются во внесении соответствующих изменений и дополнений.

Статьей 13 Федерального закона № 122-ФЗ от 22 августа 2004 г. «О внесении изменений в законодательные акты Российской Федерации и признании утратившими силу некоторых законодательных актов Российской Федерации в связи с принятием федеральных законов «О внесении изменений и дополнений в Федеральный закон «Об общих принципах организации законодательных (представительных) и исполнительных органов государственной власти субъектов Российской Федерации» и «Об общих принципах организации местного самоуправления в Российской Федерации» установлено новое разграничение полномочий между федеральными органами исполнительной власти и исполнительными органами государственной власти субъектов Российской Федерации по распоряжению государственным фондом недр.

Начиная с 1999 года, были ликвидированы целевые фонды воспроизводства минерально-сырьевой базы (ВМСБ), федеральная целевая программа (ФЦП) ВМСБ и подпрограмма ВМСБ в составе ФЦП «Экология и природные ресурсы России» с внесением соответствующих изменений в «Бюджетный кодекс Российской Федерации» и федеральные законы о федеральном бюджете на текущий год.

Большие надежды на привлечение иностранных инвестиций связывались с принятием в 1995 году Федерального закона «О соглашениях о разделе продукции». Однако до настоящего времени в России реализуются всего три проекта разработки месторождений нефти на условиях раздела продукции, соглашения по которым были заключены до введения в действие указанного закона. Изменения и дополнения Федерального закона «О соглашениях о разделе продукции», действующие с 2000 года, не привели к реализации новых проектов разработки.

При переходе к рыночной экономике с 1992 г. была введена дифференцированная плата при пользовании недрами, которая изменялась в диапазоне 0÷30% цены в зависимости от природного качества минерального сырья и условий разработки конкретных месторождений. Практика показала, что для создания равных экономических условий деятельности горнодобывающих предприятий необходим еще больший диапазон варьирования ставок платы за добычу.

Вместо этого с 1 января 2002 г. был введен плоский «налог на добычу полезных ископаемых» — НДПИ (глава 26 Налогового кодекса Российской Федерации), объединивший три платежа: плату за добычу (для нефти и газа 6—16%), отчисления на воспроизводство минерально-сырьевой базы (0—10%) и акциз (0—10%). Фиксированная средняя ставка НДПИ привела к необоснованным убыткам и сокращению добычи полезных ископаемых пониженного качества и продуктивности скважин. Для высокорентабельных объектов средняя ставка НДПИ составила величину ниже прежней, что привело к необоснованным сверхдоходам добывающих компаний.

Благоприятная конъюнктура мирового рынка нефти с 2001 года способствовала резкому повышению объемов добычи нефти, осуществляемой некоторыми нефтяными компаниями не за счет ввода новых объектов, а за счет интенсивной эксплуатации высокопродуктивных скважин. Такая практика чревата быстрым истощением запасов и снижением добычи нефти.

Необоснованным является определение ставки НДПИ в зависимости от текущей мировой цены на нефть и рублевого курса доллара, что приводит к росту цен на энергоносители, другие товары и услуги. Очевидно, эти факторы должны учитываться в определении ставки экспортной пошлины, но не для производителей продукции на внутренний российский рынок. Данное обстоятельство особенно негативно отражается для малых независимых предприятий нефтяного сектора, разрабатывающих маргинальные месторождения и не имеющих возможностей для увеличения доли экспорта.

Негативным является то, что введение НДПИ сопровождалось ликвидацией федерального и региональных фондов ВМСБ. При этом 50% отчислений на ВМСБ в сумме около 1 млрд. долл. было оставлено в распоряжение добывающих предприятий для самостоятельного финансирования съемки, поисков и разведки. Однако, крупные предприятия снизили объемы финансирования геологоразведочных работ, а мелкие предприятия использовали предоставленные средства на другие цели. Другие 50% были отняты у субъектов Российской Федерации и направлены в федеральный бюджет, из которого на геологию выделено всего 0,2 млрд. долларов США, то есть 10% необходимой суммы. Поэтому физические объемы геологоразведочных работ за 2002—2003 гг. снизились до уровня, при котором прирост запасов нефти и газа стал в 2 раза отставать от объемов добычи. Для большинства других полезных ископаемых, в том числе стратегических и остродефицитных, поиски и разведка вовсе прекратились.

Начиная с 1990 года, прирост запасов полезных ископаемых за счет их поисков и разведки отстает от объемов их добычи. Например, за последнее десятилетие накопленный дефицит запасов нефти превысил 1,5 млрд. тонн, природного газа — 3,3 млрд. условных тонн.

Объективное ухудшение структуры запасов по мере эксплуатации месторождений полезных ископаемых, особенно на поздней стадии их разработки, обуславливает необходимость внедрения наиболее эффективных из освоенных и создания новых, более мощных методов выработки этих запасов, делающих рентабельным освоение этих месторождений; применение методов повышения извлечения полезных ископаемых при добыче и переработке. Вместо этого наблюдается выборочная, по существу, хищническая отработка наиболее богатых участков месторождений, приводящая к искусственному снижению рентабельности отработки других участков, порче месторождений и потере запасов полезных ископаемых. Это стало возможным благодаря отсутствию жесткого государственного контроля выполнения горнодобывающими предприятиями условий лицензий и проектов разработки, отсутствию должного учета объемов добычи по отдельным участкам недр (скважинам), применению бухгалтерской отчетности и уплате налогов в целом по предприятию.

При обсуждении проблемы воспроизводства минерально-сырьевой базы были отмечены следующие основные негативные тенденции:

- переход в режим падающей добычи разрабатываемых уникальных и крупных месторождений, в том числе обеспечивающих более 95% текущей добычи по газу и около 50% по нефти;

- полное истощение фонда легкооткрываемых, низкзатратных месторождений по основным видам полезных ископаемых и, прежде всего, фонда уникальных и крупных месторождений;

- передача добывающим компаниям ранее созданного фонда месторождений наиболее ликвидных полезных ископаемых в значительной своей части, а по отдельным полезным ископаемым практически полностью;

- кадровая, техническая и организационная деградация геологической службы, прежде всего, в государственном секторе;

- недостаточность экономико-правовых стимулов для проведения высокорискованных в финансовом отношении геологоразведочных работ, обеспечения полноты отработки разрабатываемых запасов, рационального использования добываемого сырья и охраны недр.

Недостаточное финансирование геологоразведочных работ неизбежно приведет к истощению имеющихся, разведанных запасов полезных ископаемых, ликвидации горнодобывающих и перерабатывающих предприятий, потере собственных источников минерального сырья и связанными с этим другими негативными последствиями для национальной безопасности России.

Отдельные правовые нормы действующего законодательства Российской Федерации о недрах не согласованы между собой и не соответствуют связанным с ними правовым нормам Земельного кодекса РФ, Лесного кодекса РФ, Водного кодекса РФ, Налогового кодекса РФ и Бюджетного кодекса РФ. Например, отсутствуют правовые нормы, определяющие обязательность выделения земельного отвода для недропользования. Положение о порядке лицензирования пользования недрами не изменялось с 1992 г. и большинство его пунктов не соответствует Закону РФ «О недрах». В Налоговом кодексе РФ понятие «добытое полезное ископаемое» имеет три определения в разных статьях, не совпадающие между собой и не соответствующие нормам Закона РФ «О недрах» и нормам Федерального закона «О соглашениях о разделе продукции».

Участники парламентских слушаний отметили, что одна из основных причин возникших проблем — это отказ государства от регулирования геологического изучения недр, воспроизводства минерально-сырьевой базы, регулирования объемов добычи и использования минерального сырья, контроля за рациональным использованием недр, а также понижений роли государственной экспертизы запасов полезных ископаемых и оценки проектов разработки месторождений полезных ископаемых.

По мнению участников парламентских слушаний, подготовленный проект федерального закона «О недрах» (от 19 ноября 2004 г.) решает проблему введения в недропользование гражданско-правовых отношений, детально регулирует механизм предоставления участков недр в пользование, сохраняет действующие отношения государства и недропользователей, осуществляющиеся на основе лицензий на пользование недрами до истечения срока выданных лицензий, введения приоритетного права на участок недр для добычи недропользователем, открывшему месторождение, унификации условий аукционов, делает процедуру предоставления недр в пользование открытой и справедливой, защищает интересы пользователей недр и государства.

Вместе с тем, участники парламентских слушаний отмечают, что рассматриваемый проект федерального закона не содержит достаточных правовых норм для обеспечения развития и воспроизводства минерально-сырьевой базы. Законопроект имеет 5 отсылок к несуществующим федеральным законам, 21 отсылку к нормативным правовым актам Правительства Российской Федерации и 17 отсылок к нормативным правовым актам органов государственного регулирования и не в полной мере учитывает основные положения проводимой административной реформы.

Участники Парламентских слушаний **рекомендуют**:

Правительству Российской Федерации

1. Доработать проект федерального закона «О недрах», сохранив преемственность основных концептуальных положений действующего Закона Российской Федерации «О недрах» в отношении собственности на недра (федеральная) и добываемую продукцию (недропользователя), платности пользования недрами, состоятельности за право пользования недрами (аукционы, конкурсы), образования научных и учебных геологических полигонов, единой системы выдачи, регистрации и учета прав пользования участками недр, обязательности государственной экспертизы проектов на ведение геологоразведочных и эксплуатационных работ, оценки и постановки на государственный баланс запасов полезных ископаемых, ведение государственного баланса запасов и учета прогнозных ресурсов полезных ископаемых, создание и ведение единой системы фондов геологической информации о недрах, предусмотрев в нем также:

1) дополнение определения основных понятий такими как «лицензия на пользование участком недр», «лицензионное соглашение», «горный отвод»;

2) дополнение механизма «заявочного» принципа на получение прав пользования недрами с целью геологического изучения на условиях повышенного геологического риска для участков недр, где отсутствуют прогнозные ресурсы, с ограничением площадей таких участков в зависимости от видов полезных ископаемых и стадий работ;

3) введение уведомительного порядка факта открытия месторождения на основании государственной экспертизы предварительно оцененных запасов и постановки их на баланс;

4) обеспечение гарантий и прав производителей работ ранних стадий на работы последующих стадий, конкретизацию исключительного права на полученный результат (открытое месторождение) с целью разведки и добычи, а также условий полной или частичной переуступки прав на разведку и добычу другому недропользователю;

5) введение критериев допуска недропользователей к участию в аукционах и конкурсах на право поисков, разведки и добычи полезных ископаемых в зависимости от их обеспеченности разведанными запасами и прогнозными ресурсами;

6) конкретизацию перечня оснований для отказа в предоставлении прав пользования участками недр для поисков, разведки и добычи полезных ископаемых, а также на использование участков недр в целях, не связанных с добычей полезных ископаемых;

7) установление особого порядка недропользования на территориях суши и участках шельфа, имеющих особый статус и ограничения свободной хозяйственной деятельности;

8) установление в качестве основного технического и технологического документа, регламентирующего пользование конкретным участком недр, проекта на соответствующие работы, прошедшего государственную экспертизу и утвержденного в установленном порядке;

9) введение возможности делегирования части полномочий федерального центра по регулированию недропользования на региональный уровень по распоряжению мелкими и средними месторождениями полезных ископаемых.

2. Рассмотреть возможность включения в проект федерального закона «О недрах» предложений и замечаний, изложенных в приложении № 1.

3. Для решения проблемы воспроизводства минерально-сырьевой базы считать необходимым:

1) разработать налоговый механизм, стимулирующий горнодобывающие предприятия России к воспроизводству минерально-сырьевой базы;

2) установить статус геологической информации о конкретных участках недр как товара, находящегося на ответственном хранении у государства, имеющего определенную стоимость в зависимости от суммы произведенных обоснованных затрат, степени геологоразведочного риска, выявленных запасов полезных ископаемых или иных полезных качеств;

3) считать важным формирование федеральной программы проектов реализации методов увеличения нефтеотдачи (тепловых, газовых, химических, микробиологических) на месторождениях с трудноизвлекаемыми запасами и истощенных месторождениях.

4. Доработать и ускорить принятие Государственной программы геологического изучения недр и воспроизводства минерально-сырьевой базы до 2020 года, обеспечивающей восстановление геологоразведочных

работ в объемах, необходимых для расширенного воспроизводства минерально-сырьевой базы и обеспечения внутренних потребностей страны разведанными запасами всех основных видов полезных ископаемых.

5. Обеспечить оперативную разработку и принятие нормативных правовых актов Правительства Российской Федерации и федеральных органов исполнительной власти, необходимых для реализации всех положений принимаемого федерального закона «О недрах», корректировку действующих стандартов, норм и правил, обеспечивающих рациональное использование и охрану недр, охрану окружающей среды.

6. Разработать и реализовать систему административных и экономических стимулов, направленных на применение ресурсосберегающих технологий, освоение трудноизвлекаемых и остаточных запасов, рациональное и комплексное использование минерального сырья при его добыче и переработке, на проектирование разработки месторождений, содержащих в основном трудноизвлекаемые запасы, с применением методов увеличения нефтеотдачи, интенсификации разработки и стимуляции скважин, обеспечивающих в комплексе продление периода рентабельной их разработки.

7. Установить рациональный и справедливый порядок доступа добывающих предприятий к транспортной и производственной инфраструктуре, обеспечивающий недискриминационные условия их деятельности.

8. Утвердить в 2005 году этапность и стадийность геологоразведочных работ, унифицированную классификацию запасов полезных ископаемых, учитывающую экономические, технологические и геологические показатели в соответствии с «Рамочной классификацией ООН энергетических и минеральных ресурсов». Предусмотреть постепенный переход на новую классификацию при государственной экспертизе и постановке на государственный баланс новых объектов, а также при пересчетах и аудите запасов.

9. Предусмотреть в постановлении Правительства РФ от 29 декабря 2001 г. № 921 упрощение порядка обоснования и утверждения нормативных потерь при добыче и первичной переработке минерального сырья и в постановлении Правительства РФ от 26 декабря 2001 г. № 899 — упрощение процедуры учета объемов добычи некондиционных запасов полезных ископаемых для применения нулевой ставки по налогу на добычу полезных ископаемых.

10. Организовать с 2005 года поэтапный переход учета добычи полезных ископаемых с данных по предприятиям на данные по участкам недр для приведения системы учета добычи полезных ископаемых в соответствие с российским законодательством о недрах и общепринятой международной практикой учета пользования недрами.

11. Разработать и обосновать законодательные предложения для снижения или отмены налога на прибыль и налога на добавленную стоимость при проведении ранних стадий геологического изучения недр (геологическая съемка, поиски и оценка участков недр). Рассмотреть возможность солидарного финансирования геологоразведочных работ на стадии геологического изучения за счет средств недропользователя и бюджетных источников.

Правительству Российской Федерации и Федеральному Собранию Российской Федерации

12. Разработать и принять соответствующие технические регламенты, устанавливающие обязательные для применения и соблюдения требования к условиям разработки месторождений полезных ископаемых, к текущим и конечным результатам эксплуатации, включая требования к консервации и ликвидации добывающих предприятий.

13. Разработать и принять изменения в Налоговый кодекс Российской Федерации в части:

1) введения понятия «платежи», являющихся одним из основных элементов системы налогообложения вместе с понятиями «налог и сбор», с целью создания одинаковых экономических условий деятельности предприятий, разрабатывающих природные ресурсы различного качества и в различных условиях, изъятия большей части природной ренты и обеспечения рентабельности разработки остаточных запасов и отходов;

2) замены налога на добычу полезных ископаемых платежом, дифференцированным в зависимости от природных и горно-геологических параметров минерального сырья и основных условий разработки месторождений;

3) введения в качестве обязательного условия налогового стимулирования разработки трудноизвлекаемых запасов (высокообводненных, малodeбитных, остановленных скважин) внедрение новейших методов повышения извлечения полезных ископаемых (повышения нефтеотдачи);

4) введения специального налогового режима пользования недрами, для обеспечения рентабельности разработки некондиционных остаточных запасов полезных ископаемых, переработки отходов и отвалов горных производств, восстановления добычи нефти и газа из остановленных, малodeбитных скважин.

14. Продолжить работу по совершенствованию законодательства в сфере недропользования с целью перехода на кодифицированное законодательство, для чего создать совместную рабочую группу и предусмотреть периодические общественные обсуждения основных положений на стадии подготовки законопроектов.

Государственная дума
Комитет по природным ресурсам и природопользованию
Председатель Комитета
Н.В.Комарова

Семидесятилетие ЦНИГРИ

В марте 1935 г. по инициативе выдающегося общественного деятеля и руководителя золото-платиновой промышленности страны, начальника «Главзолото» СССР А.П.Серебровского был создан научно-исследовательский геологоразведочный институт золотой промышленности (НИГРИ) на правах отдела треста «Золоторазведка». Задачи НИГРИ — систематическое и всестороннее изучение месторождений золота, научное обоснование направлений поисковых и разведочных работ и детальны исследований по геологии, геофизике и разведке месторождений золота. Первым его директором стал профессор Николай Николаевич Горностаев. С января 1936 г. институт был выделен из треста в самостоятельную хозяйственную единицу — НИГРИЗолото.

В 1965 г. институт вошел в систему Министерства геологии СССР. В 1972 г. постановлением ГКНТ СССР он был переименован в Центральный научно-исследовательский геологоразведочный институт цветных и благородных металлов (ЦНИГРИ) и определен головной организацией Мингео СССР по золоту, серебру, платине, меди, свинцу, цинку, никелю, кобальту и алмазам. В 1999 г. получил статус Федерального государственного унитарного предприятия — ФГУП «ЦНИГРИ» МПР России.

В течение 70 лет коллектив института активно участвует в решении всех важнейших проблем развития и расширения отечественной минерально-сырьевой базы. За это время ученые ЦНИГРИ внесли значительный вклад в развитие фундаментальных знаний об условиях образования и закономерностях размещения месторождений алмазов, благородных и цветных металлов, создали научные основы прогноза, поисков и разведки месторождений, разработали и реализовали прогрессивные технологии прогнозно-поисковых работ, развили методологию и методы построения количественных геолого-генетических, прогнозно-поисковых и некоторых других моделей месторождений цветных и благородных металлов. Важные достижения получены в области развития отечественной минерально-сырьевой базы и разработки ее геолого-экономических основ, комплексного минералого-технологического изучения и переработки минерального сырья, а также технического обеспечения геологоразведочных работ. Серия разработок по оптимизации технологии различных стадий геологоразведочных работ и по геолого-промышленным типам месторождений алмазов, цветных и благородных металлов была удостоена премии Министерства геологии СССР.

В институте выросла плеяда выдающихся ученых, возглавивших основные направления научных школ в областях: металлогения, прогноз, поиски, оценка и разведка месторождений полезных ископаемых; геофизика, техника и технология. Их участие в освоении природных богатств нашей страны обеспечивало насущные потребности комплексного, оптимально полного выявления и использования минеральных ресурсов, обогащало фундаментальную геологическую науку в сфере рудно-формационного анализа, генезиса рудных месторождений и создания их моделей, геолого-экономической оценки месторождений и технологии переработки руд.

В свои семьдесят лет ЦНИГРИ — ведущий институт геологической отрасли, в котором трудятся 18 докторов и 110 кандидатов наук.

Значителен вклад ЦНИГРИ в подготовку геологических кадров высшей квалификации, сохранение и развитие отечественной геологической науки, практическую реализацию ее достижений. С 1967 г. на ученом совете ЦНИГРИ защищено 268 диссертаций, из них 38 — докторских и 230 — кандидатских. Более трети диссертаций представляли сотрудники других организаций, в том числе и производственных. Значительный вклад в подготовку научных кадров высшей квалификации внесен признанными лидерами следующих научных школ.

Прикладная металлогения, модели рудообразующих систем и месторождений: Горжеский Давид Иосифович, Кривцов Анатолий Иванович, Курбанов Намик Курбанович, Мигачев Игорь Федорович, Ручкин Георгий Владимирович, Фогельман Наталья Александровна, Шер Сергей Дмитриевич, Яковлев Лев Ильич.

Прогноз, поиски и оценка месторождений благородных и цветных металлов: Бородаевская Мария Борисовна, Бородаевский Николай Иванович, Вартанян Сергей Серопович, Воларович Георгий Павлович, Годлевский Михаил Николаевич, Иванкин Петр Филиппович, Кашин Степан Александрович, Константинов Михаил Михайлович, Нарсеев Валерий Александрович, Щепотьев Юрий Михайлович.

Прогноз, поиски и оценка месторождений алмазов: Вазанов Валерий Иванович, Зинчук Николай Николаевич, Каминский Феликс Витольдович, Прокопчук Богдан Иванович, Рожков Иван Сергеевич, Трофимов Владимир Сергеевич, Францессон Елена Владимировна.

Экзогенная золотоносность: Казакевич Юлия Петровна, Мирчинк Софья Георгиевна, Риндзюнская Наталья Михайловна, Синюгина Елена Яковлевна, Флеров Игорь Борисович, Шевцов Тимофей Павлович.

Разведка, подсчет запасов и геолого-экономическая оценка: Беневольский Борис Игоревич, Божинский Андрей Петрович, Иванов Владимир Николаевич, Калистов Петр Леонидович, Камышев Юрий Иванович, Карпенко Игорь Алексеевич, Куторгин Владимир Ильич, Минорин Виктор Евгеньевич, Наточинский Владимир Исаевич, Просняков Михаил Павлович, Самонов Иван Захарович, Стефанович Василий Васильевич.

Генетическая и прикладная минералогия: Амосов Роман Африканович, Бернштейн Павел Самойлович, Николаева Лидия Александровна, Новиков Владимир Алексеевич, Петровская Нина Васильевна, Румянцев Герман Сергеевич.

Аналитические исследования пород и руд: Заири Намик Манафович, Маркова Нина Викторовна, Раковский Элемир Евгеньевич, Ферьянчик Феликс Андреевич, Фишкова Нина Львовна.

Обогащение минерального сырья: Берлинский Александр Ильич, Зеленов Василий Иванович, Клименко Наталья Григорьевна, Лопатин Александр Григорьевич, Никулин Александр Иванович, Романчук Александр Ильич, Савари Евгений Андреевич, Седельникова Галина Васильевна.

Геофизические методы и аппаратура: Векслер Владимир Ильич, Ершов Евгений Михайлович, Петровский Алексей Давидович, Постельников Андрей Федорович, Пятницкий Виталий Израилович, Светов Борис Сергеевич, Седова Вера Ивановна, Фельдман Анатолий Ансович.

Техника и технология горноразведочных и буровых работ, охрана труда: Александров Николай Николаевич, Засухин Игорь Николаевич, Кренделев Вениамин Петрович, Луневский Петр Дмитриевич, Макаров Борис Петрович, Минаков Виктор Михайлович, Сипягин Владимир Александрович, Смирнов Юрий Тимофеевич, Хорев Виктор Александрович.

С 1976 г. в СССР и РФ было выявлено более 460 месторождений золота. Сотрудники ЦНИГРИ участвовали в оценке и разведке 360 из них, по меди соответственно в 257 из 307, по свинцу и цинку в 103 из 151, по серебру в 52 из 64. Личный вклад многих сотрудников института в эти и другие работы общегосударственной значимости отмечен рядом наград. Среди сотрудников института 18 лауреатов Государственной премии, 25 лауреатов премии Совета Министров СССР и Правительства Российской Федерации, 10 лауреатов премии Министерства геологии СССР, 15 первооткрывателей месторождений, 11 заслуженных деятелей науки и заслуженных геологов России, 35 почетных разведчиков недр, 159 отличников разведки недр, 23 действительных члена и члена-корреспондента российских общественных академий, 10 членов международных ассоциаций и зарубежных геологических обществ, 49 человек награждены орденами и медалями.

Иницированное ЦНИГРИ создание научно-производственных групп повысило эффективность геологоразведочных работ, выполнявшихся Мингео СССР, ускорило оценку, разведку и подсчет запасов многих месторождений. Продолжая традиции тесных связей науки с производством в настоящее время, ЦНИГРИ возглавляет научно-методическое обеспечение и сопровождение геологоразведочных работ на твердые полезные ископаемые в Российской Федерации. Этому способствуют актуализированная система стадийности геологоразведочных работ и классификации ресурсов и запасов минерального сырья, создание методических руководств по оценке прогнозных ресурсов и запасов твердых полезных ископаемых, отвечающих современным условиям недропользования.

Научно-методические разработки ЦНИГРИ инновационного характера востребованы многими предприятиями; среди деловых партнеров института ОАО «Норильский никель», АК «АЛРОСА», ГУГПП «Янгеология», ГУГП «Верхне-Индиго-Иркутская экспедиция», ООО «Станнолит», администрации субъектов Российской Федерации, зарубежные фирмы Tri-Valley Corp., BHP (США), ADARO (Испания), INPPA (Чили), государственные геологические службы зарубежных стран.

Научная и прикладная продукция ЦНИГРИ постоянно демонстрируется на российских и международных выставках, его экспозиции отмечены 12 дипломами и 9 медалями. Разработки института были представлены на выставках Геоэкспо, сопровождавших XXXI и XXXII сессии Международного геологического конгресса, на выставках «Золото России» (ежегодно с 1998 г.), на международных выставках в Мюнхене, Кёльне, Дюссельдорфе, Оттаве, Торонто, на ряде крупных отечественных форумов. За последние пять лет ЦНИГРИ был экспонентом 18 зарубежных и 10 отечественных выставок.

Информационные ресурсы, создаваемые с 1935 г., сосредоточены в геологических фондах и научно-технической библиотеке института. Общий их объем превышает 200 000 единиц хранения.

В настоящее время информационные ресурсы хранятся в виде цифровых карт и банков данных по основным направлениям деятельности. Создан уникальный банк данных по месторождениям алмазов, благородных и цветных металлов. Общее число банков данных превышает 60, а число записей в них — более 10 млн.

В музее «Руды благородных, цветных металлов и алмазов» собраны коллекции пород, руд и минералов, систематизированных по геолого-промышленным типам почти 500 месторождений золота, серебра, платины, цветных металлов и алмазов Российской Федерации, стран ближнего и дальнего зарубежья. Каменный материал представлен 30 000 экспонатами.

Созданы эталонные коллекции типовых образцов руд и вмещающих пород по 23 крупным месторождениям золота, серебра, меди, никеля, свинца, цинка и алмазов.

Передовые разработки ЦНИГРИ оперативно публикуются в журналах «Отечественная геология» и «Руды и металлы». С 1985 г. ЦНИГРИ издал более 180 научно-методических и монографических работ, из них 50 приходится на последние четыре года. В 2002 г. три книги сотрудников института удостоены дипломов Всероссийского конкурса на лучшее печатное издание, посвященное актуальным проблемам ге-

ологического изучения недр и популяризации профессии геолога: «Национальная минерально-сырьевая безопасность. Введение в проблему», «Алмазные месторождения России и мира», «Далекie голоса». Научно-техническая продукция, созданная в 2000—2004 гг., включает 230 наименований. За эти же годы сотрудниками института опубликовано более пятисот статей в ведущих изданиях России и за рубежом.

В преддверии семидесятилетия ЦНИГРИ в институте завершено создание серии моделей месторождений алмазов, благородных и цветных металлов, которые составляют основу инновационных прогнозно-поисковых технологий и получили прикладное отражение в ряде методических руководств по оценке прогнозных ресурсов, а в дальнейшем будут использованы при разработке соответствующих прогнозно-поисковых комплексов и экспертизе проектов геологоразведочных работ. Важное значение имеют геолого-генетические построения, вытекающие из системы моделей.

За последние 5—7 лет в ЦНИГРИ возникли и интенсивно ведутся исследования по оптимизации системы управления использованием и развитием минерально-сырьевой базы в новых социально-экономических условиях России с учетом мирового опыта, общемировых процессов глобализации и идей будущего сбалансированного развития человечества. К рубежу веков ведущими специалистами на основе мониторинга отечественных и мировых минерально-сырьевых баз были разработаны многовариантные сценарии прогноза потребления и воспроизводства ведущих полезных ископаемых до 2025 г. В 2000 г. была издана работа «Национальная минерально-сырьевая безопасность», основные положения которой вошли в доклад МПР России, представленный Совету безопасности Российской Федерации в 2001 г.

Разработки ЦНИГРИ были широко использованы Межведомственной рабочей группой МПР России при подготовке проектов «Концепции обеспечения минерально-сырьевой безопасности России в условиях глобализации» и «Доктрины минерально-сырьевого обеспечения устойчивого социально-экономического развития России». Базовые положения этих документов отражены в «Основах государственной политики в области использования минерального сырья и недропользования», утвержденных Правительством России в апреле 2003 г.

В рамках реализации мероприятий, предусмотренных «Основами госполитики...», МПР России в 2003 г. поручило ведущим научно-исследовательским институтам разработку проектов «Стратегических программ геологического изучения, воспроизводства и использования минерально-сырьевой базы Российской Федерации на период до 2020 г.» по 33 видам полезных ископаемых с возложением на ЦНИГРИ функций организации-координатора. Эти проекты были одобрены научно-техническим советом Госгеолслужбы в феврале 2004 г.

В сентябре—октябре 2004 г. ЦНИГРИ как организация-координатор совместно с ведущими отраслевыми научно-исследовательскими институтами выполнил работы по подготовке проекта «Долгосрочной государственной программы изучения недр и воспроизводства минерально-сырьевой базы России на основе баланса потребления и воспроизводства минерального сырья (2005—2010 годы и до 2020 года)», которая охватила 37 видов полезных ископаемых (включая ТЭС). После рассмотрения проекта программы коллегией МПР России он был доложен Министром природных ресурсов России Ю.П.Трутневым на заседании Правительства в ноябре 2004 г. и в целом одобрен.

За последние пять лет деятельность ЦНИГРИ получила должное общественное признание. В частности, в 2001 г. работа «Экзогенная золотоносность и платиноносность Российской Федерации — комплект карт» (авторы Ю.М.Дауев, М.М.Константинов, В.И.Кочнев-Первухов, А.И.Кривцов, В.В.Кузнецов, Е.В.Матвеева, И.Ф.Мигачев, О.С.Набровенков, Л.А.Николаева, В.Н.Новиков, Н.М.Риндзюнская, Г.В.Ручкин, Н.А.Черемисина, С.В.Яблокова, Б.А.Яцкевич) была удостоена премии Правительства России. Работа «Национальная минерально-сырьевая безопасность» удостоена премии им.А.Н.Косыгина и диплома Российского геологического общества. В 2003 г. журнал «Отечественная геология» был отмечен Почетным знаком РАЕН за заслуги в развитии науки и экономики страны. Семь сотрудников ЦНИГРИ стали Почетными разведчиками недр, а два — были награждены орденами Почета. Многие сотрудники ЦНИГРИ стали лауреатами премии им. М.Б. и Н.И. Бородаевских, которая была утверждена дирекцией института в память об этих выдающихся ученых.

За свою многолетнюю историю ЦНИГРИ создал, постоянно реализует и совершенствует систему организации и исполнения НИОКР по циклу: опережение (научный поиск) — научно-методическое обеспечение — методическое сопровождение и обслуживание геологоразведочных работ. Эффективность реализации этого цикла во многом определяется инициативными опережающими разработками как созданными ранее, так и в последние годы (по внутренним планам института). Созданные в ЦНИГРИ интеллектуальная собственность, мощные информационные ресурсы, высокий организационно-научный потенциал служат гарантией его эффективной деятельности и востребованности научно-технических достижений в последующие годы.

Статистический металлогенический анализ: выявление и оценка закономерностей размещения рудных месторождений относительно геологических объектов, геофизических и геохимических аномалий

Ф.А.УСМАНОВ (Академия наук Республики Узбекистан)

Выявление и анализ закономерностей размещения рудных месторождений в пространстве — одна из основных задач металлогении, что непосредственно следует из ее определения как раздела учения о полезных ископаемых. Однако понятие «закономерности размещения» месторождений в пространстве строго не определено. О неоднозначности этого понятия и необходимости ее количественной оценки убедительно написал В.П.Орлов [7, с. 73]: «Сложность прежде всего заключается в неформализованности понятия закономерность. Например, можно ли говорить о закономерности, если 3 из 5 месторождений сосредоточены в одном стратиграфическом горизонте? А если 8 из 10, или 95 из 100? Из литературных данных следует, что закономерность признается во всех трех случаях, однако количественная ее оценка не обосновывается... Следовательно, вероятность реализации закономерности должна основываться количественно, что в дальнейшем позволит установить рубеж перехода случайности в закономерность, а саму закономерность классифицировать по степени надежности. Наконец, это благоприятно подействует на геологическое прогнозирование, где в ранге закономерности очень много лишнего». В примере о трех случаях сосредоточенности месторождений в одном горизонте, приведенном В.П.Орловым, надежность выявленной закономерности характеризуется двумя параметрами: 1) доля месторождений в выборке, для которых выполнена закономерность, равная, соответственно, 0,6; 0,8; 0,95 (оценка вероятности ее выполнения или сила пространственной связи между месторождениями и данным горизонтом) и 2) объем выборки (5; 10; 100). По обоим параметрам надежность закономерности в указанных трех случаях действительно различна.

Большую долю металлогенических закономерностей составляет закономерное размещение месторождений в определенных геологических объектах — геологических телах (в широком смысле: интрузивных телах, комплексах пород, свитах, фациях и др.), структурах, геологических позициях, тектонических зонах, геофизических и геохимических аномалиях и т.д. Когда говорят о закономерности размещения месторождений *относительно* тех или иных объектов, то под этим обычно подразумевают их приуроченность к этим объектам (размещение в самих объектах или вблизи них). Если наблюдается такая приуроченность, то, в сущности, это означает наличие пространственной связи между данными типами рудных месторождений и геологическими объектами. Следовательно, закономерности размещения рудных месторождений относительно других геологических объектов, геофизических и геохимических аномалий можно рассматривать как их устойчивую (повторяющуюся) пространственную связь. Большинство исследователей, специально изучавших законы и за-

кономерности в геологии, действительно их определяли как связь между явлениями и объектами или их группами. Однако при этом уточняли, что такая связь должна быть всеобщей, существенной, устойчивой, повторяющейся, необходимой, инвариабильной [8, 15]. Хотя некоторые из этих уточняющих добавлений сами неоднозначны, тем не менее очевидно, что не всякая связь может быть отнесена к закономерностям.

Вопрос о причинах возникновения пространственной связи между рудными месторождениями и другими геологическими объектами заслуживает специального рассмотрения. Здесь мы ограничимся некоторыми общими соображениями. Причиной возникновения пространственной связи между рудными месторождениями и другими геологическими объектами могут быть следующие факторы: 1) *генетический* — генетическая связь между ними приводит к возникновению пространственной; 2) *физический* — благоприятные физические свойства породы (пористость, проницаемость, трещиноватость и др.) — причина локализации в ней рудных объектов и в тех случаях, когда они не связаны генетически; 3) *химический* — химический состав пород — причина возникновения пространственной связи между рудными объектами и породами. Например, геохимические барьеры, образование скарново-рудных объектов на контакте гранитоидных массивов и карбонатных толщ и др.; 4) *структурный* — разрывные нарушения, складки в геологических формациях, наличие барьеров из трудно проницаемых слоев и др.

Рассматривая закономерности размещения месторождений как их пространственную связь с другими объектами следует различать случаи *непосредственной* и *опосредованной* связи. Например, непосредственная связь — пространственная связь месторождений с породами, обусловленная генетической связью между ними, а опосредованная связь — пространственная связь месторождений с аномалиями геофизических полей, когда эти аномалии порождены не самими месторождениями, а определенными породами, с которыми *непосредственно* связаны месторождения, т.е. когда связь между аномалиями поля и месторождениями осуществляется через породы.

Если условно относить к закономерностям только связи, отражающие сущность отношений между явлениями и объектами, то опосредованные связи закономерностями не являются, хотя такие связи тоже можно использовать для практических целей, например, для прогнозирования.

Из геологической практики известно, что закономерности размещения месторождений не носят абсолютный характер, в том смысле, что такая закономерность обычно наблюдается не для всех месторождений исследуемого типа, но все же для большинства. На геологическом языке подобное обстоятельство описывается обычно следую-

щим образом: «месторождения данного типа преимущественно приурочены к ...», «в большинстве случаев локализованы в ...», «как правило, размещены в ...» и др. С позиций эпистемологического понимания вероятности это объясняется тем, что размещение месторождений в основном зависит от большого числа факторов, которые невозможно полностью учесть (аналогично тому, как влияние большого числа трудно учитываемых факторов приводит к случайным погрешностям при измерении всех величин). Иными словами, пространственная связь между рудными месторождениями и другими геологическими объектами носит вероятностный, статистический характер, что отмечалось многими исследователями. Рассматривая закономерности размещения эндогенных месторождений в земной коре в глобальном масштабе, В.Н.Козеренко [5] отмечает, что все эти закономерности носят статистический характер.

Статистическая природа металлогении обусловлена также и тем, что число объектов, исследуемых в общей и региональной металлогении, обычно, исчисляется тысячами, т.е. составляет статистическую совокупность.

Представление закономерности размещения месторождений относительно других геологических объектов как статистической пространственной связи между ними позволяет количественно оценить ее надежность двумя параметрами: 1) сила пространственной связи, которую можно толковать как меру четкости проявления закономерности; 2) дисперсия или стандартное отклонение статистик связи, которые характеризуют точность или достоверность закономерности.

Таким образом, закономерности размещения рудных объектов, исследуемые в металлогении, представляют собой статистические закономерности и, естественно, сама металлогения относится к статистическим наукам [13]. Вместе с тем закономерности размещения рудных объектов, выявляемые в традиционной металлогении, в большинстве случаев носят приближенный, качественный характер, устанавливаются путем визуального анализа положения рудных объектов на различных картах и выражаются в форме текстовой информации.

Одна из фундаментальных проблем геологии — перевод металлогении на вероятностно-статистическую основу, т.е. в разряд точных наук. Таковую металлогению в отличие от традиционной можно было бы назвать статистической. Следовательно, проблема заключается в создании статистической металлогении, которая должна включать комплекс статистических методов выявления и анализа закономерностей размещения рудных объектов (методы статистического металлогенического анализа) и совокупность самих статистических закономерностей размещения эндогенных месторождений разных типов в земной коре. Эти закономерности могут быть разделены на глобальные, региональные и специальные, относящиеся к общей, региональной и специальной статистической металлогении.

Актуальность разработки статистической металлогении с точными количественными методами и закономерностями для практики очевидна, так как прогнозирование рудных месторождений базируется на выявленных металлогенических закономерностях. Создание статистической металлогении в широком смысле, охватывающем, кроме установления эмпирических зависимостей, разработки математических и физико-химических теоретических моделей процессов формирования рудных месторождений и

металлогенических зон, — задача не для одного поколения исследователей. В данной статье рассмотрим одну из задач статистического металлогенического анализа — выявление, оценка и анализ пространственной связи месторождений с другими геологическими объектами, геофизическими и геохимическими полями.

Статистико-металлогенические исследования. Имеется обширная литература по применению математических методов и компьютеров для прогнозирования рудных месторождений. Работ по применению этих методов для регионального металлогенического анализа значительно меньше. Первые работы по статистическому анализу данных месторождений полезных ископаемых появились в 50-х—начале 60-х годов XX в. (А.Б.Вистелиус, И.П.Шарапов и др.). В дальнейшем различные вопросы статистического анализа данных по рудным месторождениям и региональному металлогеническому анализу были рассмотрены Ф.П.Агтербергом [16], В.В.Богацким [1 и др.], Н.Н.Боровко [2], В.И.Гольдшмидтом [3], Г.И.Менакером (1973) и др. Авторы статьи обобщили основные результаты по разработке методических основ статистического металлогенического анализа, полученные к середине 80-х годов прошлого столетия [12]. В последние годы задачи, близкие к обсуждаемым в данной публикации, с математических позиций рассматривались в работах [17, 18, 20], современное состояние общей и региональной статистической металлогении — в [13].

Исходные положения. Большинство известных статистических алгоритмов прогнозирования рудных месторождений основано на статистике случайных величин. Вместе с тем, весь предыдущий опыт математической геологии показывает, что система геологических тел, в т.ч. рудных, геофизические и геохимические поля любой части литосферы представляют собой реализацию сложной системы дискретных и непрерывных случайных полей (случайных функций, процессов). Такие сложные системы случайных полей в математике исследованы недостаточно. Разработка методов их исследования сопряжена с трудностями, одной из которых является то, что для геологических случайных полей существует всего один путь реализации. Поэтому в процессе их исследования приходится постулировать стационарность и однородность поля. Однако Ж.Матерон [6] при разработке основ геостатистики показал, что при решении некоторых задач случайных полей нет необходимости в таком допущении. Можно также показать, что при решении некоторых задач статистического металлогенического анализа достаточно предположить однородность пространственного распределения рудных объектов не в пределах всей исследуемой территории, а только внутри площади распространения исследуемого геологического признака (геологической формации, зоны и т.п.), что в некоторых случаях удается обосновать исходя из общих геологических представлений.

В настоящей работе предлагается статистический метод выявления, оценки и анализа закономерностей размещения рудных месторождений относительно других объектов как пространственных связей между ними, по геологическим, геофизическим и геохимическим картам.

Постановка задачи. Допустим, что по некоторой территории имеются геологические, геофизические и геохимические карты среднего или мелкого масштаба и карта рудных месторождений, разделенных на отдельные типы. На основе этих материалов необходимо выявить законо-

мерности размещения рудных месторождений данных типов относительно геологических объектов, геофизических и геохимических аномалий или, иными словами, выявить их устойчивые пространственные связи.

Для математической постановки задачи введем некоторые вспомогательные понятия. По формальным свойствам признаков, отраженных на картах, мы различаем карты дискретных (качественных или количественных) и непрерывных признаков. К картам качественных дискретных признаков относятся любые контурные карты, если контуры разграничивают площади с разными качественными признаками, в частности, геологические карты; к картам непрерывных признаков — карты изолиний (геофизических и геохимических полей, топографические, изопакит и др.).

Нам необходимо также различать исходные и производные карты, полученные определенным способом из исходных. Среди большого разнообразия видов производных карт для обсуждаемых здесь задач необходимо рассмотреть следующие два вида: 1) карта поля ближайшего расстояния до заданных объектов (кратко — карта ближайших расстояний), 2) дискретизированная карта непрерывного поля.

Процедура построения карты поля ближайшего расстояния до заданных объектов зависит от размерности этих объектов. Предположим, задано множество точечных объектов M (система точек на плоскости) в области G на плоскости, тогда для каждой точки $(x, y) \in G$ вычисляется расстояние до ближайшей точки множества M . В результате будет получена карта непрерывного поля ближайшего расстояния до точечных объектов. Допустим, задано множество линейных объектов L (отрезки прямых или кривых) в области G на плоскости, тогда для каждой точки $(x, y) \in G$ вычисляется расстояние до ближайшей точки, принадлежащей линейному объекту множества L . В случае, если задано множество полигональных объектов D (здесь используется применяемый в ГИС термин «полигональный объект», означающий замкнутую область на плоскости любой конфигурации, синонимы — плоская фигура, площадной объект; на дискретных картах это отдельный контур вместе с областью внутри него) в области G на плоскости, то для каждой точки $(x, y) \in G$ вычисляется расстояние до ближайшей точки, принадлежащей границе объекта множества D . При этом возможны два случая: точка (x, y) принадлежит или не принадлежит какому-либо полигональному объекту множества D . Поэтому вычисляется, соответственно, внутреннее и внешнее ближайшее расстояние.

С целью решения многих задач возникает необходимость дискретизации карт непрерывных полей. В процессе дискретизации следует весь интервал вариации непрерывного поля на карте разбивать на подинтервалы (оптимальное разбиение зависит от решаемой конкретной задачи). Непрерывному полю на карте должно соответствовать дискретное поле $u(x, y)=i$, если в точке (x, y) значение непрерывного поля попадает в i -й подинтервал. В результате дискретизации карты непрерывного поля ближайших расстояний до заданных объектов будет получена карта зон ближайших расстояний (в каждой зоне расстояния варьируют в определенном интервале). Дискретизация непрерывного геофизического или геохимического поля позволяет выделить площади, в пределах которых поле изменяется в определенном интервале. В процессе дискретизации топографической карты будет получена карта интервалов

гипсометрических отметок. Во всех случаях дискретизированная карта непрерывного поля представляет собой контурную карту полигональных объектов.

Для выявления и анализа металлогенических закономерностей обычно используются карты средних и мелких масштабов. В этих масштабах размер отражаемой на картах территории намного больше размеров отдельных месторождений, что позволяет рассматривать их как точечные объекты. При выявлении закономерностей размещения месторождений относительно других геологических объектов, геофизических и геохимических аномалий возникают задачи по геометрическим свойствам объектов: размещение множества точечных объектов (месторождения j -го типа): 1) относительно другого множества точечных объектов (месторождения i -го типа), 2) относительно множества линейных объектов (структуры i -го типа), 3) относительно множества полигональных объектов (площадные геологические объекты i -го типа — геологических тел, комплексов пород и др.), 4) относительно непрерывного поля (геофизического, геохимического, изолиний гипсометрических отметок, изопакит и др.).

Перечисленные типы задач охватывают все разнообразие задач выявления закономерностей размещения месторождений относительно геологических объектов, геофизических и геохимических полей. Попытаемся свести (редуцировать) их к случаю изучения размещения множества точечных объектов относительно множества полигональных объектов.

При исследовании размещения множества точечных объектов M_j (месторождения j -го типа) относительно другого множества точечных объектов M_i (месторождения i -го типа), интерес представляет их пространственная ассоциация и изменение силы связи между ними с расстоянием. Вычислим поле ближайшего расстояния для точечных объектов множества M_i и, используя его, построим карту зон ближайших расстояний до точечных объектов множества M_i . В результате задача будет сведена к изучению размещения множества точечных объектов относительно множества полигональных объектов (зоны расстояний).

В процессе изучения закономерностей размещения множества точечных объектов M_j (месторождений j -го типа) относительно множества линейных объектов (структуры i -го типа) интерес представляет влияние линейных объектов на размещение точечных объектов и изменение этого влияния с удалением от линейных объектов. Построим также поле ближайшего расстояния до линейных объектов, а затем карту зон расстояний до линейных объектов. В результате задача опять сведется к изучению размещения множества точечных объектов относительно множества полигональных объектов (зоны расстояний).

При исследовании закономерностей размещения множества точечных объектов M_j (месторождения j -го типа) относительно множества полигональных объектов (площадные геологические объекты i -го типа) интересны ответы на вопросы: сконцентрированы ли точечные объекты: 1) внутри данных полигональных объектов? 2) внутри данных полигональных объектов в i -й зоне расстояний от границ объектов? 3) в i -й внешней зоне расстояний от границ объектов? В первом случае задача решается по исходным картам и сводится в выявлению закономерностей размещения точечных объектов относительно полигональных. Во втором и третьем — строится поле ближайших внутренних и внешнего расстояний до границ полигональных

объектов и затем карта внутренних и внешних зон расстояний. Следовательно, в этих случаях также решается задача выявления закономерностей размещения точечных объектов относительно полигональных (зоны расстояний).

При исследовании закономерностей размещения точечных объектов (месторождения j -го типа) в непрерывном поле (гравитационное, магнитное, металлометрическое и т. п.) данное поле дискретизируется и строится контурная карта интервалов значений поля, что должно привести к той же задаче размещения точечных объектов относительно полигональных.

Наконец, уточним часто используемое здесь выражение «месторождения j -го типа», под которым подразумеваются типы месторождений, выделенные как по качественным признакам (генетический, формационный, металлы и т.п.); так и непрерывным количественным признакам, выделенных путем их дискретизации (месторождения, попадающие в определенный интервал (категорию) запасов или содержания полезного компонента и др).

Таким образом, если мы рассмотрим задачу выявления закономерностей размещения множества точечных объектов относительно множества полигональных объектов, тем самым охватим все возможные случаи.

Формально рассматриваемая задача может быть сформулирована следующим образом — в области G на плоскости задано множество полигональных M_i и множество точечных M_j объектов, которые представляют собой реализации случайных полей в терминах: M_i — случайные замкнутые множества и M_j — случайное точечное поле [9]. Задача заключается в том, чтобы исследовать пространственную связь между множествами M_i и M_j : определить, существует ли она, предложить меру связи, характеризующую четкость проявления закономерности, и оценить статистики, определяющие эту связь, т.е. статистики достоверности или точности закономерности.

В дальнейшем будем использовать термины, близкие к геологическим: вместо «множество полигональных объектов M_i » будем писать «полигональные объекты i -го типа» (имеются ввиду расположенные в области G), вместо «множество точечных объектов M_j » — «точечные объекты j -го типа». Здесь и далее область G соответствует рассматриваемой территории, точечные объекты j -го типа — рудным объектам j -го типа; полигональные объекты i -го типа в зависимости от рассматриваемой конкретной карты будут соответствовать геологическим объектам i -го типа или i -й зоне расстояний на картах зон расстояний до данных объектов, или площади с i -м интервалом непрерывного геофизического или геохимического поля и т.д.

Решение задачи. Введем следующие величины и обозначения: S — площадь области G ; S_i — суммарная площадь полигональных объектов i -го типа в области G ; N — число точечных объектов всех типов в области G ; N_j — число точечных объектов j -го типа в области G ; N_{ij} — число точечных объектов j -го типа, размещенных в полигональных объектах i -го типа, P_j — плотность размещения точечных объектов j -го типа в области G (число точечных объектов j -го типа, приходящееся на единицу площади в области G):

$$P_j = \frac{N_j}{S}. \quad (1)$$

Плотность размещения точечных объектов j -го типа в полигональных объектах i -го типа определяется по формуле:

$$P_{ij} = \frac{N_{ij}}{S_i}. \quad (2)$$

Плотность размещения точечных объектов j -го типа за пределами полигональных объектов i -го типа (в пределах области G) устанавливается из соотношения:

$$O_{ij} = \frac{N_j - N_{ij}}{S - S_i}. \quad (3)$$

В качестве меры пространственной связи между точечными объектами j -го типа и полигональными объектами i -го типа предложим следующее выражение:

$$C_{ij} = \frac{P_{ij} - Q_{ij}}{P_j + Q_{ij}}. \quad (4)$$

Здесь $-1 \leq C_{ij} \leq 1$

Величину C_{ij} мы называем *коэффициентом пространственной связи*. Из изложенного следует, что она одновременно является *мерой четкости проявления закономерности* размещения точечных объектов j -го типа относительно полигональных объектов i -го типа. Так, если все точечные объекты j -го типа попадают в полигональные объекты i -го типа, то $Q_{ij}=0$ и $C_{ij}=1$; если все точечные объекты j -го типа расположены за пределами полигональных объектов i -го типа, то $P_{ij}=0$ и $C_{ij}=-1$; и в случае, если плотности P_{ij} и Q_{ij} размещения точечных объектов j -го типа в полигональных объектах i -го типа и за их пределами равны, то $P_{ij}-Q_{ij}=0$ и $C_{ij}=0$.

Найдем критерий для статистической проверки гипотезы H_0 : $C_{ij}=0$, при альтернативной H_1 : $C_{ij} \neq 0$. Используя формулы (2) и (3), формулу (4) можно написать в следующем виде:

$$C_{ij} = \frac{N_{ij}S - N_jS_i}{N_{ij}S - 2N_{ij}S_i + N_jS_i}. \quad (5)$$

Поделив числитель и знаменатель дроби в этом уравнении на N_jS , получим:

$$C_{ij} = \frac{\frac{N_{ij}}{N_j} - \frac{S_i}{S}}{\frac{N_{ij}}{N_j} - \frac{2N_{ij}S_i}{N_jS} + \frac{S_i}{S}}. \quad (6)$$

Из выражения (6) видно, что гипотеза H_0 : $C_{ij}=0$ верна, когда верна гипотеза

$$H'_0: \frac{N_{ij}}{N_j} = \frac{S_i}{S}. \quad (7)$$

Условие нулевой гипотезы H_0 : $C_{ij}=0$ означает отсутствие связи между точечными объектами j -го типа и полигональными объектами i -го типа, что возможно, когда вероятность попадания точечного объекта j -го типа в полигональный объект i -го типа равна S_i/S . В таких условиях точечные объекты можно рассматривать как случайные точки по определению М.Кендалла и П.Морана [4]. Тогда N_{ij}/N_j — частость события попадания точки в полигональные объекты i -го типа, полученная в N_j независимых испытаниях, а S_i/S — математическое ожидание этой частости. На основании предельной теоремы Муавра-Лапласа можно утверждать, что частость N_{ij}/N_j при больших N_j имеет приблизительно нормальное распределение с математическим ожиданием S_i/S и дисперсией $\frac{1}{N_j} \frac{S_i}{S} (1 - \frac{S_i}{S})$.

Поэтому, в соответствии с известной теоремой о нормировании нормального распределения, величина

$$Z = \frac{\frac{N_{ij} - S_i}{N_j} - \frac{S_i}{S}}{\sqrt{\frac{1}{N_j} \frac{S_i}{S} \left(1 - \frac{S_i}{S}\right)}} = \frac{N_{ij}S - N_jS_i}{[N_jS_i(S - S_i)]^{\frac{1}{2}}} \quad (8)$$

при больших N_j распределена нормально с математическим ожиданием $\mu=0$ и дисперсией $\sigma^2=1$. Ее можно использовать в качестве критерия для проверки гипотезы H_0 . При двусторонних критических областях и 2%-ного уровня значимости гипотеза $H_0: C_{ij}=0$ принимается, если $|Z| < 2,33$ и отклоняется, если $|Z| \geq 2,33$.

Обсудим теперь вопрос оценки дисперсии и стандартного отклонения введенных величин. Как видно из изложенного, эти дисперсии или стандартные отклонения характеризуют *точность или достоверность закономерности* размещения точечных объектов j -го типа относительно полигональных объектов i -го типа.

Рассматриваемые случайные поля настолько сложны и разнообразны, что для общего случая не представляется возможным аналитически вывести выражения дисперсии введенных величин. Поэтому используем реализации этих полей. Идея заключается в том, что территория разбивается на m равных по площади частей и, чтобы оценить дисперсию величин для всей территории, применяется вариация соответствующих величин в разных частях территории. При вычислении оценок дисперсии введенных величин мы исходим из следующих положений:

1. Множество полигональных объектов M_i в области G является реализацией однородного и изотропного случайного поля (по терминологии работы [9] — однородных и изотропных случайных замкнутых множеств). Поясним это условие. Для любых двух подобластей области G различие каких-либо характеристик полигональных объектов находится в пределах случайных вариаций (условие однородности); для любых двух направлений различия всех характеристик полигональных объектов также находятся в пределах случайных вариаций (условие изотропности).

2. Множество точечных объектов M_j в области G — реализация локально-однородных случайных полей. Использованное здесь понятие локальной однородности означает равномерное распределение точечных объектов в пределах полигональных объектов i -го типа, т.е. для любых двух подмножеств полигональных объектов i -го типа различие плотности размещения точечных объектов j -го типа находится в пределах случайных вариаций. При этом плотность точечных объектов в полигональных объектах разных типов может быть различной.

Разделим рассматриваемую территорию на m равных по площади частей. Этому соответствует разбиение области G на m подобластей $G_1, G_2, \dots, G_m$. Разделение нужно провести таким образом, чтобы выполнить условия (9) и (13):

$$\bigcup_k G_k = G; \quad (9)$$

$$G_k \cap G_r = \emptyset, \quad (10)$$

где $k, r=1, 2, \dots, m; k \neq r$; $\emptyset$ — пустое множество.

$$S = \sum_k S_k, \quad (11)$$

где S_k — площадь подобласти G_k .

$$S_1=S_2=\dots=S_m; \quad (12)$$

$$\sqrt{S_k} \gg d, \quad (13)$$

Условие (13) требует пояснения. Изучение геологических случайных полей показывает, что с уменьшением расстояния t между точками автокорреляционная функция $K(t)$ стремится к максимальному значению, с увеличением расстояния она стремится к нулю [11, 12]. В выражении (13) d — расстояние, в пределах которого автокорреляционная функция не равна нулю. Это расстояние зависит от распределения размеров полигональных объектов и взаимного их расположения. Условие (13) означает, что размеры частей, на которые разделена территория, намного больше расстояния, в пределах которого автокорреляция не равна нулю.

Оценки дисперсий величин S_i, N, N_i, N_{ij} вычисляются одинаково. Рассмотрим это на примере числа N точечных объектов всех типов. Число точечных объектов всех типов в подобластях $G_1, G_2, \dots, G_m$ обозначим соответственно через $N'_1, N'_2, \dots, N'_m$. Так как общее число точечных объектов в области G складывается из числа точечных объектов в подобластях (условия (9)–(11)), то:

$$N = N'_1 + N'_2 + \dots + N'_m. \quad (14)$$

Из однородности и изотропности полей, а также равенства площадей подобластей (условие (12)) следует, что $N = N'_1, N'_2, \dots, N'_m$ — одинаково распределенные случайные величины:

$$N = N'_1 = N'_2 = \dots = N'_m. \quad (15)$$

Условие (13) позволяет пренебречь связями между этими величинами и рассматривать их как независимые случайные величины. Следовательно, с учетом (14):

$$D(N) = D(N'_1) + D(N'_2) + \dots + D(N'_m). \quad (16)$$

Из формул (15) и (16):

$$D(N) = mD(N'), D(N) = mD(N'), \quad (17)$$

где N' — любая из величин $N'_1, N'_2, \dots, N'_m$.

Вычислим оценки $\bar{n}$ и $\tilde{D}$ математического ожидания и дисперсии величины N' (здесь и далее строчными буквами обозначены полученные по картам значения соответствующих случайных величин).

$$\bar{n} = \frac{1}{m} \sum_{k=1}^m n_k; \quad (18)$$

$$\tilde{D}_{N'} = \frac{1}{m-1} \sum_{k=1}^m (n_k - \bar{n})^2. \quad (19)$$

Из (17) и (19):

$$\tilde{D}_N = \frac{m}{m-1} \sum_{k=1}^m (n_k - \bar{n})^2, \quad (20)$$

где $\tilde{D}_N$ — оценка дисперсии величины N .

Оценка $\tilde{\sigma}_N$ среднего квадратического отклонения величины N определяется из уравнения:

$$\tilde{\sigma}_N = \left[\frac{m}{m-1} \sum_{k=1}^m (n_k - \bar{n})^2 \right]^{\frac{1}{2}}. \quad (21)$$

Аналогично могут быть получены оценки дисперсий и средних квадратических отклонений случайных величин S_i, N_i, N_{ij} . Ниже мы приведем конечные формулы для оценок дисперсий $\tilde{D}_{S_i}, \tilde{D}_{N_i}, \tilde{D}_{N_{ij}}$ этих величин.

$$\tilde{D}_{S_i} = \frac{m}{m-1} \sum_{k=1}^m (s_{ki} - \bar{s}_i)^2, \quad (22)$$

где s_{ki} — общая площадь полигональных объектов i -го типа в k -й подобласти G_k ,

$$\bar{s}_i = \frac{1}{m} \sum_{k=1}^m s_{ki};$$

$$\tilde{D}_{N_j} = \frac{m}{m-1} \sum_{k=1}^m (n_{kj} - \bar{n}_j)^2, \quad (23)$$

где n_{kj} — число точечных объектов j -го типа в k -й подобласти G_k ,

$$\bar{n}_j = \frac{1}{m} \sum_{k=1}^m n_{kj};$$

$$\tilde{D}_{N_{ij}} = \frac{m}{m-1} \sum_{k=1}^m (n_{kij} - \bar{n}_{ij})^2, \quad (24)$$

где n_{kij} — число точечных объектов j -го типа в пределах полигональных объектов i -го типа в k -й подобласти G_k ,

$$\bar{n}_{ij} = \frac{1}{m} \sum_{k=1}^m n_{kij}.$$

Оценки дисперсий величин P_j , P_{ij} , C_{ij} , Z_{ij} вычисляются одинаково. Выкладки выполним на примере плотности размещения точечных объектов j -го типа. Плотности размещения точечных объектов j -го типа в подобластях $G_1, G_2, \dots, G_m$ обозначим соответственно через $P'_{1j}, P'_{2j}, \dots, P'_{mj}$ где

$$P'_{kj} = \frac{N_{kj}}{S_k}. \quad (25)$$

Из однородности и изотропности полей и равенства площадей подобластей (условие (12)) следует, что $P'_{1j}, P'_{2j}, \dots, P'_{mj}$ — одинаково распределенные случайные величины:

$$P'_{1j} = P'_{2j} = \dots = P'_{mj}. \quad (26)$$

На основании условия (13) эти величины можно рассматривать как независимые.

Средняя плотность точек $\bar{P}'_j$ для подобластей $G_1, G_2, \dots, G_m$ равна

$$\bar{P}'_j = \frac{1}{m} \sum_{k=1}^m P'_{kj}. \quad (27)$$

С учетом (12), (25), (27), а также $N_j = N_{1j} + N_{2j} + \dots + N_{mj}$ имеем:

$$\bar{P}'_j = \frac{1}{m} \sum_{k=1}^m \frac{N_{kj}}{S_k} = \frac{1}{S} \sum_{k=1}^m N_{kj} = \frac{N_j}{S} = P_j. \quad (28)$$

Из формулы (28):

$$D[P_j] + D[\bar{P}'_j]. \quad (29)$$

Из выражений (26) и (27) вычислим:

$$D[\bar{P}'_j] = \frac{1}{m} D[P'_j]. \quad (30)$$

Здесь P'_j — любая из величин $P'_{1j}, P'_{2j}, \dots, P'_{mj}$.

Оценку $\tilde{D}[P'_j]$ дисперсии $D[P'_j]$ можно определить по следующей формуле

$$\tilde{D}[P'_j] = \frac{1}{m-1} \sum_{k=1}^m (p'_{kj} - \bar{p}'_j)^2, \quad (31)$$

где

$$\bar{p}'_j = \frac{1}{m} \sum_{k=1}^m P'_{kj}.$$

Из (29), (30) и (31) получим оценку дисперсии плотности точечных объектов для всей области:

$$\tilde{D}[P'_j] = \frac{1}{m(m-1)} \sum_{k=1}^m (p'_{kj} - \bar{p}'_j)^2. \quad (32)$$

Учитывая, что $P'_{kj} = \frac{n_{kj}}{s_k}$, $\bar{p}'_j = \frac{1}{m} \sum_{k=1}^m \frac{n_{kj}}{s_k}$, из (32) после не-

сложных вычислений получим формулу оценки дисперсии плотности точечных объектов в области G в исходных величинах

$$\tilde{D}[P_j] = \frac{1}{s^3} \sum_{k=1}^m \frac{(n_{kj}s - n_j s_k)^2}{s - s_k}. \quad (33)$$

Аналогично вычислены оценки дисперсии величин P_{ij} , C_{ij} , Z_{ij} . Ниже приведем конечные формулы для этих оценок:

$$\tilde{D}[P_{ij}] = \frac{1}{m(m-1)} \sum_{k=1}^m (p'_{kij} - \bar{p}'_{ij})^2 = \frac{1}{s_i^3} \sum_{k=1}^m \frac{(n_{kij}s_i - n_{ij}s_{ki})^2}{s_i - s_{ki}}; \quad (34)$$

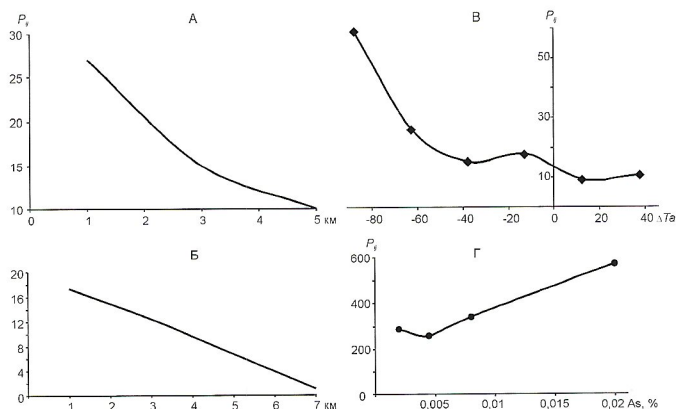
$$\tilde{D}[C_{ij}] = \frac{1}{m(m-1)} \sum_{k=1}^m (c_{kij} - \bar{c}'_{ij})^2; \quad (35)$$

$$\tilde{D}[Z_{ij}] = \frac{1}{m(m-1)} \sum_{k=1}^m (z_{kij} - \bar{z}'_{ij})^2; \quad (36)$$

Изложенный метод назван методом плотностей размещения. Он реализован в компьютерных программах «Геопризнак 3.3», «Информативность карт», «Карта расстояний 2, 4», «Карта зон расстояний 1, 2, 3», «Плотность 3.3; 3.5; 5» системы «Геоанализ», составленных автором на языке Visual Basic для систем Windows и Excel. Исходные данные могут быть подготовлены вручную или с использованием ГИС. Могут быть использованы базы электронных карт, созданные по ГИС-технологиям.

Примеры применения метода. Метод плотностей размещения и компьютерные программы, реализующие его, прошли длительную апробацию при решении разнообразных задач металлогенического анализа Средней Азии в целом и отдельных ее регионов. Кратко перечислим полученные результаты, обосновывающие эффективность метода.

Установлено [19], что в Западном Тянь-Шане пространственное распределение рудных месторождений Au, Ag, Pb, Cu, Fe, CaF₂, W, Mo и других положительно связано с рядом параметров, характеризующих глубинное строение литосферы. В частности, наибольшие плотности размещения месторождений указанных металлов и максимальные оценки коэффициента пространственной связи вычислены для районов глубины залегания поверхности Мохо (мощности земной коры) 35—45 км, глубиной кровли «гранитного» слоя (в данном регионе приблизительно соответствует суммарной мощности PR₃—PZ образований) 12—14 км, отношения мощностей базальтового и гранитного слоев 1,0—1,2; 1,8—2,2. Эндогенные рудные месторождения всех типов, особенно полиметаллические, пространственно положительно связаны со средними и сильными отрицательными аномалиями гравитационного поля (аномалии силы тяжести в редукции Буге). Месторождения пространственно коррелируют с сильными положительными аномалиями магнитного поля (модуль полного вектора напряженности магнитного поля). Полиметаллические месторождения пространственно ассоциируют с зонами линейных субширотного направления, редкометалльные — северо-западного. Для эндогенных рудных месторождений всех типов максимальная положительная связь установлена с кольцевыми структурами диаметром менее 60 км.



Кривые зависимости плотности размещения P_i :

А — золоторудных объектов в зонах от расстояний до контакта вокруг массивов Кызылкумского гранит-гранодиоритового комплекса; Б — урановых объектов от расстояний до ближайших золоторудных объектов в Центральном Кызылкуме; В — серебрянорудных объектов от аномалий магнитного поля (ΔT_a); Г — золоторудных объектов от геохимических аномалий мышьяка

Пространственные связи рудных объектов (здесь и далее под рудными объектами подразумеваются месторождения и рудопроявления) Центральных Кызылкумов с геологическими формациями и разломами изучены по Структурно-формационной карте домезозойских образований этого региона с нанесенными на ней рудными объектами (масштаб 1:200 000, авторы В.С.Аладжиев, А.П.Мазуркевич, Н.В.Александров; 1996 г.). Некоторые из полученных результатов приведены в таблице и на рисунке, А, Б. В этой таблице и на рисунке плотности размещения рудных объектов соответствуют числу объектов, приходящихся на 1000 км².

Статистика связи рудных объектов с геологическими формациями и разломами приведена в таблице.

Как видно из таблицы, для золоторудных объектов Центральных Кызылкумов установлена пространственная связь с олистостромовой формацией PR_3 —С (дикий флиш — интенсивно окварцованная пестроцветная толща переслаивания песчаников, алевролитов, известняков глыбового строения); для серебрянорудных — с флишовой темноцветной формацией O_3 —С₁; для урановых объектов — с кремнисто-карбонатной PR_2 и углеродисто-кремнистой PR_1 (черносланцевой) формациями. В той же таблице приведена статистика связи рудных объектов с зонами разломов шириной 2 км. С зонами разломов северо-восточного и субширотного направлений пространственно положительно связаны золоторудные и серебряные объекты; субмеридионального направления — урановые, субширотного — вольфрамовые.

Влияние гранитоидных массивов кызылкумского гранит-гранодиоритового комплекса C_3 — P_1 на размещение золоторудных объектов заметно только в экзоконтактовой зоне шириной до 6 км. Для золоторудных объектов наибольшая плотность наблюдается в ближайшей экзоконтактовой зоне на расстоянии 0—2 км от контакта массивов, с удалением от массивов она монотонно уменьшается (см. рисунок, А). Влияние гранитоидных массивов на пространственное распределение урановых объектов обнаруживается до 8 км от контактов массивов. В ближайшей от контактов 2-км экзоконтактовой зоне массивов их плотность наибольшая,

затем с удалением от массивов она постепенно снижается. Такой характер связи экзоконтактовых зон гранитоидных массивов кызылкумского гранит-гранодиоритового комплекса C_3 — P_1 с золоторудными и урановыми объектами при их отрицательной пространственной связи с породами самих массивов объясняется температурным, регенерационным воздействием интрузий на концентрации металлов во вмещающих породах. Согласно А.И.Тугаринову [10], прогрев вмещающих пород при внедрении интрузии сопровождается выщелачиванием и переотложением рудных компонентов из вмещающих пород и образованием их скоплений. Вследствие эффекта термовлагопроводности растворы перемещаются из более прогретой части вблизи интрузии к менее прогретой в удалении от нее. Анализируя размещение месторождений урана, относительно легко выщелачиваемого из вмещающих пород, А.И.Тугаринов [10] приходит к выводу о приуроченности их к более древним ураноносным толщам, в которые внедрились интрузии и вслед за этим произошло рудообразование. Полученные по Центральным Кызылкумам статистические данные размещения месторождений золота и урана относительно гранитоидных массивов подтверждают эти представления. Приуроченность золоторудных месторождений к экзоконтактовым зонам гранитоидных массивов отмечается и в других регионах. В Бразилии ряд золоторудных месторождений находится в железистых кварцитах, углистых сланцах и других метаморфизованных осадочных породах. Месторождения обычно расположены вблизи контактов с гранитами, прорывающими эти толщи [5].

Метод плотностей размещения и реализующие его компьютерные программы применены также для выявления и анализа пространственной связи рудных объектов разных типов в Центральном Кызылкуме (путем выделения зон расстояний вокруг рудных объектов). По пространственной ассоциации друг с другом рассматриваемые типы месторождений и рудопроявлений Центральных Кызылкумов можно разделить на две группы: 1) золоторудные, урановые, серебрянорудные и медные, 2) вольфрамовые. Для рудных объектов первой группы характерна наибольшая положительная связь на близких расстояниях 0—2 км. Затем с увеличением расстояния связь постепенно уменьшается и исчезает на расстояниях 6—10 км. Соответственно, проявляется зависимость плотности размещения от расстояния. При этом характер такой зависимости близок к прямолинейной. В качестве примера приведена кривая зависимости плотности размещения урановых объектов от расстояний до ближайших золоторудных объектов в Центральном Кызылкуме (см. рисунок, Б). Характер зависимости вольфрамовых объектов от других типов рудных объектов отличается от описанной. Пространственная связь золоторудных и урановых объектов с вольфрамовыми наиболее сильна на расстоянии 2—4 км, в обе стороны от этой зоны связь ослабевает. Поэтому зависимость плотности размещения от расстояния нелинейная.

В горах Тамдытау и Букантау (Центральные Кызылкумы) метод плотностей размещения и реализующие его программы применены С.Т.Мариповой для выявления и оценки количественных факторов локализации рудных объектов. Исходными данными служила созданная ею в системе ГИС база электронных геологических, геофизических и геохимических карт масштабов 1:25 000 и 1:50 000. Затем выявленные факторы она использовала для количественного прогнозирования золоторудных объек-

Статистика связи месторождений и рудопроявлений золота, урана, серебра и меди Центральных Кызылкумов с геологическими формациями и разломами

Тип рудных объектов j		Геологические формации			Разломы		Общее число рудных объектов		Общая площадь S_i , км ²	
Фор-мации	Разло-мы	Код	Название	Возраст	Код	Тип	n_j	j -го типа в регио-не	i -й фор-мации	2-км зон разломов i -го типа
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Au	Au	10	Олигостромовая	PR ₃ —C	4	Северо-восточного направления	140 25,71	140 25,71	2496 248	14112 11,70
U	Cu	12	Кремнисто-карбонатная	PR ₂	4	Северо-восточного направления	72 15,27	40 7,86	3792 1324	14112 1170
U	U	13	Углеродисто-кремнистая (черносланцевая)	PR ₁	3	Субмеридионального направления	72 15,27	72 15,27	3408 785	3120 757
Ag		9	Флишеидная темноцветная	O ₃ —C ₁			16 4,20		2480 1068	

Число рудных объектов		Средняя плотность размещения рудных объектов, q_{ij}		Плотность размещения рудных объектов p_{ij}		Коэффициент пространственной связи C_{ij}		Критерий значимости Z_{ij}	
i -й фор-мации	i -го типа в 2-км зоне разломов	за пределами i -й формации	j -го типа за пределами 2-км зон разломов i -го типа	i -ой формации	j -го типа в 2-км зонах разломов i -го типа	формации	разломы	формации	разломы
12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
27 8,82	91 19,39	18,57 2,77	15,44 1,91	43,27 16,66	25,79 6,51	0,399 0,14	0,252 0,06	4,07 1,50	2,94 1,00
26 10,74	31 6,44	7,99 2,10	2,83 1,00	27,43 18,28	8,79 1,70	0,549 0,28	0,513 0,12	5,35 1,81	3,15 0,92
22 10,19	15 6,25	8,54 2,35	9,62 1,61	25,82 9,15	19,23 12,74	0,503 0,17	0,333 0,16	4,55 1,78	2,44 1,00
5 3,12		1,81 0,44		8,06 5,10		0,634 0,66		3,04 1,12	

Примечания. 1. Приведены только случаи, когда по критерию Z принята гипотеза $C_{ij} > 0$. 2. Числитель — оценки статистик, знаменатель — оценки их стандартных отклонений. 3. В статье дано число объектов, приходящееся на 1000 км², т.е. их плотность размещения.

тов в Тамдытау по комплексу геологических, геофизических и геохимических карт (см. рисунок, В, Г). Кривая зависимости плотности размещения сереборудных объектов южной части гор Тамдытау от аномалий магнитного поля (ΔT_a) приведена на рисунке, В. Из этого графика видно, что плотность размещения сереборудных объектов возрастает в направлении отрицательных значений аномального магнитного поля. Кривая зависимости плотности размещения золоторудных объектов от геохимических аномалий мышьяка в южной части гор Тамдытау показана на рисунке, Г. На графике видно, что в интервале содержания As от 0,005 до 0,02% зависимость близка к прямолинейной, с увеличением его содержания плотность размещения золоторудных объектов возрастает. Таким образом,

известная для Центральных Кызылкумов геохимическая связь золота с мышьяком статистически подтверждена и обоснована на металлогеническом уровне пространственной связью между золоторудными объектами и геохимическими аномалиями мышьяка.

Пространственный статистический анализ с помощью метода плотностей размещения позволил сделать вывод о пространственной связи золоторудных месторождений мурунтауского или кызылкумского типа в Центральных Кызылкумах с протерозойскими и нижнепалеозойскими метаморфизованными осадочно-вулканогенными свитами. В результате геологической интерпретации выявленных статистических закономерностей в этом регионе выделены два возрастных и генетических типа золоторудных

месторождений: 1) полихронные и полигенные, образовавшиеся в протерозое и раннем палеозое как вулканогенные, метаморфизованные в конце нижнего палеозоя при региональном метаморфизме, регенерированные в позднем палеозое в процессе мощного, в основном гранитоидного магматизма (около 80% известных золоторудных месторождений и рудопроявлений); 2) средне-позднекарбоновые вулканогенные, связанные с вулканитами основного и среднего составов (базальты, андезиты, дациты и др.) этого же возраста.

Метод плотностей размещения и соответствующие компьютерные программы применены также и в Чаткало-Курминском регионе (Восточный Узбекистан). В результате установлены статистические закономерности размещения рудных объектов относительно геологических формаций и комплексов, разломов, вулканотектонических структур. В частности, выделены породно-рудные ассоциации (магматические формации и генетически связанные с ними рудные формации) и установлена сложная металлогеническая зональность относительно вулканотектонических структур различных типов и возрастов. Статистически обосновано положение о многоэтапности рудообразования в этом регионе. Выделено 7 золоторудных этапов: 1) рифейский; золото-колчеданная формация, связанная с метавулканогенной (метабазальтовой) терригенной формацией R; 2) силурийский; золотоколчеданная формация, связанная с вулканогенной (натриевые базальты) флишиоидной формацией S₁; 3) ранне-среднедевонский; золотокварцевая и золотосурьмяно-кварцевая формации, связанные с катрангинским, калканатинским и другими вулканогенными комплексами D₁₋₂; 4) нижнекарбоновый; сульфидно-золотокварцевая формация, связанная с алмалыкским интрузивным комплексом; 5) башкирский; сульфидно-золотокварцевая формация, связанная с минбулакским комплексом; 6) средне-позднекарбоновый; сульфидно-золотокварцевая, золотокварцевая и серебро-золотокварцевая формации, связанные с акчинским и надакским комплексами; 7) пермский; золотосульфидно-кварцевая и серебро-золотокварцевая формации, связанные с оясайским, шурабсайским, равашским и кызылнуринским комплексами.

Закономерности, установленные статистическим анализом, в большинстве случаев новые, но иногда они совпадают с качественными факторами локализации рудных объектов, выявленными традиционными методами, и дают их количественную оценку.

Выше перечислены примеры применения метода плотностей размещения для выявления и оценки закономерностей размещения рудных объектов относительно геологических объектов, геофизических и геохимических полей. Однако из описания метода видно, что он может быть применен также для выявления, оценки и анализа по картам закономерностей размещения множества точечных объектов относительно множества полигональных объектов любой природы. Отметим его применение для исследования закономерностей распределения эпицентров землетрясений в Средней Азии и выявления их связи с высотой рельефа [14]. В данном примере точечным объектам соответствовали эпицентры землетрясений, а площадным — площади с определенными интервалами гипсометрических отметок. В результате установлена близкая к прямо пропорциональной зависимость плотности эпицентров p от высоты рельефа z , характеризующаяся уравнением $p=0,018z$. Этот статистический факт объясняется очень

просто: чем больше на данной территории средняя скорость роста гор, тем более она сейсмически активна.

Из изложенных материалов статьи можно сделать следующие выводы:

1. Разработка статистического металлогенического анализа и создание статистической металлогении — перспективное направление дальнейшего развития металлогении. Статистическая металлогения должна включать комплекс статистических методов выявления и анализа закономерностей размещения рудных объектов (методы статистического металлогенического анализа) и совокупность самих статистических закономерностей размещения рудных месторождений в земной коре.

2. Для выявления и анализа закономерностей размещения рудных месторождений относительно других геологических объектов (комплексы пород, отдельные интрузивные массивы, структуры и др.), геофизических и геохимических полей предложен статистический метод, названный методом плотностей размещения объектов. Он основан на совместном анализе геологических, геофизических и геохимических карт и карт рудных месторождений исследуемой территории, которые рассматриваются как реализация сложной системы случайных полей. Для количественной оценки *надежности закономерности* размещения рудных месторождений относительно других геологических объектов предложены два параметра: *мера четкости проявления закономерности*; *показатели точности или достоверности закономерности*. Выведены основные формулы метода, предложен коэффициент пространственной связи, которую можно использовать как меру четкости проявления закономерности, и критерий для проверки статистической гипотезы о существовании закономерности.

3. Исходя из общей и локальной однородности случайных полей, выведены формулы для оценки дисперсий статистик, характеризующих точность или достоверность закономерности размещения рудных месторождений относительно геологических объектов, геофизических и геохимических аномалий на основе анализа картографической информации. Разработанные алгоритмы реализованы в виде комплекса компьютерных программ системы «Геоанализ».

4. Метод плотностей размещения и реализующие его компьютерные программы прошли длительную апробацию на примере Средней Азии и отдельных его регионов для выявления статистических закономерностей размещения рудных месторождений относительно геологических формаций, интрузивных массивов, разломов, вулканотектонических структур, элементов глубинного строения территории, геофизических и геохимических аномалий, выявления факторов локализации рудных объектов с целью их количественного прогнозирования и др. В результате обоснована их эффективность для выявления, оценки и анализа статистических закономерностей размещения рудных месторождений относительно геологических объектов, геофизических и геохимических аномалий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Богацкий В.В.* и др. Пространственно-статистический анализ геологического строения и размещения полезных ископаемых / Под ред. М.А.Чурлина. — М.: Недра, 1976.
2. *Боровко Н.Н.* Статистический анализ пространственных геологических закономерностей. — Л.: Недра, 1971.
3. *Гольдшмидт В.И.* Количественный анализ металлогенических особенностей Казахстана в связи с глубинным строением и плутоническим магматизмом // Вопросы рудной геофизики в Казахстане. 1973. Вып. 6.

4. Кендалл М., Моран П. Геометрические вероятности. — М.: Наука, 1972.
5. Козеренко В.Н. Эндогенная металлогения. — М.: Недра, 1981.
6. Матерон Ж. Основы прикладной геостатистики. — М.: Мир, 1968.
7. Орлов В.П. Геологическое прогнозирование. — М.: Недра, 1991.
8. Резанов И.А. О научных законах в геологии // Бюлл. МОИП. Отд. геол. Т. 62. 1987. Вып. 3. С. 3—13.
9. Рыков В.В., Штоян Д. Модели и методы стохастической геометрии в геологии / Математические методы и автоматизированные системы в геологии. — М.: ВИЭМС, 1987.
10. Тугаринов А.И. Общая геохимия. — М.: Атомиздат, 1973.
11. Усманов Ф.А. Основы математического анализа геологических структур. — Ташкент, 1977.
12. Усманов Ф.А. Математические методы в региональной геологии и металлогении. — Ташкент, 1984.
13. Усманов Ф.А. Статистическая металлогения: современное состояние, проблемы перспективы / Основные проблемы геологии и развития минерально-сырьевой базы Республики Узбекистан. Кн. 1. — Ташкент: Госкомпечати Республики Узбекистан, 1997. С. 7—8.
14. Усманов Ф.А., Шарапова А.А., Квашин Е.В. Статистический гипсометрический анализ. Пространственное распределение очагов землетрясений и его связь с гипсометрией рельефа Центральной Азии // Узбекский геологический журнал. 1998. № 4. С. 25—41.
15. Шарапов И.П. К проблеме геологических законов // Геология и геофизика. 1983. № 10. С. 80—87.
16. Agterberg F.P. Automatic contouring of geological maps to detect target areas mineral exploration // J. Int. Assoc. Math. Geol. 1974. 6, 4.
17. Carranza E.J., Hale M. Spatial association of mineral occurrences and curvilinear geological features // Mathematical geology. 2002. Vol. 34. № 2. P. 203—221.
18. Elfeki A., Dekking M.A Markov chain model for subsurface characterization: theory and applications // Mathematical geology. 2001. Vol. 33. № 5. P. 569—589.
19. Khamrabaev I.K., Usmanov F.A., Seiduzova S.S. Metallogeny and deep structure of West Tien-Shan lithosphere // Global tectonics and metallogeny. 1991. Vol. 4. № 1&2. P. 85—95.
20. Norberg T., Rosen L., Baran A., Baran S. On modelling discrete geological structures as Markov random fields // Mathematical geology. 2002. Vol. 34. № 1. P. 63—77.

УДК 553.08:549.3 (–924.9)

© С.В.Воробьева, 2005

Закономерности развития регионального динамометаморфизма и геологическая позиция залежей комплексных сульфидных руд на Урале

С.В.ВОРОБЬЕВА

Современную тектоническую структуру Урала можно представить как совокупность гипсометрически многоуровневых блоковых поднятий и синхронных прогибов складчатого палеозойского фундамента. Поднятые глыбы, представленные гранитизированными доверхнесилурийскими породами, составляют плато, выровненное денудацией. Эти поднятия окружены гигантскими зонами динамодислоцированных допалеозойских горных пород (внутриразломные зоны межблоковой линейной складчатости). Наиболее крупная — зона Главного Уральского разлома, которую можно представить как гигантскую динамопластину допалеозойских динамодислоцированных пород, наклоненную на запад, под фундамент Русской платформы [1]. Главный Уральский разлом отделяет допалеозойский фундамент Русской платформы от протяженных вулcano-плутонических поясов складчатого пояса Урала. Крупнейший из них — Восточно-Уральский складчатый пояс. Его осевая часть — почти субмеридиональная зона глыбовых поднятий гранитизированных пород. Ядра поднятий — крупные диапировые выступы плагиогнейсов и мигматизированных амфиболитизированных пород, в строении которых наблюдаются реликты метаморфических пород гранулитовой фации, представленные двупироксен-рогообманково-плагиоклазовыми кристаллическими сланцами; гранат-омфацитовые эклогиты, слюдистые кварциты, мраморы, а в некоторых структурах ядра состоят из гранитов. Диапировые поднятия имеют кольцевые зоны тектонического обрамления, отделенные от гнейсово-гранитных ядер тектоническими зонами локального динамомета-морфизма.

Гнейсовые ядра составляют породы протерозойского возраста, а зоны тектонического обрамления — полиметаморфизованные породы, сформировавшиеся из позднепротерозойского субстрата. Полиметаморфизованные породы пред-

ставлены кварц-мусковитовыми и кварц-дистен-мусковитовыми сланцами. Такие сланцы — продукт регрессивного метаморфизма и локального динамометаморфизма, испытавшие влияние высокотемпературного метасоматоза. Дистен появляется в зонах наиболее интенсивных деформаций и фиксирует обстановку изменения щелочной среды в сторону кислотности [5]. Вокруг диапировых поднятий развиты зоны локального прогрессивного метаморфизма, для которых характерны метаморфические породы амфиболитовой и эпидот-амфиболитовой фаций и фации зеленых сланцев [4]. Локальным прогрессивным метаморфизмом охвачены динамодислоцированные доверхнесилурийские породы. Выходы метаморфических пород зон обрамления диапировых куполов имеют видимую мощность на эрозионном срезе от сотен метров до первых километров в зависимости от глубины эрозионного среза таких сооружений.

В некоторых диапировых структурах под влиянием активных низкотемпературных гидротермальных процессов полиметаморфические породы превращены в своеобразные кварц-серицитовые сланцы и серицитолиты, называемые в поисковой практике «кыштымские сланцы». Выходы подобных сланцев на Среднем Урале указывали на наличие сульфидных залежей комплексных руд Карабашского типа. Сульфидные залежи подчинены зонам тектонического обрамления блоковых гранито-гнейсовых поднятий и локализируются в кыштымских сланцах не всегда, а только в местах их выхода на эрозионный срез, под рыхлые наносы. На глубине такие залежи локализируются в зеленокаменных тектонических сланцах, причем находятся в зоне перехода от эпидот-амфиболитовой метаморфической фации к фации зеленых сланцев [2].

Диапировые поднятия древних пород пространственно сочетаются с синклинальными погружениями. Метаморфические породы тектонического обрамления данных

поднятий локализуются на расстоянии 1—2 км, расширяясь в периклинальных погружениях до 3—4 км. Наиболее крупные синклиналильные погружения (Тагило-Магнитогорский и Восточно-Уральский прогибы) составляют периферическую часть Восточно-Уральского поднятия.

Зона сочленения Восточно-Уральского складчатого пояса с палеозойским фундаментом Западно-Сибирской эпипалеозойской плиты представляет собой пояс крупных глыбовых поднятий, насыщенных реоморфическими интрузиями палеозойских пород. Региональным динамометаморфизмом в этом поясе охвачена вся толща палеозойских пород. Характерны линейные складки очень большой амплитуды, осложненные сдвиго-сбросовыми и сдвиго-надвиговыми перемещениями. Динамодислоцированная толща перекрыта горизонтально налегающими юрскими, меловыми и палеогеновыми отложениями. На Восточно-Уральском поднятии тектонические движения вновь активизировались в мезокайнозой и охватили прилегающие зоны всего Уральского пояса.

Активизация тектонических движений позволила картировать древние допалеозойские кристаллические породы на современном эрозионном срезе. Древние глубокометаморфизованные породы выходят на эрозионный срез в долинах рек Миасс, Тогузак, Аят, Урал, Орь, Тобол. Особенно активные восходящие тектонические движения наблюдались на Урало-Тобольском поднятии, где ранее накопленный мезозойско-кайнозойский покров почти размыт в связи с подъемом плато. Отложения этого возраста сохранились лишь на отдельных участках к югу от г. Троицк. В этом районе рассеяно множество соленых озер.

На Восточно-Уральском поднятии обломки разрушенных гнейсов и двупироксеновых кристаллических сланцев встречаются в терригенных отложениях D_{2-3} , что указывает на закономерные длительные восходящие тектонические движения. Однако и породы D_{2-3} , вмещающие эти обломки, — регионально-динамометаморфизованные, что свидетельствует о возобновлении процесса регионального метаморфизма в верхнем палеозое.

Под влиянием гравитационных сил, действовавших одновременно на огромной территории в связи с подъемом глыб древних кристаллических пород, в зонах тектонического обрамления таких глыб образовались сланцы-тектониты, подвергшиеся одновременным деформациям изгиба и бокового сжатия. В результате сформировались гипсометрически многоуровневые флексуры, состоящие из тектонических сланцев. Позднее сланцы-тектониты испытали внутреннее трансляционное скольжение, выраженное сдвиго-надвиговыми и взбросо-сдвиговыми перемещениями в зонах тектонических швов, образованных клиньями сланцев-тектонитов. Эти перемещения прямо указывают на неравномерный локальный прогрев пород и новое зарождение очагов такого прогрева. Сдвиговые перемещения охватили не только тектонические сланцы, но и контактирующие с ними тела интрузивных пород габбро-диорит-гранодиорит-плагиогранитного комплекса. Таким образом появились кольцевые структуры, представляющие собой сложное пространственное сочетание динамодислоцированных тел габбро-диорит-гранодиорит-плагиогранитного комплекса, реоморфических интрузий, сформировавшихся под влиянием зеленокаменных пород прежнего метаморфического обрамления гнейсовых выступов и плагиогнейсов, насыщенных регенерированными щелочными гранитами. Галька пород габбро-диорит-гранодиорит-плагиогранитного комплекса встречается в базальных

конгломератах, залегающих в основании эйфельских отложений.

Появление в геологическом разрезе среднего—верхнего карбона флишевых толщ на западном склоне Урала связано с энергичным размывом молодой горной гряды, образовавшихся в каледонский этап тектогенеза и существовавшей на Восточно-Уральском поднятии. Данная гряда принадлежит каледонским сооружениям Западной Сибири и Казахстана.

Термальные диапировые прототектонические структуры формировались под влиянием реоморфических интрузий, возникших в результате тектонической мобилизации зеленокаменных пород гнейсовых диапировых поднятий. Внедрение этих диапиров было многоэтапным и сопровождалось риолит-андезитовым и трахилипаритовым вулканизмом. Указанным вулканическим породам на глубине соответствовали диорито-гранодиоритовые и граносиенитовые интрузии. Позже началось анатектическое плавление пород на глубине и в отдельных мобильных зонах сформировались плагиограниты. Новый этап динамометаморфизма, охвативший только локальные зоны обрамления глыбовых поднятий, происходил в раннем мезозое, о чем свидетельствуют пространственно сближенные полосы зеленокаменных пород в Кушва-Тагило-Карабашской зоне. Подобное сближение указывает на обстановку проявления наивысших избыточных тектонических давлений.

В зонах сильного направленного бокового давления возникают наибольшие избыточные давления. Здесь появляются горизонтальные силы, под действием которых стены окружающих боковых пород, сдерживающие внедрение тектонически мобилизованных пород, сближаются, вытесняя внедряющиеся тектонически мобилизованные породы. Такие породы, насыщенные поровыми флюидами, легче переходят в состояние реоморфизма. Если поровое давление флюидов превысит сопротивление нагрузки вытесняемых толщ, то произойдет гравитационное диапировое внедрение. Зоны сильного направленного бокового давления фиксируют системы непротяженных трещин ложного кливажа («zones of shearing»).

В зоне главного водораздельного хребта Уральского кряжа картируется древняя толща глубокометаморфизованных пород, представленных хлорит-мусковит-биотитовыми сланцами с порфиробластами албита, хлоритовыми сланцами, ставролит-гранат-мусковит-кварцевыми и фибролит-мусковит-кварцевыми сланцами. Обломки метаморфических сланцев встречаются в нижнепалеозойских отложениях Южного Урала, а уже окатанные гальки этих пород — в более молодых осадочных отложениях верхнего девона—раннего карбона, что подтверждает существование поднятий метаморфических допалеозойских пород уже в раннем палеозое, а с наступлением турне они были почти размыты. Наиболее высокие горные вершины Главного Уральского горного пояса представлены стойкими к выветриванию слюдистыми кварцитами, сформировавшимися в результате метасоматического насыщения кремнеземом указанных глубокометаморфизованных пород, а затем выжатых в виде блоковых поднятий в процессе гравитационной тектоники, связанной с восходящими тектоническими движениями альпийской эпохи. Если бы поднятие этих горных сооружений было палеозойского возраста, оно неизбежно было бы разрушено.

В послейюрское время многочисленные ингрессии моря сочетались с активными восходящими тектоническими движениями, способствовавшими сохранению континен-

тального режима на большей части уральской территории. В результате длительно восходящих поднятий допалеозойского кристаллического фундамента обособились горные сооружения Центрального Урала, поднятия Мугожар, а также поднятия, составившие водораздельные пространства между реками Урал и Илек, Урал и Тобол.

Активные тектонические движения в миоцене проявились в Оренбургской степи. Мелкие сбросы, осложняющие залегание третичных отложений, известны, например, в районе станции Сары в Оренбургской области.

Изложенные факты свидетельствуют о региональном динамометаморфизме на Урале, вызванном гравитационно-конвективными движениями блоков разрушенного каледонского фундамента в зоне Восточно-Уральского поднятия в послепалеозойское время. Большое значение глыбовым движениям, формировавшим тектонические структуры Урала, придавал А.Д.Архангельский (1934), отметивший, что «энергичная дислокация на Урале, приведшая к образованию главной части дизъюнктивных нарушений, происходила в то же время, что и на Мангышлаке, т.е. в конце триаса». На дислоцированность палеогеновых отложений Южного Урала впервые указал В.С.Слодкевич, описавший субширотное диапировое поднятие на левом берегу р.Миасс (район деревни Каптеевой) и отметивший, что простираются и углы падения пород, составивших крылья этой структуры, различны.

Тектонические сланцы зеленокаменной полосы Среднего Урала имеют обломочную структуру. Эти породы были рассланцованы и пликативно дислоцированы, а затем разбиты на блоки и подвергнуты гравитационным перемещениям. Все это подтверждает, что зеленокаменные сланцы как тектонические образования возникли именно в результате активных гравитационных глыбовых движений, которые проявились только после зонального прогрессивного метаморфизма.

Кульминационный этап развития процесса регионального динамометаморфизма на Урале — мобилизация каменного вещества мантии, которая и обусловила грандиозные блоковые перемещения фундамента, повлекшие зарождение и развитие локальных очагов плутонометаморфизма на более высоких гипсометрических уровнях. Мобилизация подкорового вещества мантии выразилась в появлении сильных тепловых и флюидных потоков из мантии и их миграции. Породы, вытесняемые в мобильных зонах, насыщались флюидами, что и способствовало зарождению вулканоплутонизма.

В очень протяженных и длительно развивавшихся зонах, где в процесс динамометаморфизма были вовлечены породы мантии, внедрившиеся в раннем палеозое и способствовавшие разрушению сооружений эпохи карельской орогении, развиты зеленые сланцы — наиболее тектонически дислоцированные древние базальтоидные породы. Зеленые сланцы характерны для зон смятия — зон регионального динамометаморфизма, поясов сосредоточения центров вулканоплутонической деятельности. Жизнь таких центров не вечна, она определяется миграцией зон с высоким термальным потоком в более верхние гипсометрические зоны, а тектонические движения — итог влияния сильных термальных потоков, что неизбежно выражается в перераспределении соотношения гравитационных сил.

Породы мантии, находясь в состоянии реоморфизма, очень медленно внедрялись в верхние гипсометрические уровни разреза, синхронно многоэтапному проявлению

вулканоплутонических процессов, поскольку очень большая нагрузка вышележащих накопленных толщ препятствовала внедрению. Таким образом, в вытесняемых мобилизованных массах горных пород устанавливалось избыточное гидростатическое и боковое давление. Вытесняемые породы вышележащих толщ переходили в напряженное состояние, в них возникали силы, которые стремились уравновесить все силы, приложенные к вытесняемым породам, что приводило к упругим деформациям и складчатости. В зонах смятия практически вся масса горных пород подвержена пластическим деформациям. Для создания таких условий необходимы сверхизбыточные тектонические давления, во много раз превышающие реологические свойства пород мантии. Вся масса горных пород, находившихся в состоянии крайнего физико-механического напряжения, испытывала очень длительные упругие деформации. Подобное состояние называется ползучестью (сгеер). В состоянии ползучести легче переходят ранее дислоцированные породы. При крайних напряжениях зоны этих пород создают условия для гравитационных дифференцированных перемещений тектонических блоков. Динамическое равновесие достигается путем крайне медленной ползучести в тектонических клиньях шовных межблоковых зон. О ползучести сланцев-тектонитов, образовавшихся за счет древних доверхнесилурийских пород, составляющих зеленокаменный пояс Урала, свидетельствуют факты активизации тектонических движений в полосе развития таких сланцев. Например, в полосе Екатеринбург—Челябинск участок земной коры испытал во время трансгрессии в палеогене опускание. Однако до этого происходили активные восходящие тектонические движения, поскольку мезозойская кора выветривания была смыта с гранитных массивов.

Интенсивное перемещение наблюдалось в зонах тектонических швов, заполненных динамодислоцированными телами перидотитов, превращенных в серпентиниты. Серпентиниты на Южном Урале прорывают мезозойские и нижнетретичные отложения, имеют тектонические контакты с верхнедевонскими и раннекаменноугольными отложениями. Некоторые протрузии серпентинитов прорывают визейские известняки на Среднем Урале. На Южном Урале гальки серпентинитов встречаются в большом количестве в базальных конгломератах, перекрывающих живецкие отложения. В Платиноносном поясе [6] тела растертых серпентинитов приведены к одному гипсометрическому уровню с породами, внедрившимися динамодислокационным путем и составлявшими прежде фундамент древнего океанского ложа. В Платиноносном поясе полосы черных растертых серпентинитов, насыщенных органическим веществом, чередуются с полосами сланцев, сформировавшихся под действием ультраосновных пород. Такие сланцы напоминают граувакковые или глинистые сланцы, но в них прослеживаются растертые реликты оливиновых зерен, чередующихся с полосами тектонических сланцев, представленных хлоритом и карбонатом.

Платиноносный пояс занимает межблоковую зону субмеридионального направления и простирается более чем на 600 км. Тектонические перемещения здесь происходили длительно, тектонически унаследованно, поскольку этот пояс фиксирует древнее горное сооружение поднятого фундамента прежнего океана [3], существовавшего в начале палеозоя после карельской эпохи тектогенеза как продолжение Северного Ледовитого океана. В породах древнего пояса прослеживаются тектонические взаимоот-

ношения как между ранее накопленными породами раннего палеозоя, так и между внедрившимися позже породами океанического фундамента. Они представлены комплексом дунит-гарцбургитовых пород, которые реагировали на последующие неоднократные избыточные тектонические давления уже как абсолютно твердые тела, а габбро в то время находилось в пластическом состоянии (полосчатость в габбро обтекает контуры ультраосновных пород, разбитых разломами на глыбовые блоки). Создается впечатление более позднего внедрения из глубины пород габбро-диорит-гранодиорит-плагиогранитного комплекса, составлявшего ранее фундамент островных дуг, в зону этого тектонически проницаемого шва, что подтверждает длительную цепь событий: опускание прежнего досреднедевонского фундамента, образование геосинклинального прогиба и исчерпание энергии глубинного очага. Породы фундамента островных дуг опускались и втискивались, вовлекались в эту тектонически активную зону. Подобные события произошли уже после образования островных дуг. Затем породы фундамента дуг были внедрены в зону Платиноносного пояса. О гигантских геодинамических напряжениях свидетельствует также зона Главного Уральского разлома с телами эклогитовых пород. Позже эту зону унаследовал глаукофансланцевый пояс, сформированный в киммерийскую эпоху. В среднем—верхнем палеозое в тектонической зоне Платиноносного пояса происходило интенсивное внедрение реоморфических тел. Наиболее молодые — сиенитовые интрузии. Отмечается определенное родство, взаимопереходы пород габбро-диорит-гранодиорит-плагиогранитного комплекса. Эти породы динамометаморфизованы и несут черты метаморфических преобразований в условиях гранулитовой фации. Родство их обусловлено совместным динамометаморфическим перерождением.

На Южном Урале гальки и обломки различных пород габбро-перидотитового комплекса с характерными аксессуарами известны на различных стратиграфических горизонтах среднего—верхнего девона, но особенно многочисленны гальки в отложениях верхнего девона. Платиноносный пояс на Южном Урале не наблюдается. Это свидетельствует о том, что данный пояс на Южном Урале был размыт уже к наступлению верхнего палеозоя, тогда как он еще не был платиноносным ни на Среднем, ни на Южном Урале. Однако, поскольку на Среднем Урале из глубины внедрились втиснутые обрушенные блоки краевого вулканоплутонического пояса, затянутые в гигантскую мобильную зону, пояс стал платиноносным. Продолжались восходящие движения, связанные с внедрением гигантских кольцевых комплексов расслоенных интрузий. Ядрами таких комплексов стали сужающиеся к низу в виде воронки тела платиноносных дунитов, содержащие миароловые пустоты, заполненные углеводородными газами и азотом. Жилки расплавленных дунитов пересекают ранее образовавшиеся в дуните хромитовые шпиры. В результате динамического воздействия габбро и древних дунит-гарцбургитовых пород возникли гигантские контактово-реакционные каймы пироксенитов. В процессе динамической жизни этой зоны взаимодействие привело к формированию кольцевых расслоенных интрузий. Внедрение таких интрузий послужило причиной проявления вулканизма в раннем мезозое по периферии тектонически мобильной зоны. Однако глыбовое гравитационное обособление Платиноносного пояса произошло уже после раннего мезозоя. Эта картина обусловила и гигантские перемещения,

охватившие все зоны с клиньями зеленокаменных сланцев-тектонитов восточного склона Урала. Итог такого длительного тектонического развития — залежи комплексных сульфидных и сульфидно-магнетитовых руд.

Рудные залежи формировались очень и очень длительно, синхронно с многоэтапным развитием динамометаморфизма. Многоэтапность четко видна в последовательной смене различных парагенетических ассоциаций рудных и жильных минералов, сложном пространственном и возрастном переплетении реоморфических интрузий и разновозрастных даек, фактах проявления дорудных, синрудных и пострудных складчатых и разрывных дислокаций. Динамодислокационные втеки сульфидной массы в полости приоткрывавшихся в результате крайних геодинамических сверхизбыточных напряжений трещин отдельности вполне естественно создавали у первых исследователей, в числе которых были Л.Дюпарк и А.Н.Заварицкий, впечатление о внедрении расплавленной сульфидной массы. Именно в зеленокаменном поясе сульфидные жилкообразные залежи уходят на большую глубину, отличаются богатством примесей редких и рассеянных элементов.

Исходным материалом для переконцентраций служили колчеданные залежи. Они на Урале размещаются на западном и восточном склонах, а также в осевой зоне Урала, но отличаются промышленной значимостью (концентрация золота, цветных и редких металлов), морфологией, вещественным составом руд и геологической позицией, хотя собственно серноколчеданные залежи, несомненно, составляют первоначально единую генетическую группу. В результате вулканической деятельности произошло накопление рудного вещества в вулканогенных толщах S_2 — D_1 , но промышленные месторождения сформировались путем переконцентрации сульфидов, которые были накоплены в поясе островных дуг, вовлеченных в геодинамическую зону границы континент—океан. Сильные геодинамические напряжения наблюдались в пермо-триасе в связи с погружением больших участков коры Восточно-Европейской и Западно-Сибирской эпипалеозойской плит.

Переконцентрация сульфидов в зеленокаменном поясе происходила до начала альпийских движений, что подтверждается наличием альпийских метаморфических жил и прожилков с хорошо образованными кристаллами кварца и сульфидов, выросшими на стенках миароловых пустот и приоткрывшихся трещин.

На основе изложенных материалов можно сделать следующие выводы:

1. Тектоническая структура Уральского складчатого пояса сформировалась в результате длительного процесса регионального динамометаморфизма. Существенные блоковые перемещения произошли в киммерийскую эпоху, что подтверждается диапировыми поднятиями древних пород, сочетающимися с синхронными синклинальными погружениями. В альпийскую эпоху проявились движения в зонах крупных тектонических швов.

2. Пояс очень крупных глыбовых гравитационных поднятий тяготеет к зоне сочленения Урала с Западно-Сибирской эпипалеозойской плитой.

3. Горные сооружения древних динамодислоцированных пород Центрального Урала, Мугоджар, а также поднятий, составивших водоразделы рек Урал и Илек, Урал и Тобол, обособились в связи с унаследованным восходящим тектоническим движениям в послелюрское время.

4. Зеленокаменные сланцы восточного склона Урала как тектонические образования сформировались в процессе

регионального динамометаморфизма путем активных длительных глыбовых перемещений. Выходы сланцев представляют собой межблоковые швы.

5. Комплексные сульфидно-магнетитовые и сульфидные месторождения, подчиненные зеленокаменному поясу восточного склона Урала, сформировались в процессе длительного регионального динамометаморфизма.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Добрецов Н.Л., Кейльман Г.А., Минкин Л.М. и др. Метаморфические комплексы и пояса Урала / Метаморфические пояса СССР. — Л.: Наука, 1971. С. 222—226.
2. Заварицкий В.А. Метаморфизм зеленокаменных пород, вмещающих колчеданное месторождение им. III Интернационала (бывшее Сан-Донато) на Среднем Урале / Колчеданные месторождения Урала. — М.: Изд-во АН СССР, 1950. С. 19—116.
3. Иванов С.Н., Перфильев А.С., Нечухин В.М. и др. Палеозойская история Урала / Магматизм, метаморфизм и рудообразование в геологической истории Урала. — Свердловск, 1974. С. 7—38.
4. Кейльман Г.А. Гнейсовые комплексы Урала / Метаморфические пояса СССР. — Л.: Наука, 1971. С. 227—233.
5. Природа метаморфизма. — М.: Мир, 1967.
6. Сергеевский В.М. Типы месторождений металлов группы платины на Урале // Геология СССР. Т. XII. Урал. Ч. II. Полезные ископаемые. — М.—Л.: Госгеолгиздат, 1947. С. 826—846.

УДК 553.634.12 (–925.17/19)

© Коллектив авторов, 2005

Предпосылки и факторы формирования крупных литий-бериллий-флюоритовых месторождений Вознесенского рудного района

И.И.КУПРИЯНОВА (ВИМС), М.Д.РЯЗАНЦЕВА (Приморская ПСЭ), О.А.КУКУШКИНА (ВИМС), Б.В.БЕЛЯЦКИЙ, Р.С.КРЫМСКИЙ (ИГГД РАН)

Вознесенский рудный район замечателен тем, что в нем находятся крупнейшие месторождения редкометалльно-(бериллий-литий-рубидий-цезиевой)-флюоритовой формации апокарбонатно-грейзеновой группы [14, 19]. Он расположен на территории Ханкайского кристаллического массива (Приморье) — части Ханкайско-Буреинского микроконтинента в позднем докембрии отделившегося от Северо-Китайского континента в результате спрединговых процессов, которые привели к образованию Монголо-Охотского океана [8]. Позже монокристаллический континент был разбит глубинными разломами на три мегаблока — Буреинский, Цзямусы (Китай) и Ханкайский. Все они насыщены крупными гранитными батолитами протерозойского и палеозойского возрастов, на фоне которых метаморфический субстрат распространен фрагментарно, что свидетельствует об ареальном тепловом фронте [10], интерпретирующемся как след палеосуперплюма, сопоставимого с Центрально-Азиатским [24]. Металлогения микроконтинента разнообразна и включает месторождения и рудопроявления флюорита, Be, Ta, Nb, Li, Cs, Zn, Pb, Sn, U, W, Fe, графита, глинозема. Главная масса такого многообразного оруденения была образована в течение раннего палеозоя, поэтому в данной статье рассматривается только древняя (PR—C) геологическая история региона с целью выделения факторов, влияющих на общий металлогенический потенциал и формирование крупномасштабных месторождений Вознесенского района.

Тектоническое районирование Приморского края, в западной части которого расположен Ханкайский кристаллический массив, проведено на основе выделения блоков, представленных структурно-вещественными комплексами, образованными в различной геодинамической обстановке [22] (рис. 1). По возрасту складчатости эти блоки в составе гетерогенного Ханкайского массива сгруппированы в три структурных этажа [2, 15].

Первый структурный этаж — раннепротерозойский фундамент состоит из трех кратонных блоков: Матвеевско-Нахимовского, Гродековского и Кабаргинского трога

(авлакогена); второй представлен отложениями Спасско-Вознесенского блока, сформированными на пассивной окраине микроконтинента; в третий входят слабо дислоцированные вулканиты Синегорской рифтогенной впадины, наложенной на юго-восточную часть Спасско-Вознесенского блока. С запада Ханкайский массив ограничен региональным Западно-Приморским разломом, за которым расположен составной Западно-Приморский (Лаоелин-Гродековский) блок, а с востока отделяется системой молодых (P—T) впадин и глубинных разломов от аккреционной системы Сихотэ-Алиня. Геофизическими исследованиями [5] для Ханкайского массива установлена пониженная мощность гранитного слоя (до 8 км) и относительно увеличенная толщина базальтового слоя (до 20 км), а под Нахимовским куполом и Спасско-Вознесенским блоком в основании коры определена астеносферная линза мощностью 2,5—6 км.

Первый структурный этаж. Матвеевско-Нахимовский блок состоит из двух купольных структур — *Матвеевская* и *Нахимовская*, разделенных субширотным *Кабаргинским* авлакогеном (см. рис. 1). Купольные структуры образованы в результате ультраметаморфизма раннепротерозойских толщ, сложенных диопсид- и форстерит-кальцитовыми мраморами с графитом, силлиманитовыми гнейсами и сланцами (табл. 1). В их ядрах среди метаморфитов развиты кварц-полевошпатовые пегматиты с мусковитом, иногда с итриевой минерализацией, а также анатектоидный безрудный гранитный магматизм уссурийского комплекса. В метаморфических толщах известны мелкие графитовые проявления. Высокоглиноземистые силлиманитовые скопления в сланцах и гнейсах могут быть источником глинозема при разработке рентабельной технологии.

Кабаргинский авлакоген выполнен позднепротерозойскими сланцами, филлитами, известняками и раннекембрийскими карбонатно-терригенными толщами с горизонтами железистых кварцитов, в подошве которых присутствует также марганцевая минерализация (Уссурийская группа эксталяционно-осадочных железорудных проявлений). Метаморфические толщи прорваны небольшими

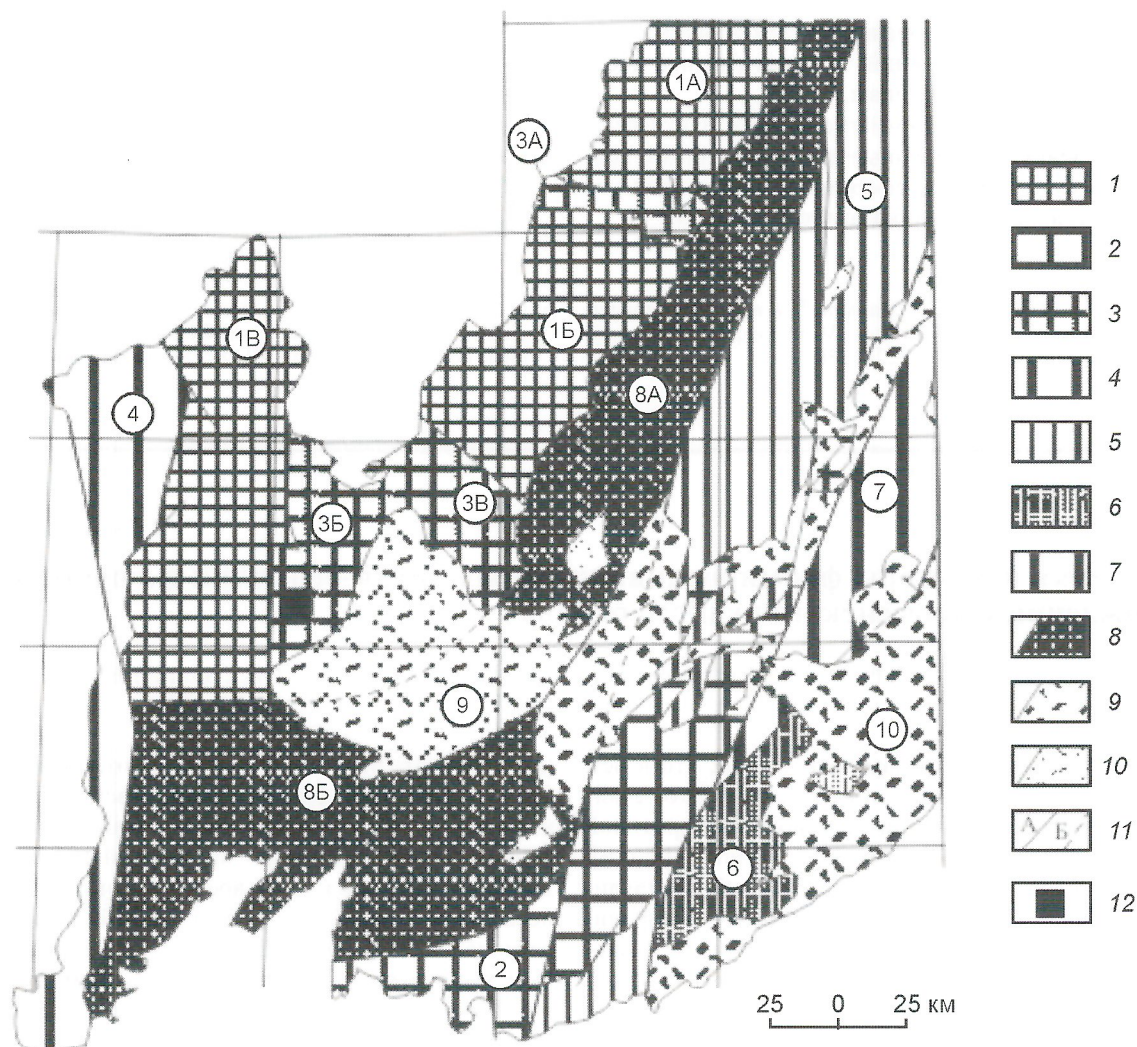


Рис. 1. Фрагмент схемы тектонического районирования Приморского края. Ханкайский массив. Составитель М.Д.Рязанцева, 2001:

1 — дорифейский фундамент (PR_1); 2 — рифейский фундамент (PR_2); 3 — пассивная континентальная окраина; 4 — островная дуга и активная континентальная окраина; аккреционные призмы: 5 — ранне-среднемезозойская, 6 — поздне-мезозойская; 7 — турбидитовый бассейн (K_1); 8 — активная континентальная окраина; 9 — область рифтогенеза и рифтогенного магматизма; 10 — надсубдукционный вулканический пояс; 11 — разломы: а — установленные, б — предполагаемые; 12 — Вознесенский рудный район; блоки (цифры в кружках): 1А — Матвеевский, 1Б — Нахимовский, 1В — Гродековский, 2 — Сергеевский, 3А — Кабаргинский авлакоген (PR_2-E_1), 3Б — Спасский, 3В — Вознесенский (E_1), 4 — Западно-Приморский (S_1-P_2), 5 — Центральный ($T-J$), 6 — Прибрежный (K_1), 7 — Восточный (K_1) турбидитовый бассейн, 8А — Малиновская зона ($P-T$), 8Б — Муравьевская зона ($P-T-J$), 9 — Синегорская впадина (S — молассовые отложения, $D-C-P$ — вулканогенные образования), 10 — Восточно-Сихотэ-Алинский вулканический пояс

массивами мусковитовых и турмалиновых гранитов орловского комплекса (PZ_1), сопровождающихся полностью дифференцированными редкометалльными пегматитами с цезий-лепидолитом, сподуменом, колумбит-танталитом (Тургеневское Cs-Li-Ta-Nb рудное поле).

Гродековский блок сложен преимущественно анатектоидными гранитами, среди которых сохранились многочисленные останцы и ксенолиты раннепротерозойских метаморфических пород. Амальгамация блоков и присоединение Ханкайского массива к Амурскому континенту связаны с формированием батолитов гродековского S_2 и шмаковского PZ_{2-3} комплексов (495—270 млн.лет), которые замещают породы кристаллического фундамента с постепенными пе-

реходами, ксенолитами и мигматитами. Автохтонные граниты нерудоносны. Аллохтонные разности тех же комплексов интродуцируют менее метаморфизованные отложения Спасско-Вознесенского блока, образуя ореолы термального воздействия. Со скарнами в ксенолитах карбонатных пород и провесах кровли связаны мелкие рудопроявления W, Zn-Pb, Fe (Хорольская площадь).

Второй структурный этаж. В Спасско-Вознесенском блоке отложения пассивной континентальной окраины (E_1) образуют фациальные переходы с запада на восток от наземных и прибрежно-морских терригенных осадков к шельфовым до отложений континентального склона и его подножия с фрагментами океанской коры (табл. 2). Возне-

1. Стратиграфическая схема кратонных блоков Ханкайского массива

Возраст	Блоки			
	Гродековский	Нахимовский	Кабаргинский	Матвеевский
PZ ₁₋₂ ?			Курханский комплекс; кимберлиты	
S ₂	Гродековский комплекс; анатектоидные граниты			
O			Орловский комплекс; граниты, литий-цезие- вые пегматиты	
Є ₁ ?			Орловская серия; слан- цы, железистые квар- циты, железистые и марганцевые руды	
PR ₂	Лесозаводская серия; сланцы, графитовые сланцы			
PR ₁				Уссурийский комплекс; миг- матиты, гнейсограниты
	Татьяновская свита; сланцы, гнейсы, мраморы	Татьяновская и нахимов- ская свиты; сланцы, гнейсы, мраморы, амфиболиты		
				Тургеневская, матвеевская, ружинская свиты; сланцы, гнейсы, кварциты, мраморы, силлиманитовые сланцы

сенский блок подразделяется на две подзоны: для *Первомайской* характерны континентальные и прибрежно-морские грубообломочные породы, а для *Ярославской* — тонкозернистые ритмично переслаивающиеся терригенно-карбонатные толщи с мощными слоями органогенных известняков. Кембрийские отложения в Є₂—O₁ смяты в тесно сжатые изоклинальные, часто опрокинутые на северо-восток складки северо-западного простирания. *Спасский блок*, расположенный далее к востоку, образован более глубинными отложениями континентального склона, его подножия — турбидитами с крупными олистоплаками раннекембрийских карбонатных пород и включениями ленточных кремней. Офиолитовый (?) комплекс представлен основными вулканитами с прослоями глинистых известняков, серпентинитами и блоками апогарцбургитовых серпентинитов, включающих залежи тальк-магнезитовых пород, и габброидов. Отложения Є₁ смяты в складки северо-западного простирания, часто опрокинутые к юго-западу. В отдельных межгорных впадинах развиты молассовые формации (Є₁₋₂), образующие простые складки с падением крыльев 30—50°.

В пределах Вознесенского блока развиты трещинные интрузии рудоносных гранитов вознесенского комплекса (O₂), морфология которых подчинена складчатому строению, а также более молодые монзонитоиды (рис. 2). Граниты отнесены к двум разновидностям: турмалин-биотитовые (Ярославский, Первомайский и другие массивы) и протолитионитовые (Вознесенский, Пограничный массивы). Магматизм и рудообразование происходили в условиях, отвечающих гипабиссальной фации глубинности, на

уровне которой региональный метаморфизм проявлен относительно слабо, не выходя за пределы фации зеленых сланцев.

Вознесенский рудный район с литий-бериллий-флюоритовыми, тантал-ниобиевыми и оловянными месторождениями занимает сравнительно небольшой (17×28 км) блок нижнекембрийских терригенно-карбонатных толщ в Ярославской подзоне. Он приурочен к пересечению рудоконцентрирующих линейментов субмеридионального и субширотного простираний [3, 17]. В их узле пересечения возникла длительно существовавшая проницаемая зона, корнями достигавшая верхней мантии и глубинного очага базальтоидной магмы — астеносферного диапира [16]. Площади развития глубинных трещинных структур весьма надежно маркируются сериями даек диоритовых и долеритовых порфиритов, которые могут быть до-, внутри- и послерудными. Участие мантийной составляющей в гранитообразующем процессе подтверждается Rb-Sr изотопными данными [7, 21].

Третий структурный этаж. На территории *Синегорской* рифтогенной впадины силурийские терригенные породы молассоидного типа, залегающие на кембрийских отложениях с перерывом и угловым несогласием, перекрыты широко распространенными вулканогенными комплексами D—C₁ (см. табл. 2). Вулканиты отнесены к бимодальной серии с контрастным чередованием базитов и риолитов, повышенной щелочностью и глиноземистостью. Базальты обогащены TiO₂ (до 1,7%). Комагматичные им плутонические породы представлены субвулканическими экструзиями и дайками основного и кислого состава.

2. Стратиграфическая схема Спасско-Вознесенского блока и Синегорской впадины

Возраст	Подзоны			Синегорская впадина
	Первомайская	Ярославская	Спасская	
C ₁				Куйбышевский комплекс; редкометалльные граниты
				Экструзии, риолиты, трахи- риодациты, туфы
D ₃				Трахиандезиты, базальты, туфопесчаники
D _{2—3}		Литий-бериллий-флюори- товые руды		Песчаники, туфоалевро- литы, туффиты
D ₁				Кленовский комплекс; гра- ниты, сиениты, габбро
				Субвулканы, риолиты, да- циты, туфопесчаники
S ₁				Молассоиды
S ₂		Диориты, монцодиориты		
O ₂	Вознесенский комплекс; турмалин-биотитовые граниты	Вознесенский комплекс; турмалин-биотитовые и протолитионитовые граниты		
Є _{1—2}			Молассоиды	
Є ₁ ?			Дмитриевский комплекс; габбро, перидотиты	
Є ₁	Сланцы, песчаники, гра- велиты	Известняки (органогенные и хемогенные), сланцы	Известняки, кремнистые и глинистые сланцы	

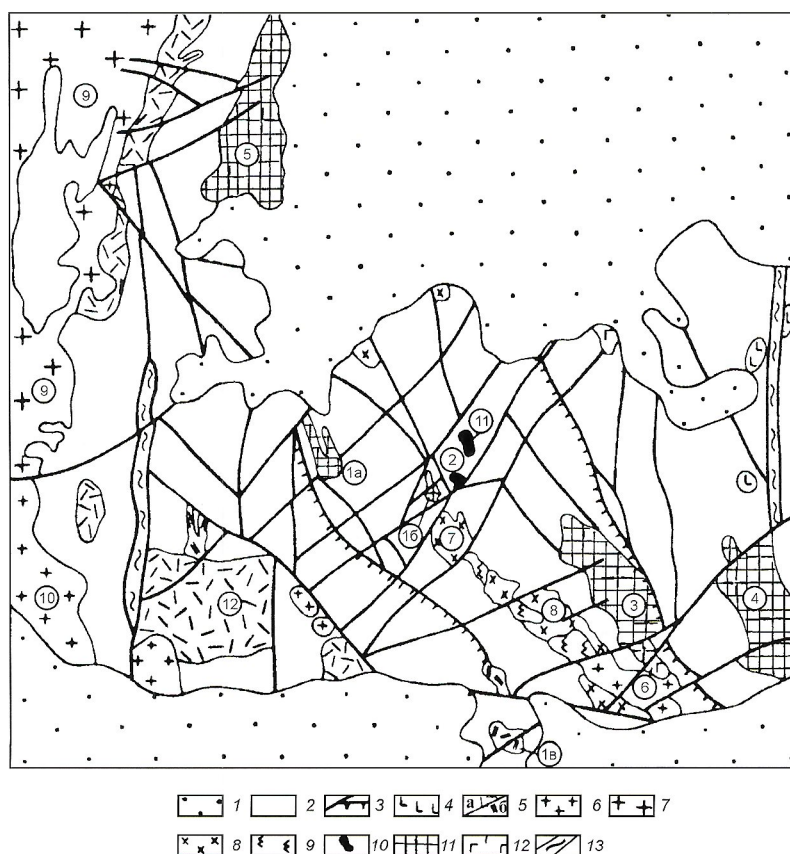


Рис. 2. Схема распространения магматических пород Вознесенского рудного района.
М.Д.Рязанцева и др., 1994:

1 — кайнозойские депрессии; 2 — карбонатно-терригенные породы Є₁; 3 — разломы; 4 — неогеновые базальты; 5 — эффузивные породы PZ: а — риолиты, б — гранит-порфиры; граниты: 6 — григорьевские; 7 — гродековские; 8 — диорит-монцониты; 9 — сиениты; граниты: 10 — вознесенские протолитионитовые, 11 — ярославские биотитовые; 12 — габбро; 13 — зоны дробления; массивы (цифры в кружках): экструзия сопки: 1а — Пологая, 1б — Савченкова, 1в — Бойкова; 2 — Вознесенский, 3 — Ярославский, 4 — Чихезский, 5 — Первомайский, 6 — Чапаевский, сопки: 7 — Москаленкова, 8 — Липовая; 9 — Гродековский, 10 — Григорьевский, 11 — Пограничный, 12 — Малоярославский вулкан

3. Содержание фтора в породах Ханкайского массива [19]

Стратиграфические и структурные единицы, возраст	Состав пород	Число проб	Содержание F, г/т
1	2	3	4
<i>Синегорская впадина</i>			
Куйбышевский комплекс, lyC_1k	Лейкократовые граниты	21	677
	Колумбитоносные граниты	13	745
Светлоярская толща, C_1sj	Риолиты	10	740
Свиты:			
Лунзинская, D_3ln	Спилиты	17	350
Васиановская, D_{2-3vs}	Песчаники, алевролиты	45	480
Реттиховская, $S_1?rt$	Алевролиты, песчаники	24	209
<i>Спасский блок</i>			
Свиты:			
Меркушевская, E_{1-2mr}	Песчаники, конгломераты	7	93
Дмитриевская, E_1dm	Известняки, сланцы	11	70
<i>Вознесенский блок</i>			
Григорьевский массив, γD_1	Порфировидные граниты	39	589
		20	260
Дайковый комплекс [7], D_1	Пикродолериты	3	3400
	Спессартиты	4	1175
	Керсантиты	3	15200
Монцонитоидный комплекс, $\delta_3 S_2$	Диориты	21	2208
	Меланократовое габбро	3	1750
	Габбро	7	486
	Монцодиориты	10	979
	Габбро	5	1158
	Монцодиориты	13	871
Массивы:			
Вознесенский, $\gamma_2 O_2 v$	Аляскитовый гранит	98	1448
Пограничный, $\gamma_2 O_2 v$	Протолитионитовый гранит	5	4500
Ярославский, $\gamma_2 O_2 v$	Биотитовый гранит	95	1003
Чапаевский, $\gamma_2 O_2 v$	То же	48	817
Первомайский, $\gamma_2 O_2 v$	Турмалиновый гранит	5	2630
Свиты:			
Березянская, $E_1 br$	Сланцы, алевролиты	25	600
Первомайская, $E_1 pm$	Известняки, доломиты	40	0
Коваленковская, $E_1 kv$	Сланцы	36	500
Дальзаводская, $E_1 dz$	Песчаники, алевролиты	45	500
Волкушинская, $E_1 vl$	Известняки	20	800

Стратиграфические и структурные единицы, возраст	Состав пород	Число проб	Содержание F, г/т
1	2	3	4
Новоярославская, $\epsilon_1 nj$	Сланцы, известняки	35	700
Лузановская, $\epsilon_1 lz$	Сланцы	40	0
Насыровская, $\epsilon_1 ns$	Кремнистые породы	20	0
<i>Гродековский и Шмаковский комплексы</i>			
Гродековский, вторая фаза, $\gamma_2 S_2 g$	Граниты	30	194
	Среднезернистые граниты	26	217
	Мелкозернистые граниты	22	105
	Бiotитовые граниты	1	89
		21	140
Шмаковский, γS_2	Граниты	8	500
<i>Кабаргинский авлакоген</i>			
Орловский комплекс, $\gamma PZ_1 o$	Гранит	13	1146
		15	567
Рудоносная свита, $\epsilon_1 ? rd$	Сланцы	22	1000
	Известняки	5	50
<i>Матвеевско-Нахимовский блок</i>			
Свиты:			
Татьяновская, $PR_1 ? tt$	Сланцы	30	915
Нахимовская, $PR_1 ? nh$	Гнейсы	26	682
Тургеневская, $PR_1 ? tr$	Сланцы, гнейсы	30	237
Матвеевская, $PR_1 ? mt$	Гнейсы, кварциты	30	739
Ружинская, $PR_1 ? rp$	Мраморы	30	267

вов, а также более крупными дифференцированными плутонами от оливиновых габбро и роговообманковых диоритов до гранитов (кленовский комплекс, D_1). В габброидах наблюдается очень высокое содержание TiO_2 (до 6%), что соответствует рифтогенному генезису. Более молодой куйбышевский комплекс (C_1) сложен плюмазитовыми редкометалльными гранитами. Вулканогенно-плутоногенные комплексы сопровождаются мелкими месторождениями и проявлениями U, Mo, Sn, Au, флюорита (230 и 80 Ма по U-Pb методу), которые приурочены к субвулканам и интрузиям в бортах локальных депрессий. В зонах альбитизации и грейзенизации гранитных куполов куйбышевского комплекса известны тантал-ниобиевое, а также касситерит-кварцевое и золотое оруденения.

Важная особенность — распределение фтора в осадочно-метаморфических и магматических породах Ханкайского массива, которое может служить одной из предпосылок формирования крупных флюоритовых месторождений региона. В целом породы Приморья обеднены фтором, и его содержания, как в осадочных, так и гранитных породах во многих случаях значительно ниже кларковых [19]. Исключение — высокие содержания фтора в магма-

тических комплексах Вознесенского района, в меньшей степени в гранитах Кабаргинской и Синегорской впадин, а также метаморфических породах Матвеевско-Нахимовского блока и карбонатных толщах Вознесенского рудного района (табл. 3), где повышенные содержания фтора в рудомещающих известняках могут быть вторичными за счет окolorудных ореолов рассеяния, а метаморфические толщи фундамента могли быть источником мобилизации фтора при магматических и рудообразующих процессах.

Завершая краткое рассмотрение геологии Ханкайского массива, выделим следующие главные факторы, определившие предпосылки крупномасштабного рудообразования.

Ханкайский массив — часть гранитонасыщенного микроконтинента, в котором интенсивное проявление гранитного магматизма на протяжении позднего протерозоя и палеозоя, служит индикатором длительного существования горячего мантийного суперплюма. Редкометалльное оруденение среднего и мелкого масштаба связано с рассредоточенными по площади батолитами, пегматитами и трещинными массивами, а осадочно-метаморфические толщи значительно обогащены фтором относительно кларковых содержаний, что свидетельствует о соот-

ветствующей специализации провинции, приуроченной к обширному горячему мантийному полю.

На этом фоне выделяется локальная горячая точка (Вознесенский рудный район), связанная с подъемом астеносферного диапира, сопровождавшегося флюидными потоками, инициировавшими образование гранитной магмы, обогащенной некогерентными, в т.ч. редкометалльными элементами, и ее глубокую дифференциацию. Гранитные массивы, с которыми связаны крупномасштабные флюоритовое и редкометалльное оруденения, сопровождаются внедрением мантийных дериватов, также существенно обогащенных фтором, что подтверждает участие вещества глубинных диапиров в развитии рудно-магматических систем.

Решающим тектоническим фактором, обеспечившим поступление мантийного вещества и образование уникально крупных месторождений в Вознесенском рудном райо-

не, служит его позиция на пересечении глубинных разломов, принадлежащих к глобальной регматической системе [1, 4] и корнями уходящих в мантию. Таким образом, масштаб рудогенеза связан не только со строением коры, но и особенностями глубоких геосфер, вплоть до ядра [23].

В пределах Вознесенского рудного района крупные редкометалльно-флюоритовые месторождения (Вознесенское, Пограничное) сопровождаются более мелкими объектами той же формации, а также оловорудными, танталовыми и полиметаллическими месторождениями среднего и небольшого масштабов. Пространственное размещение, морфология и формационные особенности оруденения контролируются структурными, магматическими и литологическими факторами.

Магматический контроль оруденения принадлежит раннепалеозойским гранитам. Биотитовые и турмалин-биоти-

товые граниты слагают ряд удлиненных массивов, приуроченных к осевым частям антиклиналей в блоках с приподнятым фундаментом (см. рис. 2; 3, А). В экзоконтактах этих массивов локализованы редкометалльно-оловянные месторождения: Ярославское, Чапаевское, Первомайское. Возраст гранитов 452—462 Ма, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 0,708—0,720 (Б.В.Беляцкий, Р.С.Крымский, ИГГД РАН).

Оловорудные месторождения относятся к касситерит-силикатно-флюоритовой (Ярославское, Первомайское) и касситерит-кварцевой (Чапаевское) формациям и локализованы в приподнятых блоках, где связаны с более крупными трещинными интрузивами биотитовых гранитов, т.е. менее дифференцированных продуктов гранитной магмы. Концентрация олова, возможно, длительный многоступенчатый процесс. Первоначально оно накапливалось еще в докембрийских гранитах и пегматитах. При их размыве акцессорный касситерит обогащал раннекембрийские терригенные толщи начальных серий (насыровская свита), из которых мобилизация олова происходила при ордовикском гранитообразовании. Источником рудного вещества полиметаллического оруденения, расположенного преимущественно по периферии района, также могли быть осадочные породы — сланцы и известняки нижнекембрийского разреза, обогащенные органическим веществом и Zn, Pb, Cu.

Протолитионитовые лейкограниты литий-фтористого типа образуют небольшие гребневидные и штокообразные интрузивы в

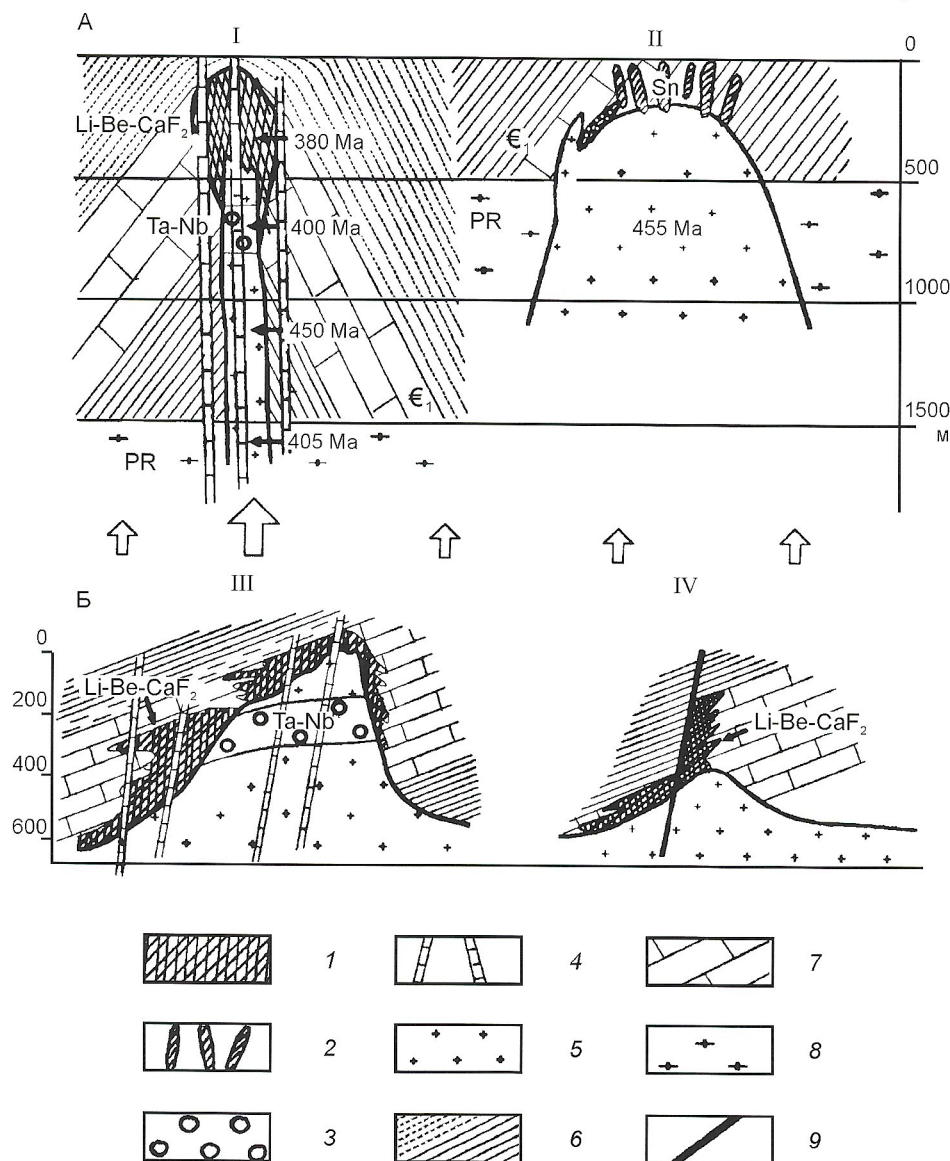


Рис. 3. Разрезы месторождений Вознесенского района:

А — глубина фундамента, форма интрузива и возраст магматических пород и руд на редкометалльно-флюоритовом Вознесенском (I) и оловорудном Ярославском (II) месторождениях; Б — позиция крупного Пограничного (III) и небольшого Лагерного (IV) месторождений относительно гранитных массивов; руды: 1 — литий-бериллий-флюоритовые, 2 — оловянные, 3 — ниобий-танталовые; 4 — дайки порфиров; 5 — граниты; 6 — сланцы; 7 — известняки; 8 — фундамент; 9 — разломы; стрелки — вещественно-энергетические потоки

центральной относительно опущенном блоке рудного поля [20] (см. рис. 2; 3, А). По геофизическим данным [16], интрузивы имеют большую вертикальную протяженность и на глубине 700—1000 м сливаются в единый крупный плутон. Их возраст 452—467 Ма, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 0,707—0,708. Ниобий-танталовое оруденение стрюверит-колумбитового типа (440 Ма, U-Pb метод) локализовано в апикальных участках куполов протолитионитовых гранитов на завершающих стадиях интрузивного процесса при переходе к постмагматическому метасоматозу — альбитизации и грейзенизации (кварц-топазовая). В экзоконтактах массивов расположены все известные месторождения и рудопроявления редкометалльно-флюоритовой формации: Вознесенское, Пограничное, Лагерное, Нагорное, Контактное. Месторождения редкометалльно-флюоритовой формации принадлежат к апокарбонатно-грейзеновому генетическому типу [6], что определяет характерную геохимическую ассоциацию литофильных элементов: F, Be, Li, Rb, Cs, Sn, W, As. Вместе с ними накапливается и халькофильная группа (Zn, Pb, Cu), в повышенном количестве присутствующая в углстом веществе вмещающих карбонатно-сланцевых толщ, из которых халькофильные элементы мобилизованы флюидными потоками, сопряженными с развитием гранитно-магматического процесса. Между редкометалльно-флюоритовым оруденением и гранитами выявлена безусловная геохимическая общность. Главный признак рудоносных гранитных массивов — их обогащенность F, Li, Rb, Cs, Be, повышенная щелочность и лейкокатовый облик. Редкометалльно-флюоритовые руды (возраст 379 Ма, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 0,708—0,740) формировались на следующей, более низкотемпературной стадии грейзенизации (флюорит-слюдяная) непосредственно над куполами танталоносных гранитов. Глубокая дифференциация магмы литий-фтористого типа и редкометалльно-флюоритовое рудообразование — результат длительного фракционирования магмы при ее движении на протяженном вертикаль-

ном интервале. Подобный механизм формирования эндогенного оруденения установлен и для других металлов, например, урана [18].

Формирование уникально крупных редкометалльно-флюоритовых месторождений нельзя объяснить только дифференциацией известных гранитных массивов Вознесенского комплекса, т.к. объемы флюоритовых залежей и интрузивных тел сопоставимы, соответственно сформировавшая их магма не могла вместить наблюдаемое в надинтрузивной области огромное количество фтора. Наиболее вероятный путь образования метасоматических залежей — воздействие глубинных флюидов (И.Н. Говоров; [19]), продолжавшееся и после становления дифференцированных редкометалльных гранитных тел, что подтверждается длительным (70—88 Ма) временным разрывом между возрастом гранитов и рудных залежей. Открытость протяженных трещинных каналов, вскрывавших мантийные флюидно-магматические очаги, подтверждается внедрением постгранитных интрузий монцитонитового комплекса (415 Ма, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 0,708) и даек пикродолеритов (405 Ма, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 0,721). На генетическое родство гранитного, монцитонитового и дайкового комплексов указывает очень высокая концентрация фтора в породах всех трех комплексов (см. табл. 3). По-видимому, для Вознесенского рудного поля может быть правомерна модель образования ультраредкометалльных лейкогранитов Рудных гор, предложенная В.Д. Козловым [9], который показал, что для формирования высокопродуктивных лейкогранитов благоприятно длительное развитие магматической системы в условиях интенсивного притока глубинных флюидов.

Размещение месторождений зависит от условий залегания многочисленных трещинных нарушений, оперяющих региональные разломы разного простирания. Наиболее богатые и крупные рудные залежи расположены в узлах пересечения сколовых сдвигов и взбросо-сдвигов северо-восточного (диагонального) простирания с субмериди-

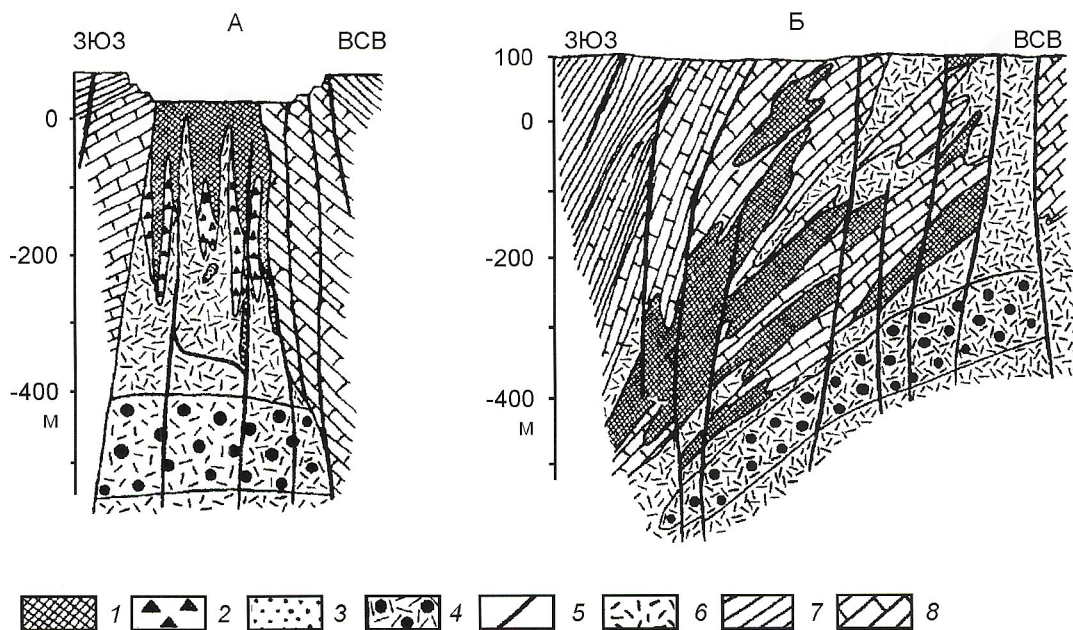


Рис. 4. Геологические разрезы крупных редкометалльно- флюоритовых месторождений Вознесенского рудного района. Е.П. Шпанов, 1999:

1 — литий-бериллий-флюоритовые рудные залежи; 2 — эксплозивные брекчии; 3 — апоскарновые руды; 4 — тантал-ниобиевые руды в кварц-топазовых грейзенах; 5 — дайки порфиристов; 6 — грейзенизированные и альбитизированные граниты; 7 — сланцы; 8 — известняки

ональными и субширотными разломами, определяющими наличие ундуляционного перегиба складчатых структур, который дополнительно усиливает трещиноватость пород, благоприятную для отложения руд. Важную роль играет также позиция в складчатой структуре, от которой зависит морфология гранитной кровли (рис. 4) [11]. Ее оптимальная форма возникла в осевой части антиклинальной складки второго порядка на Вознесенском месторождении, где компактные залежи богатых руд сформировались над гранитным гребнем, который фокусировал поступа-

ющие сквозь него флюиды в узкий поток среди макробрекчий. Рудолокализирующие тектонические нарушения выражены преимущественно крутопадающими трещинами и брекчиевыми зонами, соответственно редкометалльно-флюоритовые залежи имеют форму крупных рудных столбов, удлиненных по простиранию. Образованию богатых руд способствовали непроницаемые экраны в виде сланцев, перекрывающих известняки, и пологого надвига. В залежах преобладают фенакит-флюоритовые руды [12].

Среди пологозалегающих пород в крыле синклинали месторождения Пограничного на морфологию гранитов и рудных залежей в первую очередь влияли послонные трещины, что обусловило формирование относительно широкого гранитного купола с апофизами в виде силлов. Поток флюидов, просачивающихся по сети вертикальных и пологих трещинных зон, был рассеян по более обширному объему вмещающей толщи. Рудные залежи в форме послонных линз имеют значительное протяжение по падению и простиранию в соответствии с падением пологой кровли гранитов. Участки наиболее богатых руд локализованы вблизи апикального выступа гранитов под слабопроницаемыми сланцами. Руды преимущественно хризоберилл-флюоритового состава [12].

Надрудные зоны в сланцах, перекрывающих известняки, маркируются зонами топаз-кварцевых с W-Sn-Be минерализацией, флюорит-кварц-карбонатных прожилков с сульфидами и вкрапленностью пирита.

Локальные структурно-геологические условия определяли также масштабность месторождений, которая обусловлена их генезисом среди карбонатных пород в пределах хорошо проницаемых участков над выступами гранитных массивов. Для возникновения крупных месторождений непременно должно быть наличие четко выраженного поднятия кровли гранитов. Наиболее крупные месторождения — Вознесенское и Пограничное — сопровождаются трещинными гранитными интрузивами, поднимающимися над уровнем кровли гранитного плутона на высоту не менее 0,5—1 км (см. рис. 3, Б). Со слабопроявленными выступами гранитной кровли связаны более мелкие месторождения и рудопроявления.

Сложное многостадийное образование апокарбонатного оруденения крупного масштаба отражено в разнообразии типоморфных свойств минералов (табл. 4), а широкая дисперсия значений этих свойств может служить индикатором масштабности месторождений [13]. От крупных к средним и мелким объектам во флюорите уменьшаются

4. Вариации состава редкоземельных элементов и свойств флюорита из апокарбонатных руд месторождений Вознесенского рудного поля

Параметр	Признаки	Фенакит-флюоритовый тип			Хризоберилл-флюоритовый тип		
		Масштаб месторождений					
		Крупный	Средний	Мелкий	Крупный	Средний	Мелкий
x	Eu, г/т	0,057	0,067	0,267	0,117	0,25	0,29
	TR _Y /TR _{Ce}	0,57	0,48	0,09	0,19	0,07	0,06
	La/Yb	1,71	1,65	5,92	4,38	7,77	13,83
	Mn ²⁺	14,2	5,8	—	5,90	0,0	—
	TR ²⁺	62,7	48,6	—	18,6	1,90	—
x/s	Eu, г/т	1,55	2,05	—	0,70	1,95	—
	Eu ²⁺	2,56	3,56	—	2	5,07	—
	Eu/Eu*	0,75	1,5	—	2,46	5,76	—
	TR _Y /TR _{Ce}	1,27	1,62	—	1,66	3,43	—
	La/Yb	0,79	0,92	—	1,18	2,30	—
	Yb ²⁺	1,49	1,57	—	1,62	5,25	—
	Yb ²⁺ /Eu ²⁺	1,12	1,42	—	1,98	4,96	—
max/min	Eu, г/т	20	5,5	—	28,4	11,90	—
	Eu ²⁺	12,4	2,34	—	10,0	2,14	—
	Eu/Eu*	26,8	12,5	—	4,54	1,84	—
	TR _Y /TR _{Ce}	28,5	8,6	—	10,5	3,10	—
	La/Yb	78,4	50,9	—	13,3	3,80	—
	Yb ²⁺	33,5	7,24	—	7,45	2,19	—
	Yb ²⁺ /Eu ²⁺	28,8	7,5	—	6,71	1,89	—

HLn/LLn (TR_Y/TR_{Ce}), концентрации Mn^{2+} и интенсивности TR^{2+} и увеличиваются La/Yb и содержание Eu, а также частота встречаемости центра Mn^{2+} в тонких вростках кальцита, что соответствует более интенсивному проявлению высокотемпературных стадий при формировании крупных месторождений по сравнению с мелкими.

Еще более четкие различия между объектами разного масштаба видны в амплитуде колебаний числовых значений свойств флюорита, которая может быть выражена отношениями средних к стандартному отклонению (x/s) или максимальных и минимальных значений (max/min) индикаторных признаков флюорита из апокарбонатных руд. Число признаков, по которым можно оценивать масштабы запасов по амплитуде разброса их числовых значений, увеличено по сравнению с оценкой по средним: содержание Eu, TR_Y/TR_{Ce} , La/Yb, Eu/Eu*, интенсивность полос Yb^{2+} и Eu^{2+} , их Yb^{2+}/Eu^{2+} . Диапазон разброса числовых значений свойств флюорита — наибольший для крупных месторождений и уменьшается, когда масштаб оруденения небольшой.

Таким образом, выделяются следующие локальные факторы и предпосылки образования уникально крупных месторождений редкометалльно-флюоритовой формации апокарбонатных грейзенов, играющих ведущую роль в сырьевом потенциале Вознесенского рудного района:

1. Тектонические созданы узлом пересечения региональных разломов, которые определили функционирование проницаемой зоны вплоть до верхней мантии.

2. Структурные обусловлены развитой сетью зон, опояривающих разломы мощных трещинных, вплоть до зон брекчирования пород, играющих роль рудоподводящих и рудораспределяющих каналов, экранированных непроницаемыми пластами и зонами местных разломов.

3. Литологические связаны с присутствием в стратиграфическом разрезе мощной пачки органогенных известняков, послуживших эффективным геохимическим барьером и благоприятной вмещающей средой для метасоматических залежей, свойственных данной формации.

4. Длительное (70—88 Ма) развитие рудно-магматической системы в связи с интенсивным потоком глубинных флюидов и проявление гранитного магматизма в условиях узкого, но протяженного по вертикали канала, обеспечившие максимально полную дифференциацию расплавов, завершающуюся кристаллизацией протолитионитовых гранитов литий-фтористого типа, и продолжительное поступление щелочно-фторидных растворов, помимо отделившихся от закристаллизовавшихся редкометалльных интрузивов.

В заключение отметим, что формирование этого уникального рудного района — пример концентрации крупных масс полезных ископаемых в результате воздействия «горячей точки» — подъема мантийного диапира и глубинного флюидного потока, которые обусловили возникновение мощной рудно-магматической системы. Интенсивный гранитный магматизм с максимально глубокой дифференциацией расплавов и кристаллизацией на завершающих фазах гранитов литий-фтористого типа обеспечил поступление больших масс F, Be, Li, Ta, Nb, Sn, полиметаллов. В свою очередь, благоприятное сочетание литологических (стратиграфических), тектонических и структурных факторов создало эффективные геохимические барьеры, на которых произошло осаждение полезных компонентов.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект 01-05-64292).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аргентов В.В., Гнибиденко Г.С., Попов А.А., Потапов С.В. Глубинное строение Приморья (по данным ГСЗ). — М.: Наука, 1976.
2. Архангельская В.В. Линеаментная минерагения. — М.: Недра, 1990.
3. Бажанов В.А. Основные черты геологии и металлогении Ханкайского массива / Металлогения главных оловорудных районов юга Дальнего Востока. — Владивосток, 1988. С. 114—133.
4. Баскина В.А. Магматизм рудоконцентрирующих структур Приморья. — М.: Наука, 1982.
5. Волчанская И.К. Морфоструктурные закономерности размещения эндогенной минерализации. — М.: Наука, 1981.
6. Говоров И.Н. Геохимия рудных районов Приморья. — М.: Наука, 1977.
7. Говоров И.Н., Благодарова Н.С., Журавлев Д.З. Петрогенезис флюоритовых месторождений Вознесенского района (Приморье) по данным Rb-Sr-изотопии магматических и метасоматических пород // Тихоокеанская геология. 1997. Т. 16. № 5. С. 60—69.
8. Зоненшайн Л.П., Кузьмин М.И., Натанов Л.М. Тектоника литосферных плит территории СССР. — М.: Недра, 1990. Т. 1, 2.
9. Козлов В.Д. Геохимические и геодинамические предпосылки формирования редкометалльных рудоносных гранитов Богемского массива Центральной Европы // Докл. РАН. 2000. Т. 373. № 5. С. 667—671.
10. Красный Л.И., Вольский А.С., Шатков Г.А. и др. Геология, история развития и проблемы минерагении Приамурья и сопредельных территорий России и Китая. — СПб., 1999.
11. Куприянова И.И., Шпанов Е.П. Бериллий-флюоритовые месторождения Вознесенского рудного района (Приморье) // Геология рудных месторождений. 1996. Т. 38. № 1. С. 3—14.
12. Куприянова И.И., Шпанов Е.П. Бериллий-флюоритовые руды Вознесенского рудного района (Приморье) // Геология рудных месторождений. 1997. Т. 39. № 5. С. 442—455.
13. Куприянова И.И., Кукушкина О.А., Шпанов Е.П., Кувшинова К.А. Разнообразие свойств флюорита — индикатор масштабов оруденения (на примере бериллий-флюоритовых месторождений Вознесенского рудного района, Приморье) // Руды и металлы. 2001. № 3. С. 32—40.
14. Материюков М.П. Новый генетический тип промышленных месторождений плавикового шпата // Минеральное сырье. Вып. 2. — М., 1961. С. 37—46.
15. Олейник Ю.Н. Тектоническое районирование Приморья // Тихоокеанская геология. 1983. № 1. С. 11—19.
16. Петрищевский А.М. Глубинная структура магматических комплексов в Вознесенском рудном районе / Геофизические исследования геологических структур Дальнего Востока. — Владивосток, 1983. С. 101—111.
17. Рыбалов Б.Л., Омеляненко Б.И. Источники рудного вещества эндогенных урановых месторождений. — М.: Наука, 1988.
18. Рязанцева М.Д., Шкурко Э.И. Флюорит Приморья. — М.: Недра, 1992.
19. Рязанцева М.Д. Литолого-стратиграфический контроль флюоритового оруденения в Вознесенском рудном районе Приморья // Научно-технические достижения и передовой опыт в области геологии и разведки недр. 1993. № 9.
20. Рязанцева М.Д., Герасимов Н.С., Говоров И.Н. Рубидий-стронциевые изохроны и петрогенезис магматических пород Вознесенского рудного района // Тихоокеанская геология. 1998. Т. 13. № 4. С. 60—73.
21. Рязанцева М.Д. Геодинамические обстановки формирования структурных зон Приморья и связанный с ними магматизм // Мат-лы пятого Дальневосточного регионального петрографического совещания. Хабаровск, 30 октября—2 ноября 2001 г. С. 6—9.
22. М.А. Фаворская, В.А. Баскина, Н.Л. Шилин и др. Рудоконцентрирующие структуры Азии и их металлогения. — М.: Недра, 1983.
23. Щеглов А.Д., Говоров И.Н. Нелинейная металлогения и глубины Земли / Под. ред. Н.А. Шило. — М.: Наука, 1985.
24. Ярмолюк В.В., Коваленко В.И., Кузьмин М.И. Северо-Азиатский суперплот в фанерозое: магматизм и глубинная геодинамика // Геотектоника. 2000. № 5. С. 3—29.

Перспективы баритоносности Северо-Западного Кавказа

А.Г.ГРАНОВСКИЙ, Н.В.ГРАНОВСКАЯ (Ростовский государственный университет)

Барит относится к полезным ископаемым, широко используемым в различных отраслях промышленности, сферы применения которого постоянно расширяются. Если в начале XX в. его использовали исключительно в производстве лаков и красок, то в настоящее время большая часть добываемого в мире барита применяется как утяжелитель буровых растворов (причем более 80% — в нефтяной промышленности), а остальная его часть — преимущественно как инертные, тяжелые и белые наполнители. Значительное количество барита употребляют в стекольной шихте, в качестве наполнителя при изготовлении резины, для повышения жесткости шлангов и шин. В бумажной промышленности его используют как наполнитель для придания особой белизны специальным сортам бумаги и покрытия гравюрных видов бумаги, при изготовлении подложек фотобумаги. Это ценное сырье для производства химически инертных белил с высокой «укрывистостью», а также других красок — цветных, защитных, типографских. Барит добавляют в пластмассы при изготовлении белых, тяжелых и твердых предметов, защитные штукатурки рентгеновских кабинетов, тяжелые бетоны. Перспективно использование барита при производстве гидравлического цемента, твердеющего и расширяющегося в морской воде. Сплав барита с кремнием — эффективный раскислитель металла. Хлористый барий применяют для очистки воды, а при возрастающем дефиците воды в мире потребность в барии увеличивается. Основное потребление барита в целом преобладает в странах с развитыми технологиями, например, США потребляют более 55% мировой добычи барита.

Российская промышленность остро нуждается в высококачественном баритовом концентрате, который при наличии собственной минеральной базы экспортируется из стран ближнего и дальнего зарубежья, что тормозит развитие отечественного производства. Это связано как с отсутствием экономически разведанных и готовых к эксплуатации месторождений, так и несовершенными технологиями добычи, обогащения баритовых руд, очистки концентратов от вредных минеральных примесей и флотационных реагентов.

Сырьевой базой баритодобывающей промышленности России служат комплексные и собственно баритовые месторождения. Характерная особенность баритодобывающих стран — концентрация месторождений в крупных баритоносных провинциях (Россия — Уральская, Алтае-Саянская, Кавказская). На многих баритовых объектах в этих провинциях, а также в других регионах нашей страны проведены оценочные и даже разведочные работы, однако их практическое освоение так и не началось в силу общегосударственной экономической ситуации. Подобное положение особенно хорошо наблюдается на Кавказе — одном из ведущих в недалеком прошлом районов-поставщиков баритового сырья для промышленности страны.

Характеристика баритовых месторождений Кавказа. В пределах Кавказа известно множество баритовых и барит-полиметаллических месторождений и рудопроявлений. Основные запасы баритовых руд сосредоточены в

Грузии, где по масштабам развития и экономической освоенности наибольший интерес представляет юго-западная часть южного склона Большого Кавказа, в которой выделяются баритоносные районы: Абхазский (Апшара, Пициквара, Кодори и др.), Мингрело-Сванетский и Рача-Юго-Осетинский (Чорди, Квайса, Кударо и др.). Месторождения южного склона Большого Кавказа и Закавказья приурочены в основном к вулканитам спилит-диабазовой и базальт-андезитовой формаций и представлены собственно баритовыми рудами. На Северном Кавказе основные баритовые проявления сосредоточены в структурах Передового хребта, в меньшей степени Главного, Бечасынской зоне и Балкаро-Дигорском тектоническом блоке. Они образуют Белореченско-Лабинский, Зеленчукский, Малкинский, Ардонский, Аргунский рудные районы. Баритовые объекты Северного Кавказа обычно расположены в пределах выступов палеозойского фундамента, характеризуются большим вертикальным размахом оруденения (до 1,5 км) и значительной примесью сульфидов.

Закономерности размещения баритового оруденения на Северо-Западном Кавказе. Баритовые проявления на Северном Кавказе изучаются с начала XX в. Первые систематические и обобщенные данные опубликованы Л.П.Харчуком [6], а наиболее значительными публикациями, касающимися вопросов генезиса, особенностей состава, структуры и размещения баритовых рудопроявлений являются [1—5; 7] и др.

К северо-западной части северного склона Большого Кавказа относятся наиболее перспективные районы баритового оруденения. Один из них — Белореченско-Лабинский район, включающий более 30 проявлений барита, в т.ч. разведанное Белореченское месторождение. Все проявления жильного гидротермального типа и для них характерны общие черты строения и генезиса, что выражается в локализации их в пределах выступов герцинского фундамента, обрамленных мезозойскими отложениями, меридиональной ориентировкой рудовмещающих трещин, наличием сходных парагенезисов минералов и близостью параметров их образования. Отличаются рудопроявления по возрасту и составу рудовмещающих пород, минеральному составу рудных тел, масштабу оруденения. Так, Белореченское месторождение локализовано в раннепалеозойских кристаллических сланцах, гнейсах и позднепалеозойских гранитоидах Адыгейского выступа. Черношаханское, Яворное, Андрюкское рудопроявления приурочены к метаморфическим и эффузивно-осадочным породам зоны Передового хребта, а стратиформное Капустинское находится в той же зоне, но в породах другого структурного этажа — известняках триаса [4].

Структурно-морфологические и минералогические особенности баритовых проявлений Белореченско-Лабинского района. Баритовые проявления Белореченско-Лабинского района входят в западное звено барит-полиметаллического пояса Северного Кавказа, особенность которых заключается в резком преобладании барита над полиметаллами. К числу наиболее перспективных отно-

сятся: Белореченское месторождение, Черношаханское, Капустинское, Яворное, Андрюкское и Хадавитое рудопоявления (см. рисунок), а также ряд мелких, малоизученных проявлений — Блыбское, Бедекское, Маркопиджское, Уруштенское, Малчепа, Закан, Большой котел и др.

Все баритовые залежи — жилообразные тела, секущие по отношению к вмещающим породам, четко контролирующиеся трещинной тектоникой и имеющие сложную форму. М.В.Григоренко [2] выделил четыре морфологических типа баритовых проявлений: 1) системы ветвящихся и субпараллельных жил; 2) линейные системы линзообразных жил; 3) штокерковые системы прожилков; 4) системы линзующихся прожилков и гнезд. Основное влияние на морфологию жил оказывает состав рудовмещающей толщи: наиболее компетентны магматические и метаморфические породы, менее — массивные карбонатные породы, и наименее — терригенные песчано-глинистые отложения, которые экранируют оруденение. Протяженность залежей по простиранию 20—600 м, по падению 30—350 м. Мощность жил изменяется от сантиметров до 5 м, при среднем значении 0,3—1,4 м. Все залежи имеют значительную изменчивость элементов залегания. Основные текстуры руд — брекчиевая и прожилковая, в меньшей степени — массивная. Весьма характерно для баритовых залежей наличие пустот, камер, каверн, выполненных друзами, щетками, агрегатами кристаллов барита, кальцита, кварца, флюорита, анкерита, сульфидов. Баритовые жилы наблюдаются в протяженных трещинах скола и локальных трещинах отрыва, образующих зоны разрывных нарушений, четко ограниченных более пластичными рудовмещающими породами, особенно аргиллитами ранней юры. Возраст баритовых проявлений послераннеюрский (предкелловейский), так как брекчированные жильные зоны со-

держат обломки аргиллитов лейаса и известны многочисленные примеры проникновения баритовых жил в породы триаса и нижней юры.

Наиболее изучено и перспективно *Белореченское* баритовое месторождение, расположенное в юго-восточной части Даховской горст-антиклинали, сложенной метаморфическими и интрузивными породами палеозоя, которые несогласно перекрываются карбонатно-терригенными образованиями триаса и юры. Месторождение представлено серией крутопадающих жил преимущественно субмеридионального простирания, крутого падения, протяженность по падению более 350 м и простиранию до 600 м, мощность до 3,5 м. Локализация промышленного оруденения обусловлена составом вмещающих пород, ориентировкой рудовмещающих трещин в разломных зонах и влиянием экранирующих поверхностей. Большая часть оруденения находится в слепых рудных телах. Наиболее благоприятны для образования барита поля развития гранитизированных пород (гранитогайсы, метасоматические микроклиновые граниты) там, где они перекрываются юрскими глинистыми сланцами и пересекаются крупными посленижнеюрскими рудовмещающими разломами. Обычно рудные тела выклиниваются у подошвы нижнеюрских песчано-сланцевых отложений, а роль второстепенных экранов играют контакты гранитоидов с слюдяными гнейсами, а также линзы серпентинитов. Баритовые жилы изгибаются в плане и разрезе, ветвятся, иногда пересекаются, их мощность резко меняется на коротких интервалах. Внутреннее строение рудных тел весьма разнообразно. Оно определяется сложным взаимоотношением массы баритов и вмещающих пород, сочетанием различных минеральных агрегатов, наличием каверн разных размеров и формы, выполненных кристаллами свободного роста барита, кальцита, сульфидов. Кон-



Схема геологического строения территории междуречья Белая—Лаба. Составлена с использованием материалов М.В.Григоренко, 1979:

I — галечники (Q); 2 — мергели, аргиллиты (Р); 3 — песчаники, аргиллиты, известняки (К); 4 — аргиллиты, песчаники (J₃); 5 — аргиллиты, песчаники (J₁₋₂); 6 — известняки, аргиллиты, песчаники (Т); 7 — песчаники, конгломераты, аргиллиты (C₃—P₁); 8 — метаморфические породы, гранитоиды (PR—PZ₂); 9 — стратиграфические и интрузивные контакты пород; 10 — основные тектонические нарушения; 11 — месторождения, 12 — рудопоявления барита: I — Белореченское, II — Черношаханское, III — Шаханское, IV — Капустинское, V — Яворное, VI — Андрюкское, VII — Уруштенское

такты жил обычно четкие, но в рудной массе часто заключены обломки вмещающих пород и рудные тела приобретают облик зон брекчирования. Различные минеральные агрегаты образуют полосчатую текстуру массивных жил или кокардовую текстуру брекчиевых зон. Для приальбабандовых частей жил характерны карбонаты, а центральных — барит.

Основные рудообразующие минералы месторождения — барит, кварц, халцедон, карбонаты (кальцит, анкерит, доломит). В подчиненных количествах встречаются флюорит, дикий и ряд сульфидов (галенит, сфалерит, пирит, халькопирит, марказит). Очень редки стронцианит, гематит, псиломелан, малахит, киноварь, битумы, минералы глин. За счет обломков вмещающих пород в рудах часто встречаются плагиоклазы, слюды, кварц, каолин. Структуры руд идиоморфные средне- и крупнозернистые. Последовательность

минералообразования хорошо прослеживается в крустификационных жилах выполнения трещин, зон дробления и полостей, содержащих друзы прекрасно ограненных кристаллов.

Месторождения формировались в течение нескольких стадий, среди которых отчетливо выделяются: кварцевая, анкеритовая, кальцитовая и собственно баритовая. Основная масса барита образовалась в течение одной баритовой стадии с выделением нескольких минеральных парагенезисов — кварц-баритового, сменяющегося сульфидно-кальцитовым, затем галенит-баритового с флюоритом, завершающегося появлением стронцианита, кальцита, кварца и барита. В пределах этой стадии выделено три генерации барита и два продуктивных парагенезиса минералов: кварцево-баритовый, занимающий около 80% объема руд месторождения, и галенитово-баритовый с флюоритом. Критерии выделения генераций — перерывы в кристаллизации минералов, связанные с внутрирудными тектоническими подвижками, изменением кислотности растворов и выделением сульфидов, кальцита, а также частичным растворением барита.

Ранний барит первой генерации слагает мономинеральные и полиминеральные жилы, цементирует обломки вмещающих пород, карбонатов, кварца, образуя массивные шестоватые и друзовые текстуры. Кристаллы барита размером 0,2—0,5 см, а иногда до 5 см, характеризуются комбинацией ромбических призм с незначительным развитием второго пинакоида [1]. В ассоциации с баритом этой генерации находятся пирит и ранний кварц.

Барит второй генерации не образует массивных текстур, а выделяется в виде шестоватых и друзовых агрегатов размером 0,5—1 см. Его кристаллизация часто происходила в открытых полостях трещин, на что указывают сферолиты и цемент брекчий с обломками раннего барита и вмещающих пород, в т.ч. аргиллитов лейаса. Близко одновременно с баритом этой генерации кристаллизовались галенит и флюорит, которые образуют мономинеральные выделения кубических кристаллов с индукционными гранями совместного роста, гнезда и невыдержанные прожилки. В крустификационных жилах часто наблюдается последовательная смена массивного шестоватого барита-1 крупнокристаллическим флюоритом и сферическими агрегатами барита-2.

Поздний барит третьей генерации, вместе с поздним кальцитом, стронцианитом и кварцем распространены незначительно в виде кристаллов с ксеноморфными поверхностями на барите-2. Особенность позднего барита заключается в облике кристаллов, представляющих комбинацию граней пинакоида с ромбической призмой [1]. Кроме полнокристаллических баритов выполнения открытых трещин, часть баритов месторождения образовалась за счет метасоматического замещения минералов карбонатных стадий. Характеризуются они мелкозернистыми структурами, унаследованными полосчатыми текстурами с реликтами кальцита и анкерита.

Помимо Белореченского месторождения в Белореченско-Лабинском районе известно еще несколько проявлений баритовой минерализации, которые представляют интерес для изучения и промышленного освоения (см. рисунок). Одно из них — *Черношаханское* месторождение, расположенное в среднем течении р.Белая и приуроченное к протяженной баритизированной зоне дробления субмеридионального простирания в среднедевонских метамор-

фических сланцах Бамбакской подзоны зоны Передового хребта. Основная баритовая жила мощностью до 4,5 м прослежена по простиранию около 300 м и падению до глубины 160 м в зоне крутопадающего субмеридионального разлома. Руды месторождения отличаются высокой чистотой и незначительной примесью сульфидов. Они сложены баритом с гнездами кварца, вкрапленностью и прожилками галенита, реже сфалерита и пирита.

Сходными признаками характеризуются баритовые жилы рудопроявлений *Яворного* и *Андрюкского*, локализованных в пределах зоны Передового хребта в бассейне р.Малая Лаба (см. рисунок). Они относятся к Хацавитскому рудному полю, приурочены к крутопадающим субмеридиональным нарушениям в вулканогенно-осадочных породах среднего и верхнего девона и частично песчано-глинистым отложениям нижней юры. Мощность жил до 1,5 м, а протяженность до 1100 м. Руды сложены баритом с кварцем, иногда целестином, сульфиды и карбонаты практически отсутствуют, крайне редко отмечается мелкая вкрапленность киновари. Рудным ассоциациям предшествуют многочисленные жилы кварца.

В той же структурно-формационной зоне расположено *Капустинское* рудопроявление, которое представлено серией баритовых линзовидных тел, залегающих согласно напластованию известняков верхнего триаса и сопровождающихся жильными трещинными образованиями субмеридионального простирания и крутого падения. Протяженность рудоносной зоны более 300 м. В рудах преобладают крупнопластинчатый барит и кальцит. Иногда встречается мелкая вкрапленность галенита и халькопирита. Кальцит — более ранний минерал — образует самостоятельные жилы.

Возрастная корреляция минеральных агрегатов месторождений и рудопроявлений Белореченско-Лабинского района показывает, что ведущая для всех объектов — ранняя продуктивная кварц-баритовая ассоциация, более поздняя галенит-баритовая с флюоритом распространена ограниченно, причем флюорит встречен только в жилах Белореченского месторождения, что объясняется локализацией жил в гранитоидах с высоким содержанием фтора. По данным термобарогеохимического анализа, все баритовые тела изучаемого района образовались из низко-, среднетемпературных кальциево-натриевых бикарбонатно-хлоридных растворов, обогащенных Ba^{2+} и SO_4^{2-} , при давлении 40 Мпа [1]. Химический состав растворов включений в барите различен. Ранняя (продуктивная) генерация барита характеризуется минимальным содержанием Ca^{2+} , а в растворах включений поздних генераций оно увеличивается. Температуры гомогенизации включений для баритов первой генерации 190—140°C, а для барита поздней, второй генерации 90—70°C. Газово-хроматографический анализ показывает в целом идентичный состав газов включений всех изученных минералов, ведущая роль среди которых принадлежит парам воды и двуоксиду углерода, в подчиненных количествах присутствуют CO, CH₄, NH₃. При формировании жил выполнения в условиях раскрытия трещин давление растворов падает и содержание CO₂ уменьшается по отношению к другим газам. В образцах из жил замещения и на выклинивании рудных тел содержание двуоксида углерода возрастает до 70% от общего количества газов.

Содержание BaSO₄ в богатых разновидностях баритовых руд составляет 64,8%, а в бедных 29,3%. Оруденение обра-

зовывалось дискретно в течение одной баритовой стадии в процессе эволюции минералообразующего раствора. Этот процесс регулировался режимом серы, кислорода, концентрацией кальция (влияющей на растворимость бария), снижением температуры и изменением концентрации раствора при резкой смене давления и потерях CO_2 в трещинных зонах. Для баритовых проявлений Белореченско-Лабинского района установлены два типа первичной минеральной зональности. Первый из них выражается сменой минерализации кварцевой и кальцитовых ассоциаций на глубине баритовой в приближении к поверхности. Второй тип зональности (отложения) выражается широким развитием наиболее ранней кварц-баритовой ассоциации на нижних горизонтах месторождения, а поздней — галенит-баритовой с флюоритом, на верхних. Ведущие компоненты руд — сульфат бария, кремнезем, оксид железа, карбонат кальция, свинец, цинк и др. Их содержание значительно колеблется с общей тенденцией уменьшения сульфата бария вниз по падению жил. Технологические исследования [2] показали, что обогащение руд можно проводить по единым схемам с получением концентратов высших марок. При переработке руд могут извлекаться попутные компоненты — свинец, содержание которого в рудах обычно не превышает 0,4%, но иногда достигает 1—3%.

Перспективы освоения баритовой сырьевой базы Северо-Западного Кавказа. Анализ геологических, структурно-морфологических и минералогических особенностей баритового оруденения на Северо-Западном Кавказе, а также степени их геологической изученности показал, что в данном регионе имеется значительный неосвоенный минерагенический потенциал для баритопотребляющих отраслей промышленности. Следует перечислить положительные факторы освоения баритовых проявлений:

хорошее природное качество руд, характеризующихся кремнисто-карбонатно-баритовым промышленно-генетическим типом для всех изученных баритовых проявлений;

высокая степень геологической изученности и наличие достоверно оцененных запасов баритовых руд, прослеженных горными выработками до полного выклинивания рудных тел;

компактное расположение объектов в пределах экономических районов с развитой инфраструктурой и действующей горнодобывающей промышленностью;

близость к основным потребителям баритового сырья — нефтяная, лакокрасочная, цементная промышленность юга России;

разработанные безотходные технологии комплексного освоения Белореченского месторождения с использованием попутных компонентов (свинец, сырье для получения строительных материалов, а также поделочные и коллекционные камни — друзы, щетки, полнокристаллические агрегаты барита, кальцита, флюорита, галенита, кварца).

К неблагоприятным условиям создания баритодобывающей и перерабатывающей промышленности на Северо-Западном Кавказе относится прежде всего расположение баритовых объектов в природных ландшафтах, перспективных для развития туризма. Возможности освоения месторождений могут быть ограничены из-за сложной морфологии баритовых жил и небольших запасов руд, а также наличия вредных примесей (сульфиды, местами стронцианиты). Однако при создании мобильных передвижных добывающих комплексов с селективной разборкой руд, использовании безотходных технологий и экологическом контроле производств данные месторождения и рудопроявления вполне объективно могут стать первоочередными объектами для лицензирования и освоения на Северном Кавказе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Грановская Н.В. Минералогия и термобарогеохимия Белореченского баритового месторождения (Северо-Западный Кавказ) // Зап. Всесоюз. минер. о-ва. 1984. Вып. 4. С. 454—463.
2. Григоренко М.В. Белореченское месторождение барита и баритоносность Северного Кавказа / Барит. — М.: Наука, 1986. С. 116—123.
3. Кривовичев В.Г. Физико-химические условия формирования некоторых низкотемпературных гидротермальных месторождений (на примере Белореченского месторождения) // Зап. Всесоюз. минер. о-ва. 1975. Вып. 4. С. 4—8.
4. Любченко В.А., Грановская Н.В. Критерии локального прогноза баритового оруденения на Северном Кавказе / Барит. — М.: Наука, 1986. С. 110—116.
5. Любченко В.А., Пац В.М. Белореченское баритовое месторождение на Северном Кавказе // Разведка и охрана недр. 1967. № 12. С. 4—8.
6. Харчук Л.П. Баритоносность Северного Кавказа / Конф. науч. работников Дона и Северного Кавказа. Тез. докл. — Ростов-на-Дону, 1947. С. 80—81.
7. Харчук Л.П. Бариты Северного Кавказа / Барит. — М.: Наука, 1986. С. 104—109.

Разломы — линеаменты севера Западной Сибири

А.Г.РЕПИН (ООО ВНИИГаз)

О разломах в пределах Западной Сибири имеется значительное количество литературы. Широко известны работы Г.Д.Шаблинской, В.И.Кузина, В.С.Суркова с соавторами, И.И.Нестерова с соавторами, В.И.Астахова, коллективов авторов из ФГУ НПП «Аэрогеология» и др. Наличие разломов фундамента признавалось всегда, и, более того, строились сложные тектонические модели докайнозойского развития с учетом общепланетарных построений с позиций тектоники плит [1, 3 и др.]. Труднее с осадочным чехлом: вплоть до начала 90-х годов прошлого века многие исследователи отрицали существование разрывных нарушений, несмотря на уже имевшиеся многочисленные данные, полученные при поиске, разведке и эксплуатации месторождений нефти и газа.

За последние 20 лет в ходе поисковых и разведочных работ, а также эксплуатации месторождений нефти и газа собран огромный материал по геологическому строению Западной Сибири. На основе этих материалов появились капитальные монографии, в которых обобщено, проанализировано и синтезировано большое количество накопленных данных, сделаны весьма серьезные выводы, детализирующие представления о геологических объектах чехла и фундамента [9]. Представляется крайне важным общее осознание того факта, что разрывная тектоника и ее проявления — неотъемлемая часть не только фундамента, но и осадочного чехла. Все больше делается конкретных попыток описать существование системы разломы—пликативы—нефтегазональность не только на общетеоретическом уровне, но и применительно к отдельным месторождениям и объектам.

Разлом — общее теоретическое понятие: группа геологических моделей, отражающая одну из сторон дискретности-непрерывности геологической оболочки Земли. Сложившиеся у автора представления можно свести к следующему:

1. Разлом — плоское геологическое тело, толщина которого значительно меньше ширины и длины, секущее естественные геологические напластования, с заметно изменяющимися свойствами (механические, геофизические, геологические, геохимические) толщ горных пород.

2. Разлом — всегда граница.

3. Масштаб конкретного исследования влияет на результаты построений (моделей) — карт, разрезов; при крупномасштабном картографировании выделяются только элементы (составляющие) разломов. Как целое они начинают выделяться и восприниматься на картах масштаба 1:100 000 и мельче.

4. Разломы — линейное отражение напряжений в узкой вытянутой зоне, но имеющей реальную геологическую ширину.

5. Разломы, в отличие от трещин, имеют свою геологическую историю.

6. Разломы по всей своей плоскости сопровождаются не только участками с хрупкими деформациями, но и пласти-

ческими смещениями их отдельных слоев без разрыва по разрезу или пластичными смещениями без разрыва по латерали. В.Г.Талицкий отметил, что: «В геологии преобладают представления о разрывах как о поверхностях или зонах механического нарушения пород, как зон нарушения сплошности геологической среды. Однако это не так: наряду с зонами механической трещиноватости присутствуют разрывы, в которых не отмечается признаков механического разрушения даже на уровне минеральных зерен» [10, с. 97].

7. Всегда образуется, как при вертикальных, так и горизонтальных движениях зона разлома: происходит «оперение» ее более мелкими, формируются примыкающие пликативные структуры (тектонифизическое моделирование [2 и др.], современные геологические данные подтверждают это).

8. Зона разлома на поверхности практически всегда отражается в ландшафте.

Разломы наиболее хорошо изучены в районах выхода на поверхность консолидированных толщ, большинство моделей базируются на этих данных. К сожалению, такие модели «не работают» при исследовании осадочного чехла, поэтому, на наш взгляд, надо различать разломы в осадочных толщах и разломы в консолидированных породах.

Понятие линеамент крайне размыто. Представляется, что наиболее точно его суть раскрывают самые старые, классические определения, из которых вытекает, что линеамент — это линия (полоса) на карте, отражающая линию пересечения плоскости разлома с дневной поверхностью, выраженной в ландшафте рельефа и растительности.

Линеаменты далеко не всегда совпадают с трассируемыми геофизическими методами разломами: во-первых, глубинное геологическое картирование отражает проекцию положения разлома на определенных глубинах; при наклонном положении плоскости разрывного нарушения линеаменты и линии разломов на структурных картах и схемах разных горизонтов могут быть смещены. Во-вторых, геофизические методы (основа выделения и картирования разломов) имеют собственные ограничения, которые влияют на конечные результаты. В-третьих, при конкретных исследованиях перед геологами всегда стоят непростые задачи — что выделять и как показывать. Их решение зависит от объективных причин — например, от масштаба исследования, а также субъективных — принадлежности геологов к той или иной школе и др. Подобные обстоятельства, относящиеся к методическим и картографическим проблемам, часто совершенно не учитываются геологами-практиками, что приводит к ненужным дискуссиям.

Методика. Исследования в регионе проводились на основании дешифрирования материалов космических съемок разных типов. Методика и результаты неоднократно описывались в разных работах, как печатных, так и рукописных [6, 7], представлялись в виде авторских оригиналов карт и схем разных масштабов. Необходимо отметить,

что результаты дешифрирования постоянно уточняются и сопоставляются с вновь появляющимися материалами геологических и геофизических исследований, постоянно переинтерпретируются материалы, в результате чего появляются уточненные картографические материалы не реже одного раза в год.

Рассматривая представление материалов с картографических позиций, нужно подчеркнуть, что «дежурные» карты-основы (карты фактического материала) изменились за 25 лет исследований не слишком сильно. Однако, что касается основных крупных линеаментов, их трассирование практически не изменилось. Различия в картах и схемах, выполненных исследователями за последнее время, связаны в первую очередь с картографическими проблемами: перед исследователями, оформляющими результаты в мелких масштабах, всегда стояла еще одна важная задача — генерализация (картографическое обобщение результатов). В практической деятельности это выражается в «пропуске» части объектов на картах, объединении линий, их спрямлении и др.

Обобщенные, генерализованные результаты на начало 2004 г. отражены на карте-схеме линеаментов Надым-Тазовского междуречья масштаба 1:2 500 000 (рис. 1). Следует обратить внимание на явную взаимосвязь четкой «простой геометрии» (линии, реже дуги) современного рельефа, его отдельных форм, сочетаний форм в пространстве. Гидросеть, крупные и мелкие речные долины, цепочки озерных западин, многие водоразделы, береговые линии Обской и Тазовской губ и другие элементы представляют наглядное объектное отражение процессов, которые можно связать только с разрывной тектоникой, т.е. они являются линейными морфоструктурами. Иными словами, на поверхности наблюдается большое количество линеаментов, образующих сложную сеть. Это свидетельствует о том, что современные денудационные и аккумулятивные процессы контролируются (и контролировались в прошлом) блоковой тектоникой. Учитывая значительную инерционность результатов проявления экзогенных процессов, можно считать, что в неоген-четвертичное, да и в настоящее время регион представляет собой объект значительной тектонической активности.

Картографирование линеаментов приводит к некоторым важным выводам. Во-первых, плотность линеаментов различна в разных районах, они достаточно специфично локализованы (см. рис. 1). Бросается в глаза нарастание «густоты» линий к востоку от Бованенковско-Уренгойского линеамента. Похоже, что Тазовский блок, выделенный ранее автором [7], не является единым образованием. Во-вторых, не наблюдается рисуемых некоторыми авторами «теоретических сетей» линеаментов — диагональных, ортогональных и т.п. Конечно, можно с натяжкой, отсортировать как-то линеаменты по направлениям, но формальных принципов может быть довольно много, соответственно — результатов. Да и совершенно непонятно, что это дает практической (да и теоретической) геологии. Тем не менее, можно говорить о новых подтверждениях блоковых тектонических движений, имеющих как горизонтальную, так и вертикальную составляющие.

При анализе конкретных участков, сопоставлении полученных при дешифрировании результатов и имеющихся геолого-геофизических данных по локальным объектам практически всегда получаются совпадения в пределах точности конкретных методов, что свидетельствует о



Рис. 1. Карта линеаментов Надым-Пур-Тазовского междуречья. По А.Г.Репину:

1 — месторождения углеводородов; 2 — Бованенковско-Уренгойский линеамент (Колтогорско-Уренгойский); 3 — акватории; Я — Ямбург, НУ — Новый Уренгой, ТС — Тарко-Сале, Т — Тазовский, К — Красноселькуп

большой надежности результатов дешифрирования. Подобная работа была проделана автором с привлечением данных сейсмопрофилирования Бованенковского, Комсомольского и некоторых других месторождений. Подробные исследования ревизионного характера велись в районе Каменномысского месторождения (юго-восточная часть Ямала). По результатам работ составлена схема, представленная на рис. 2. Здесь проводился комплексный анализ геологического и структурного строения территории, а также параметров нефтегазоносности (с участием автора). Выводы о надежности дешифрирования подтвердились.

Карты-схемы линеаментов сопоставлялись с обобщающими картами и схемами нефтегазовых объектов и месторождений, составленных во ВНИИГАЗ и СибНАЦ (см. рис. 1, 2). Полученные материалы, вероятно, будут являться предметом длительного осмысления, так как они достаточно неожиданны. Однако уже сейчас можно сделать совершенно определенные выводы. Самый главный из них: *региональная нефтегазоносность подчиняется разрывным нарушениям и контролируется ими.*

Первая реакция исследователя — связать формирование месторождений с глубинными процессами в фундаменте или мантии. На наш взгляд — это избыточная гипотеза. Для того, чтобы проанализировать наблюдаемое, необхо-

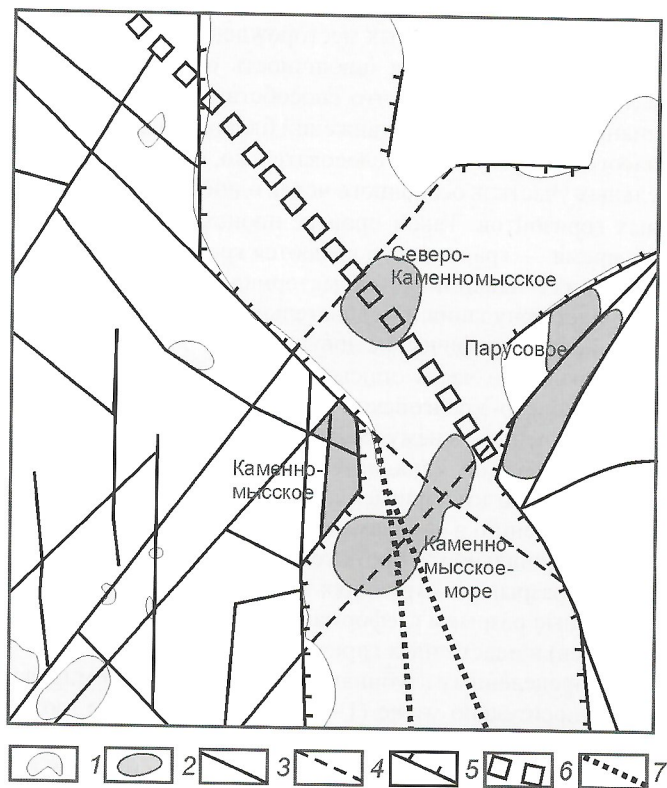


Рис. 2. Схема дешифрирования разломов Обской губы в районе Каменномысского месторождения:

1 — акватории, озера; 2 — месторождения; линейменты: 3 — четко выделяющиеся на поверхности по космоснимкам, 4 — предполагаемые, 5 — имеющие признаки сбросов; 6 — участок Бованенковско-Уренгойской зоны; 7 — разломы, выделяемые по гравимантным данным

диме вернуться к рассмотрению понимания моделей разрывных нарушений.

Одним из важнейших факторов их нечеткости, по нашему мнению, являлась (и является до настоящего времени) слабая разработанность теоретических построений о разломах в осадочных толщах. Действительно, все «классические» работы по разрывным нарушениям, их динамике выполнены в районах выхода на поверхность магматических и метаморфических пород, особенно в зонах современных горных сооружений. Здесь просто невозможно построить серьезные геологические модели без знаний о разломах, которые часто предстают перед исследователями во всей своей мощи как «грубые» механические разрывы (и часто напоминающей о себе сейсмической активностью). В районах с многокилометровым осадочным чехлом разрывы в рыхлых породах стали доступны исследователям относительно недавно — с появлением высокоразрешающей сейсморазведки, материалов дистанционного зондирования из космоса, высокой плотности буровых работ.

До последнего времени значительное число специалистов использует теоретические представления о разломах как о трещинах, «слабых», проницаемых вертикально для флюидов геолого-тектонических объектах, сформированных на базе их изучения в районах распространения магматических и метаморфических пород. Поэтому широко распространено мнение о «деструктивной» роли разломов при формировании скоплений углеводородов и о том, что их «положительная» роль заключается только в качестве

каналов вертикальной миграции углеводородов. В последнее время начинает преобладать другая точка зрения, выраженная наиболее четко в работе В.Г.Талицкого [10], где он считает, что правильно определять разрывы «всего лишь» как узкие протяженные зоны локализованной деформации. Отсюда следует, что разломы должны сопровождаться парагенетически связанными с ними комплексами пликативов. Это подтверждается как теоретическими построениями, так и натурными наблюдениями.

С конца 50-х годов XX в. в СССР, а затем в РФ успешно развивалось и развивается особое направление в теоретической тектонике — тектонофизика, которое дало массу продуктивных идей для практической геологии осадочных бассейнов [2]. Лабораторное моделирование различных «слоистых толщ» с приложенными к ним разного рода механическими воздействиями приводило к появлению сложнопостроенных «осадочных объектов», в которых возникали как самые разнообразные складки, так и трещины, образующие закономерные сочетания как по разрезу, так и по латерали. На наш взгляд, самым интересным открытием были «пластические разрывы» — образование резкого утонения пластов, их смещение, изменение многих физических свойств, локализованных в плоскостях, полностью или частично секущих модельные «напластования» пород без разрыва самих пластов. В последние десятилетия было построено и описано множество физико-механических моделей движений в осадочных толщах при приложении к ним тектонических напряжений. Установлено, что они объектно реализуются в виде пликативных и дизъюнктивных нарушений, тесно связанных между собой, что определенные напряжения создают определенные формы складок и разрывов, четко сопрягающихся между собой и т.д.

В конце 70-х — начале 80-х годов XX в. к подобным выводам пришли и некоторые отечественные геологи. Особенно это выразилось в работах группы геологов Ухтинской геологической школы, на основе изучения реальных геологических объектов Тимано-Печерской нефтегазоносной провинции. Более того, данная группа предложила весьма удачный формально-описательный тектонический термин — *дизпликат* — парагенетически связанный комплекс дизъюнктивных и пликативных нарушений [8, 11]. Это, по нашему мнению, очень точный сущностный термин широкого применения, который можно использовать при исследованиях как на локальном, так и региональном уровне.

В нашем случае связь дизъюнктивов и пликативов отчетливо прослеживается (см. рис. 1, 2). С одной стороны, регион имеет ярко выраженное блоковое строение, с другой, здесь широко развиты пликативные структуры, подчас весьма причудливой плановой формы. Например, сеноманские отложения в районе Комсомольского месторождения, являющиеся часто местами скопления углеводородов. Хорошо видно, что практически все месторождения так или иначе «сидят» на разломах. К сожалению, в настоящее время трудно построить погоризонтную обзорную карту масштаба хотя бы 1:1 000 000. С учетом наклона плоскостей разрывных нарушений невозможно представить только на основании описываемой карты-схемы (тем более — в ее масштабе), где реально находится тот или иной разлом на определенных глубинах. Однако некоторые замечания напрашиваются сами собой. Так, их условно можно разбить на две группы: 1) связаны с тем, что к разрывным нарушениям приурочены конкретные объекты; 2) что разрывные нарушения определяют блоковые

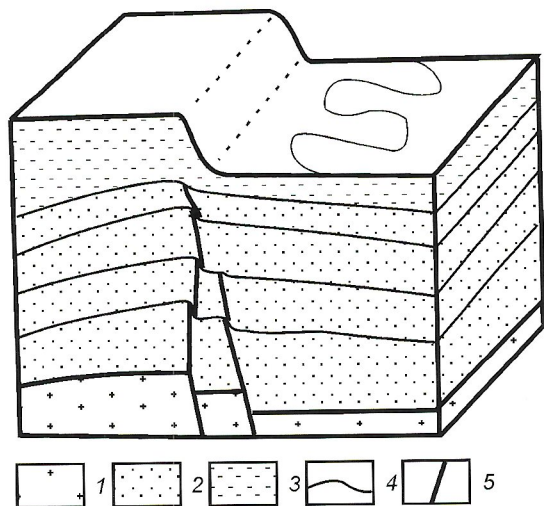


Рис. 3. Упрощенная модель строения толщи осадочных пород в зоне разлома:

1 — породы фундамента; 2 — хрупкие породы; 3 — пластичные породы; 4 — разломы; 5 — современные породы

движения отдельных участков территории и выступают в качестве факторов, контролирующих осадконакопление.

Рассматривая приуроченность месторождений и объектов к линеаментам, можно отметить следующее:

1. Линеаменты на поверхности — отражение дизъюнктов, а не только разрывных нарушений, что делает выявление линеаментов одним из поисковых признаков, упрощает локализацию региональных поисковых работ.

2. Дизъюнктивные нарушения в осадочном чехле, в особенности те, которые тектонофизики относят к «пластичным разрывам», могли являться путями горизонтальной миграции углеводородов. Действительно, на некоторых сейсмических разрезах месторождений довольно неплохо видно, что по вертикали в таких местах происходит чередование: пластичное смещение — разрыв (разрывы) слоя — пластичное смещение — разрыв слоя — ... и так по несколько раз, т.е. в плоскости разлома в осадочной толще сплошность хрупких слоев нарушена, их фильтрационно-емкостные свойства очень высоки, а вышележащие пластичные непроницаемые слои «только» изогнуты (рис. 3). В пределах территорий распространения региональных пластичных флюидоупоров в осадочных толщах тектонические смещения по разломам формировали «ложбины наоборот», по которым могли мигрировать флюиды вдоль плоскости разлома. Ложбины концентрировали это движение. В местах расширения дизъюнктов — их боковых ответвлениях — создавались условия формирования ловушек. К настоящему времени имеется система каналов горизонтальной фильтрации и мест скопления углеводородов (ловушек), связанных с ними. Картина (перевернутая), которую формируют системы протяженных озер. Таким образом, линеаменты — *поисковый объект* для нефтегазовой геологии.

В историко-геологическом плане блоковые движения по разломам контролировали осадконакопление на отдельных участках территории. Так, на некоторых геологических профилях видно (например, Тазовское месторождение), что границами групп слоев (пачек) являются разломы — пачки по внутреннему строению непохожи. Много-

ярусность многих крупных месторождений говорит о том, что наблюдалась четкая цикличность осадконакопления на локальных участках, что способствует значительному влиянию тектонических движений блокового характера на палеогеоморфологию, и, следовательно, на литологию отдельных участков осадочного чехла одних и тех же возрастных горизонтов. Такой процесс происходит и в настоящее время — границы губ являются границами блоков; в акваториях накапливается материал, на прилегающей суше идет денудация. Следовательно, разломы контролируют и стратиграфические ловушки.

Центральную часть описываемого региона пересекает Бованенковско-Уренгойский линеамент. В месторождениях, приуроченных к нему, сосредоточена большая часть запасов и ресурсов Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции. По имеющимся данным — это серия разрывных нарушений в фундаменте огромной региональной (трансрегиональной?) протяженности, по разрезу — отдельные разрывы в «хрупких» породах осадочного чехла, пластичные разрывы (деформации в виде складок, утонения слоев) в пластичных горизонтах.

На определенных глубинах, по-видимому, сформировались относительно узкие (1—5 км), протяженные (сотни километров) складки, которые расширяются, имеют сложную форму в местах причленения к данному разлому более мелких «оперяющих», служащих местами скопления углеводородов (см. рис. 1). Если принимать как гипотезу наличие не только вертикальной, но и горизонтальной миграции углеводородов, то это может являться «руслom» могучей «реки», соединяющей крупные «моря» и «озера» (скопления углеводородов). Действительно, данный разлом выделяется всеми методами и его существование признается всеми исследователями (правда, в фундаменте Западной Сибири). В осадочном чехле — это крупнейшая система дизъюнктов, не имеющая аналогов (возможно, еще просто не открыты), в других регионах мира.

Линеаменты отражают не только разрывные нарушения, но и сверхпротяженные складки, парагенетически связанные с ними (все вместе — единый морфологический комплекс — дизъюнкты). Выявление линеаментов можно использовать на «нулевом цикле» региональной стадии поисковых работ для планирования сейсмических и буровых работ.

Горизонтальные движения как основная причина дислокаций. В конце 80-х годов XX в. автором была поддержана гипотеза о молодых горизонтальных движениях земной коры, связанных с процессами молодого рифтогенеза как главной определяющей тектонических движений регионального и локального уровня территории Западной Сибири. Появившиеся в последнее время публикации подтверждают данную гипотезу. Так, некоторые исследователи утверждают, что современные Уральские горы в северной части — крупноблоковое сводовое постолгоценовое поднятие, причиной формирования которого были горизонтальные движения Западно-Сибирской плиты [4]. Относительно критики гипотезы молодого рифтогенеза можно сказать, что в обобщающих работах последнего времени на основании анализа большого количества геолого-геофизических материалов отмечается, что заложение некоторых рифтов не предваряется вулканизмом; инверсии не являются имманентным свойством рифта; переформирование коры — от континентальной до океанской — происходит далеко не всегда [5].

Хотелось бы привлечь внимание к тому факту, что описываемая территория может служить полигоном для изучения современных процессов с позиций применения принципов актуализма при палеогеографических реконструкциях прошлого в геологических исследованиях. Здесь сейчас можно наблюдать формирование прибрежно-морских, дельтовых, аллювиальных, озерных и других фаций, которые играют важную роль в строении разреза и нефтегазоносности Западной Сибири.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Апонов С.В.* Палеогеодинамика Западно-Сибирской плиты // Советская геология. 1989. № 7. С. 27—36.
2. *Гзовский М.В.* Основы тектонофизики. — М.: Наука, 1975.
3. *Егоров А.С., Чистяков Д.Н.* Структура консолидированного фундамента Западно-Сибирской платформы и прилегающих складчатых областей // Геология и геофизика. 2003. № 1—2. Т. 44. С. 101—119.

4. *Левин Ф.Д., Фомин В.И.* Происхождение современных Уральских гор // Отечественная геология. 2001. № 3. С. 31—40.
5. *Леонов Ю.Г.* Континентальный рифтогенез: современные представления, проблемы, решения // Геотектоника. 2001. № 2. С. 3—16.
6. *Репин А.Г.* Линейные морфоструктуры Западно-Сибирской равнины // Геоморфология. 1985. № 2. С. 89—95.
7. *Репин А.Г.* О кайнозойской рифтовой системе на севере Западной Сибири // Советская геология. 1988. № 12. С. 68—75.
8. *Сивков С.Н.* Тектоника Европейского Севера СССР // Труды Института геологии. 1986. Вып. 55. С. 36—45.
9. *Скоробогатов В.А., Строганов Л.В., Конев В.Д.* Геологическое строение и газонефтеносность Ямала. — М.: Недра, 2003.
10. *Талицкий В.Г.* Некоторые механизмы и следствия деформационных объемных эффектов в неоднородной среде // Геотектоника. 1998. № 2. С. 93—105.
11. *Тарбаев Б.И., Воинов А.С., Сивков С.Н., Шутлов А.С.* Геологическое строение надвиго-складчатого пояса Печорского и Полярного Урала и перспективы открытия новых залежей / Формирование, поиски и разведка месторождений газоконденсатов и газов сложного состава. — М., 1985. С. 163—172.

УДК 551.734+571.5

© Н.И.Акулов, 2005

Эволюция бассейнов девонской седиментации на юге Сибирской платформы

Н.И.АКУЛОВ (Институт земной коры СО РАН)

Комплексное изучение бассейнов древней седиментации (бассейновый анализ) — одно из самых актуальных направлений геологических исследований. Это связано, прежде всего, с тем, что осадочные бассейны стали рассматриваться как самостоятельные структурно-фациальные или структурно-седиментационные зоны (ССЗ) земной коры, развитие которых определялось как геодинамикой региона, так и их структурно-тектонической позицией. С.И.Романовский [10] отмечал, что именно геодинамика стала базовым инструментом изучения палеобассейнов. Основываясь на этом, он предложил разделить осадочные бассейны на четыре класса: внутриплитные, спрединговые, субдукционные и коллизионные. Следует сразу же подчеркнуть, что по периферии платформ, где простираются горноскладчатые сооружения, отчетливо обособляется еще один класс осадочных бассейнов — предгорный. На первый взгляд его можно отнести к коллизионным. Однако это не совсем так. Ведь некоторые предгорные бассейны сформировались значительно позже коллизионных процессов, за счет которых возникли эти горноскладчатые сооружения.

На основании особенностей палеотектонического и палеогеографического положений осадочных палеобассейнов, выявлено, что в девонском периоде на юге Сибирской платформы функционировали палеобассейны лишь двух классов: внутриплитные и предгорные. Следовательно, наша цель — изучение эволюции внутриплитных и предгорных бассейнов седиментации.

Заложение и развитие предгорных бассейнов происходило в местах расположения нижнепалеозойских прогибов (Присаянский, Предбайкальский), а внутриплитных осадочных бассейнов — в процессе среднепалеозойской тектономагматической активизации (эпиplatformенного орогенеза) на Сибирской платформе. В настоящее время, наиболее объективно эту активизацию можно объяснить с позиций плюмтектоники [4, 13]. По всей видимости, мантийные плюмы, периодически поднимавшиеся из земных

глубин, являясь отражением событий планетарного масштаба, представляли собой потоки энергии и вещества. Достигнув верхней части Земли, они привели к растяжению и дроблению коры на раздвигающиеся блоки разного размера, что сопровождалось всеобщим воздыманием таких колоссальных блоков фундамента как Ангарский, Приленский, Вилюйский и Оленёкский [7]. Именно это и вызвало регрессию раннепалеозойского моря, отступившего на северо-запад в район современного расположения р.Подкаменная Тунгуска. Освобожденная от воды территория представляла собой континентальную страну — Ангарида (рис. 1). Понятие Ангарида впервые ввел Э.Зюсс [14]. Согласно его гипотетическим представлениям, Ангарида (Angaraland) — палеозойская суша, которая существовала в Северной Азии в междуречье Енисея и Лены.

Необходимо отметить, что именно на территории Ангарида на фоне всеобщего воздымания блоков фундамента платформы, по зонам глубинных разломов произошло оседание отдельных частей блоков и заложение внутриплитных рифтовых (Ыгыаттинской и Кемпендйской) и рифтогенных (Поймо-Бирюсинской) структур — палеобассейнов, а вблизи горных сооружений Саяно-Байкальской складчатой области возникли предгорные зоны седиментации (Прибайкальская и Рыбинская). На Непско-Ботубинском, Мархинском и Анабарском поднятиях Ангарида в это время проявился мантийный (кимберлитовый) магматизм.

С палеогеографической точки зрения, трансгрессия моря на Сибирском кратоне, начавшаяся еще в венде, уже в раннем кембрии полностью охватила водной массой все пространство кратона, превратив его в единый мелководный морской бассейн. Возникновение Ангарида, произошедшее, вероятнее всего, в конце позднего силура — начале раннего девона, обусловило создание первых древних бассейнов континентального литогенеза. Ангарида со всех сторон окружали бассейны морской седиментации (Таймырский, Зайсан-Обский, Даурский, Охотский и Верхоян-

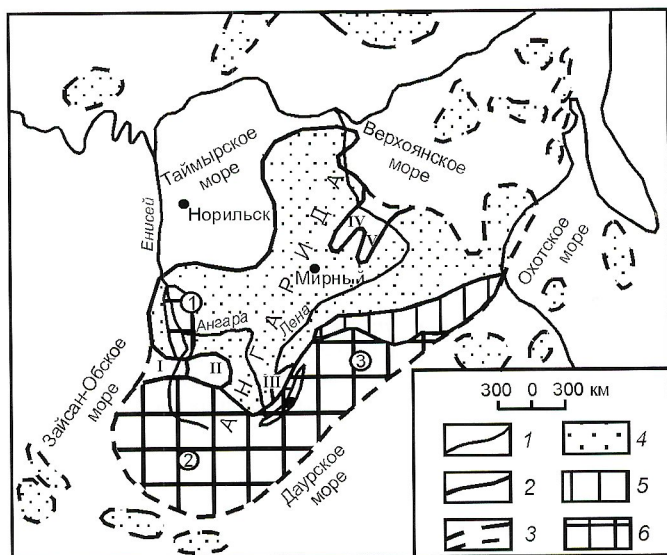


Рис. 1. Палеогеографическая схема Ангарида в девоне:

границы: 1 — палеогеографических областей, 2 — Ангарида, 3 — предполагаемые; палеогеографические области: 4 — равнины различных типов, 5 — возвышенности, 6 — горы (цифры в кружках): 1 — Енисейские, 2 — Восточно-Саянские, 3 — Байкальские; осадочные палеобассейны: I — Рыбинский, II — Поймо-Бирюсинский, III — Прибайкальский, IV — Ыгыаттинский, V — Кемпендяйский

ский), воды которых заходили в континентальную часть в виде заливов и лагун, образуя бассейны прибрежно-морского и лагунного осадконакопления (Поймо-Бирюсинский, Ыгыаттинский, Кемпендяйский). Это способствовало накоплению мощных толщ осадочных образований.

Проведенный детальный анализ литологического состава пород и их фациальных особенностей свидетельствуют о том, что в самом начале раннедевонской эпохи Сибирская платформа претерпела ряд катаклизмов, обусловленных тектономагматической активизацией. Первые воздымания блоков фундамента платформы наблюдались в районе ее южной окраины. В раннем девоне возник первый линейно вытянутый предгорный осадочный бассейн — Рыбинская ССЗ. Длина бассейна значительно превосходила его ширину (230×50 км). Он был ограничен горными сооружениями Восточного Саяна на западе и Енисейского кряжа на севере, с которых сносился обломочный материал в виде песков, галечников, валунов сформировавших впоследствии все многообразие конгломератовых и песчаных толщ с крупной цикличностью, неправильным наложением и косою слоистостью (эпиplatformенная молассовая формация*). Породы молассовой формации перекрываются мелководными отложениями часто пересыхавших озер, а временами лагун, что подтверждается их красноцветным обликом, резкими фациальными изменениями, наличием волноприбойных знаков и следов течения, характерной косою слоистостью и крупной цикличностью с подчиненными конгломератами и хорошей окатанностью гравийно-галечного материала.

Вулканогенный материал заполнял наиболее глубокие участки Рыбинской впадины. Он представлял собой лавобрекчии среднего и кислого состава, андезитовые порфири-

ты и их туфы, туфобрекчии, фельзиты, фельзит-порфиры, плагиопорфиры, диабазы. Почти всюду вулканогенные образования содержат незначительные по мощности прослои осадочных пород, но местами из-за сильно расчлененного рельефа дна бассейна мощность осадочного комплекса превышает 1 км. По данным колонкового бурения многочисленных скважин в его пониженных участках аккумуляровался наиболее грубозернистый материал. Так, в *ассафьевское* время раннедевонской эпохи произошло накопление мощной толщи конгломератов. Состав галечно-го материала в конгломератах контролировался близрасположенными источниками сноса. В районе деревни Ассафьевка состав конгломератов формировался в зависимости от протерозойских пород и вулканических комплексов, обнажающихся в районе Хайдакского массива. На р.Кан, где в обрамлении Сибирской платформы распространены нижнепротерозойские отложения, конгломераты ассафьевской свиты состоят из гальки гнейсов, глинистых сланцев, эффузивов и значительно реже из известняков.

Конгломераты и песчанники свиты характеризуются плохой сортировкой материала по величине и окатанности и относятся к типичным фациям конусов выноса горных потоков. В одном и том же разрезе можно наблюдать как угловатые обломки неустойчивых к размыву пород, так и хорошо окатанные, устойчивые. Со временем роль грубо-обломочных, плохо сортированных отложений в нижнедевонском разрезе уменьшалась, и к концу раннедевонской эпохи они полностью заместились осадками аллювиально-лагунного комплекса фаций и мелководных водоемов типа озер. В кровле свиты залегает мощная толща (700 м) песчанников и алевролитов с хорошей сортировкой материала, волнистой и косоволнистой слоистостью, трещинами усыхания на поверхностях наложения, что свидетельствует об их накоплении в условиях мелководного водоема. На поверхности напластования сохранились крупные (1—1,5 см) трещины усыхания, а местами корочки закручивания, образующиеся при быстром высыхании мало-мощного (до 0,5 см) глинистого слоя и мелкая рябь течения, характерная для затухающих мелководных потоков.

Основными факторами, предопределившими фа-циальные особенности осадков этого времени, являлись интенсивный рост Саянских горных хребтов и унаследованное прогибание палеобассейна (рельеф дна), которое постоянно компенсировалось осадконакоплением. Наличие линзовидных прослоев песчанников с обильными окатышами аргиллитов в верхней части свиты подтверждает частые перемены отложений при обмелении бассейна седиментации. Периодические обмеления и частичные осушения бассейна седиментации сказались лишь на временном повышении минерализации в лагунах, с чем связаны мало-мощные (1—2 мм) прожилки гипса в алевролитах и аргиллитах. Осаждение хемогенного кальцита, составляющего 50—60% цемента песчанников, позволяет предположить щелочную среду бассейна седиментации. На окислительную обстановку в бассейне указывает первичная красноцветность всей нижнедевонской толщи.

Важно отметить, что наличие переотложенных продуктов выветривания в породах нижней части ассафьевской свиты (каолинит в цементе песчанников и конгломератов) и отсутствие их выше по разрезу позволяют предположить существование таких продуктов на южных отрогах Енисейского кряжа додевонской (вероятно силурийской) латеритной коры выветривания.

*При определении термина «молассовая формация» автор придерживается точки зрения Л.Б.Рухина [11, с. 635].

Отпечатки органических остатков в отложениях данного возраста малочисленны и, по данным А.И.Быстрицкого [3], представлены только псилофитами (*Psilophyton goldshmidtii* Hall., *Psilophyton princeps* Dawson и др.).

В карымовское время (D_{1-2}) площадь седиментации несколько расширилась за счет заложения и начала осадконакопления в Прибайкальской ССЗ, которая в карымовское время, представляла собой предгорную линейно вытянутую (320×80 км) в субмеридиональном направлении структуру. В настоящее время, все отложения данной структуры объединены в орнотечанскую свиту, мощность которой 800 м [8]. Состав базальных конгломератов свиты разнообразный: гравийно-галечный материал, сформировавший молассовую формацию, мощность которой резко увеличивается до 200 м от северо-западного борта структурно-седиментационной зоны к юго-восточному. В конгломератах отмечен валунный материал, который, как и гравийно-галечные образования, хорошо окатан, но слабо сцементирован. Валун и гальки представлены мелкозернистыми песчаниками, идентичными по составу и внешнему виду песчаникам байкальской серии. Среди галек высока роль гранитоидов, фельзитов, кварцевых порфиров, диабазов, габбро-диабазов, жильного кварца и известняков. Наличие грубообломочных отложений и их крупная цикличность были обусловлены высоким рельефом древних Байкальских гор. Вверх по разрезу содержание грубообломочных, плохо отсортированных отложений значительно сокращается. Появляются гравелиты, гравелитистые песчаники, а затем и их среднезернистые разности. Хороших отпечатков растительных остатков в свите не обнаружено, но они содержат обуглившийся растительный детрит.

В пределах Рыбинской ССЗ сократились площади распространения осадков и их мощности. Строение и состав карымовских отложений позволяют сделать выводы об условиях их формирования: 1) осадконакопление происходило с сохранением единых фациальных комплексов, а постоянство и однообразие минерального состава отложений было обусловлено единой провинцией питания аллотигенным материалом (древние отроги Восточного Саяна); 2) косослоистые серии в седиментационных циклах рассматриваемых отложений, в грубозернистых их частях обычно однонаправлены, а мощность их уменьшается вверх по разрезу, сменяясь тонкослоистыми мелкозернистыми разностями; 3) подобные текстурные и структурные признаки типичны для осадков русловых и пойменных фаций; 4) судя по составу обломочного материала (аркозовый и эффузивный состав песчаников), можно уверенно говорить, что размывались преимущественно эффузивно-интрузивные комплексы пород; 5) конгломераты и песчаники, содержащие отдельные гальки и косослоистые неравномернозернистые преимущественно полимиктовые плохо сортированные песчаники, — типичные образования дельт и небольших временно существовавших речных водотоков; 6) мелкозернистые песчаники и алевролиты с волнистой и прерывистой горизонтальной слоистостью, тесно ассоциирующие с дельтовыми фациями, отлагались в условиях небольших водоемов типа лагун и озер.

Алевритистые аргиллиты и мергели, а также сильно песчаные сравнительно маломощные с конгломератовидной структурой известняки, чередующиеся с осадками дельтовых фаций, относятся, по всей видимости, к фациям мелководных относительно небольших по размерам водоемов, а частично и к субаэральным образованиям. Пенеп-

ленизированный рельеф в бассейне седиментации способствовал повсеместному меандрированию рек и делению их на многочисленные рукава.

Таким образом, если в ассафьевское время интенсивному размыву подвергалась вся северо-восточная часть Восточных Саян, то в карымовское время площадь седиментации сместилась к юго-востоку. Удаленность бассейна седиментации от провинции питания обусловило накопление осадков преимущественно песчаной и алевроитовой размерности. Мелководный характер среды осадконакопления подтверждает и отпечатки флоры, характерной для мелководья [1]. Так, в песчаниках на окраине д.Хайдак обнаружены отпечатки растительных остатков *Jenisseiphyton rudnevae* (Peresv.) Anan., *Taeniocrada orientalis* Radcz., *Psilophyton burnotense* (Gilk) Kr. et Weyl. и другие [2].

В павловское время (D_2) в Рыбинской ССЗ резко расширяются площади осадконакопления и сокращаются мощности осадков. Появляются хемогенные образования — известняки, мергели и другие типы пород. В Присянском и Тугушино-Удинском районах происходило погружение. Сам бассейн седиментации по конфигурации значительно отличался от бассейна предыдущих времен. Если предшествующий бассейн представлял собой сравнительно узкий линейно вытянутый прогиб, то бассейн седиментации осадков павловской свиты приобрел почти изометричную форму: длина бассейна 230 км, а ширина до 110 км. Расширение произошло за счет погружения северо-восточных областей Ангариды, прилегающих к линейно вытянутому прогибу раннедевонского времени. Это привело к тому, что на достаточно большой территории юго-запада Сибирской платформы возобновилось осадконакопление.

В период среднедевонских тектонических движений заложились новые структурные элементы и образовались Саяно-Партизанская, Балайская и Ирша-Бородинская впадины, появился Уярский вал, а Хайдакский массив, который сформировался синхронно с Ассафьевско-Привольнинским поднятием, стал несколько иной конфигурации. Активный тектонический режим способствовал росту Саянских горных сооружений, поэтому процессы эрозии и денудации усиливались. Вблизи горных сооружений накапливались грубые терригенные осадки, содержащие остатки флоры и фауны мелководной среды обитания.

В центральных районах Рыбинской ССЗ, удаленных от областей главного сноса, в это время шла седиментация лагунных, дельтовых, аллювиальных и озерных фациальных комплексов. К концу павловского времени тектоническая активность затухает.

В Прибайкальской ССЗ в павловское время незначительно расширилась площадь бассейна седиментации. Расширение произошло, как и в Рыбинской ССЗ, за счет его проникновения в платформенную часть, после чего бассейн прекратил свое существование. Максимальная ширина данной структурно-седиментационной зоны 100 км, при общей длине почти в 400 км. В ее пределах аккумуляровался песчаный материал, часто содержащий отдельные гальки кварца. Терригенные зерна в песчаниках слабо окатаны и плохо отсортированы, цемент — контактово-поровый, железисто-карбонатный. Кратковременная активизация тектонических процессов в байкалидах обусловила формирование почти 25-метровой мелкогалечной толщи внутриформационных конгломератов. Красноцветность отложений свидетельствует о том, что в то время в бассейне седиментации существовал окислительный режим.

Важная особенность среднедевонской эпохи на Ангариде — то, что в данное время осадконакопление началось и во внутриплитных структурно-седиментационных зонах: Поймо-Бирюсинской, Кемпендйской и Ыгыаттинской.

Образование *Поймо-Бирюсинской* ССЗ обусловлено глубинными разломами и блоковыми подвижками фундамента южной части Сибирской платформы. Бассейн седиментации представлял собой вытянутую в субмеридиональном направлении структуру, длина которой 480 км, а ширина около 80 км.

Трансгрессия водных масс произошла со стороны Рыбинской ССЗ, а затем через Енисейский пролив они проникли в Поймо-Бирюсинскую. Главнейшая тектоническая структура, контролировавшая развитие Поймо-Бирюсинской ССЗ, — Окино-Вихоревская флексура. Простираясь в субмеридиональном направлении, она ограничивала проникновение водных масс Поймо-Бирюсинского залива на восток. Генетически Окино-Вихоревская флексура связана с разломами фундамента и является их отражением в осадочном чехле [5]. Вдоль западного крыла флексуры в настоящее время протягивается цепочка хребтов, сложенных породами ордовика и силура. Они свидетельствуют об усложненных дифференцированных блоковых подвижках фундамента платформы на этой площади.

Мощность павловских отложений в Поймо-Бирюсинской ССЗ 180 м. Базальные конгломераты с размывом лежат на породах нижнего палеозоя (ордовик, силур). Выше по разрезу они сменяются светло-серыми песчаниками прослоями известняков, алевролитов, известковых аргиллитов и мергелей. Для известняков средней части свиты характерны желвакообразные включения сургучно-красных кремней и серого халцедона.

Ыгыаттинская и *Кемпендйская* ССЗ представляли собой единый залив древнего Верхоянского моря. Размеры залива 200×320 км. Мощности среднедевонских отложений 130 м. Залив мелководный и хорошо прогреваемый, что обусловило окислительную обстановку. Заложение Ыгыаттинской и Кемпендйской ССЗ произошло в сложной грабенообразной структуре, основное развитие которой тесно связано с возникновением Сунтарского поднятия. Наиболее характерные отложения — сероцветные и красноцветные глинистые известняки, красно-бурые доломиты, малиново-красные мергели, алевролиты, песчаники и покровы базальтов. Базальные горизонты доломитов, а иногда конгломератов, с размывом и стратиграфическим несогласием залегают на нижнесилурийских отложениях. Маломощные покровы базальтов и редкие прослои пепловых туфов свидетельствуют об интенсивной вулканической деятельности в данном районе в указанное время. В известняках древнего залива обнаружены окаменевшие кораллы, брахиоподы, пелециподы, трилобиты и другие палеонтологические остатки [6].

Отложения *кунгусского времени* (D3) завершают терригенно-карбонатную формацию в Рыбинской, Поймо-Бирюсинской, Кемпендйской и Ыгыаттинской структурно-седиментационных зонах.

Рыбинская ССЗ в кунгусское время приобретает эллипсоидную конфигурацию. Длинная ось бассейна (до 300 км) простиралась в субширотном направлении. Унаследованная миграция Рыбинской ССЗ на восток, начавшаяся еще в павловское время, продолжалась и в кунгусское время. В отдельные моменты Рыбинский бассейн сливался с Поймо-Бирюсинским, образуя единый Рыбинско-Бирюсинский залив,

в котором формировались красноцветные мергели, алевролиты и аргиллиты, а также серовато-зеленые известняки и конгломератовидные мергели. Единый *Рыбинско-Бирюсинский залив* занимал более 120 тыс.км² и обладал весьма сложной конфигурацией. Временами залив мелел, а осадконакопление происходило в изолированных лагунах, озерах и болотах. Изредка встречаются хорошо промытые кварцевые песчаники серого цвета. Рельеф в областях сноса (район Саянских и Енисейских гор) был слабо расчленен, о чем свидетельствует отсутствие грубообломочных отложений в 400-метровой терригенно-карбонатной толще. В некоторых разрезах сохранились остатки ихтиофауны и флоры. В юго-западной части Рыбинской ССЗ обнаружены отпечатки рыб *Bothriolepis*, *Depterus* и листоногих *Sphaerestheria celsus* Nov., *Brachystheria piskovishensis* Nov., *Asmussia vulgaris* (Lut.) Nov. [9].

Интенсивные блоковые подвижки фундамента платформы по зонам глубинных разломов привели к образованию Сунтарского поднятия, которое разделило единый *Ыгыаттинско-Кемпендйский залив* на две части. Образование Сунтарского поднятия сопровождалось мощной вулканической деятельностью, в результате которой сформировалась толща покровных гиабазальтов и палагонитовых базальтов в Ыгыаттинской мощностью 415 м и маломощных вулканитов (до 15 м) в Кемпендйской структурно-седиментационных зонах.

В отдельные промежутки времени заливы теряли связь с Верхоянским морем (вследствие его регрессии в восточном направлении) и превращались в две огромные почти равные по размерам лагуны, площадью до 64 тыс.км² каждая.

Важно отметить, что характер седиментации в лагунах был различен как по мощности осадков, так и по их составу. Наибольшая мощность пород в Ыгыаттинской зоне 200 м, а в Кемпендйской — 830 м. При этом в Кемпендйской ССЗ преобладают каменная соль, доломиты, туфы, ангидриты и мергели, а в Ыгыаттинской — пестроцветные доломиты, известняки, аргиллиты, мергели, прослои пепловых туфов и гипсов.

В нижней части верхнедевонских отложений найдены отпечатки панцирной рыбы *Bothriolepis* sp. и окаменелости *Acanthotriletes tenuispinosus* Naum., *Lophotriletes atratus* Naum. и др. [6].

Таким образом, при характеристике любого палеобассейна важное значение имеют такие факты, как его палеотектоническое и палеогеографическое положение, что, не-

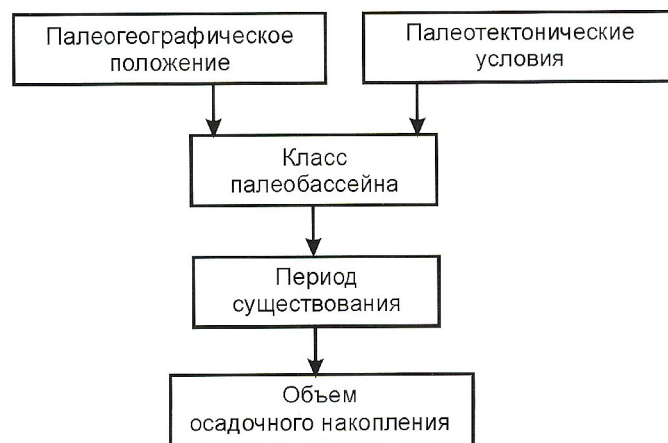


Рис. 2. Схематическая характеристика палеобассейна

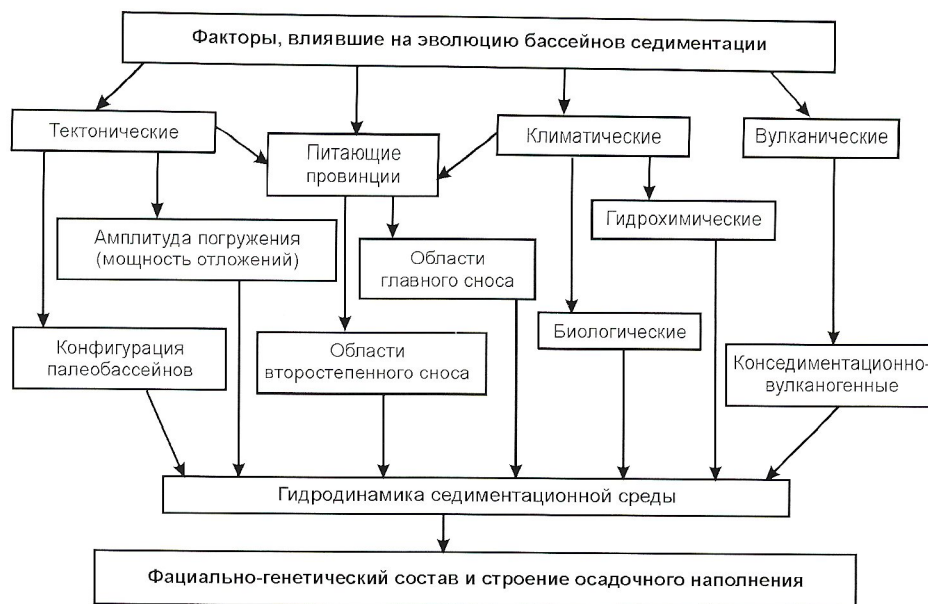


Рис. 3. Основные факторы эволюции среднепалеозойских палеобассейнов

сомненно, предопределило класс данного палеобассейна и, безусловно, повлияло на период его существования, а, следовательно, и объем осадочного заполнения (рис. 2).

Приведенные результаты детальных исследований среднепалеозойских бассейнов седиментации позволили установить, что их эволюция сопровождалась изменением морфологии бассейнов (конфигурации и глубины), питающих провинций, климатических условий и характера вулканизма (рис. 3). Наиболее важный фактор, повлиявший на их развитие, — тектонический, выраженный в изменении амплитуды погружения дна бассейнов, и, соответственно, мощности осадочного заполнения, цикличности отложений и постоянном росте поднятий окружающих палеобассейны. Дифференцированные блоковые подвижки фундамента платформы оказали основное влияние на изменение площадей седиментации, и, конечно, на изменение конфигурации бассейнов.

Существенную роль сыграли питающие провинции. Енисейский кряж, Восточные Саяны и Байкальские горы — основные поставщики огромного количества терригенного и растворенного материала в предгорные бассейны седиментации, а Сунтарское, Прибайкальское и Чуно-Мурское поднятия — во внутримитные.

Как указывал Н.М.Страхов [12], климатический фактор — один из наиболее значимых. Здесь необходимо отметить степень выветрелости пород в питающих провинциях, а также степень зрелости отложений в бассейне седиментации. Климат контролировал и геохимическую обстановку бассейнов седиментации, что повлияло на формирование хемогенных отложений, красноцветных толщ, степень накопления редких элементов, pH и Eh среды осадконакопления, а его эволюционные изменения существенно сказались на составе биоты и наличии пищевых цепей между организмами. Это подтверждается данными по ископаемым флоре и фауне.

Немаловажная роль в эволюции бассейнов принадлежит вулканическому фактору. Вулканогенные отложения подчеркивают индивидуальность развития того или иного бассейна, хотя пепловый материал разносился на значительные расстояния, синхронно осаждаясь в различных зонах седиментации.

Все перечисленные факторы отражены в фациально-генетическом составе и строении осадочного заполнения, анализ которых позволил восстановить описанную направленность эволюции девонских бассейнов.

В заключение необходимо подчеркнуть, что эволюция девонских осадочных бассейнов на юге Сибирской платформы определялась тектоникой, вулканизмом, провинциями питания и климатом, а ее направленность — изменением их конфигурации и объема, а также вещественного состава осадочного заполнения (от терригенных песчистых комплексов к псаммитовым и пелитовым, а затем хемогенным).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Апаньев А.Н. О нижнедевонской флоре юго-восточной части Западной Сибири // Вопросы геологии Азии. Т. 1. — М., 1954. С. 67—71.
2. Андреева Е.М., Петросян Н.М., Радченко Г.П. Новые данные по фитоценологии девонских отложений Алтае-Саянской горной области // Материалы к фитоценологии девонских отложений Алтае-Саянской горной области. — Л., 1962. С. 23—60.
3. Быстрицкий А.И. О нижнедевонских отложениях Рыбинской впадины // Материалы по геологии и полезным ископаемым Западной Сибири. — Томск, 1964. С. 110—113.
4. Добрецов Н.Л. Мантийные суперплоты как причина главной геологической периодичности и глобальных перестроек // Докл. РАН. 1997. Т. 357. № 6. С. 797—800.
5. Замараев С.М., Кузнецов Г.А. О крупнейшей флекуре юга Сибирской платформы // Материалы по геологии и полезным ископаемым Красноярского края. Вып. 2. — Красноярск, 1961. С. 151—157.
6. Колодезников К.Е. Девон и нижний карбон западной части Вилуйской синеклизы. — М.: Наука, 1982.
7. Кушев В.Г., Шишцын А.В., Ермолаева Л.А. Структурно-тектоническое положение кимберлитов на древних платформах // Проблемы кимберлитового магматизма. — Новосибирск, 1989. С. 38—42.
8. Лобанов М.П., Сендеров М.А., Дашкевич Л.М. Ордовикские отложения бассейнов рек Куерма и Окунайки // Новые данные по геологии, нефтеносности и полезным ископаемым Иркутской области. — М., 1964. С. 121—129.
9. Мордовский В.Т., Дитмар В.И. К вопросу о стратиграфии девонских отложений Рыбинской впадины // Докл. АН СССР. 1954. Т. 95. № 5. С. 1055—1058.
10. Романовский С.И. Литогенез осадочных бассейнов. — СПб., 1996.
11. Рухин Л.Б. Основы литологии. — Л.: Недра, 1969.
12. Страхов Н.М. Основы теории литогенеза. Т. 1. — М.: Изд-во АН СССР, 1962.
13. Шарова А.М. Взаимосвязь проявлений кимберлитового магматизма с глубинной тектоникой (плотами) восточной части Сибирской платформы / Тектоника неогена: общие региональные аспекты. Т. 2. — М., 2001. С. 297—300.
14. Фокс Ц.С. Климаты Гондванского материка в течение Гондванской эры в Индийской области // Международный геологический конгресс. Труды XVII сессии. Т. 6. — М., 1940. С. 209—235.
15. Янов Э.Н. Стратиграфия девонских отложений Рыбинской впадины // Докл. АН СССР. 1955. Т. 104. № 5. С. 767—770.

Олхинская свита — ключ к увязке стратиграфических подразделений докембрия Саяно-Байкальской горной области и Сибирской платформы

Т.А.ДОЛЬНИК, З.Х.ФАЙЗУЛИНА, А.С.ИЛЬИН, А.И.АРТЕМЬЕВА, Т.Ф.СУБИЦКАЯ, С.А.АНИСИМОВА, А.А.ЛЕЛИКОВА
(ФГУП ВостСибНИИГТИМС)

Небольшой район юга Восточной Сибири, занимающий истоки р.Ангара, приустьевую часть р.Иркут и юго-западное побережье оз.Байкал между истоками рек Ангара и Бол.Голоустная, является узлом, где сходятся докембрийские отложения трех структурно-фациальных зон — Анайско-Голоустенской и Иркутской зон Саяно-Байкальской горной области и Верхнеангарской зоны Сибирской платформы (рис. 1) [8]. Основное значение в корреляции докембрийских отложений этого района в настоящее время принадлежит олхинской свите, которая выделяется на территории названных структурных подразделений. В Верхнеангарской зоне олхинская свита в последние годы переименована в кайскую. Вместе с тем, возраст олхинской свиты вызывает у исследователей значительные разногласия. В этом узловом участке существовали противоречия, связанные с увязкой и остальных стратиграфических подразделений докембрия, но они более или менее удовлетворительно были разрешены [14]. Цель статьи — показать противоречия, существующие вокруг возраста и корреляции олхинской свиты, и наметить пути решения этой проблемы.

Несмотря на согласованность ряда вопросов в стратиграфии района, следует остановиться на последовательности выделения свит в рассматриваемых зонах, их возрасте и корреляции. Мотская свита впервые была выделена И.Д.Черским в складчатом обрамлении платформы по р.Иркут (пос.Моты), где она представлена терригенными красноцветными породами. М.М.Тетяев в Прибайкалье выделил ушаковскую свиту, сложенную преимущественно зеленоцветными терригенными породами. Олхинская свита впервые была изучена Н.Ф.Логиновым и М.С.Бабковой [1] в Иркутской зоне. Позже отложения указанных свит выделялись в пределах всех рассматриваемых структурных подразделений. При этом мотская и ушаковская свиты в разных зонах имели различный объем, что значительно осложняло их корреляцию и противоречило стратиграфическому кодексу, в связи с чем при подготовке стратиграфической схемы Средней Сибири мотская свита была переведена в ранг серии и получила тот максимальный объем, в котором была выделена в разрезах скважин [8]. Мотская серия в региональных схемах отнесена к венду и представлена во всех рассматриваемых зонах, в каждой из которых она расчленяется на самостоятельные свиты.

Олхинская свита в Анайско-Голоустенской и Иркутской зонах отнесена к рифею. При этом принято два варианта корреляции олхинской свиты с байкальской серией Прибайкалья: 1) с полным объемом качергатской свиты; 2) с верхней частью качергатской свиты.

К моменту завершения геологической съемки среднего масштаба, а позже и при составлении государственных геологических карт нового поколения, геологи-съемщики считали доказанной корреляцию байкальской серии и олхинской свиты и выделяли на картах вместо олхинской свиты голоустенскую и улунтуйскую свиты байкальской серии в Анайско-Голоустенской зоне и улунтуйскую в

Иркутской зоне [5; материалы В.Г.Рыбакова, 2000; В.И.Болдырева, 1999]. Геологи, изучавшие разрезы глубоких скважин Сибирской платформы, параллелизовали олхинскую свиту с ушаковской, опираясь на литологические и палинологические данные, и относили ее к венду или кембрию [11]. Резко различные варианты корреляции сопоставляемых подразделений и оценка их возраста прошли через многие работы [6, 8] и явились предметом острой дискуссии при обсуждении унифицированных схем Средней Сибири [8, 9, 12, 14].

Согласно решениям 1983 г. мотская свита на Сибирской платформе была переведена в ранг серии только в объеме средней и верхней части, а нижняя в разных зонах юга Сибирской платформы стала называться непской, ковинской и олхинской свитами. Низы олхинской и непской свит включены в талахский горизонт, отнесенный к венду [8]. В решениях имелось особое мнение Н.В.Мельникова, В.В.Хоментовского, В.Ю.Шенфиля, М.С.Якшина, которые считали что олхинская свита в полном объеме древнее непской. Разные точки зрения существуют и в настоящее время [2, 13].

В соответствии с Решениями четвертого межведомственного стратиграфического совещания непская свита, нижнечорская и ковинская подсвиты также были введены в низы мотской серии. Олхинская свита была оставлена только в Верхнеангарской зоне и помещена в верхи рифея ниже мотской серии [9].

Различия фациальных обстановок в вендское время во внутренней части Сибирской платформы позволили выделить новые стратиграфические подразделения и уточнить объемы некоторых других. Выделены ковыктинская и кайская свиты (аналоги непской свиты). Отложения, относимые ранее к тыптинской и тулунской свитам [9], включены в нижнюю подсвиту ковыктинской. Объем чорской свиты принят по схеме 1983 г. Упразднено название космическая свита, которая по составу полностью отвечает тирской свите. В предлагаемой схеме вновь введено название даниловская свита [8].

Вопрос о стратиграфических аналогах олхинской свиты и ее возрасте в настоящее время решается двумя путями. Иркутские геологи-нефтяники по литологическим данным, промыслово-геофизическим диаграммам, палеонтологической характеристике сопоставляют кайскую (олхинскую) свиту с хорошо изученными разрезами непской, ковыктинской и других свит Сибирской платформы, и определяют их возраст как вендский [2, 12]. Олхинская свита, четвертая и третья пачки качергатской свиты соответственно Иркутской и Анайско-Голоустенской зон Саяно-Байкальской складчатой области коррелируются этими исследователями с непским горизонтом внутренних районов Сибирской платформы (рис. 2).

Геологи, изучающие разрезы складчатого обрамления Сибирской платформы (Прибайкалья), решая вопрос о возрасте и стратиграфических аналогах олхинской свиты, отдают предпочтение литологическим и картировочным дан-

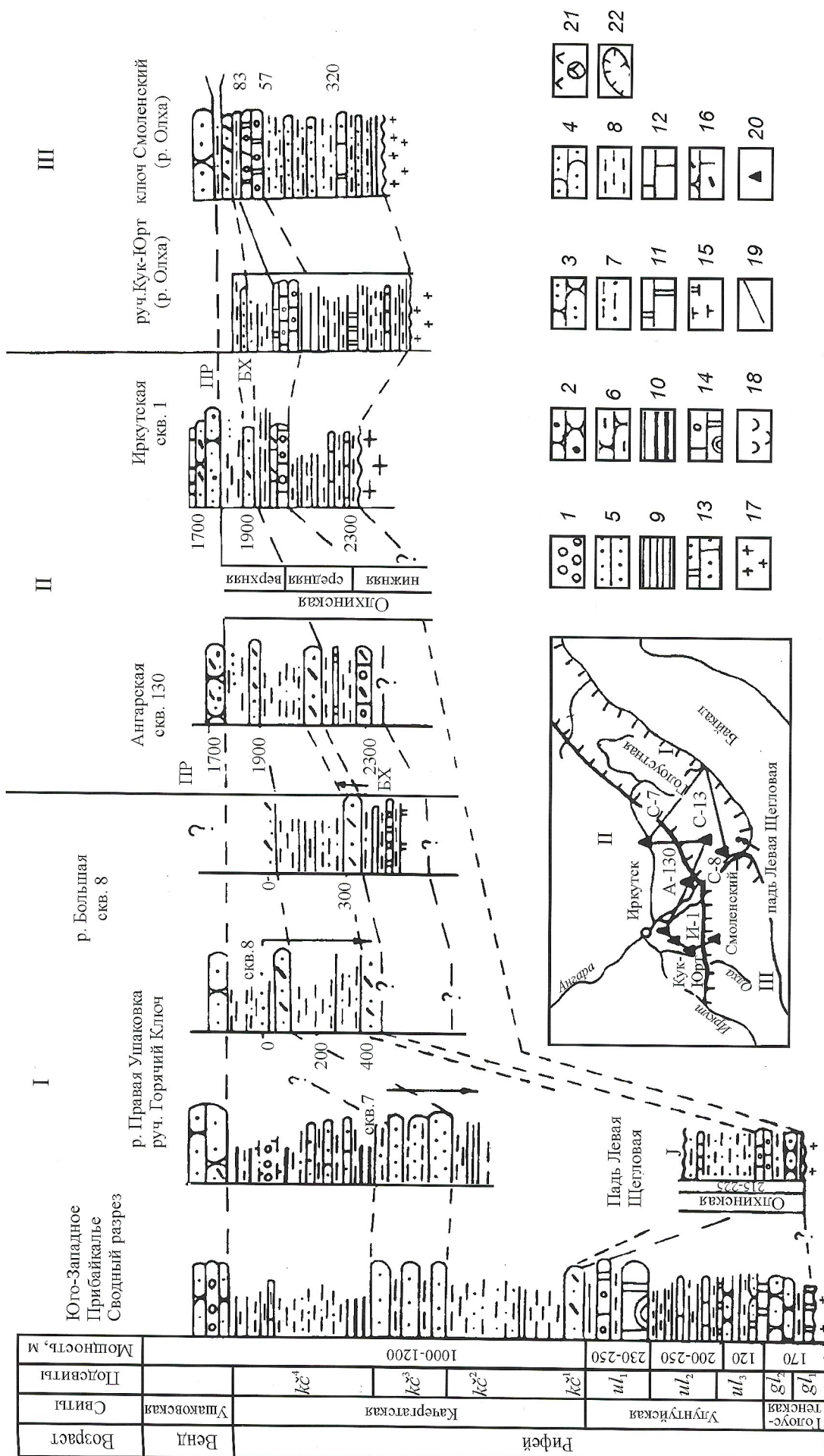
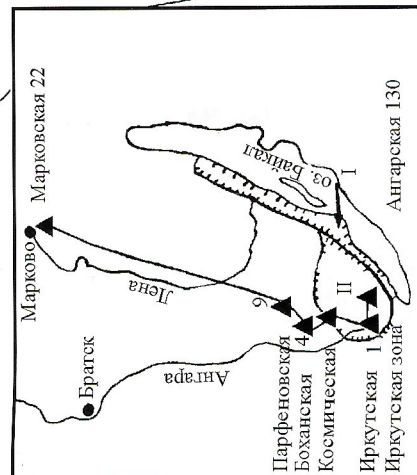
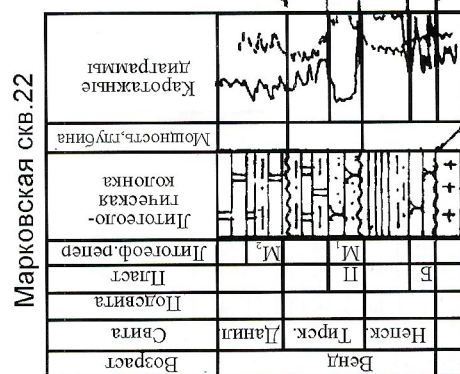
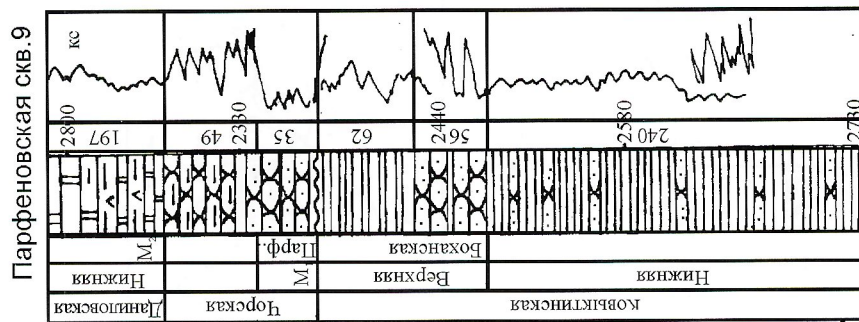
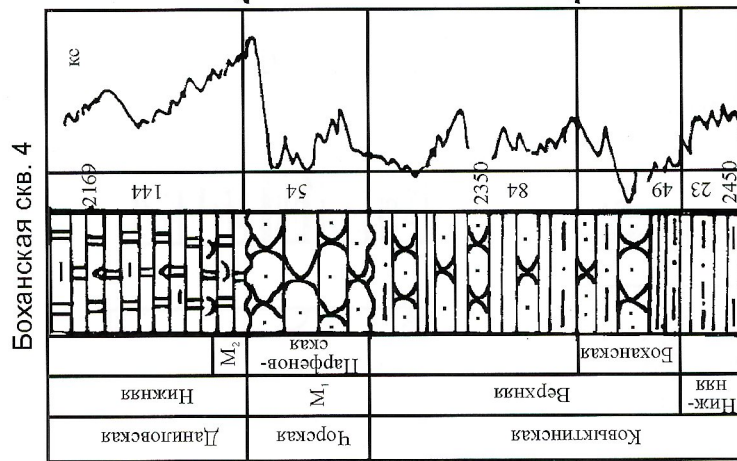
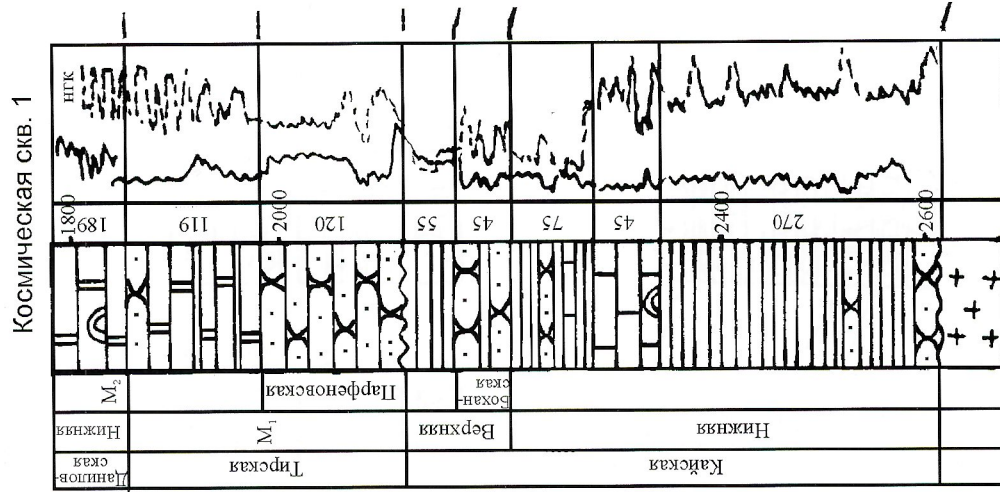


Рис. 1. Схема корреляции разрезов верхнедокембрийских отложений Байкальской горной области и Сибирской платформы. Составители Т.А.Дольник, С.А.Анисимова, А.А.Леликова (по материалам В.Ю.Шенфля и др., 1984, с сокращениями и дополнениями);

1 — конгломераты; 2 — гравелиты и грубозернистые песчаники; 3 — полимиктовые песчаники; 4 — кварц-полевошпатовые песчаники; 5 — кварцевые песчаники; 6 — песчаники разного состава; 7 — песчаные алевролиты; 8 — алевролиты; 9 — аргиллиты; 10 — аргиллиты черные; 11 — доломиты; 12 — известняки; 13 — известняки и доломиты песчаные; 14 — известняки и доломиты микрофитолитовые и строматолитовые; 15 — алевролиты известковые и доломитистые; 16 — алевролиты с обломками черных алевролитов и аргиллитов; 17 — породы кристаллического фундамента; 18 — соли; 19 — линия профиля; 20 — скважины; 21 — прослой и включения ангидрита; 22 — границы фациальных зон; зоны: I — Анайско-Голоушенская; II — Верхнеангарская; III — Иркутская; горизонты: БХ — Боханский; ПР — Парфеновский



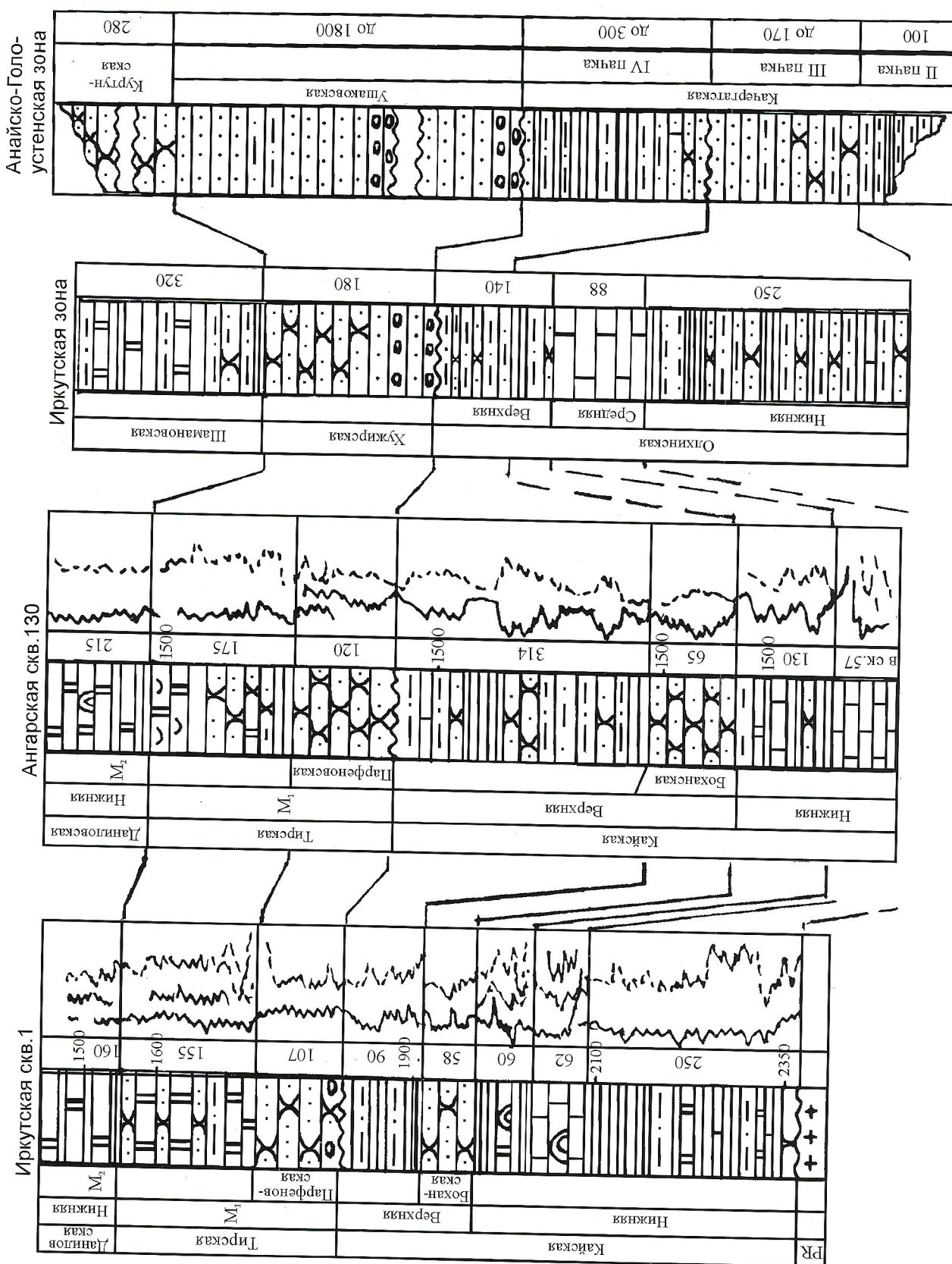


Рис. 2. Схема сопоставления разрезов верхнедокембрийских отложений юго-восточной части Сибирской платформы с юго-западным Прибайкальем. Составители А.И. Артемьева, А.С. Ильин, Т.Ф. Субицкая, см. усл. обозначения к рис. 1

ным. Для уточнения вопросов корреляции в переходной зоне от Анайско-Голоустенской к Иркутской были пробурены скважины (С-8 и С-13), которые помогли проследить и увязать маркирующие горизонты байкальской серии и олхинской свиты (см. рис. 1). Этими исследователями учитывается и палеонтологическая характеристика олхинской свиты, не позволяющая однозначно решить вопрос о возрасте свиты, но не исключающая ее рифейское положение и возможность корреляции с байкальской серией [4, 6, 13, 14; материалы В.Г.Рыбакова, 2000; В.И.Болдырева, 1999].

Олхинская свита в Саяно-Байкальской горной области вскрывается в обнажениях, горных выработках и скважинах, а в Верхнеангарской зоне (кайская свита) изучена по серии глубоких скважин. Стратотипический разрез свиты находится в долине р.Олха (приток р.Иркут) в Иркутской зоне. Он был изучен по горным выработкам [5], но наиболее полно вскрыт в среднем течении р.Олха Кук-Юртовской скважиной [11]. В 1980—1983 гг. разрез Кук-Юртовской скважины был продублирован скважиной, пробуренной также в бассейне р.Олха на водоразделе ручьев Смоленский ключ и Сырой Кук-Юрт. Обе скважины вскрывают полный разрез олхинской свиты, который разделяется на три подсвиты (см. рис. 1). В скважине Смоленский ключ они представлены следующими образованиями [7]:

1. В основании *нижней подсвиты* на выветрелых каолинизированных, биотитовых гнейсогранитах залегает горизонт аргиллитов (около 20 м) красноцветных и желтовато-серых с гравийными зернами кварца. Выше залегают сероцветные песчаники и алевролиты полевошпат-кварцевого состава с биотитом, которым подчинены аргиллиты, доломиты и кремнисто-карбонатные породы. Мощность 279—320 м.

2. *Средняя подсвита* сложена битуминозными кристаллическими известняками, доломитами и кремнисто-карбонатными породами с микрофитолитами (неопределимыми) и с прослоями глинисто-углеродистых сланцев. Мощность 57,5—63 м.

3. *Верхняя подсвита* начинается пачкой (13 м) зеленовато-серых алевролитов и аргиллитов и наращивается ритмично переслаивающимися песчаниками и алевролитами с отдельными прослоями доломитов. Мощность 83—104 м.

В керне Кук-Юртовской скважины в алевролитах нижней подсвиты олхинской свиты на глубине 404—413 м обнаружены многочисленные мелкие образования, спирально закрученные в одной плоскости, и отпечаток дискообразной формы [10]. Кроме этих находок в песчаниках нижней подсвиты Иркутской зоны долины р.Бол.Безымян-ка установлены микрофоссилии (табл. 2). В известняках средней подсвиты долины р.Шинихта в канавах и скважинах отобраны микрофитоциты (табл. 1).

При прослеживании олхинской свиты вкост Иркутской зоны к Верхнеангарской, до Иркутской скв. 1 (И-1) устанавливаются незначительные фациальные изменения, но в целом разрез И-1 близок к стратотипическому.

Этот разрез в интервале 1815—2348 м предлагался в качестве парастратотипа олхинской свиты [12]. Он соответствует, по мнению Л.Ф.Тыщенко и З.Х.Файзулиной, непскому горизонту и в последние годы выделяется как кайская свита во внутренней части платформы, в т.ч. и в Верхнеангарской структурно-фациальной зоне. Кайская свита непского горизонта делится на две подсвиты и параллелизуется с олхинской свитой Иркутской зоны. Верхнекайская подсвита по объему отвечает верхней подсвите

1. Общие формы микрофитоцитов олхинской и улунтуйской свит

Микрофитоциты	Районы				
	р.Шинихта	Скв. 7 ^а Ключ Смоленский	Скв. 13 р.Тальцы	Падь Левая Щегловая	р.Бол.Голоустная
	Олхинская свита				Улунтуйская свита
<i>Osagia minuta</i> Z.Zhur.	+				
<i>O.tenuilamellata</i> Reith.	+				+
<i>O.olchensis</i> Korol.	+			+	
<i>O.cf.donatella</i> Korol.	+			+	+
<i>Osagia</i> sp.			+		+
<i>Vesicularites</i> sp.	+		+	+	+
<i>V.cf.compactus</i> Yak.		+			+
<i>V.cf.ingens</i> Yak.		+			+
<i>V.ovatus</i> Z.Zhur.	+			+	
<i>Vermicularites</i> sp.	+			+	
<i>Vermicularites aff.tortuosus</i> Reith.	+			+	
<i>Nubecularites</i> sp.	+				
<i>Volvatella</i> sp.	+			+	

2. Микрофоссилии олхинской свиты и байкальской серии

Микрофоссилии	Свиты								
	<i>olh₁</i>	<i>olh₂</i>	<i>olh₃</i>	<i>gl</i>	<i>ul</i>	<i>kč₁₋₂</i>	<i>kč₃</i>	<i>kč₄</i>	<i>uš</i>
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Protosphaeridium</i> div.sp.	.....		.....	.....					
<i>Leiominiuscula</i> div.sp.	.....		.....						
<i>Pterospermopsimorpha</i> div.sp.	.....		.....		.....				
<i>Bavlinella</i> div.sp.	.....		.....		.....				
<i>Octoedryxium</i> div.sp.	cf		cf .....		.....				
<i>Nucellosphaera</i> div.sp.		cf	cf .....			.....			
<i>Nucellosphaeridium</i> div.sp.			.....						
<i>Proteus</i> sp.						.....			
<i>Anguloplanina</i> sp.	.....		.....						
<i>Centrum</i> sp.					.....				.....
<i>Symplassosphaeridium</i> sp.	.....		.....						
<i>Synsphaeridium</i> sp.					.....				
<i>Leiosphaeridia</i> div.sp.	cf .....			.....	.....				
<i>Leiosphaeridia obsuleta</i> Naum.	.....				.....		.....		
<i>Leiosphaeridia crassa</i> Naum.	.....		.....						
<i>Leiosphaeridia minutissima</i> Naum.	.....		.....		.....				
<i>Leiosphaeridia incrassulata</i> Jank.	.....		.....						
<i>Leiosphaeridia tenuissima</i> Eis.	.....		.....		.....				
<i>Leiosphaeridia jacutica</i> Tim.	.....		.....		.....				
<i>Spumiosa</i> sp.					.....				
<i>Spumiosa massulata</i> Stan.					.....				
<i>Tchujia</i> sp.					.....				
<i>Dictyotidium</i> sp.					.....				
<i>Dictyotidium minor</i> Stan.			.....	.....					
<i>Floris</i> sp.			.....		.....				
<i>Floris primitivus</i> Stan.	.....		.....						
<i>Floris aff.radiatus</i> Stan.	.....				.....				
<i>Digitus</i> sp.	.....		.....						
<i>Eomycetopsis psilata</i> Maith.			.....						
<i>Pulvinosphaeridium</i> div.sp.	.....		.....						
<i>Leiomarginata simplex</i> Naum.			 sp						
<i>Paracrassosphaera punctulata</i> Trestsh.									.....
<i>Paracrassosphaera dedalea</i> Rud.									.....
<i>Paracrassosphaera actinomorpha</i> Trestsh.									.....
<i>Retiforma</i> sp.			.....		.....				
<i>Retiforma tolparica</i> Mikh.	.....								

Микрофоссилии	Свиты								
	<i>olh₁</i>	<i>olh₂</i>	<i>olh₃</i>	<i>gl</i>	<i>ul</i>	<i>kč₁₋₂</i>	<i>kč₃</i>	<i>kč₄</i>	<i>uš</i>
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Teophynolia</i> sp.	.....								
<i>Aducta sibirica</i> Fajz.									
<i>Cymatiosphaera</i> sp.			.....						
<i>Sibiriella prima</i> Fajz.			.....						
<i>Bailikania</i> sp.			.....						
<i>Bailikania actinomorpha</i> Trestsh.									
<i>Bailikania memorabila</i> Trestsh.									
<i>Bailikania diligena</i> Trestsh.			.....						
<i>Bailikania faveolata</i> Trestsh.			.....						
<i>Granomarginata prima</i> Naum.	cf.		sp.				sp.		
<i>Granomarginata squamea</i> Volk.			aff.						
<i>Micrhistridium</i> sp.	.....		.....						
<i>Micrhistridium certum</i> Trestsh.									
<i>Micrhistridium insuetum</i> Trestsh.			.....						
<i>Navifusa</i> sp.			.....						
<i>Navifusa nerutchanda</i> Fajz. et Trestsh.			.....						
<i>Navifusa sibirica</i> Fajz. et Trestsh.			.....						
<i>Leiovalia</i> sp.	.....		.....						
<i>Obruchevella</i> sp.									
<i>O. olchinica</i> Gorod. et Drob.		.....							
<i>O. ditissima</i> Schip. et Jak.		.....							

Примечания: 1. Свиты: *olh* — олхинская; *gl* — голоуестенская; *ul* — улунгуйская; *kč* — качергатская; *uš* — ушаковская; *cf* — формы плохой сохранности; *aff* — похожая; *sp* — формы, определяемые до рода. 2. Верхнеангарская зона, глубокие скважины — точки; Алайско-Голоуестинская зона: р. Большая Голоуестная, Приморские скважины 6, 7 — линия тонкая сплошная (по Станкевичу — жирная сплошная); надь Левая Щегловая — тонкий пунктир (по Станкевичу — жирный пунктир; Иркутская зона, р. Бол. Безымянка — штрих пунктир.

олхинской свиты, нижнекайская подсвита соответствует средней и нижней подсвитам олхинской свиты.

Авторы статьи (Т.А.Дольник, С.А.Анисимова и др.) считают, что переименование парастратотипа олхинской свиты Иркутской скв. 1 в кайскую не решает вопрос о возрасте олхинской свиты, а усугубляет обособление смежных фациальных областей. Вместе с тем, существующие возрастные разногласия и специфика органических остатков в скважинах позволяют дать самостоятельное название свите в Верхнеангарской зоне.

В Иркутской скв. И-1, Космических скважинах К-1; К-2 вскрыты близкие по составу разрезы олхинской свиты (по Т.А.Дольник и др.):

1. *Нижняя подсвита* сложена преимущественно аргиллитами с редкими маломощными прослоями алевролитов, песчаников и известняков. В подошве олхинской свиты скв. И-1, которая добурена до фундамента, выделяется пласт песчаников. Известняки темно-серые, разномзерни-

стые, иногда переходят в известковистые доломиты черного цвета с оолитами и микрофитолидами (не определимы). Мощность 250—280 м. В алевролитах и аргиллитах нижней подсвиты трех перечисленных скважин наблюдается большой набор микрофоссилий с преобладанием мелких и «транзитных» форм (см. табл. 2).

2. Для *средней подсвиты* характерны известняки серые, темно-серые до черных с оолитами и микрофитолидами плохой сохранности (не определимы). Имеются маломощные прослои аргиллитов. Мощность 55—56 м. В карбонатных породах установлено несколько видов водорослей рода *Obruchevella*.

3. *Верхняя подсвита* подразделяется на три пачки (снизу): 1) аргиллиты с прослоями песчаников, редко известняков и доломитов; 2) песчаники с лепешковидными обломками аргиллитов и сланцев; 3) аргиллиты с прослоями алевролитов и песчаников. Средняя пачка песчаников, содержащая обломки сланцев и аргиллитов, является марке-

ром — боханский горизонт, который используется рядом исследователей [14] при корреляции разрезов Верхнеангарской, Анайско-Голоустенской и Иркутской зон. Мощность 100—350 м.

Верхняя подсвита олхинской свиты во всех рассматриваемых скважинах перекрывается красноцветными полимиктовыми песчаниками и конгломератами, которые в Верхнеангарской зоне относятся к парфеновскому горизонту. В верхней подсвите олхинской свиты развит более значительный комплекс микрофоссилий по сравнению с нижнеолхинским (см. табл. 2).

Вопрос о возрасте отложений олхинской свиты и возможности корреляции этой свиты Верхнеангарской зоны с разрезами Анайско-Голоустенской зоны особенно сложен и вызывает наибольшие разногласия. Некоторые исследователи (Т.А.Дольник, С.А.Анисимова, В.Ю.Шенфиль), а также геологи-съемщики (В.Г.Рыбаков, В.И.Болдырев) в легендах к геологическим картам нового поколения пытаются решить данный вопрос путем прослеживания маркирующих горизонтов из наиболее полных разрезов Анайско-Голоустенской структурно-фациальной зоны через серию скважин (С-8, С-13) до скв. И-1. При этой корреляции за литологический эталон принят стратотипический разрез байкальской серии р.Бол.Голоустная, который начинается доломитово-терригенной голоустенской свитой, трансгрессивно залегающей на приморских гранитах. Выше по разрезу выделяются отложения улунтуйской свиты, представленные глинисто-алевритовыми сланцами и темными известняками, доломитами и углеродистыми сланцами. В известняках и доломитах присутствуют строматолиты и микрофитолиты. Имеются горизонты очень темных микрофитолитовых известняков, обогащенных органическим веществом и названных «гороховый камень». В глинисто-алевритовых сланцах изучены микрофоссилии. Завершается разрез байкальской серии качергатской свитой, состоящей из чередующихся песчаных и аргиллит-алевролитовых пачек. В стратотипическом разрезе р.Бол.Голоустная в качергатской свите выделяются четыре пачки. Качергатские породы перекрываются полимиктовыми песчаниками и конгломератами ушаковской свиты. Во всех пачках качергатской и ушаковской свиты изучены микрофоссилии (см. табл. 2).

В охарактеризованном стратотипическом разрезе байкальской серии можно выделить ряд маркирующих горизонтов, которые использованы сторонниками байкальского возраста олхинской свиты при корреляции скважин и коренных обнажений (снизу): 1) темные карбонатные породы с микрофитолитами (улунтуйская свита) — «гороховый камень»; 2) нижняя пачка песчаников качергатской свиты с обломками аргиллитов и алевролитов; 3) полимиктовые песчаники и конгломераты основания ушаковской свиты.

К западу от стратотипического разреза р.Голоустная в приплатформенной части Анайско-Голоустенской зоны по рекам Левая Щегловая, Большая, Тальцы вскрываются, по мнению многих исследователей, в очень малых мощностях голоустенская (?), улунтуйская и неполный разрез качергатской свиты [7, 14]. В связи с отсутствием полного разреза качергатской свиты (трансгрессивно перекрыт юрскими отложениями), разрез пади Левая Щегловая не позволял провести однозначную корреляцию байкальской серии и олхинской свиты. Уточнение такой корреляции стало возможным после бурения скважин в долинах рек

Большая (С-8) и Тальцы (С-13), которое было выполнено с целью решения «олхинской проблемы». Из органических остатков установлены только микрофитолиты в скв. С-13 (см. табл. 1). Корреляция проведена по маркирующим литологическим горизонтам. Три нижние пачки качергатской свиты вскрыты в скв. 8, а в Анайско-Голоустенской зоне в обнажениях руч.Алатай они наращиваются четвертой пачкой, последняя — полимиктовыми песчаниками ушаковской свиты. В нижней и верхней пачках песчаников, также как в долине р.Голоустная присутствуют обломки аргиллитов и алевролитов.

В скв. 13 вскрыты три нижние пачки качергатской свиты, а ниже первой пачки песчаников темные карбонатные породы улунтуйского облика, в которых присутствуют нечеткие микрофитолиты (*Osagia* sp., *Vesicularites* sp.). Такая корреляция разрезов указанных скважин с соответствующими отложениями в скв. И-1 была согласована большой группой исследователей при изучении всех рассмотренных разрезов [14].

Все три маркера, вскрытые в скважинах 8 и 13, хорошо прослеживаются в скважинах А-130 (Ангарская), И-1, К-2 и К-1. Карбонатные породы средней подсвиты улунтуйской свиты соответствуют карбонатным породам средней подсвиты олхинской свиты, песчаники нижней пачки качергатской свиты — боханскому горизонту, песчаники ушаковской свиты — парфеновскому.

Иная корреляция предлагается геологами, прослеживающими отложения глубоких скважин Иркутского амфитеатра от Непского свода к Верхнеангарской зоне и приплатформенной части Прибайкальского прогиба. При сопоставлении этих разрезов за основу взяты промыслово-геофизические исследования (КС, ГК, НГК) и маркирующие горизонты, выделенные по литолого-геофизическим материалам: реперы М₁ и М₂, характеризующиеся высокими значениями электрического каротажа, пласты песчаников (боханский и др.). Пласты песчаников залегают в основании свит и подсвит (см. рис. 2). Корреляция разрезов прослежена множеством профилей в разных направлениях. По этой корреляции непская свита сопоставляется с ковыктинской, кайской (олхинской) свитами.

Рассмотрим подробнее состав органических остатков олхинской свиты. Разрезы свиты разных зон характеризуются специфическим набором органических остатков, которые не всегда помогают коррелировать их со стратотипом. В целом в олхинской свите изучены: водоросли рода *Obruchevella* Reitl., следы червеобразных организмов (аннелид), *Vendotenidae*, гигантские образования, близкие к *Chuarina* Walcott, микрофитолиты и большой набор микрофоссилий.

Остановимся на возрастном значении каждой группы, которое интерпретируется авторами не всегда однозначно. Остатки аннелид, *Vendotenidae* и гигантские фоссилии известны только в стратотипической местности (Кук-Юртовская скважина). По заключению Б.С.Соколова, остатки аннелид более всех напоминают *Helminthoidichnites spiralis* Walkott. Подобные образования встречаются в средней части верхнерифейских подразделений серии Белт США и Виндийской системы Индии. В этом же интервале Б.С.Соколов изучил небольшой (около 1 мм) отпечаток дискообразной формы, который напоминает образования рода *Chuarina* или *Fermoria* (*Protobolella*) и близкие к ним формы, известные из верхнего докембрия разных стран. По присутствию отпечатка этой формы и аннелид

можно предположить как рифейский, так и вендский возраст вмещающих отложений [10].

Кроме того, в этой зоне в долине р.Олхи в черных окремненных известняках средней подсвиты олхинской свиты М.С.Якшин и Дж.В.Шопф обнаружили и детально изучил Дж.В.Шопф своеобразную олхинскую микробиоту, состоящую из неветвящихся трихом и трубчатых нитей, напоминающих современные сине-зеленые водоросли *Oscillatoria* Vaucher и *Linghya* Agardh и их пустые оболочки. Здесь же установлены ветвистые нити, которые Дж.В.Шопф предположительно сопоставляет с *Eomycetopsis* Schopf. Этот организм, условно относимый к грибам, известен из отложений верхнего рифея Центральной Австралии [15], а также в кремнях юдомской свиты Сибири. Рассмотренные остатки не могут быть использованы для корреляции разрезов олхинской свиты разных структурно-фациальных зон и не позволяют однозначно решать вопрос о возрасте вмещающих отложений.

Трубчато-спиральные водоросли *Obruchevella* установлены в средней подсвите олхинской свиты в двух структурно-фациальных зонах. В разрезе по р.Безымянка (левый приток р.Олха) они определены только до рода. В парастратотипическом разрезе свиты (скв. И-1) изучены *Obruchevella olchinica* Gorodnichev et Drobkova, *O.ditissima* Schipitzyn et Jakchin (см. табл. 2). Водоросли рода *Obruchevella* известны как в отложениях рифея, так и в венде. Обручевеллы олхинской свиты крупных размеров [3]. В.К.Головенок, изучавший водоросли этого рода из отложений разного возраста, отмечает увеличение размеров трубчато-спиральных водорослей от рифея к венду. «Гигантизм» спиралевидных форм, по его мнению, служит индикатором вендского возраста. Подобное предположение требует дополнительной проверки на большом материале.

Микрофитолиты олхинской свиты имеют плохую сохранность, так как породы, их содержащие, подверглись интенсивным вторичным преобразованиям (см. табл. 1).

Среди набора олхинских микрофитолитов преобладают такие, которые появляются в отложениях рифея, а некоторые проходят выше. Многие отмечены в улунтуйской свите байкальской серии, отдельные формы известны только из отложений венда—нижнего кембрия (*Osagia minuta* Z.Zhur.), и имеется эндемичная форма *Osagia olchensis* Korol., описанная только из олхинской свиты. В целом, набор микрофитолитов не позволяет корректно решить вопрос о возрасте олхинской свиты.

Микрофоссилии имеют наибольшее корреляционное значение. Они изучены в стратотипических разрезах олхинской свиты Иркутской зоны (р.Бол.Безымянка), Анайско-Голоуспенской зоне (р.Бол.Голоустная) — разрезе байкальской серии, олхинской свите — пади Левая Щегловая, а также во всех скважинах Верхнеангарской структурно-фациальной зоны (см. табл. 2).

Как видно из табл. 2, большинство форм микрофоссилий широко распространены в вертикальном направлении и отмечаются по всему разрезу олхинской свиты. В стратотипическом разрезе байкальской серии представители трех родов появляются с уровня голоуспенской свиты (редко), а в улунтуйской свите фиксируется обилие мелких сферических акритарх, крупные *Leiosphaeridia* немногочисленны. Подобная ассоциация приурочена к двум нижним пачкам качергатской свиты. В нижекайской подсвите (нижняя и средняя подсвиты олхинской свиты) набор акритарх отличен — доминируют средне- и крупно-

размерные лейосферы, увеличивается количество призматических форм рода *Octoedryxium*. Наибольшее коррелятивное значение имеют 7 видов акритарх — *Sibiriella prima* Fajz., *Bailikania diligena* Trestsh., *B.memorabila* Trestsh., *Granomarginata prima* Naum., *G.squamacea* Volk., *Micrhystridium sertum* Trestsh., *M. (?) insuetum* Trestsh. Появляясь единично в толщах нижекайской и пачке III качергатской свит, они получают массовое развитие в верхнекайской подсвите, пачке IV качергатской свиты и проходят в ушаковскую свиту. Данное обстоятельство и ряд других позволяют части исследователей настаивать (А.С.Ильин, А.И.Артемьева, Т.Ф.Субицкая и др.): 1) на корреляции полного объема олхинской свиты только с верхней частью качергатской свиты (один из вариантов, принятый Международным стратегическим конгрессом) [8]; 2) на вендском (юдомском возрасте) олхинской свиты. Эти исследователи предлагают изменить в Анайско-Голоуспенской зоне границу рифея и венда и проводить ее не по подошве ушаковской свиты, а по основанию третьей пачки качергатской свиты. З.Х.Файзулина считает возможным коррелировать олхинскую свиту с качергатской в полном ее объеме. По мнению Т.А.Дольник и С.А.Анисимовой и других, различный состав микрофоссилий байкальской серии и олхинской свиты может быть обусловлен приуроченностью этих отложений к различным фациальным зонам. Вопрос же об изменении границы рифея и венда, по мнению этих исследователей, вряд ли правомерен в настоящее время. Такая граница как подошва венда должна хорошо картироваться и иметь не только палеонтологическое, но и геологическое обоснование.

В заключение следует подчеркнуть, что анализ всего существующего геологического и палеонтологического материала не позволяет авторам сделать однозначный вывод о возрасте и стратиграфическом положении олхинской свиты и заставляет высказать различные предположения:

1. На основании геологических данных и общих литологических маркеров (кварцитовидные песчаники, темные микрофитолитовые известняки — «гороховый камень», песчаники с обломками аргиллитов и алевролитов, полимиктовые песчаники), изученных при просмотре скважин, и их сравнения с разрезами Анайско-Голоуспенской и Иркутской зон [14] отложения олхинской свиты параллелизуются с полным разрезом байкальского комплекса (во всяком случае, с улунтуйской и качергатской свитами (Т.А.Дольник, С.А.Анисимова и др.) и относятся к рифею.

2. Заостряется внимание на различной палеонтологической характеристике, с одной стороны, разрезов Анайско-Голоуспенской зоны, с другой — Иркутской и Верхнеангарской зон. В Анайско-Голоуспенской зоне в улунтуйской свите присутствуют многочисленные строматолиты и микрофитолиты. В разрезе пади Левая Щегловая строматолиты отсутствуют, а микрофитолиты представлены формами плохой сохранности. В Иркутской зоне, наряду с отдельными формами микрофитолитов плохой сохранности, присутствуют остатки червеобразных и мягкотелых организмов, водоросли рода *Obruchevella*, в Верхнеангарской зоне в заметных количествах — трубчатые водоросли рода *Obruchevella*.

3. Такая разница в составе органических остатков дает основание Т.А.Дольник, С.А.Анисимовой и др. высказать следующие предположения: 1) олхинская свита Анайско-

Голоустенской зоны, с одной стороны, Верхнеангарской и Иркутской зон, с другой, представляют собой разные стратиграфические уровни, что маловероятно; 2) олхинская свита и байкальская серия — разновозрастные образования разных биофациальных зон, что отразилось на составе органических остатков. Отложения улунтуйской свиты формировались в зоне мелководного шельфа, в то время как породы олхинской свиты образованы в зоне прибрежной равнины.

4. А.С.Ильин, Т.Ф.Субицкая и др. на основании идентичности комплексов микрофоссилий III и IV пачек качергатской свиты с комплексом верхненепской подсвиты и ее аналогов считают их разновозрастными. Корреляция олхинской (кайской) свиты с непской, а непской — с трехчленным разрезом северо-западной части Предпатомского прогиба, позволяет считать, что эти отложения относятся к одному стратиграфическому уровню.

Верхнерифейские отложения в пределах Сибирской платформы вскрыты Катской скв. 261 и Ковинской скв. 1. В скв. 261 выявлен достоверно рифейский комплекс акритарх, а в скв. 1 — верхнерифейский комплекс микрофитолитов. В отложениях кайской свиты установлены акритархи, характерные для более высокого стратиграфического уровня, что не дает возможности считать данные отложения рифейскими [12].

5. Все авторы единодушны в том, что для однозначного решения вопроса о стратиграфическом положении и возрасте олхинской свиты необходимы дополнительные детальные геологические и палеонтологические исследования, которые должны сопровождаться получением геохронологических (Pb-Pb и U-Pb методы), хемотратиграфических и палеомагнитных характеристик для отложений байкальской серии, олхинской и непской свит. Окончательному решению этого сложного вопроса могут помочь следующие исследования:

1) для выяснения возможности рассмотрения олхинской свиты в качестве аналога байкальской серии необходимо дополнительное изучение органических остатков как в Юго-Западном, так и Западном Прибайкалье (Елохин Мыс, реки Умбелла, Миня), где разрезы байкальской серии также как и олхинская свита, находятся в прибрежной фациальной зоне;

2) детальное сравнительное палеонтологическое изучение олхинской свиты и непрерывного разреза байкальской серии для уточнения диапазона распространения отдельных форм и ассоциаций микрофоссилий и дополнительные сборы микрофитолитов, водорослей и других органических остатков.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант № 01-05-65081).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бабкова М.С. Новая свита в разрезе древних толщ Присаянья // Тр. Иркут. ун-та. Сер. геол. 1951. Т. 5. Вып. 2. С. 100—103.
2. Воробьев В.Н. Стратиграфические несогласия в южных и центральных районах Сибирской платформы / Новые данные по геологии и нефтегазоносности Лено-Тунгусской провинции. — Новосибирск, 1982. С. 4—8.
3. Городничев В.И., Дробкова Е.Л. Обручевеллы из отложений олхинской и чорской свит Иркутского амфитеатра / Поздний докембрий и ранний палеозой Сибири. Сибирская платформа и ее обрамление. — Новосибирск, 1991. С. 120—130.
4. Дольник Т.А. Строматолиты и микрофитолиты в стратиграфии рифея и венда складчатого обрамления юга Сибирской платформы. — Новосибирск, 2000.
5. Исакова В.С. Геологическая карта СССР масштаба 1:200 000. Лист N-48-XXXIII. — Л., 1960.
6. Мац В.Д. Протерозойские отложения зоны сочленения Сибирской платформы и Байкальской горной области / Проблемы стратиграфии раннего докембрия Средней Сибири. — Новосибирск, 1986. С. 30—37.
7. Пермяков С.А. Материалы и корреляция разрезов верхне-докембрийских отложений зоны сочленения Прибайкалья / Поздний докембрий и ранний палеозой Сибири. Проблемы расчленения и корреляции. — Новосибирск, 1984. С. 17—24.
8. Решения Всесоюзного стратиграфического совещания по докембрию, палеозою и четвертичной системе Средней Сибири (верхний докембрий и нижний палеозой). — Новосибирск, 1983.
9. Решения четвертого межведомственного регионального стратиграфического совещания по уточнению и дополнению стратиграфических схем венда и кембрия внутренних районов Сибирской платформы. — Новосибирск, 1989.
10. Соколов Б.С. О палеонтологических находках в доусольских отложениях Иркутского Амфитеатра / Аналоги вендского комплекса Сибири. — М.: Наука, 1975. С. 112—117.
11. Сулимов И.Н. О позднем докембрии Олхинского Присаянья // Геология и геофизика. 1964. № 8. С. 15—19.
12. Тыщенко Л.Ф., Файзулина З.Х. Новые данные по стратиграфии пограничных отложений кембрия—докембрия Иркутского амфитеатра // Советская геология. 1982. № 6. С. 52—63.
13. Хоментовский В.В., Кочнев Б.Б. Венд Байкало-Патомского прогиба (Южная Сибирь) // Геология и геофизика. 1999. Т. 40. № 6. С. 807—822.
14. Шенфиль В.Ю., Арутюнов С.Л., Дольник Т.А. и др. Корреляция верхнедокембрийских отложений Прибайкалья и Иркутского Присаянья / Поздний докембрий и ранний палеозой Сибири. Проблемы расчленения и корреляции. — Новосибирск, 1984. С. 3—17.
15. Schopf J.W., Dolnik T.A., Krylov J.N., Mendelson G.V., Nasarov B.B., Nyberg A.V., Sovietov G.K., Jakchin M.S. Six new Stromatolite microbiotas from the proterozoic of the Soviet Union // Precambrian Res. 1977. Vol. 4. № 3. P. 260—284.

Структурно-тектонические особенности строения Тимана

Л.П.ШИЛОВ, М.Б.ШМАРЕВА, О.А.ДОКИНЕВИЧ (Ухтинский государственный технический университет)

Тиман — древняя гряда на северо-востоке Русской плиты, протягивающаяся от Полудова камня на юго-востоке Предуралья до п-ва Канин на северо-западе на расстояние свыше 1200 км. В строении гряды принимают участие рифей-вендские метаморфизованные толщи фундамента и фанерозойского осадочного чехла. Существует несколько точек зрения на происхождение и развитие Тимана, непосредственно связанных с перспективной оценкой поисков и разведки ряда полезных ископаемых, в т.ч. и нефтегазодности.

По мнению одних исследователей [1, 2, 13, 14], Тимано-Уральский регион в протерозое представлял собой единую байкальскую геосинклиналь, краевым поднятием внешней зоны которой является Тиман. Некоторые геологи [3, 11, 12] названную геосинклиналь ограничивали Тиманом и Ижма-Печорской впадиной, выделяя вслед за А.П.Карпинским [4] на северо-востоке региона Большеземельскую глыбу фундамента дорифейского возраста. В последние годы в связи с развитием представлений о «новой глобальной тектонике» свою модель тектоники Тимана и сопредельных территорий предложил В.Г.Оловянишников [6]. Протерозойский Тиманский кряж рассматривается им как «буферная» структура, возникшая в зоне контакта Ижемской (Ижма-Печорской) микроплиты с окраиной Русской плиты в результате их столкновения под действием микроконтинентов, располагающихся северо-восточнее. Модель слабо обоснована фактическим материалом. По представлениям ряда исследователей [5, 7, 8, 9, 10, 15], Тиман — типично платформенная структура, возникшая в конце протерозоя — начале палеозоя на стыке Русской и Печорской плит. Формирование его продолжилось в каледонский, герцинский этапы тектогенеза и завершилось в конце мезозоя.

Одна из структур Ухта-Ижемского вала Тимана — Ухтинская складка, наиболее изучена сейсморазведкой и бурением. Складка представляет собой типичную крупную брахиантиклиналь 45×150 км, амплитудой 200—250 м, сложенную отложениями верхнего девона.

В основании структуры находится приподнятый блок метаморфических рифейских пород, рассматриваемых большинством исследователей как часть антиклинальной зоны байкалид (тиманид). Складка осложнена подчиненными антиклинальными и синклинальными поднятиями осадочного чехла, также связанными с отдельными приподнятыми и опущенными блоками рифейского фундамента.

Ухтинская брахиантиклиналь до 1995 г. изучалась преимущественно картировочным и поисковым бурением. Проведение сейсморазведочных работ было ограничено малой мощностью осадочного чехла. Мощность осадочного чехла в осевой части структуры 100—160 м и лишь к склонам и в грабенообразных прогибах увеличивается до 400—450 м. Начиная с 1995 г. была последовательно отработана методика получения отражений при столь малой мощности чехла. Строение Ухтинской антиклинали значительно уточнено в процессе детальных сейсморазведочных исследований. Так, установлено, что западный склон антиклинали осложнен Тобысьским разломом, восточный

— Чибью-Крохальским (рис. 1). Тобысьский разлом отделяет Ухтинскую складку от расположенного юго-западнее Тобысьского локального прогиба. На временных разрезах нарушение отображается зоной отсутствия сейсмической записи шириной 500—600 м. Амплитуда смещения по поверхности фундамента достигает 300 м и более. Южнее амплитуда уменьшается и разрыв по осадочному чехлу постепенно переходит в флексуру. Вдоль разлома закартированы локальные структуры. На северо-западе участка детальных работ околнурена Турунвожская локальная складка сложных очертаний. Складка вытянута по северо-восточному приподнятому крылу вдоль разлома размерами 2,5×20—21 км, амплитуда по подошве осадочного чехла свыше 30 м.

Чибью-Крохальский разлом — северо-западное продолжение Чибьюского, установленного бурением, с которым связана ловушка одноименного нефтяного месторождения. Максимальная амплитуда Чибью-Крохальского разлома, определенная сейсморазведкой и бурением в районе скважин 13-Т и 4-Крохаль, свыше 50 м. Амплитуда нарушения заметно уменьшается вверх по разрезу, что, по мнению сейсморазведчиков, подтверждает древнее заложение нарушения и последующее его оживление. В полосе нарушения выявлены максимальные мощности песчано-алевритового пласта II нижнетиманского подгоризонта (скважины 13-Т, 4-Крохаль, 11-Верхняя Чуть). В тектонической полосе нарушения находится Восточно-Крохальская складка, осложняющая опущенное крыло разлома и имеющая размеры 1,5×10 км и амплитуду 35 м по девонским слоям. Вдоль разлома к северо-западу на опущенном крыле также сейсморазведкой закартирована Изъельская структура (4×12 км) амплитудой до 80 м по отложениям девона и поверхности фундамента. Юго-восточнее околнурена Крохальская брахиантиклиналь, осложняющая, в отличие от описанных, приподнятое крыло разлома. Размеры поднятия по изогипсе —200 м 2×10 км, амплитуда по поверхности фундамента свыше 40 м. Анализируя строение участка детальных сейсморазведочных работ, можно заметить, что все структуры, осложняющие Ухтинскую складку, генетически связаны с формированием разрывных нарушений фундамента и осадочного чехла, т.е. движениями блоков фундамента в течение, по крайней мере, фанерозойского времени. За пределами участка детальных сейсморазведочных работ по данным бурения можно считать, что с нарушениями в фундаменте и чехле связано формирование других локальных структур Ухтинской складки: Черь-Вычегодская, Вежа-Вожская, Леккемская, Лыаельская, Сидьбюская, Ярегская, Нижне-Чутинская, Чибьюская и др.

Таким образом, строение блока фундамента Ухтинской складки довольно сложное — это крупный блок, разбитый на большое число разновысоких блоков, отвечающих, как правило, соответствующим осложнениям осадочного чехла. Внутренняя структура рифейского комплекса Ухтинской складки, как и всего Тимана, остается невыясненной. Однако одну интересную особенность строения рифейских метаморфических образований (в пределах



Рис. 1. Структурная карта по кровле метаморфического фундамента центральной и северо-западной части Ухтинской антиклинали. Масштаб 1:200 000:

1 — изогипсы кровли метаморфического фундамента, м; 2 — тектонические нарушения, предполагаемые по данным сейсморазведки; 3 — аномалии волновой картины, отождествляемые с локальными выступами фундамента или с интрузиями; структуры (цифры в кружках): 1 — Турунвожская, 2 — Изъельская, 3 — Крохальская, 4 — Восточно-Крохальская, 5 — Верхнечутинская

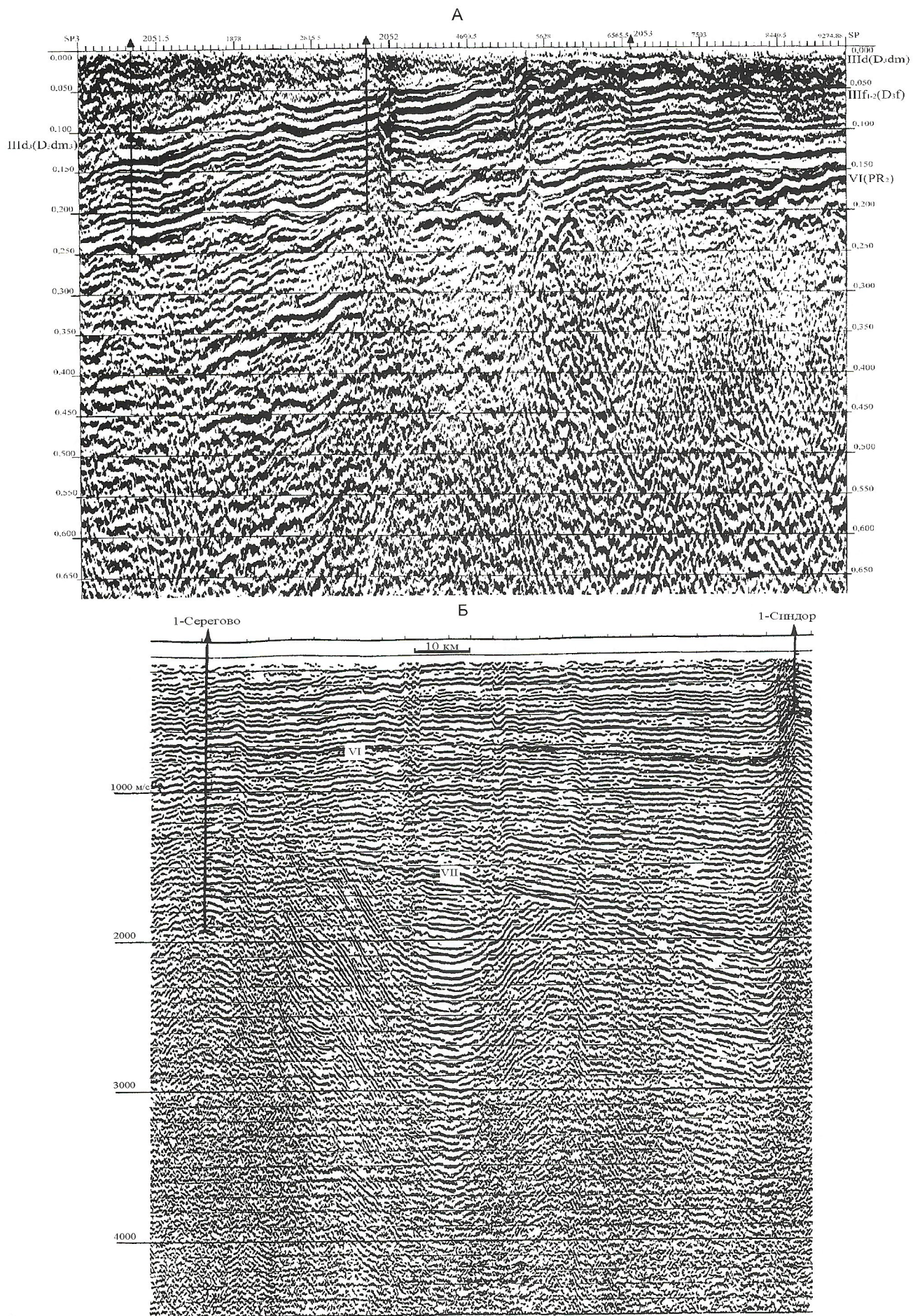


Рис. 2. Фрагмент временного разреза через свод Ухтинской складки (А) и по профилю 34-РС (Б)

Ухта-Ижемского вала) можно считать установленной: в близповерхностной части породы рифейского комплекса смяты совершенно идентично отложениям верхнего девона (рис. 2, А). Таким образом, складки рифейских толщ имеют очевидную брахиморфную структуру и образованы как минимум в последевонское время. Эти данные прямо указывают на отсутствие в указанных толщах рифейской (байкальской) складчатости. Кроме того, по региональному сейсмическому профилю 34-РС (см. рис. 2, Б), единственному, пересекающему северную часть Южного Тимана, представительные временные разрезы получены на широте Сереговской, Нившерской и Сторожевской площадей Южного Тимана. Например, на участке профиля 34-РС, соединяющего скважины 1-Серегово и 1-Синдор, уверенно выделяются два структурных комплекса выше и ниже отражающего горизонта VII. Этот горизонт по указанным скважинам в соответствии с сейсмическим материалом приурочен к разделу рифейских и венд-кембрийских образований Западного Притиманья. На временном разрезе отчетливо видно, что рифейские отложения под горизонтом VII осложнены не геосинклинальными, а определенно платформенными дислокациями. Венд-кембрийские отложения с угловым и стратиграфическим несогласием перекрывают горизонты рифея. Углы несогласий, углы падения пород изменяются от первых десятков до первых градусов.

В центральной части Предтиманского прогиба рифейские образования характеризуются сейсмической записью, свойственной типично осадочным породам и прослеживаются участками до 4 с, что соответствует глубине около 10 км. Ниже такой записи волновая картина резко изменяется и следует полагать, что такое изменение связано с появлением кристаллического фундамента, вскрытого значительно южнее в скв. 1-Сысола.

Приведенные данные с очевидностью указывают на отсутствие здесь проявлений байкальского тектогенеза и образования приподнятой складчатой системы тиманид. Немногочисленные материалы сейсмических исследований, на наш взгляд, убедительно свидетельствуют о том, что в пределах Тимана на кристаллическом фундаменте Русской плиты залегают 8—10 км платформенных рифейских образований. Изложенные факты исключают пред-

ставления о развитии байкальской складчатости, по крайней мере, в пределах Тимана и Ижма-Печорской впадины — территории, объединенной к настоящему времени тиманским региональным минимумом поля ΔT_a .

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гафаров Р.А. Строение докембрийского фундамента севера Русской платформы // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1961. № 1. С. 7—12.
2. Дедеев В.А. Тектоническая карта докембрийского фундамента Русской плиты // Геотектоника. 1972. № 3. С. 27—33.
3. Калинина О.А., Фотиади Э.Э. Крупные черты тектонической структуры северо-востока Европейской части СССР по геологическим и геофизическим данным // Геология и нефтегазоносность Тимано-Печорской области / Тр. ВНИИГРИ. Вып. 133. — Л., 1959. С. 383—409.
4. Карпинский А.П. К тектонике Европейской России // Изв. РАН. 1919. Т. 13, № 12—15. Сер. 6. С. 573—590.
5. Левченко В.А. О границе герцинской платформы в Тимано-Печорском нефтегазоносном бассейне // Новости нефт. техн. геологии. 1958. № 11. С. 15—39.
6. Оловягинишиков В.Г. Модель строения верхнерифейской рифогенной формации Тимана. Вып. 394. — Сыктывкар, 1997.
7. Оффман П.Е. Новые данные по истории развития Тимана // Изв. АН СССР. 1949. Сер. геол. № 1. С. 6—15.
8. Оффман П.Е. Происхождение Тимана // Тр. ГИН АН СССР. 1961. Вып. 58.
9. Разницын В.А. Тектоника Среднего Тимана. — Л.: Наука, 1968.
10. Разницын В.А. Тектоника Южного Тимана. — Л.: Наука, 1964.
11. Цзю З.И. Основные черты тектонического развития Тимано-Печорской провинции // Геология нефти и газа Северо-Востока Европейской части СССР. Вып. 1. — М.: Недра, 1964. С. 3—25.
12. Цзю З.И. Своеобразие тектонического строения Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции и выбор основных направлений на основе палеотектонического, палеогеографического и формационного анализа / Геология и полезные ископаемые северо-востока Европейской части СССР и севера Урала. Тр. VI геол. конф. Коми АССР. — Сыктывкар, 1965.
13. Шатский Н.С. Основные черты строения и развития Восточно-Европейской платформы // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1946. № 3. С. 5—62.
14. Шатский Н.С. О тектонике Восточно-Европейской платформы // Бюлл. МОИП. Отд. геол. 1937. Т. 15. Вып. 1.
15. Шатский Н.С., Богданов А.А. О международной тектонической карте Европы масштаба 1:2500000 // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1961. № 4. С. 3—25.

Новый тип карбонатитов

В.Н.ВОЕВОДИН (Харьковский национальный университет, Украина), С.Е.ПОПОВЧЕНКО, Л.Г.ШУКАЙЛО (Национальный горный университет, г.Днепропетровск, Украина)

Карбонатиты, несмотря на свою «молодость» в геологической науке, успели «обрасти» массой стереотипов. Их изучение в СССР начиналось на примере скандинавских и африканских редкометалльно-редкоземельных карбонатитов, приуроченных к щелочно-ультраосновным интрузивным комплексам центрального типа. Довольно скоро они были выделены в ранг самостоятельного генетического типа оруденения. Причем этот генетический таксон был выделен не по механизму формирования, а преимущественно по вещественному составу. Большинство карбонатитов имеет собственно магматический генезис, и лишь значительно меньшая часть — гидротермально-метасоматический. Для карбонатитов в отличие от других генетических типов оруденения (собственно магматические, пегматиты, скарны, грейзены, альбититы, гидротермальные и др.) были введены строгие ограничительные рамки — приуроченность к кольцевым щелочно-ультраосновным магматическим комплексам, обязательное наличие фенитов в околоинтрузивном ореоле, вполне определенная стадийность минералообразования, набор типоморфных минералов и характерных элементов-примесей и т.д. Отсюда возникает вопрос: как именовать и к какой генетической группе относить эндогенные породы существенно карбонатного состава с форстеритом, пироксенами, амфиболами, флогопитами, если все остальные перечисленные признаки отсутствуют?

С течением времени стали появляться новые фактические материалы по геологии карбонатитов, которые не укладывались в «прокрустово ложе» предложенных определений. Потребовались вполне определенные коррективы. Были расширены петрографические рамки щелочных пород, с которыми могут ассоциировать карбонатиты [10 и др.]. Помимо щелочно-ультраосновной формационной группы были названы щелочно-габброидная и даже щелочно-гранитоидная. Были выделены линейные карбонатитовые комплексы [5], вулканогенные карбонатиты, автономные карбонатиты при отсутствии сопровождающих магматических пород. Непримиримые дискуссии по номенклатуре карбонатитов продолжаются и в настоящее время [3, 8 и др.].

Неоднозначное понимание термина «карбонатиты», различное его толкование привело к тому, что очень многие специалисты перестали употреблять этот термин. Наличие в карбонатитах диопсида, а иногда и гранатов (причем альмандин-пиропового ряда, а не андрадит-гроссулярового) побуждало исследователей совершенно неоправданно относить такие породы к скарнам или скарноидам. Однако хорошо известно, что наличие пиральспитов в магматических породах далеко не редкость и к процессу скарнирования отношения не имеет. Хотя в некоторых случаях [4] и отмечается в массивах ультраосновных пород развитие автореакционных скарнов с уграндитовыми гранатами (в данном случае их логичнее было бы именовать не скарнами, а родингитами). Значительно шире карбонатиты без полного набора признаков «классических» карбонатитов неправомерно ста-

ли называть «кальцифирами» (под кальцифирами обычно понимаются метаморфические породы первичноосадочного, а не магматогенного происхождения) или неопределенным и не несущим никакой генетической нагрузки понятием «силикатно-карбонатные породы». Это же относится и к Капитановскому массиву, который рассмотрим ниже. Неправомерность отнесения силикатно-карбонатных пород указанного массива к скарнам, скарноидам и кальцифирам подтверждается не только геологическими наблюдениями, но и геохимическими материалами. Аномально высокие содержания никеля, кобальта, хрома, наличие платиноидов отвергает возможность образования подобных пород метасоматическим путем по стратифицированным карбонатным породам. Только в работе [7] высказана мысль о принадлежности подобных пород к карбонатитам.

Сложившаяся ситуация никак не стимулирует дальнейший интерес к изучению карбонатитов и препятствует разработке общей теории условий и механизма формирования карбонатитов в различных средах и различных геотектонических структурах, а также их классификации. В настоящее время карбонатиты систематизируются по петрографическим формациям щелочных магматических пород, фациям глубинности, возрасту карбонатитообразования и др. [2]. Однако отсутствует единая простая унифицированная генетическая классификация карбонатитов, пригодная для повседневной практики.

По-видимому, следует вернуться к первоначальным представлениям о карбонатитах как эндогенных породах карбонатно-силикатного состава, связанных с магматической деятельностью, что в свое время (1921) и было предложено В.Бреггером. Эту позицию поддерживают исследователи: Л.Бородин, А.Жабин, Л.Перчук и др. Здесь можно добавить, что классификация магматогенных (изверженных) пород [6] рекомендует относить к карбонатитам породы, содержащие 50% карбонатных минералов и имеющих магматическое происхождение. Все остальные признаки являются косвенными. В таком случае «классические» карбонатиты будут представлять лишь частный случай, а все остальные эндогенные силикатно-карбонатные породы приобретут наравне с «классическими» равноправное существование. Следует еще добавить, что при различных уровнях эрозионного среза массивов могут вскрываться преимущественно или гипербазиты, или щелочные породы. Карбонатиты могут пространственно ассоциировать со всеми подобными разновидностями пород [4]. Все это ставит под сомнение необходимость обязательного наличия для «классических» карбонатитов всех ранее упомянутых признаков, т.е. карбонатиты должны определяться силикатно-карбонатным составом пород и их магматогенным генезисом, а не особенностями петрологических факторов и геохимической спецификой и специализацией самих карбонатитов. Такие факторы необходимы уже для классифицирования карбонатитов внутри данного генетического типа.

Исходя из изложенного, можно рассмотреть Капитановский массив на Украинском щите как новый тип карбонатитов. Здесь отсутствуют многие «классические» признаки карбонатитов, нет щелочных пород, не установлены фениты в околоинтрузивном ореоле. Они не образуют привычных штокообразных и дайковых поздних интрузивных тел и прожилков с резкими секущими контактами. Стадийность минералообразования не наблюдается. Нет характерного набора редкометалльно-редкоземельных и апатитовых концентрированных скоплений, хотя минералого-геохимическими методами данные элементы и зафиксированы в рассеянном состоянии и только в доломите присутствует 0,01% Се. В корках выветривания наблюдается несколько повышенное содержание редкоземельных элементов легкой группы с образованием устойчивой геохимической ассоциации. Только хромиты при наличии платиноидов установлены как ведущее полезное ископаемое на Капитановском массиве. И несмотря на это они являются типичными карбонатитами, что мы и попытаемся обосновать.

Капитановский гипербазитовый массив расположен в Среднем Побужье и приурочен к Голованевской шовной зоне между Белоцерковско-Одесским и Кировоградским мегаблоками Украинского щита. В Голованевской зоне сосредоточено подавляющее большинство тел ультрабазитов, известных в Среднем Побужье. Наиболее крупные — Капитановский и Липовеньковский массивы. Простирается массив северо-западное, оно совпадает с простираем основных тектонических зон. Вмещающие породы представлены сложноскладчатыми докембрийскими метаморфическими образованиями фундамента Украинского щита. Здесь развиты архейские днестровско-бугская и бугская серии, ультраметаморфические гранитоиды архейского гайвороновского комплекса, палингенно-метасоматические гранитоиды протерозойского бердичевского комплекса и архей-раннепротерозойские магматические и метасоматические образования. Время формирования гипербазитовых массивов определяется как поздний архей — ранний протерозой. Капитановский массив имеет линейно вытянутую форму северо-западного простираения и северо-восточного падения протяженностью 2400 м. Ширина массива в центральной части составляет 200—250 м, к северо-западу и юго-востоку она постепенно уменьшается вплоть до выклинивания. Контакты массива крутые, грубо параллельные, угол их наклона к северо-востоку изменяется в пределах 65—80°.

Массив сложен в различной степени серпентинизированными дунитами, перидотитами, пироксенитами, горнблендитами, габбро-норитами, анортозитами, в резко подчиненном количестве лейкократовыми дифференциатами, обогащенными кварцем, плагиоклазами (вплоть до гранитоидов), а также широко распространенными карбонатитами. Соотношение карбонатитов и силикатных пород 1—1,5:1.

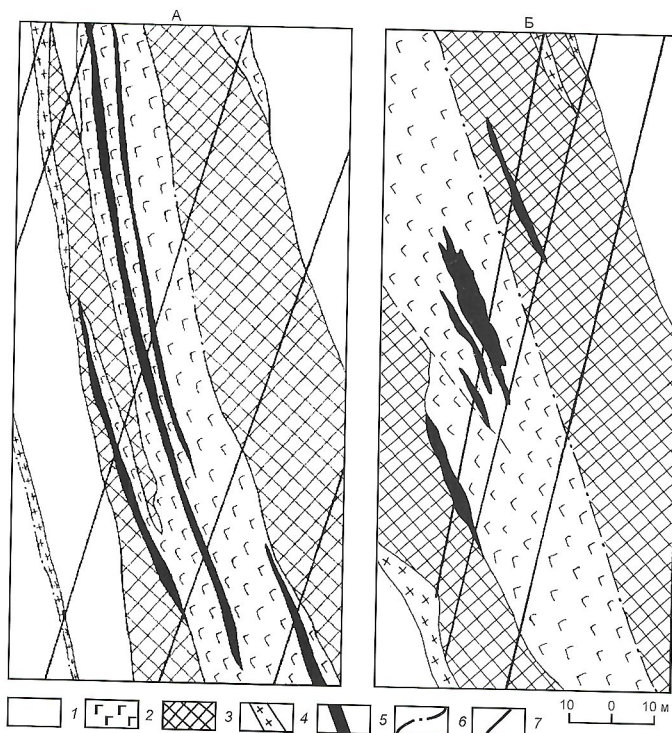
Магматическая природа всех пород, составляющих массив, у исследователей не вызывает сомнений. Гипербазиты массива, особенно с минералого-петрографической и петрохимической точек зрения, в достаточной степени изучены и охарактеризованы [9 и др.]; значительно меньше внимания обращено на внутреннее строение и механизм формирования интрузива. Наиболее спорные вопросы — строение, геологическая природа и условия формирования карбонатитов массива. Поэтому остановимся только на этих вопросах.

Массив имеет сложное ярко выраженное расслоенное строение. Причем расслоенность эта разноранговая. На са-

мом высоком иерархическом уровне выделяются мощные полосы (зоны) преимущественного развития пород определенного петрографического состава шириной в десятки метров.

Следовательно, в Капитановском массиве отчетливо видно зональное строение (см. рисунок). Вдоль северо-восточного висячего контакта через весь массив прослеживается зона, где преимущественно развиты карбонатиты. Мощность зоны непостоянна, сопровождается пережимами и раздувами, и колеблется от 20 до 80 м при средних значениях 30—40 м. Аналогичная зона расположена и вдоль лежащего контакта массива. Однако она менее выдержана, часто расщепляется на ряд самостоятельных тел, суммарная мощность ее 15—20 м. Центральная часть интрузии занята различными гипербазитами. Взаимопереходы между этими тремя зонами постепенные. Секущих интрузивных контактов не установлено. К приконтактовым частям интрузии, где развиты зоны карбонатитов, тяготеют наиболее лейкократовые маломощные невыдержанной морфологии дифференциаты (вплоть до гранитоидов позднемагматического и автотметасоматического генезиса), хотя встречаются они и среди гипербазитов. Рудные тела хромитов в основном расположены в центральной части и лежащем боку интрузии как среди гипербазитов, так и карбонатитов.

В пределах зон карбонатитов и гипербазитов также устанавливается разномасштабная расслоенность: от метров, сантиметров до миллиметров, обусловленная наличием по-



Фрагменты геологических разрезов по южной части Капитановского массива. Масштаб 1:1000;

по профилю: А — XXXIV (глубина 150 м), Б — XXXII (глубина 100 м); 1 — вмещающие архейско-протерозойские породы (гнейсы, граниты, гранито-гнейсы, кварциты); 2 — серпентинизированные ультрабазиты; 3 — карбонатиты (представлены образованиями, которые по разным источникам называются: кальцифиры, скарноиды, силикатно-карбонатные породы); 4 — лейкократовые дериваты различного состава; 5 — пластовые тела хромитовых руд; 6 — разрывные нарушения; 7 — буровые скважины

лосчатых текстур. В связи с этим общая петрографическая характеристика пород массива затруднена. Часто даже в пределах одного шлифа можно выделить несколько петрографических разностей пород с различными их взаимоотношениями. Полосчатость обусловлена как различным соотношением основных породообразующих минералов, так и чередованием меланократовых и лейкократовых полос различного состава, а также чередованием полос различной структуры и зернистости. В последнем случае крупнокристаллические обособления диопсида весьма сходны с пегматоидными образованиями. Взаимопереходы между полосами часто относительно быстрые, но в любом случае фациальные. В пределах элементарных полос определяются и линейные (плоскопараллельные) текстуры, обусловленные ориентированным расположением удлиненных минералов.

Таким образом, в массиве наблюдаются карбонатиты как с массивными, так и тонкополосчатыми текстурами.

Массивные карбонатиты преимущественно мелкозернистые, имеют псевдопорфировую структуру за счет светлоокрашенного карбоната на фоне темно-серо-зеленоватой массы серпентинизированных силикатных минералов. Иногда они содержат изометричные включения-фрагменты серпентинитов размерами до 10 см и более. В связи с этим они приобретают атакситовое строение и пятнистый облик. Карбонатиты состоят из агрегата зерен карбоната однообразного состава, отвечающего железистому доломиту с примесью кальцита, а также оливина с примесью диопсида, флогопита, амфибола. Оливин представлен как форстеритом железистостью не выше 15%, так и гиалосидеритом с примесью фаялитового минала около 35—40%. Наряду с оливином в карбонатитах практически постоянно присутствует флогопит, хромит (от 0 до 40%). Иногда встречается шпинель или самостоятельно (до 10%), или в ассоциации с хромитом. В единичных случаях был обнаружен апатит.

В полосчатых карбонатитах их состав изменяется в широких пределах. При обычном содержании карбонатов близком 65—70% наблюдается снижение их количества до 50% и менее с постепенными переходами к карбонатсодержащим ультрабазитам, для которых весьма характерно присутствие интерсерпентального карбоната. В тонкополосчатых породах отмечается частое (через 3—5 мм) чередование полос верлита, пироксенита и карбонатита. Среди подавляющего большинства карбонатитов также встречаются как микро-, так и макрополосы гипербазитов. Местами содержание карбоната в гипербазитах достигает 10—15%. Карбонаты в различных разновидностях пород идентичны.

Для крупных тел карбонатитов характерно следующее строение. В экзоконтактной зоне (около 10 м) среди гипербазитов появляются маломощные (0,5—1,5 см) линейно вытянутые слабо извилистые, расщепляющиеся, выклинивающиеся и появляющиеся вновь полоски карбонатитов. В эндоконтактной зоне среди массивных карбонатитов многочисленны разновразмерные (сантиметры) эллипсоидальные шлиры гипербазитового состава. Затем наблюдаются признаки полосчатых текстур: на расстоянии 15—20 см друг от друга прослеживаются полоски (1—10 мм) обедненные и обогащенные карбонатом или темноцветными силикатами. Далее текстуры переходят во флюидальные с частым чередованием темных и светлых полос. Среди карбонатитов встречаются и количественно резко угнетенные разномасштабные полосы, сложенные гипербазитами, имеющими постепенные взаимопереходы к карбонатитам.

Как в гипербазитах, так и карбонатитах (!) по многим скважинам устанавливается вкрапленность красно-коричневого альмандина. Гранат образует гнездообразные выделения (2—3 мм), чаще встречается в виде мелкозернистой рассеянной вкрапленности. При малой мощности гранатосодержащих пород определяется их линейная ориентировка.

Рудные тела хромитов локализуются как среди гипербазитов, так и карбонатитов. Контакты их с вмещающими породами постепенные. Наряду с массивными текстурами значительно шире распространены полосчатые, бурундучные. Морфология рудных тел не постоянная, с раздувами, пережимами, выклиниванием, разветвлением. В карбонатитах встречаются маломощные полосы, обогащенные хромитом до 10—30%.

Для любых природных эволюционирующих систем в конкретных условиях в зависимости от специфики хода процесса одни элементы системы проявляются масштабно вплоть до доминирования, другие оказываются в угнетенном состоянии или даже редуцированы. В иных условиях эти соотношения выглядят совершенно по-другому при одной и той же направленности процесса.

Это относится и к становлению интрузий ультраосновного и щелочного состава. В ходе общей дифференциации магмы при определенных структурных условиях от габброидных (базальтовых) расплавов отщепляются ультраосновные породы (дуниты, гарцбургиты, перидотиты, пироксениты, нориты и др.), анортозиты, щелочные породы и серия лейкократовых пород [11—13]. К данному перечню необходимо добавить и карбонатиты, часто сопровождающие такие интрузивные комплексы.

Однако в различных интрузивных комплексах масштабы проявления определенных типов пород и их соотношение далеко не одинаковы. В виде крайних случаев приведем некоторые примеры. Так, Ловозерский массив с редкометалльно-редкоземельным оруденением, где отсутствуют гипербазиты, а все разновидности интрузивных пород представлены только щелочными дифференциатами. Карбонатиты здесь не установлены, а набор рудных минералов типичен для редкоземельных карбонатитов. То же самое относится и к апатитоносному Хибинскому массиву, где не прослеживаются гипербазиты и карбонатиты. На апатит-магнетитовом месторождении Кируновара развиты преимущественно кислые породы, а также сиениты, которые рассматриваются как дериваты магмы основного состава. Наиболее экзотичный пример Селигдарское апатитовое месторождение. Здесь известно только штокообразное тело карбонатитов при отсутствии гипербазитов и щелочных пород, хотя наличие ультраосновных пород и предполагается [1].

Все терминологические модификации карбонатитов Капитановского массива (скарны, скарноиды, кальцифиры, силикатно-карбонатные породы) практически во всех работах рассматриваются как поздние интрузивные инъекции вдоль расслоенности без обоснования этого тезиса фактическими материалами. Приведенные материалы по строению массива, распределению в нем петрографических разностей пород, их взаимоотношения, наличие хромитовых рудных тел с расплывчатыми контактами как среди гипербазитов, так и карбонатитов свидетельствуют о первично магматической расслоенности массива при отсутствии последовательных интрузивных фаз.

Механизм формирования разномасштабной расслоенности таких массивов изучен Н.А.Шило [11—13]. Он считает, что дифференциация обычно протекает в три накла-

дывающиеся друг на друга фазы: скрытого расслоения расплава, ликвационного слоеобразования и кристаллизационного разделения минерального вещества. Массовую основу такого процесса составляют Si, Al, Fe, Mg, Ca, Na и K. Физико-химическое взаимодействие всех компонентов расплава регулируется элементами-примесями и легкой (газовой) фракцией расплава. Именно этими факторами обусловлено различное соотношение петрографических разностей пород и характер расслоенности плутонов.

В Капитановском массиве продукты остаточных расплавов и растворов в виде дополнительных интрузивных фаз не зафиксированы. Масштабы глубокой дифференциации были не достаточны, что и обусловило невысокую степень сепарации редкометалльного рудного вещества, что может быть связано как с эрозионным срезом верхней части массива, так и большой глубиной формирования, о чем свидетельствует наличие во всех разновидностях пород, в т.ч. и в карбонатах, пиральспитовых гранатов. Именно этими факторами объясняется отсутствие концентрированных скоплений редкоземельных элементов и апатитов.

В заключение отметим, что в случае с Капитановским массивом мы имеем дело не с привычными штоко- и дайкообразными поздними инъекционными существенно карбонатитовыми телами массивного и полосчатого строения, а с первично магматической расслоенностью силикатно-карбонатной магмы. В связи с этим для массива и характерны полезные ископаемые (хром, никель, платиноиды) типичные для собственно магматических месторождений. Однако процесс первично магматической расслоенности — обязательное звено в эволюционном развитии магматического расплава при формировании карбонатитов. Следовательно, есть все основания считать силикатно-карбонатные дифференциаты Капитановского массива по генезису и вещественному составу одной из специфических разновидностей карбонатитов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Боярко В.Н., Сучков В.Н. Тектоническая позиция и формационная принадлежность Селиградского месторождения апатита // Тихоокеанская геология. 1985. № 3. С. 87—97.
2. Булах А.Г., Иванников В.В. Проблемы минералогии и петрологии карбонатитов. — Л., 1984.
3. Воробьев Е.И. Рецензия на монографию Г.С.Риппа, П.Ю.Ходановича, О.К.Смирновой, О.В.Кобылкиной «Халютинское месторождение барий-стронциевых карбонатитов» // Геология и геофизика. 2000. Т. 41. № 12. С. 1821—1823.
4. Гинзбург А.И., Эпштейн Е.М. Карбонатитовые месторождения / Генезис эндогенных рудных месторождений. — М.: Недра, 1968. С. 152—219.
5. Глевасский Е.Б., Кривдик С.Г. Докембрийский карбонатитовый комплекс Приазовья. — Киев: Наукова думка, 1981.
6. Классификация магматогенных (изверженных) пород и словарь терминов: Рекомендации подкомиссии по систематике изверженных пород Международного союза геологических наук. — М.: Наука, 1997.
7. Поповченко С.Е., Шукайло Л.Г. О формационно-генетической принадлежности ультрабазитов Капитановского массива (Среднее Побужье) // Научные труды ДонНТУ. Серия горно-геологическая. Вып. 32. — Донецк, 2001. С. 98—104.
8. Рипп Г.С., Ходанович П.Ю. Являются ли породы Халютинского месторождения карбонатитами? (ответ на рецензию) // Геология и геофизика. 2001. Т. 42. № 5. С. 868—870.
9. Фомин А.Д. Геохимия гипербазитов Украинского щита. — Киев: Наукова думка, 1984.
10. Шейнманн Ю.М., Апелъцин Ф.Р., Нечаева Е.А. Щелочные интрузии, их размещение и связанная с ними минерализация // Геология месторождений редких элементов. 1961. Вып. 12—13.
11. Шило Н.А. Расслоенные плутоны и некоторые вопросы рудообразования. Статья 1 // Тихоокеанская геология. 1983. № 6. С. 63—79.
12. Шило Н.А. Расслоенные плутоны и некоторые вопросы рудообразования. Статья 2. Плутоны или интрузии с концентрической ритмичностью // Тихоокеанская геология. 1985. № 2. С. 3—14.
13. Шило Н.А. Учение о россыпях. — М.: Изд-во Академии горных наук, 2000.

Геофизика и глубинное строение

УДК 550.3

© С.И.Козеев, В.Г.Мавричев, А.А.Петрова, 2005

Модель слоистого строения земной коры на Южном Урале по гравимагнитным данным

С.И.КОЗЕЕВ, В.Г.МАВРИЧЕВ, А.А.ПЕТРОВА (ФГУ НПП «Геологоразведка»)

В 2001—2003 гг. по материалам комплексной аэрогеофизической съемки масштаба 1:50 000, проведенной ФГУ НПП «Геологоразведка» по заданию Управления по геологии и использованию недр при Кабинете Министров Республики Башкортостан на территории Белорецкой площади (лист N-40-XXIII), было исследовано глубинное строение территории Южного Урала (рис. 1).

Белорецкая площадь расположена на стыке Русской платформы и Уральского горного сооружения. Уральская каледонско-герцинская геосинклиналь позднепротерозойского возраста развивалась на байкальском (?) консолидированном складчатом фундаменте и частично на средне-позднепротерозойском эпиплатформенном фундаменте. Байкальский (?) складчатый фундамент представляет собой край континента (Русская платформа), образованный в рифее в

результате рифтогенеза и наращенный в течение рифея—венда, в условиях процессов осадконакопления, повторного рифтогенеза и складчатости [1]. Средне-позднепротерозойский эпиплатформенный фундамент порожден диасхизисом и связанным с ним подъемом земной коры [8].

По геофизическим данным [5] установлено, что позднебайкальский складчатый фундамент развит к западу и востоку от зоны Главного уральского разлома. К востоку от его зоны выделяется на более жестком протерозойском фундаменте каледонско-герцинский геосинклинальный фундамент [10], образованный в течение протяженного во времени позднекембрийско-раннекаменноугольного цикла. Постулат об аллохтонном строении Уральского горного сооружения и сопредельных ему территорий тесно связан с понятием геосинклинального фундамента, которому

соответствует термин технический фундамент [9]. Выделение их происходит по формационному принципу с учетом физического состояния горных пород. В этом случае граница между фундаментом и чехлом проводится не всегда по границе между геосинклинальными и орогенными образованиями, а часто и внутри орогенного комплекса пород.

Под геосинклинальным фундаментом авторами понимается вещественная породная ассоциация, сформированная в период от зарождения геосинклинального этапа вплоть до завершения коллизионного процесса. На территории Южного Урала к подобной породной ассоциации относятся литолого-стратиграфические комплексы, начиная, по-видимому, с позднего кембрия—раннего ордовика и заканчивая ранним—средним карбоном. Образование геосинклинального фундамента сопровождалось мощными этапами шарьирования блоков океанической коры в условиях горизонтального сжатия с востока на запад. В палеозойское время установлено три тектонических цикла формирования земной коры в пределах Южного Урала: ордовикско-эйфельский, живетско-раннетурнейский и познетурнейско-каменноугольный [2, 3, 10], каждый из которых завершался массовым шарьированием и складчатостью, что доказывается наличием не менее трех пластин гипербазитов в геологических разрезах офиолитовых комплексов. Процесс последовательного скалывания блоков океанической коры и шарьирования их на платформу сопровождался тектоническим наложением и внедрением офиолитовых пластин в континентальное основание, выведением их на поверхность, расслоением, дроблением на грубообломочные фракции и тектонический меланж, который, возможно, играл роль тектонической «смазки» в процессе перемещения тектонических пластин офиолитов.

Консолидированный геосинклинальный фундамент, составляющий современную структуру Урала, в понимании авторов, — сложно построенный пакет разновозрастных и разноразмерных аллохтонов, тектонически скученных, и состоящий из тектонических пластин, чешуй и шарьяжей, консолидированный процессами магматизма, метаморфизма, рудообразования, складчатостью и орогенезом. По иному он может быть назван фундаментом «молодой платформы» [9]. Каледонско-герцинский фундамент в основном выведен на поверхность, местами перекрыт маломощным осадочным чехлом мезозойско-кайнозойских пород. Геосинклинальный фундамент сложен вулканогенными эвгеосинклинальными образованиями кембрия, ордовика, силура, девона и нижнего карбона, заключенными в сложный каркас, который образован фрагментами и компонентами различной степени сохранности, а также продуктами деструкции и переработки офиолитовых комплексов в виде аккреционных призм и их обломков; тектонических пластин гипербазитов и их пакетов, отдельных чешуй гипербазитов, и различных видов серпентинитового апогипербазитового меланжа. Породы претерпели амфиболитовый метаморфизм вплоть до зеленосланцевой стадии. Геосинклинальный фундамент шарьирован с востока на относительно небольшое расстояние в область современного залегания и находится в стадии консолидации [2, 3].

К западу от зоны Главного уральского разлома по магнитным и гравитационным данным миогеосинклинальные отложения осадочного чехла залегают на породах структурного эпиплатформенного подэтажа фундамента и представляют собой серию аллохтонов, часто ограниченных

надвидами с противоположными направлениями падения и образующих синформы. Аллохтоны выполнены как палеозойскими породами, так и аллохтонными образованиями каледонско-герцинского геосинклинального и байкальского (?) складчатого фундамента, а также отдельными «сорванными» тектоническими пластинами эпиплатформенного фундамента [2].

Образования рассмотренных фундамента подстилаются древним архей-нижнепротерозойским (карельским?) кристаллическим фундаментом. По результатам анализа магнитных и гравитационных данных кристаллический фундамент погружается в восточном направлении на глубину до 20 км и прослеживается по геолого-геофизическим данным, опирающимся на интерпретацию материалов сейсмических профилей Трансект-95, URALSEIS и других, под современной структурой Уральского горного сооружения [4, 5]. Таким образом, в строении фундамента Белорецкой площади участвуют породы, по крайней мере, четырех структурных подэтажей, сверху вниз: каледонско-герцинского геосинклинального, байкальского (?) складчатого, эпиплатформенного и карельского (?) кристаллического.

В разрезе земной коры на Белорецкой площади и территориях соседних с ней (листы N-40-XXII, N-40-XXIV) по материалам анализа магнитного поля и поля силы тяжести методами спектрально-пространственного анализа (СПАН) [7] и тотального обчета глубин залегания магнитоактивных и гравитирующих источников в верхних и нижних подэтажах фундамента [6] выделяется несколько поверхностей раздела (рис. 2).

Анализ магнитного поля методом СПАН с целью стратификации пород карельского (?), эпиплатформенного и байкальского (?) фундамента проводился в классе длинноволновых аномалий в диапазоне периодов T_j 50—150 км с амплитудами A 100—200 нТл. Стратификация геосинклинального фундамента в целом и входящих в него компонентов офиолитовых комплексов проводилась в классе средневолновых аномалий в диапазоне периодов T_j 10—50 км с амплитудами A 500—700 нТл и в классе коротковолновых аномалий в диапазоне периодов T_j 0,5—10 км с амплитудами до 1500 нТл.

С целью оценки глубин залегания поверхностей раздела внутри земной коры ниже поверхности геосинклинального фундамента был построен, во-первых, геофизический профиль широтного простираения, примерно совпадающий с направлением простираения Трансекта-95 через Южный Урал на широте г.Магнитогорск (см. рис. 2); во-вторых, составлен набор карт рельефа поверхностей раздела, по-видимому, связанных с поверхностями различных пород фундамента, резко отличающихся по магнитным и плотностным характеристикам (рис. 3).

Подобные поверхности раздела внутри кристаллического фундамента известны: в пределах «древней» Русской платформы в Московской и Прикаспийской синеклизах. Так, например, по данным аэромагнитной съемки по профилю Гурьев—Астрахань на глубинах от –7,5 до –10 км выделены горизонты, имеющие намагниченность до $150\text{—}190 \times 10^{-5}$ ед. СИ. В пределах «молодой» Скифско-Туранской платформы на северном шельфе Каспийского моря они прослежены ниже поверхности палеозойского складчатого фундамента на глубинах до –20 км [6].

Карта изогипс поверхности нижнего раздела (см. рис. 3) по результатам интерпретации материалов магнитных и

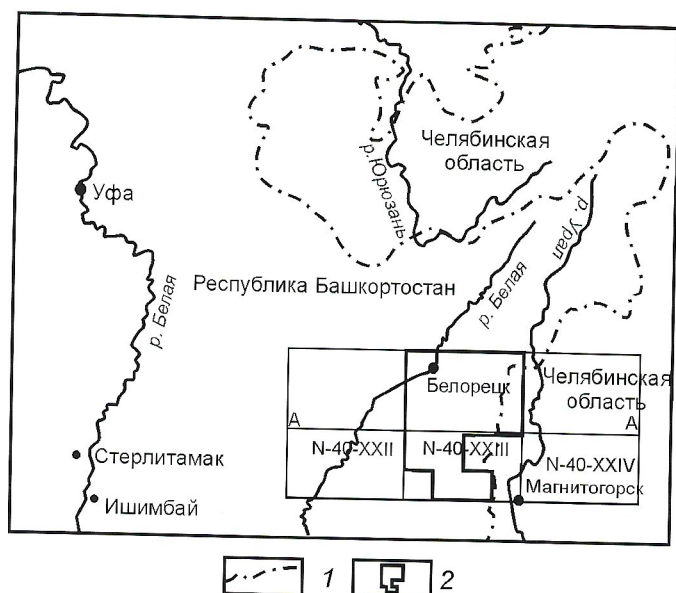


Рис. 1. Схема района работ:

граница: 1 — Республики Башкортостан, 2 — аэрогеофизической съемки Белорецкой площади; А—А — профиль

гравиметрических измерений, а также данным глубинного сейсмического зондирования соответствует отражающему сейсмическому горизонту VIII и отвечает поверхности карельского (?) кристаллического фундамента [2] и идентифицируется авторами как карта рельефа поверхности магнитных пород карельского (?) кристаллического фундамента (см. рис. 3, А).

Карта изолиний поверхности следующего, второго, раздела по тем же материалам соответствует отражающему горизонту V и отвечает поверхности средне-позднепротерозойского эпиплатформенного фундамента и идентифицируется как карта рельефа магнитных пород эпиплатформенного фундамента (см. рис. 3, Б).

Карта изогипс поверхности третьего раздела отвечает кровле байкальского (?) складчатого фундамента и принимается как карта рельефа поверхности магнитных пород байкальского (?) складчатого фундамента (см. рис. 3, В).

Карта изогипс поверхности четвертого, раздела отвечает кровле консолидированного каледонско-герцинского геосинклинального фундамента и принимается как карта рельефа магнитных пород каледонско-герцинского консолидированного геосинклинального фундамента (см. рис. 3, Г).

Карельский кристаллический фундамент. На геофизическом профиле А—А (см. рис. 2), проходящем по широте $53^{\circ}40'$ через листы N-40-XXII, -XXIII, -XXIV, отчетливо видно блоковое строение карельского (?) кристаллического фундамента. Белорецкая площадь приурочена к приподнятому мегаблоку данного фундамента, а смежные территории — к опущенным блокам. Ниже поверхности кристаллического фундамента выделяется еще ряд поверхностей раздела, подчеркивающих его слоистое строение, аналогичное строению кристаллического фундамента в центральных районах Русской платформы. Глубинными блокоразделяющими разломами I порядка кристаллический фундамент разделен на пять блоков. Три из них (II, IV, V) приподнятые и образуют горстообразную структуру северо-восточного простирания шириной 60—65 км,

ограниченную сбросами. Опущенные блоки (I, III) занимают соответственно северо-западную и юго-восточную части Белорецкой площади. Блок II выходит на площадь работ целиком, остальные — фрагментарно.

Приподнятый блок II имеет форму близкую к правильному пятиугольнику со стороной 50—60 км. Глубинными разломами II порядка блок разбит на ряд микроблоков. Навысшие отметки рельефа поверхности магнитных пород блока составляют, соответственно, $-7,75$; $-9,0$; $-9,25$ км и принадлежат изогипсам рельефа, оконтуривающим вершины приподнятых микроблоков. Низшие отметки рельефа магнитных пород блока соответствуют $-12,0$; $-12,75$ км и принадлежат изогипсам, оконтуривающим дно рифтообразного по форме грабена северо-восточного простирания, пересекающего центральную часть блока II. Упомянутый грабен с право- и левосторонними сдвигами продолжается и в центральных частях блоков IV и V, вдоль горстообразной структуры. Кроме центрального рифтообразного грабена в рельефе приподнятого блока кристаллического фундамента, по-видимому, находящегося в зоне Главного уральского разлома, отмечается еще ряд совсем неглубоких грабенообразных впадин, осложненных разнонаправленными сдвигами.

Приподнятый блок V испытывает тенденцию к воздыманию в северо-восточном направлении до отметок рельефа магнитного фундамента $-5,75$ км; блок IV воздымается в юго-западном направлении до $-7,75$ км.

Опущенные блоки I и III имеют самые низкие отметки изогипс рельефа магнитных пород фундамента: $-12,25 \dots -12,5$ км. Внутреннее строение опущенных блоков просматривается слабо из-за их фрагментарного присутствия. В блоке III наблюдается зональность северо-восточного простирания для относительно приподнятых и опущенных участков рельефа магнитных пород кристаллического фундамента.

Разломно-трещинно-блоковое строение карельского (?) кристаллического фундамента в пределах рассматриваемой территории определяется двумя системами глубинных разломов I и II ранга: системой субмеридианальных и субширотных разломов, унаследованных от архейского времени, и диагональной системой разломов северо-восточного простирания, характерных для карельского времени. Преимущественно внутриблоковые разломы II и III ранга северо-западного направления, вероятно, относятся к более позднему времени и, в основном, представлены лево- и правосторонними сдвигами.

Эпиплатформенный фундамент. На упомянутом геофизическом профиле А—А Белорецкая площадь приурочена к приподнятому мегаблоку эпиплатформенного фундамента, причем данный мегаблок рифтообразным прогибом разделен на два блока. К западу от площади (смежный лист N-40-XXII) по указанному фундаменту также отмечен приподнятый мегаблок, отделенный от первого грабенообразным прогибом (см. рис. 2); к востоку (смежный лист N-40-XXIV) также отмечен приподнятый мегаблок, вещественный состав которого в значительной степени переработан процессами формирования сначала океанической, а затем и геосинклинальной коры. От Белорецкого блока он также отделен грабенообразным прогибом.

Рельеф поверхности магнитных пород эпиплатформенного фундамента Белорецкой площади представлен на рис. 3, Б. В целом структурный план эпиплатформенного фундамента с меньшей амплитудой, частично нивелируя,

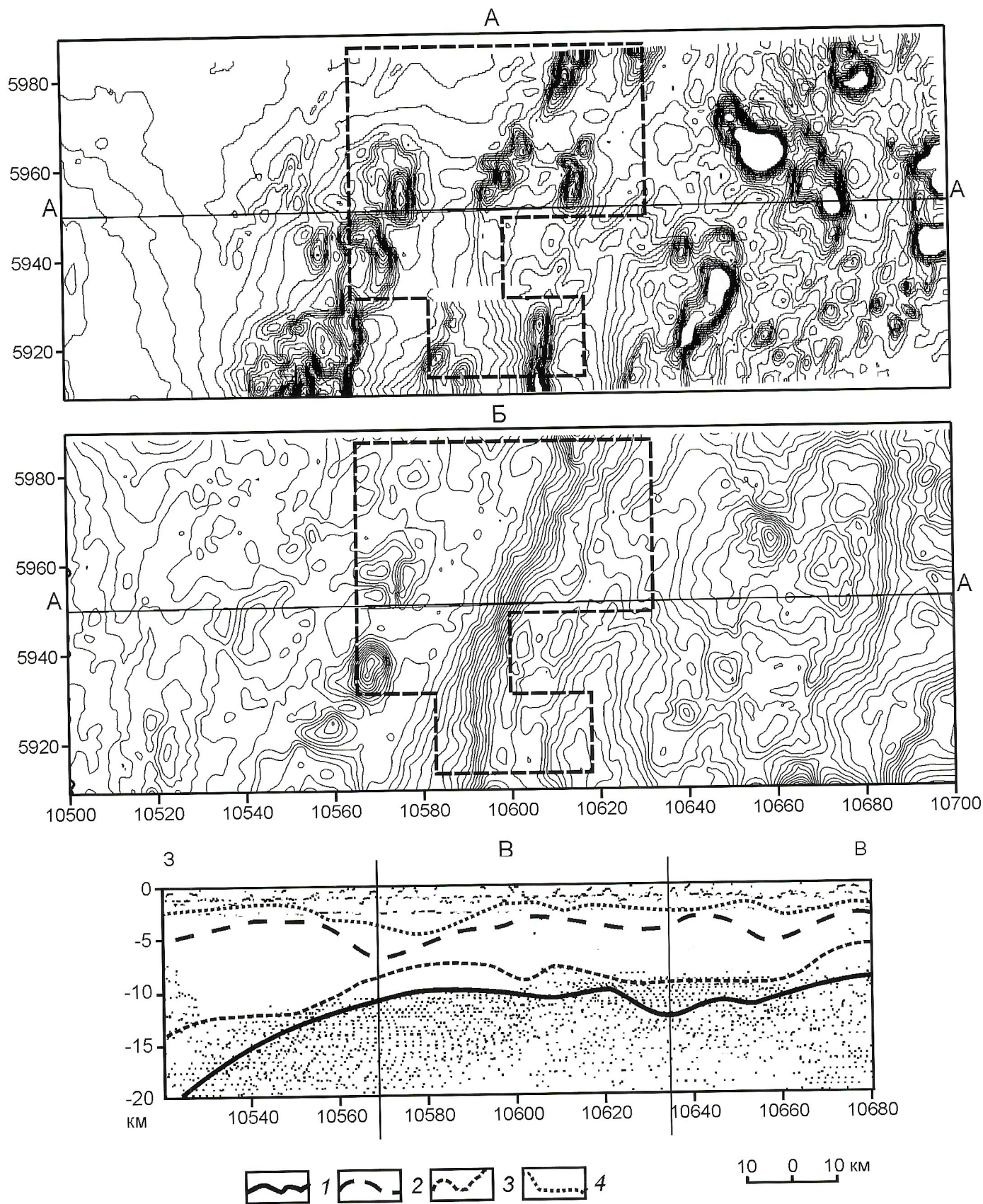


Рис. 2. Расчетный профиль по гравимагнитным данным вдоль линии А—А:

поле: А — аномальное магнитное, Б — гравитационное; В — расчетный профиль; рельеф фундамента кристаллического: 1 — беломорского, 2 — карельского; 3 — эпиплатформенного; 4 — байкальского складчатого; 5 — изолинии полей — магнитного ДТ, нТл: а — положительные, б — нулевые, в — отрицательные; гравитационного Δg — а — положительные, б — нулевые, в — отрицательные; 7 — границы участка работ

повторяет структурный план карельского (?) кристаллического фундамента.

Глубинными блокоразделяющими разломами I порядка эпплатформенный фундамент разделен на три основных блока: два опущенных (I и III) и разделяющий их приподнятый II. По периферии листа N-40-XXIII просматриваются тектонические границы еще четырех блоков (IV, V, VI, VII). Два из них (IV и V) — приподнятые и вместе с блоком II формируют унаследованную от предшествующего карельского времени горстообразную структуру северо-восточного простирания, ограниченную неявно выраженными сбросами. Внутренний структурный план горстообразной структуры име-

ет по сравнению с карельским (?) фундаментом значительно упрощенный вид. Тектоническими нарушениями северо-западного простирания, по-видимому, сбросового характера горстообразная структура разбита на относительно приподнятые (IV, V) и опущенные (I, II) блоки. Отметки рельефа магнитных пород фундамента изменяются от -4,9 до -3,9 км.

Опущенные блоки (I, III) занимают соответственно северо-западную и юго-восточную части рассматриваемой территории и представляют собой тектонически ограниченные впадины изометричной формы, близкой к овальной, с отметками изогипс рельефа магнитных пород фундамента соответственно -6,7 и -6,6 км.

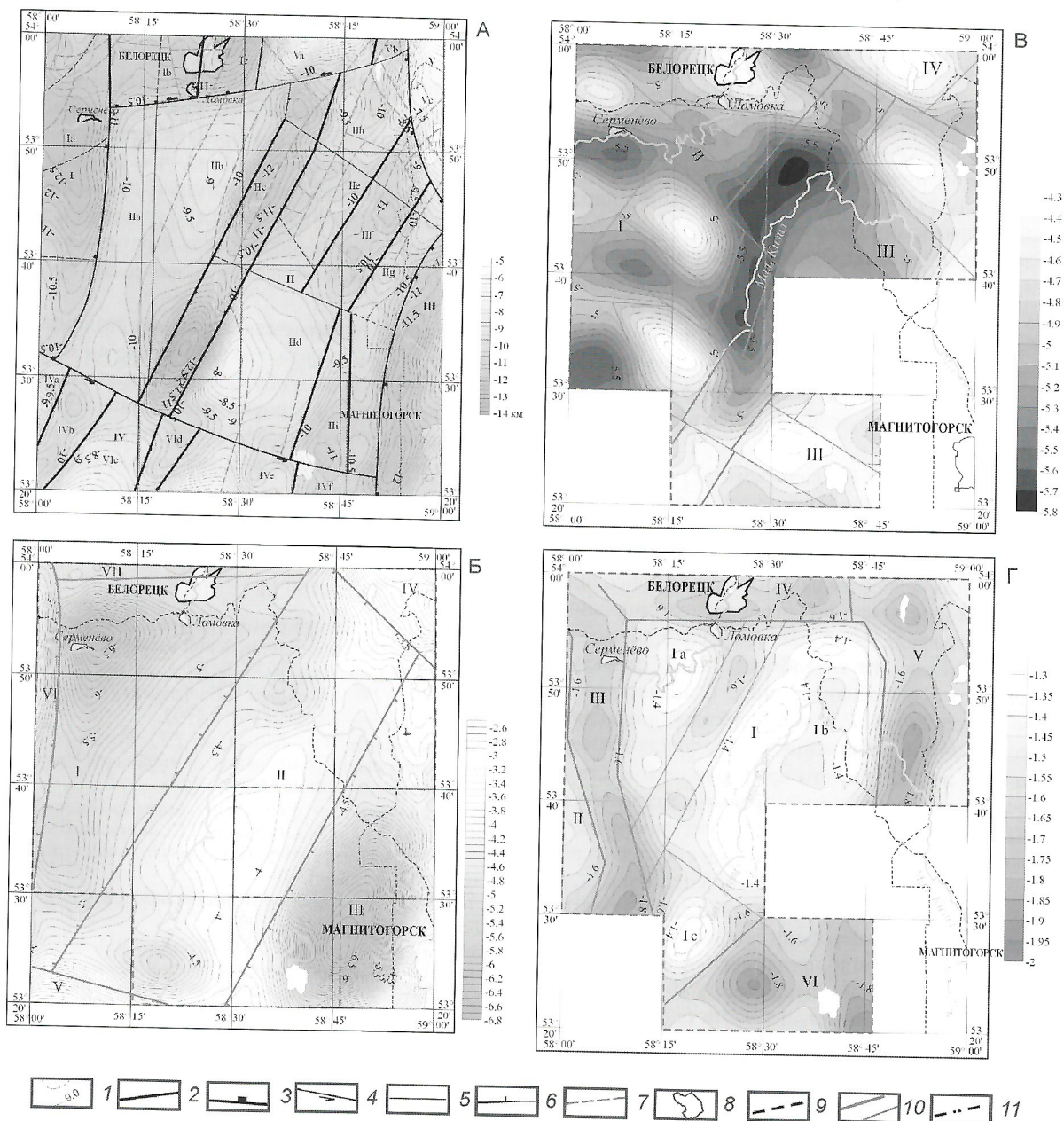


Рис. 3. Карта строения рельефа магнитных пород фундамента:

А — карельского (?) кристаллического; Б — эпплатформенного; В — байкальского (?) складчатого; Г — консолидированного каледонско-герцинского складчатого: 1 — изогипсы магнитных пород фундамента, км; тектонические нарушения: по гравимагнитным данным: 2 — глубинные I ранга, в т.ч. 3 — сбросы, 4 — сдвиги; 5 — глубинные II ранга, в т.ч.: 6 — сбросы; по аэромагнитным данным: 7 — внутриблоковые протерозой-палеозойской активизации; 8 — населенные пункты; 9 — граница КАГС-50; 10 — железная дорога; 11 — тектонические нарушения: а — межблоковые, б — внутриблоковые; 12 — граница Республики Башкортостан; I—V — блоки, Па — Пи — микроблоки фундамента

Границы блоков определяются двумя равноправными диагональными системами разломов северо-западного и северо-восточного простирания, лишь в северо-западном углу листа N-40-XXIII, где просматривается влияние карельского структурно-вещественного комплекса современного Башкирского антиклинория, наблюдается единичное субширотное направление глубинных разломов I ранга. При этом сохраняется достаточно хорошая выдержанность толщины эпиплатформенного фундамента по простиранию, отклонения от средней цифры не превышают 15% (см. рис. 2).

Байкальский (?) складчатый фундамент согласно перекрывает эпиплатформенный, отсутствует, по-видимому, только в районах грабенообразных впадин (см. рис. 3, В). Границы блоков, их внутренняя структура определяются равноправными системами разломов северо-западного и северо-восточного направлений. Лишь в северо-западном углу, где сказывается влияние карельского структурно-вещественного комплекса современного Башкирского антиклинория, можно проследить субширотные направления глубинных внутриблоковых разломов II ранга, нередко являющихся правосторонними сдвигами.

Микроблоки приподнятых блоков эпиплатформенного фундамента образуют в структуре байкальского (?) фундамента довольно правильную косодиагональную «шахматную» клетку, состоящую из приподнятых и опущенных микроблоков. Максимальные и минимальные отметки изогипс рельефа поверхности магнитных пород фундамента в приподнятых и опущенных микроблоках колеблются от -5,5 до -4,6 км.

Наибольшие мощности байкальского (?) складчатого фундамента сформировались в пределах опущенных блоков I и III, соответственно 0,8 и 1,8 км.

Геосинклинальный фундамент. На рис. 3, Г представлена схема строения рельефа магнитных пород консолидированного каледонско-герцинского геосинклинального фундамента. На профиле А—А (см. рис. 2) видно, что геосинклинальный фундамент в целом наследует структуру эпиплатформенного и в какой-то мере байкальского (?) складчатого фундамента. Глубина залегания консолидированной поверхности геосинклинального фундамента изменяется от -1,9 до -1,3 км, что примерно соответствует подошве третьего по времени формирования мегааллохтона. Границы блоков и их внутренняя структура определяются одновременно всеми равноправными системами разломов, как ортогональными, так и диагональными.

В центральной части Белорецкой площади находится приподнятый блок I, занимающий положение во многом соответствующее положению приподнятого блока I карельского (?) кристаллического фундамента. По периферии блок окружен относительно опущенными блоками. В целом рельеф геосинклинального фундамента, по-видимому, унаследован от рельефов фундаментов более древних возрастов, что может свидетельствовать о геосинклинальном фундаменте, который не закончил свое формирование, его пластичности, и о том, что его облекали тектонически скупленные пластины форм рельефа более метаморфизованных и более «плотных» древних фундаментов. Надо полагать, что положение кровли консолидированного геосинклинального фундамента, скорее всего, отражает скорость процесса консолидации фундамента. Процесс не завершен и по сей день, и обусловлен многими причинами, требующими дальнейшего тщательного изучения.

На основании рассматриваемых материалов можно сделать следующие выводы:

1. На территории Южного Урала подтверждено распространение фундамента Русской платформы, включая его эвгеосинклинальную зону.

2. На Южном Урале подтверждено послышное формирование фундамента, которое происходило в три этапа: архейско-раннепротерозойский, ранне-среднепротерозойский и позднепротерозойский.

3. Выделено и стратифицировано три структурно-вещественных комплекса, соответственно архейско-раннепротерозойского (карельский кристаллический), средне-позднепротерозойского (эпиплатформенный) и позднепротерозойского (байкальский складчатый) возраста, дана площадная и, частично, вертикальная характеристика их распределения.

4. Ниже поверхности раздела, которая отвечает рельефу магнитных пород карельского структурно-вещественного комплекса, на региональном профиле просматриваются еще несколько поверхностей раздела, что позволяет считать фундамент Южного Урала стратиграфически полным.

5. Установлена гетерогенность фундамента, его стратиграфическая полнота, аналогичная стратиграфии структурно-вещественных комплексов фундамента Русской платформы.

6. Выявлена иерархическая картина разломно-блокового строения фундамента, где распределение блоков и микроблоков подчинено и обусловлено тремя системами глубинных разломов, по степени омоложения: субширотного, северо-восточного и северо-западного простираний.

7. Самая верхняя (четвертая) поверхность раздела идентифицируется авторами как рельеф поверхности магнитных пород консолидированного геосинклинального фундамента, находящегося в настоящее время в стадии формирования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гафаров Р.А. О глубинном строении фундамента в зоне сочленения Восточно-Европейской платформы и Урала // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1970. № 8.
2. Казанцев Ю.В., Казанцева Т.Т. Трансект через Южный Урал // Препринт. — ИГ БНЦ РАН, 1992.
3. Камалетдинов М.А., Казанцева Т.Т., Казанцев Ю.В. Основные вопросы формирования земной коры Урала в палеозое // Препринт. — БФ АН СССР, 1978.
4. Кристаллический фундамент востока Русской плиты и Южного Урала // Огарин И.С., Юнусов Н.К., Арсланбекова Л.Б. и др. Сер. «Научные рекомендации — народному хозяйству». — Уфа, 1980.
5. Лозин Е.В. Тектоника и нефтегазоносность платформенного Башкортостана. — М., 1994.
6. Мавричев В.Г., Козеев С.И., Петрова А.А. и др. Многоярусный фундамент шельфа Северного Каспия и его отражение в структуре осадочного чехла по данным крупномасштабной аэромагнитной съемки // Отечественная геология. 2002. № 6. С. 3—12.
7. Петрова А.А. О влиянии рельефа фундамента на спектральную структуру аномального магнитного поля континентальных и океанических регионов // Геомагнитное поле и внутреннее строение Земли. — М., 1980. С. 137—144.
8. Пучков В.Н. Тектоническая природа западного склона Урала // Метаморфизм и тектоника западных зон Урала. — Свердловск, 1984. С. 3—9.
9. Структура континентов и океанов (терминологический справочник) // Под ред. Ю.В.Косыгина, В.А.Кулундышева, В.А.Соловьева. — М.: Недра, 1979.
10. Хатянов Ф.И. Расчленение Уральской складчатой области на платформенную и геосинклинальную зоны в свете геофизических данных // Докл. АН СССР. 1963. Т. 150. № 5.

Связь сейсмичности, грязевого вулканизма, появления геохимических аномалий в подземных водах Каспийского региона

А.Г. ГАСАНОВ, Р.А. КЕРАМОВА (Республиканский сейсмологический центр НАН Азербайджана), Н.И. АГАПОВ (Хазарданизнефтьгеофизика)

В результате сопоставления времени возникновения геологических аварий при бурении сильных и катастрофических землетрясений установлено, что сейсмические, геолого-тектонические и физико-химические процессы, протекающие в очаговых зонах не только Каспийского моря, но и всего Анатолийско-Ирано-Кавказского сегмента альпийского тектонического пояса, провоцируют нарушение относительно устойчивого равновесия в геологических породах на значительном удалении от очага готовящегося землетрясения ($\Delta=0-2000$ км).

Последние 70 лет на Каспии активно разрабатываются месторождения нефти, газа и газоконденсата. Существует несколько природных явлений, тормозящих процессы бурения и являющихся причиной аварийных ситуаций на скважинах. К ним относятся морские подводные течения, метеорологические факторы (штормовой ветер, грозы, молнии) и повышенная сейсмическая активность (сильные землетрясения $K \geq 13$; $M \geq 5,5$).

На основе фактического материала, опубликованного в средствах массовой информации Азербайджана, авторы проанализировали данные о крупных авариях, произошедших в 1983—2003 гг. при бурении поисковых и разведочных скважин на нефть и газ в акватории Каспия, были также изучены результаты сейсмологических и сейсмопрогностических исследований за указанный период, полученные в Республиканском Сейсмологическом Центре (РЦСС) НАНА.

Перед авторами не стояла задача оценить действия буровиков. Цель данной работы — установить, какова роль сейсмической активности при буровом процессе и возможно ли предотвратить крупные «геологические» аварии, используя данные сейсмопрогностического мониторинга, проводящегося РЦСС НАНА с 1979 г. до настоящего времени. Рассматриваемый вид исследований представлен геофизическими и сейсмогеохимическими круглогодичными режимными наблюдениями. Однако для решения вопросов, отраженных в настоящей работе, были использованы только результаты наблюдений за пространственно-временными вариациями геохимического режима флюидов, включавших исследования их гидро-, газо-, и радиогеохимических полей в сейсмогенных зонах Азербайджана. Объекты таких наблюдений — подземные воды и локальные участки земной поверхности.

Приведем результаты сопоставления дат геологических аварий с датами сильных и катастрофических землетрясений [1, 3, 6], периодами активности грязевых вулканов [2, 7] и характером радиогеохимических аномалий для Азербайджана [4, 5]. В процессе ретроспективного анализа сейсмологического материала были обоснованы сейсмические события, которые произошли не только на территории Азербайджана и акватории Каспия, но и в сопредельных странах (Грузия, Дагестан, Армения, Турция и Иран), т.е. в пределах всего Анатолийско-Ирано-Кавказского сегмента альпийского тектонического пояса Земли.

В начале сентября 1983 г. вблизи казахского берега Каспия была установлена самоподъемная плавучая буровая установка (СПБУ) «60 лет Азербайджана». На месторождении Ракушечное море на глубине 43 м предстояло проложить ствол поисковой скв. 4 проектной глубиной 4500 м. Цель бурения — выявление нефтегазоносности меловых, юрских, триасовых отложений, а также пермокарбона и кристаллического фундамента. На глубине 87 м забили водоотделяющую обсадную колонну, но при забое 445 м промысловая жидкость, циркулирующая в скважине, была перебита газом. Когда спустили колонну, скважину зацементировали на глубине 511 м. Однако через 6 ч после заливки колонны началось движение глинистого раствора из межколонного пространства. В ночь на 8 сентября 1983 г. произошла авария: из скважины открыто фонтанировал газ. Фонтан достигал высоты 50 м. Другой поток ударил под ротор. По всему периметру плавучей буровой грязь просочилась в море, а со стороны второй опорной колонны возник еще один грифон. Положение стало катастрофическим. Было принято решение об эвакуации людей, но 9 сентября платформа опрокинулась и затонула, в результате чего погибли два человека.

Ретроспективный анализ сейсмологического материала [1] позволил установить, что 20 марта 1984 г. в Туркмении произошло катастрофическое Газлийское землетрясение ($M=7,2$; $h \leq 20$ км). Известно, что область и время подготовки сейсмического события такого масштаба бывают очень значительными. Данный факт подтвердился аномальным изменением гидрогеохимических полей объектов наблюдений Апшеронской сейсмогенной зоны, удаленной от гипоцентра Газлийского землетрясения на расстояние $\Delta \leq 800$ км. В частности, в термальной азотно-метаново-сероводородной воде скв. Шихово-1 были обнаружены аномальные (500—1000%) относительно фоновых значений концентрации ионов: показатель кислотно-щелочной обстановки среды миграции флюида pH, карбонат CO_3 и хлор — $\Sigma (\text{Cl}, \text{Br}, \text{I})$. При этом было установлено, что концентрация CO_3 достигла 120 мг/л на фоне его полного отсутствия в периоды относительного сейсмического затишья ($M \leq 4,0$) в течение года. Исключение составляли только периоды активизации сейсмических очагов ($K \geq 4,0$). Этот факт неоднократно подтверждался в 1979—2003 гг. [4, 5]. Следовательно, данный параметр — надежный сейсмогеохимический индикатор.

Кроме того, в 1983 г. чрезвычайно активизировался грязевой вулкан северной группы Бакинского архипелага — Джагирлы. Повторный газовый выброс произошел 20 августа 1991 г.

В конце ноября 1985 г. экипаж СПБУ «Хазар-3» вел проходку поисковой скв.2 на площади Умид в акватории Каспийского моря. Скважина была пробурена до глубины 2923 м, в нее была спущена обсадная колонна. Ничто не предвещало катастрофы, но 27 ноября 1985 г. на буровой произошел сильный газовый выброс. Платформу удалось спасти, несмотря на то, что первая и четвертая опорные колонны дали просадку, угрожая опрокидыванием установки.

Из опубликованных данных [2, 7] известно, что весь 1985 г. характеризовался как многочисленными мощными извержениями грязевых вулканов (Торгай, Азахтарма, Актимер и Отманбоздаг), расположенных в Апшеронской сейсмогенной зоне Азербайджана, так и Каспийским землетрясением ($K=11$; $M=5,2$), которое произошло 16 октября 1985 г. Данное сейсмическое событие, ощутимое на небольшом расстоянии ($\Delta=0—50$ км), не относится к сильным. Однако его подготовка к реализации, очевидно, сопровождалась тектоническими процессами, спровоцированными через 41 день геологическую обстановку, опасную для буровых работ и жизни людей. В акватории Среднего Каспия 6 марта 1986 г. произошло сильное землетрясение ($K=13,0$; $M=6,2$; $h=70$ км). Процесс его подготовки, несомненно, охватил большую территорию. Задолго до основного толчка этот процесс также сопровождался значительными аномалиями в геохимических полях. Таким образом, работа СПБУ в непосредственной близости от сейсмического очага в период его активизации могла закончиться трагически.

На юго-западном крыле структуры Азери 20 октября 1987 г. работала плавучая поисково-буровая установка (ППБУ) «Шельф-1». На поисковой скв.3 (проектная глубина 4200 м), во время спуска технической колонны в интервале глубин 1856—1878 м при забое 1950 м произошло катастрофическое поглощение бурового раствора. В результате пласт начал «работать» газом, который поступал к поверхности по тектоническим трещинам, имеющимся в верхней части геологического разреза. При этом к северо-западу от ППБУ образовался грифон диаметром 100—150 м, а также возникло множество более мелких очагов в непосредственной близости от буровой установки. Во избежание гибели экипажа ППБУ была снята с точки бурения, ствол скважины был потерян, а убытки остались неизвестны. Из опубликованных данных [2, 7] установлено, что в течение всего 1987 г. наблюдалась активная деятельность грязевых вулканов на Апшеронском архипелаге и акватории Каспия. Кроме того, при обработке сейсмологических данных было определено, что 7 ноября 1987 г. произошло ощутимое Каспийское землетрясение ($K=10,8$; $M=5,0$; $\Delta=120$ км). Эти явления также подтверждены гидрогеохимическими полями Апшерона.

В сентябре 1989 г. на северо-восточном крыле нефтегазоносной структуры было начато бурение новой разведочной скв. 5, но проходка ее была прекращена при забое 3836 м из-за возникших осложнений геологического характера. В частности, для опробования вскрытых десяти объектов, от поверхности калинской свиты до пятого горизонта балаханской свиты, в скважину на глубину 3628 м была опущена эксплуатационная колонна, а 11 сентября 1989 г. был опробован первый объект, приуроченный к данной свите. После прострела скважина вела себя спокойно. Однако 16 сентября 1989 г. устье скважины было разрушено, и уже 17 сентября произошло сильное землет-

рясение ($K=14$; $M=6,7$; $h=40—75$ км) с гипоцентром в акватории Среднего Каспия, находящимся в непосредственной близости от скв. 1, на расстоянии $\Delta=90$ км к востоку от г.Баку и $\Delta=150—160$ км от объектов наблюдений Апшеронской сейсмогенной зоны. Кроме того, достаточно сильные форшоки зарегистрированы в августе 1989 г. ($K=13,7$; $M=5,6$; $\Delta=150—160$ км). Это повышение сейсмической активности в акватории Каспийского моря также отразилось на геохимическом режиме подземных вод.

В начале 1991 г. проводились буровые работы ППБУ «Шельф-2» на месторождении Чираг. Было начато бурение скв. 7 в породах калинской свиты, когда 8 марта 1991 г. во время спуска бурильного инструмента при забое 1118 м из скважины под большим давлением неожиданно вырвалось облако газа. Находящаяся в стволе скважины колонна бурильных труб поползла вверх. В считанные минуты они были выброшены под кронблок буровой вышки, изогнуты в дугу, покорежены и смяты. Деформировалась и сама буровая вышка высотой 53 м. Положение усугубилось тем, что газ внезапно воспламенился. Из скважины поднялся факел высотой до 50 м. Создалась неконтролируемая ситуация, угрожающая буровой установке и всему обслуживающему персоналу. Внезапно выброс фонтана газа самопроизвольно прекратился и огонь погас. Однако возникла новая опасность — буквально под понтонами ППБУ образовался грифон, который разросся до 35 м в диаметре. Создалась новая угроза — возможность опрокидывания буровой из-за аэроэрации воды под одним из понтонов установки. Прибывшие на платформу специалисты осторожно отвели ППБУ от кипящего очага грифона, отбуксировали к берегу и поставили на консервацию.

Есть и другой пример — аварийная ситуация, возникшая в феврале 1991 г. на площади Ливанова (восточный Туркменистан). На СПБУ «Бакы» скв. 18 была забита в грунт на глубину 165 м водоотделяющая колонна 720 мм. Затем на глубину 630 м был спущен и зацементирован кондуктор 508 мм. Во время проведения технических работ на глубине 810 м произошел выброс воды и газа. Высота струи от уровня поверхности моря достигала 50 м.

Оба этих факта можно объяснить различными природными процессами, очень близкими друг к другу по времени их возникновения и имеющими большое значение для понимания ситуаций, создавшихся на обеих буровых.

На Бакинском архипелаге произошло мощное извержение вулкана Кейреки 23 января 1991 г., а на территории Грузии 24 апреля 1991 г. наблюдалось сильное Рачинское землетрясение ($M=6,1$; $h=31$ км). Очаг землетрясения имел обширную плейстосейстовую зону. Подготовка сейсмического события, происходившая под действием различных процессов (геолого-тектонические, физико-химические, электромагнитные, акустические и т.д.), сопровождалась значительным аномальным изменением гидрогеохимических полей флюидов не только в пределах Шеки-Шамахинского сейсмопрогностического полигона, близкого к данному очагу, но даже в подземных водах Апшеронской сейсмогенной зоны, удаленной на расстояние $\Delta=200$ км (рис. 1).

Как известно, подготовка к реализации обоих событий (извержение грязевого вулкана и землетрясение) — процесс длительный. Опыт наших исследований в области поисков информативных предвестников землетрясений [4, 5] подтвердил ранее описанные факты влияния очаговых зон сильных и катастрофических землетрясений на глобаль-

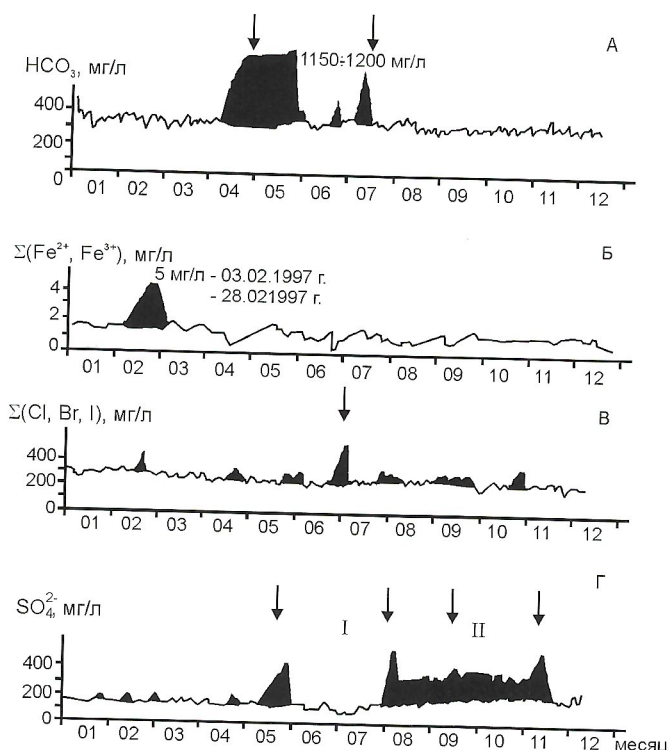


Рис. 1. Проявление сейсмоаномальных эффектов в параметрах геохимических полей:

А — Грузия, Рачинское землетрясение, 29 апреля 1991 г.; скважина Гейбулаг—Щекинская сейсмозона, 1991 г.; Б — Иран, Хорасанское землетрясение; скважина Сураханы—Апшеронская сейсмозона, 1997 г.; В — Азербайджан, Лерикское землетрясение, 9 июля 1998 г.; скважина Бююк-Гамя—Сиязаньская сейсмозона, 1998 г.; Г — землетрясения: I — Азербайджан, Агдашское 4 июня 1999 г., II — Турция, Измитское и его афтершоки 17 августа, 27 сентября и 21 ноября 1999 г.; скважина Шихово-1—Апшеронская сейсмозона, 1999 г.

ное изменение флюидодинамических процессов и показал, что физико-химические процессы, протекающие в сейсмических очагах, залегающих на глубинах $h \leq 20$ км, провоцируют аномальное изменение гидрогеохимического режима флюидов на значительном удалении от гипоцентра ($\Delta = 2000$ км). Из последних опубликованных данных по проблеме проявления грязевого вулканизма в Азербайджане известно, что «корни» таких грязевых вулканов достигают глубин $h \leq 20$ км. Из приведенных материалов можно сделать вывод, что каждое из произошедших стихийных явлений сопровождалось изменением геолого-тектонической обстановки среды в районе работ обеих буровых установок и послужило причиной аварийных ситуаций.

В конце апреля 1997 г. СПБУ «Деде-Горгут» потеряла 4500 м ствола скважины вместе с инструментом. Убытки составили 4,5—5 млн. долл. США. Известно, что 28 января 1997 г. произошло Каспийское землетрясение ($K=12$; $M=5,4$; $h=33$ км), подготовка которого также сопровождалась возмущением в гидрогеохимических полях объектов наблюдений Апшерона.

На месторождении Булла-море 6 сентября 1998 г. при бурении скв. 86 с глубины более 5000 м заработал газовый фонтан. Буровая установка загорелась, но обошлось без жертв. Следует отметить, что 23 августа 1998 г. произошло

Каспийское землетрясение ($K=11,5$; $M=5,1$; $h=33$ км), которое ощущалось в городах Девечи и Сиязань и отразилось в пространственно-временных вариациях гидрогеохимических параметров объектов наблюдений Апшеронской сейсмогенной зоны.

На месторождении Чираг-1 6 июля 1999 г. при бурении в 13 стволе скважины было потеряно 110 м водоотделяющей колонны и 360 м открытого ствола. Убытки неизвестны. Перед этой аварией на буровой в радиусе $\Delta=2000$ км наблюдалось два значимых сейсмических события. Сильное землетрясение ($K=12$; $M=5,8$; $\Delta=220$ км) было зафиксировано 4 июня 1999 г. в Агдашском районе Азербайджана. Катастрофическое землетрясение ($M=7,2$; $\Delta \leq 2000$ км) произошло 17 августа 1999 г. в Турции, в зоне Анатолийского разлома. Безусловно, область подготовки этого сейсмического события была очень значительной. Во всех сейсмогенных зонах Азербайджана, где проводится сейсмогеохимический мониторинг РЦСС НАНА, были выявлены огромные аномалии по многим гидрогеохимическим параметрам, которые достигали 500—1200% относительно фоновых значений (см. рис. 1).

Самоподъемная буровая установка «ИСТИГЛАЛ» 24 марта 2001 г. в процессе бурения потеряла 1200 м открытого ствола. Данный факт, по нашему мнению, имеет две основные причины.

Первая — возникновение напряженно-деформационного состояния пород, которое появилось после сильного Бакинского—Каспийского землетрясения (25 ноября 2000 г., $K=14,0$; $M=6,5$; $h=25$ км) как в акватории Каспийского моря, так и на значительном расстоянии от гипоцентра ($\Delta=70—350$ км). В частности, период подготовки этого сейсмического события отразился на геохимическом режиме подземных вод всех объектов наблюдений, которые находятся в сейсмогенных зонах мегантиклинория Большого Кавказа в пределах Азербайджана. Причем, в течение последующих 6 месяцев, до конца мая 2001 г., продолжалась активная афтершоковая деятельность данного очага ($M \leq 5,5$), которая спровоцировала активность грязевых вулканов в Каспийском море и на Апшеронском архипелаге.

Вторая — извержение подводного грязевого вулкана Бузовнинская сопка, которое началось в Каспийском море 21 марта 2001 г. При этом были зафиксированы выброс сопочной брекчии, газа и его кратковременное возгорание. В результате грязевулканической деятельности возник остров длиной 100 м и высотой 5 м над уровнем моря. Подготовка данного события также отразилась в аномальном изменении гидрогеохимических полей объектов наблюдений в Апшеронской сейсмогенной зоне (рис. 2).

На платформе «Площадь 28 мая» 30 июля 2001 г. в процессе бурения было потеряно 1200 м открытого ствола скважины. Первой причиной этой аварии можно считать извержение одного из крупнейших грязевых вулканов Бакинского архипелага — Шыхзагирли, которое произошло в июне 2001 г. На основе ретроспективного анализа сейсмологического материала было также установлено, что 5 июня 2001 г. в северной акватории Каспия в зоне Махачкалинско-Красноводского разлома произошло сильное землетрясение ($K=12,7$; $M=6,2$; $\Delta=120$ км), ставшее второй причиной аварии. Подготовка данного явления также сопровождалась значительным изменением ионно-солевого состава воды скважины Шихово-1, которое проявилось в аномальных концентрациях ионов HCO_3 , CO_3 , Са.

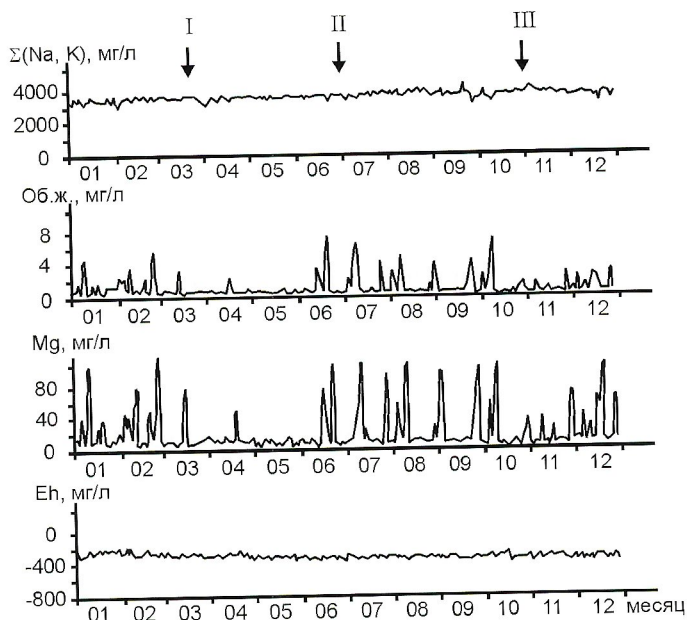


Рис. 2. Влияние грязевого вулканизма на аномальные вариации в гидрогеохимических полях скважины Шихово-1 Апшеронской сейсмоактивной зоны в 2001 г.:

I — Бузовнинская сопка, 21 марта; II — Кейреки, 26 июня; III — Локбатан, 25 октября

При бурении СПБУ «Гуртулуш» 27 октября 2002 г. на глубине около 500 м в течение полутора часов работал продуктивный пласт. Данный факт можно объяснить тем, что 26 октября 2002 г., на о.Свиной в азербайджанской части акватории Каспия наблюдалось извержение грязевого вулкана. Подготовка такого события сопровождалась аномальным изменением гидрогеохимических полей на Апшероне.

В заключение, на основе анализа и обобщения имеющегося фактического материала, приведенного в настоящей работе, можно сделать вывод, позволяющий объяснить возникновение крупных «геологических» аварий при бурении скважин на Каспии. Это результат активизации сейсмических процессов и грязевого вулканизма в пределах Анатолийско-Ирано-Кавказского сегмента альпийского тектонического пояса Земли. Установлено, что изменение напряженно-деформационного состояния геологических пород возникает не только в очаговых зонах происходя-

щих и готовящихся сильных землетрясений. Нарушение относительного равновесия в геологических породах наблюдается на очень значительном расстоянии, которое для катастрофических событий может достигать 2000 км. При этом процессы, сопровождающие подготовку этих природных катаклизмов, провоцируют также и изменение геохимического режима флюидов.

Исследованиями известных геологов Азербайджана [1, 2, 6, 7 и др.] была установлена закономерность, согласно которой очаги землетрясений и все грязевые вулканы Азербайджана расположены вдоль крупных тектонических зон и приурочены к антиклинальным поднятиям. Исходя из этого положения, становится ясно, что «геологические» аварии при бурении разведочных скважин на нефть и газ в акватории Каспия неизбежны в период подготовки сильных землетрясений и извержений грязевых вулканов.

Учитывая изложенное, можно предположить, что аварии, не связанные с техногенными причинами и «человеческим фактором», и в других регионах, кроме Азербайджана, также возникали по причинам, которые были рассмотрены нами. Использование результатов круглогодичного сейсмогеохимического мониторинга может предупредить возникновение этих аварий, если комплексные данные по наблюдениям за геохимическими полями будут своевременно интерпретироваться и доводиться до сведения специалистов-буровиков.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агамирзоев Р.А. Сейсмоструктура некоторых районов юга СССР. — М.: Наука, 1976.
2. Алиев А.А., Гулиев И.С., Белов И.С. Каталог зафиксированных извержений грязевых вулканов Азербайджана (1810—2001 гг.). — Баку: Nafta-Press, 2002.
3. Гасанов А.Г. Ощутимые землетрясения Азербайджана 1983—2002 гг. — Баку: Элм, 2003.
4. Гасанов А.Г., Керимова Р.А. Аритмичность сейсмопрогностического режима флюидов на территории Азербайджана в период подготовки Кавказских катастрофических землетрясений 1988—1992 гг. / Труды Института Геологии АН Азербайджана. — Баку: Элм, 1995. С. 101—115.
5. Гасанов А.Г., Керимова Р.А., Мамедов Т.Я., Рзаев А.Г. Анализ результатов сейсмологических и сейсмопрогностических исследований в Азербайджане // Геология Азербайджана. Физика Земли. Т. V. — Баку: Nafta-Press, 2002. С. 68—71.
6. Шихалибеги Э.Ш. Некоторые проблемные вопросы геологического строения и тектоники Азербайджана. — Баку: Элм, 1996.
7. Якубов А.А., Алиев А.А. Грязевые вулканы. — М.: Знание, 1978.

Техногенные геологические процессы в горной промышленности

А.В.ТАТАРИНОВ, П.Ю.ХОДАНОВИЧ, О.К.СМИРНОВА (Геологический институт СО РАН, Улан-Удэ)

Геологическая среда — целостная динамичная система, представленная верхней зоной литосферы, особое пространство природно-техногенных взаимодействий, которые были объединены А.Е.Ферсманом в класс геологических процессов, обусловленных деятельностью человека, и названы техногенезом [13]. Наиболее сильное воздействие на природу оказывает горнообогатительное производство, поэтому так актуальны разработка подходов и методов контроля и прогноза развития техногенных процессов при эксплуатации и консервации месторождений, обоснование мероприятий по минимизации и предупреждению воздействий на природу.

Для решения указанных проблем необходима типизация техногенных процессов. На их изучение обращается большое внимание в инженерной геологии, гидрогеологии, мерзловедении, а последнее время — и в экологии, экологической геологии [5, 10]. Анализ существующих схем типизации техногенных воздействий показывает, что их разработка ведется в трех направлениях: 1) по видам хозяйственной деятельности; 2) по набору определенных воздействий на конкретный компонент геологической среды; 3) по комплексу параметров, отражающих природу воздействия.

Одна из обстоятельных попыток типизации техногенных воздействий по комплексу признаков (времени действия, направленности, пространственному распространению и др.) была сделана Ф.В.Котловым [5]. К классификации техногенных процессов Ф.В.Котлова близка и схема М.Арну [1]. Классификация техногенных воздействий на геологическую среду, разработанная В.Т.Трофимовым, В.А.Королевым и А.С.Герасимовой [4], основана на следующих признаках: 1) природа и механизм воздействия (физическое, физико-химическое, химическое, биологическое); 2) характер воздействия с учетом симметрии прямого и обратного действия (охлаждение—нагревание, уплотнение—разуплотнение, загрязнение—очистка и др.); 3) конкретное техногенное влияние того или иного источника (утрамбовывание, взрывоуплотнение, дробление, экскавация, дренирование, осушение и др.). При этом один и тот же тип или вид воздействия может проявляться на разных иерархических уровнях. Г.А.Глодковская и Ю.Б.Елисеев [3] разработали классификацию техногенных воздействий, в которых учитываются источник, характер и результаты воздействий, в т.ч. применительно к горной промышленности.

В существующих классификациях техногенных процессов основное внимание обращено на инженерно-геологические и экологические факторы техногенного воздействия на геологическую среду при добыче, обогащении и переработке полезных ископаемых, раскрывая неполно их геолого-генетическую сущность. Авторами предложена генетическая классификация техногенных процессов, в которой отдан приоритет геологическим аспектам техногенеза (см. таблицу).

По представлениям авторов, к техногенным геологическим процессам относятся как собственно антропогенные

(механохимический, пирогенный), так и смешанные природно-антропогенные (седиментогенный, криогенный, эоловый и др.), в проявлениях которых вклад природных факторов может быть весьма различным.

В таксономическом ряду предлагаемой классификации техногенных геологических процессов выделены генетические классы, группы, типы (см. таблицу). Классы выделяются по природе процессов, группы — факторам, их обуславливающим, типы — механизмам проявления (воздействия) процессов. В реальной обстановке различные типы техногенных процессов нередко накладываются друг на друга, при этом их результаты или суммируются, или частично видоизменяются и подавляются, что вызывает определенные трудности при типизации и картировании техногенных воздействий.

Геологический класс техногенных процессов объединяет пять генетических групп (см. таблицу). Как видно из таблицы, в **литогенной** группе выделены четыре генетических типа техногенных геологических процессов.

Седиментогенный тип. Продукты, образующиеся в результате техногенной седиментации, аналогичны природным осадкам. Источники вещества для техногенных осадков — тонкодисперсные продукты добычи, хвосты обогащения полезных ископаемых, золошлаковые отходы ТЭС и металлургических предприятий [8]. Типичный пример техногенной седиментации в водной среде — намывные хвостохранилища обогатительных фабрик.

Основной контролирующий фактор процессов техногенной седиментации — плотность и гидравлическая крупность твердой фазы сбрасываемой пульпы. Седиментогенный механизм характерен для формирования донных осадков в поверхностных водотоках вблизи слива технологических и рудничных вод, хранилищ отходов горного и обогатительного производства, полигонов разработки россыпей. Природно-техногенная седиментация в воздушной среде (эоловый перенос частиц) аналогична процессам образования лёсса.

Механогенный тип. У техногенных процессов такого типа много общего с природными процессами осадочного механогенеза, обуславливающими сортировку обломочного материала в соответствии с его физическими свойствами: плотностью, удельным весом, листоватостью, формой частиц и т.п. Они широко проявлены в отвалах вскрышных пород и бедных забалансовых руд, на складах или в запасах сырья, при оползневых обвалах стенок карьеров.

Хемогенный тип. Подобные процессы в горной промышленности генерируются техногенными водами, гидротермами, обогащенными растворимыми продуктами химического разрушения минералов, горных пород и руд. Наиболее интенсивно продукты техногенных хемогенных процессов осаждаются в замкнутых и полужамкнутых водных бассейнах, где концентрация растворенных компонентов особенно высока. Химическому выветриванию подвергаются отвалы вскрышных пород, забалансовых

руд, хвостов обогащения, терриконы, целики рудных тел и гидратация, химическое замещение, гидролиз). Особенно околорудных минерализованных пород (гидратация, де- активно оно проявлено на разрабатываемых сульфидсо-

Генетическая классификация техногенных геологических процессов в горной промышленности

Класс	Группа	Тип	Примеры объектов проявления техногенных процессов
Геологический	Литогенная	Седиментогенный	Естественные и искусственные водоемы, намывные и наливные хвостохранилища, испарители, гидроотвалы, пруды-отстойники, накопители воды, водопроводные трубы, шламонакопители
		Механогенный	Отвалы пустых пород и бедных руд, склады полезных ископаемых, хвостохранилища, склады пыли газоочистки, терриконники
		Хемотрогенный	Пруды-отстойники, резервуары со сточными водами, теплоэнергетическое оборудование, водопроводные трубы
		Физико-химический	Грунты, терриконники, стволы газовых скважин, подземные горные выработки по углю, ТЭС
	Геодинамическая	Тектонодинамический	Поверхность земли, здания и сооружения, грунты, горные выработки, обогатительные фабрики
		Механохимический	Горные разработки, обогатительные фабрики
	Гидрогеологическая	Осушения	Грунты, подземные воды
		Обводнения	
		Подтопления	
	Термогенная	Криогенный	Горные отвалы пород и руд, терриконники, грунты, горные выработки, подземные воды
		Пирогенный	Скважины на нефтяных и газовых месторождениях, подземные горные выработки, отвалы угольных шахт, грунты, массивы горных пород, ТЭС, металлургические предприятия
	Геохимическая	Литохимический	Грунты, поверхность земли, горные породы и руды в целиках и отвалах
		Биохимический	Почвы, флора, фауна
		Атмогеохимический	ТЭС, рудничные поля, открытые хвостохранилища
		Гидрогеохимический	Рудничные, шахтные, дренажные и сточные воды, предприятия по добыче полезных ископаемых методами кучного выщелачивания и геотехнологии
		Радиохимический	Отвалы бедных радиоактивных руд, шламо- и хвостохранилища, отходы переработки и склады радиоактивных руд
Геофизический	—	Гравитационный	Рудничные поля (полигоны)
		Электрический	Предприятия по обогащению и переработке руд
		Магнитный	
		Электромагнитный	
Геоморфологический	Физико-механическая	Механогенный	Рудники по добыче различных видов полезных ископаемых, предприятия по обогащению и переработке минерального сырья
		Эоловый	
	Термогенная	Криогенный	
		Пирогенный	
	Гидрогеологическая	—	

держащих месторождениях, в старых горных выработках. Хомогенным является минералообразование в дренажных водных системах и нефтяных скважинах, в которых образуются минеральные агрегаты карбонатов, сульфидов, сульфатов, гидроксидов железа и др.

Хомогенные процессы лежат в основе гидрометаллургических способов разработки месторождений полезных ископаемых (выщелачивание кучное, подземное с использованием скважин, подземное из предварительно раздробленных взрывом массивов руд).

Физико-химический тип проявлен в хранилищах горно-промышленных отходов, особенно сульфидсодержащих. Природный аналог — процессы окисления сульфидных руд, формирования зон гипергенеза, кор выветривания. В окислении сульфидов важную роль, кроме климата, играют гидрологический и гидрогеологический режимы. По степени устойчивости сульфидов к окислению установлен ряд [9]: моноклинный пирротин → пентландит и пирит → халькопирит. Новообразованные в ходе окисления минеральные фазы в основном представлены гётитом и гидрогётитом.

Геодинамическая группа. Среди техногенных геодинамических процессов выделяются упругие и остаточные деформации горных пород, вызванные воздействием различных техногенных факторов. К ним прежде всего относят изменения механических и физико-химических свойств природных и искусственных грунтов, массивов горных пород (влажность, плотность, пластичность, устойчивость, формирование новых петрографических свойств пород, их структурно-реологических особенностей). Среди них можно выделить по различию механизмов тектонодинамический и меканохимический типы процессов (см. таблицу).

Тектонодинамический тип проявляется в разрыхлении, сжатии, уплотнении и разжижении грунтов, оседании поверхности земли, развитии оползней, отвалов, осыпей, обрушений грунтов. К нему отнесены процессы сдвижения грунтов массива в зоне подработки, дезинтеграции массивных горных пород, наведенные землетрясения, горно-тектонические удары. Такие процессы протекают при изменениях напряженного состояния массивов горных пород, грунтов, вызванных статическими, динамическими, ударными нагрузками и взрывами.

Меканохимический тип инициируется в аппаратах измельчителях, используемых при подготовке руд к обогащению. Диспергирование руд приводит к интенсификации химических процессов, различным меканохимическим (трибохимическим) реакциям: разложения, соединения, обмена, а также к изменению структуры и физических свойств минеральных частиц, их поверхностных свойств. Аномалии физических свойств тонко измельченных обломочных частиц определяются не только высоким значением удельной поверхности, но и максимальным количеством внутренней энергии, аккумулированной обломками кристаллов, в результате деформаций и дефектов структур, возникших в минералах при дроблении [15]. Высокая внутренняя энергия малых частиц вызывает химические изменения состава исходных минералов. Так, истирание руд, содержащих сульфиды (пирит, пирротин), приводит к кристаллизации сульфатных минералов. При меканическом дроблении горных пород и руд также появляются рентгеноаморфные частицы различных минералов.

Гидрогеологическая группа объединяет геологические процессы и явления, вызванные антропогенным изменением подземной и поверхностной гидросферы. Известны три

типа техногенных гидрогеологических процессов [10]: осушения, обводнения, подтопления (см. таблицу).

Осушение проявляется при проходке горных выработок на месторождениях твердых полезных ископаемых, эксплуатации нефтяных и газовых месторождений, функционировании крупных водозаборов.

Обводнение возникает при отсыпке отвалов, сооружении отстойных прудов и дамб намывных хвостохранилищ. В результате территории заболачиваются и подтопляются, смещаются русла и водотоки, интенсифицируются оползни при обводнении крутых склонов, почвы вторично засоляются.

Подтопление объединяет черты первых двух типов гидрогеологических процессов, проявляясь при одновременной эксплуатации объектов обводнения и осушения в виде нарушения температурного режима подземных вод, подтопления территорий, осушения водоносных горизонтов.

В горной промышленности наиболее широко распространено осушение, связанное с освоением месторождений полезных ископаемых, находящихся в очень сложных гидрогеологических и инженерно-геологических условиях или залегающих на значительной глубине.

Термогенная группа. Ф.В.Котлов выделил геотермическую группу антропогенных геологических процессов [5]. Авторам представляется более удачным назвать ее термогенной. Предлагаемая классификация включает в эту группу два генетических типа: криогенный и пирогенный (см. таблицу).

Криогенные процессы проявляются в промерзании и оттаивании грунтов и грунтовых вод. При промерзании образуются подземные льды (гидролакколиты, ледяные бугры, пластовые льды) и наледи, происходит морозное выветривание и увеличение мощности многолетней мерзлоты. Протавивание в горной промышленности вызывает нарушения температурного режима при проходке как наземных, так и подземных горных выработок, бурении скважин и приводит к резкому снижению прочности грунтов.

Пирогенные процессы обусловлены техногенными факторами пирогенеза в горной промышленности (прогрев грунтов и массивов горных пород при проходке горных выработок и бурении скважин, подземная газификация и перегонка углей и горючих сланцев, подземные и нефтяные пожары, обжиг при обогащении руд, самопроизвольное горение угольных отвалов, сжигание топлива на ТЭС). Пирогенные процессы вызывают в грунтах окаменение, гидротермально-метасоматические преобразования, сдвигание и расплавление. Они генерируют техногенные образования — муллититы, глиежи, горелики, парабазальты.

Геохимическая группа. Техногенные геохимические процессы наиболее изучены по сравнению с другими группами техногенных процессов. Одно из геохимических следствий техногенной мобилизации вещества — образование новых химических соединений и минеральных форм. Техногенная миграция химических элементов на поверхности земли идет в газообразной, жидкой и твердой средах [6]. А.И.Перельман с соавторами ввели понятие «техногенные геохимические барьеры» [9] и выделили кислородные, сероводородные, глеевые, щелочные, испарительные, седиментационные (комбинированные). В геохимической группе техногенных процессов, по аналогии с природными, авторы выделяют пять типов (см. таблицу).

Литогеохимический тип в основном характеризует образование литогенного техногенеза (отвалы, хвосты, отложения в водоемах, нефте- и водопроводных трубах и т.д.). Литогеохимические техногенные процессы ведут к кон-

центрированию или рассеянию химических элементов. В отличие от природных, они обладают большей скоростью проявления и контрастностью.

К литогеохимическому типу техногенных процессов относятся геохимические процессы почвообразования, вызванные техногенными факторами. За счет многообразия геохимических барьеров в почвах и почвообразующих грунтах при поступлении в них техногенных веществ ярко проявляется хроматографический механизм разделения химических элементов, основанный на их различной способности к адсорбции, сорбции и ионному обмену [7]. Типичные химические элементы, осаждающиеся на сорбционном барьере, — Zn, Ni, Co, Sr, Cu, Ba, Pb, V, Cs, U, As, Mo, Cd, Mg, Ag. Эти элементы наиболее часто встречаются в отходах горной промышленности. Наряду с такими показателями как pH, Eh, уровни концентраций элементов, РТ-параметры, большую роль в техногенных литогеохимических процессах играют пленочные растворы [11], особенно интенсивно преобразующие дисперсные геохимические системы, которые в основном характеризуют техногенные объекты литогенного происхождения.

Биогеохимический тип техногенных процессов обусловлен взаимодействием растительной биоты и живых организмов с активными техногенно преобразованными компонентами геологической среды (вода, донные осадки, атмосфера). В грунтах, вскрытых массивах горных пород, горных выработках нередко накапливаются горючие газы (CH_4 , H_2S , CO_2 , H_2), частично имеющие микробиологическое происхождение. Источники органического вещества для микробиологического образования газов — горные породы и воды, обогащенные органикой. Установлена высокая сорбционная способность многих растений и микроорганизмов к металлам, продуцируемым деятельностью горно-промышленных предприятий (Zn, Cr, Ni, Cd, Cu и др.) Водная биота из техногенных и природно-техногенных донных отложений легко усваивает химические элементы. Окислительные процессы, протекающие в водной среде ландшафтов, техногенно измененных горной промышленностью, имеют биогеохимическую природу.

Атмогеохимический тип обусловлен привносом в атмосферу химических элементов и их соединений техногенного происхождения (SO_2 , CO_2 , CO, CH_4 , N_2 , азотнокислых аэрозолей, паров воды и ртути), связанных с деятельностью горно-промышленных предприятий. В результате техногенных атмогеохимических процессов наблюдается парниковый эффект, и кислотное загрязнение нижних слоев атмосферы, дождевых вод и почв.

Гидрогеохимический тип. Деятельность предприятий горной промышленности способствует формированию техногенных гидрогеохимических аномалий различного происхождения (карьерные, рудничные, шахтные технологические воды, рассолы нефте- и газодобычи). Гидрогеохимические процессы также протекают при поступлении в природную водную среду газообразных и твердых отходов горной промышленности. Гидрогеохимические процессы — гидролиз, нейтрализация, осаждение, соосаждение, ионный обмен, адсорбция, микробиологическая деградация — приводят к изменению химического состава горно-промышленных стоков. Наиболее интенсивно проявлены гидрогеохимические процессы выщелачивания, комплексообразования, окисления руд, выноса солей из дезинтегрированных горных пород [12].

Радиогеохимический тип. Отходы горнообогатительного производства, характеризующиеся повышенными кон-

центрациями радиоактивных элементов — серьезный источник загрязнения почв, вод и воздуха радионуклидами. Техногенные среды благоприятны для миграции и концентрации радионуклидов на геохимических барьерах. Особенно интенсивно эти процессы протекают на территориях, примыкающих к промышленным площадкам уранодобывающих и перерабатывающих предприятий, отходы которых подразделяются по агрегатному состоянию на твердые, жидкие и газоаэрозольные.

Геофизический класс. Техногенные процессы вызывают в окружающей природной среде изменения естественных геофизических полей. Техногенные геофизические поля — составная часть экогеофизических аномалий, выделяемых В.А.Богословским и Г.С.Вахромеевым [2] (см. таблицу).

Гравитационный тип. Вариации гравитационного поля, обусловленные техногенными процессами уплотнения и разуплотнения горных пород при изменении статических нагрузок, в горной промышленности вызываются накоплением отвалов, хвостохранилищ, воздействием тяжелого оборудования, зданий, сооружений, искусственных водоемов.

Под влиянием статических нагрузок изменяются напряженное состояние земной коры и физико-механические свойства горных пород. В системе техногенного гравитационного поля изменение напряжений в массивах пород вызывает параметрические деформации, пространственное вертикальное и боковое перераспределение блоков и частиц породы.

Электрический тип. Электрические поля возникают в породах и рудных телах при разработке месторождений в результате активизации окислительных процессов в сульфидных рудах, коррозии механизмов и оборудования, соприкасающихся с горными породами (трубопроводы, металлические стойки и др.). Окислительно-восстановительные процессы, характерные для техногенных гидрогеохимических условий на контакте между породами, обладающими электронной и ионной проводимостью (сульфидные руды, уголь, графит и др.), генерируют электрические поля, образующиеся в результате проявления техногенных диффузионно-адсорбционных процессов. Техногенная поляризация в горной промышленности может быть вызвана явлениями электроосмоса, электрофореза, перераспределения концентраций раствора, трения (трибоэлектричество) [2].

Магнитный тип. Техногенные магнитные поля в горной промышленности формируются путем намагничивания (магнитной поляризации) горных пород и материалов, из которых состоят производственные агрегаты и сооружения. При воздействии механических напряжений возникает пьезонамагниченность, а при одновременном действии температуры и магнитного поля — термонамагниченность. На магнитные свойства горных пород и руд, а следовательно, и на интенсивность магнитной поляризации большое влияние оказывают такие факторы как содержание и форма нахождения ферромагнитных минералов в рудах и горных породах, величина литостатического и тектонического давления, степень деформированности разрабатываемых массивов. Причиной формирования техногенных магнитных полей также являются техногенные седиментационные процессы. Осаждение вместе с пылью и золой частиц магнитных минералов (магнетит, иоцит, самородное железо) на почву резко повышает магнитную восприимчивость верхнего почвенного слоя.

Электромагнитный тип техногенных полей — особый вид материи, характеризующийся наличием электрического и магнитного полей, связанных непрерывным взаимным превращением. Мощные искусственные электромагнитные поля используют при подготовке руд к обогащению — за счет интергранулярного разрушения минералов при высокочастотном электромагнитном импульсном воздействии происходит вскрытие руд.

Геоморфологический класс. С деятельностью предприятий горной промышленности связаны формирование техногенного рельефа, изменение природных ландшафтов. Среди процессов, создающих техногенные и природно-техногенные ландшафты и искусственные формы рельефа, выделяются типы, из которых ведущая роль принадлежит физико-механическим (см. таблицу).

Физико-механическая группа процессов в горной промышленности в основном приводит к изменению высотных отметок поверхности земли.

Механогенный тип объединяет процессы, в результате которых образуются как положительные (отвалы, хвостохранилища, терриконы, дамбы, насыпи), так и отрицательные формы рельефа (карьеры, котловины, траншеи, канавы, просадки над подземными горными выработками, воронки обрушения, провалы, муьды оседания, искусственные водоемы). При бурении скважин для извлечения из недр земли нефти и газа возникают суффозионные просадки и провалы буровых вышек, газонефтяные купола выпирания, депрессии оседания поверхности земли.

Оловый тип техногенных процессов изменяет природные ландшафты в районах деятельности предприятий горной промышленности. Особенно активны такие процессы в несцементированных песках старых хвостохранилищ [14].

Термогенная группа связана с геоморфологическими процессами, вызванными изменением температуры геологической среды при горнообогатительном производстве (см. таблицу).

Криогенный тип. При искусственном промерзании грунтов и подземных вод формируются положительные формы рельефа (гидролаколиты, ледяные бугры, наледы, бугры пучения). Образование отрицательных криогенных форм рельефа (термокарст, воронки, конусы, промоины) в основном связано с протаиванием мерзлых грунтов вследствие техногенного изменения условий теплообмена на границе атмосфера—грунт (нарушение растительного покрова, планировка поверхности, обустройство водоотводных канав, прокладка дорог и т.д.).

Пирогенный тип техногенных процессов приводит к образованию отрицательных форм рельефа, таких как пустоты и воронки проседания. В глинистых грунтах в результате объемной термоусадки формируются мелкие депрессионные морфоструктуры. Подземная газификация углей сопровождается развитием трещин, пустот, образованием мульд проседания под очагами газификации. При подземных пожарах в угольных пластах на поверхности земли возникают воронки обрушения, усложняется форма горящих терриконов.

Гидрогеологические техногенные процессы — важнейший фактор техногенного рельефообразования. Так, при понижении уровня подземных вод и соответствующем обезвоживании грунтов образуются депрессии, муьды оседания поверхности земли в районах деятельности предприятий горной промышленности. С повышением уровня, вызывающем обводнение и увлажнение грунтов, связано поднятие поверхности земли, формирование мульд оседа-

ния, оползней [5]. Изменение фильтрационно-гидродинамического режима вод способствует возникновению суффозионно-механических проседаний, провалов поверхности земли, а также приводит к образованию положительных морфоструктур (выпоры грунтов).

В заключение необходимо отметить, что предлагаемая геолого-генетическая классификация техногенных процессов охватывает большую часть антропогенных воздействий на геологическую среду, характеризующих деятельность предприятий горной промышленности. В отличие от природных техногенные геологические процессы носят в основном локальный характер. Их проявления быстротечны, но по интенсивности и масштабам воздействия на окружающую среду они частично сопоставимы с некоторыми природными экзогенными процессами.

Факторы и механизмы техногенных геологических процессов в значительной степени аналогичны природным. Это важно для исследования устойчивости геосистем, позволяет обосновать методы контроля и предупреждения экологических последствий деятельности горно-промышленных предприятий, а также разработать меры социально-экологической реабилитации прилегающих к ним территорий [14].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Арну М. Теоретические основы взаимодействия человека и геологической среды // Докл. 27-го Междунар. геол. конгресса. Инж. геология. Т. 17. — М.: Наука, 1984. С. 3—7.
2. Богословский В.А., Вахромеев Г.С. Модели воздействия физических и геофизических полей на геологическую среду и живые организмы // Геоэкология. 2000. № 1. С. 67—71.
3. Глодковская Г.А., Елисеев Ю.Б. Геологическая среда промышленных регионов. — М.: Недра, 1989.
4. Королев В.А. Мониторинг геологической среды. — М.: Изд-во МГУ, 1995.
5. Котлов Ф.В. Изменение геологической среды под влиянием деятельности человека. — М.: Недра, 1978.
6. Ломоносов И.С. Основные процессы техногенного рассеяния и концентрирования элементов и принципы их оценки // Геохимия техногенных процессов. Тр. I всесоюз. совещ. «Геохимия техногенеза», — М.: АН СССР, 1990. С. 26—59.
7. Морозова И.А., Пруслина П.М. Оперативная оценка почв как природных геохимических барьеров для распространения химического загрязнения // Разведка и охрана недр. 1995. № 6. С. 22—25.
8. Огородникова Е.Н., Николаева С.К., Черняева И.Д. Особенности распространения и состав техногенных грунтов — отходов черной металлургии // Геоэкология. 2000. № 1. С. 53—58.
9. Перельман А.И., Борисенко Е.Н., Мырлян Н.Ф., Тентюков М.П. Техногенные геохимические барьеры // Геохимия техногенных процессов. Тр. I всесоюз. совещ. «Геохимия техногенеза». — М.: АН СССР, 1990. С. 14—26.
10. Плотников Н.И. Гидрогеологические аспекты формирования техногенеза // Вест. Моск. ун-та. Сер. геол. 1986. № 2. С. 53—60.
11. Птицын А.Б. Особые свойства пленочных растворов и их роль в геохимических процессах // Геохимия. 1998. № 12. С. 1291—1297.
12. Тютюнова Ф.И. Гидрогеохимия техногенеза. — М.: Наука, 1987.
13. Ферсман А.Е. Геохимия. — Л., 1934.
14. Ходанович П.Ю. Лежалые отходы обогащения Джидинского вольфрам-молибденового комбината как комплексные техногенные месторождения / Состояние и перспективы развития минерально-сырьевого и горнодобывающего комплексов Бурятии. — Улан-Удэ, 1999. С. 142—151.
15. Юсупов Т.С. Направленное изменение свойств минералов в условиях переработки минерального сырья на основе механического активирования // Новые процессы в комбинированных схемах обогащения полезных ископаемых. — М.: Наука, 1989. С. 202—207.

О трех подходах в методологии геологических наук (на примере геофизики)

И.А.НЕПОМНЯЩИХ (ОАО «Азимут Энерджи Сервисес»)

В статье рассматриваются три подхода в методологии геологических наук, присущих научному познанию в общем. Роль каждого из трех подходов анализируется на примере геофизики и полученные выводы распространяются на остальные геологические науки.

Важнейший вопрос методологии в каждой науке — вопрос взаимоотношения ее со смежными науками, решение которого связано с их общей классификацией. В свою очередь, классификация наук может основываться на методах и объектах исследования. Геология как наука в целом определяется объектом исследования. Однако «современная наука в качестве теории действительного покоится на примате метода... Теория действительного — обязательно специализированная наука» [10]. Этим в значительной степени и обусловлена основная проблема геологии.

Если классифицировать объекты исследования, то логично следовать исторической последовательности их образования, т.е. рассматривать такой ряд: космос—Земля—биосфера—ноосфера. Если опираться на метод исследования объектов, то можно рассматривать, в частности, следующий ряд наук: логика, математика, физика, химия, биология, психология. Геологические науки классифицируются как по объектам, так и по методам.

В зависимости от взаимоотношения следующих друг за другом элементов в приведенных рядах можно выделить три методологических подхода.

Согласно первому — редуccionистскому подходу, науки, изучающие объекты более высокого уровня организации, в ходе развития должны, в конце концов, свестись к наукам, изучающим более элементарные объекты. Например, «социология сводится к психологии, психология — к физиологии, физиология к биологии, биология к химии, химия — к физике...» [9] Этот подход в современной рационалистической науке наиболее широко признан. Однако все более широкое признание получает принцип дополненности Нильса Бора, утверждающий, что «собственно биологические закономерности представляют законы природы, дополнительные к тем, которые пригодны для объяснения свойств неодушевленных тел» [1]. Более частным примером несводимости науки к стоящей слева во втором из приведенных выше ряде является теорема Геделя о неполноте, отрицающая возможность построения чисто логического фундамента для математики, т.е. утверждающая невозможность редуccionирования математики к логике.

Невозможность замены науки более высокого уровня более фундаментальной наукой отвечает второму — холистическому подходу, согласно которому «такая замена больше кажущаяся, так как понятия науки более высокого уровня можно анализировать с позиции более фундаментальной науки, но первые нельзя отбросить без понимания, достигнутого этой наукой более высокого уровня» [9]. Согласно холистическому подходу каждая наука, хотя и использует науки, изучающие более элементарные объекты, как вспомогательные, но рассматривает себя как самодостаточную науку с собственным только ей присущим кругом понятий и взаимоотношениями между ними. Однако именно последнее означает, что понятия одной науки не сводятся к понятиям другой и каждая из таких наук игно-

рирует любую другую и не позволяет прийти к единству знания, что противоречит самому принципу холизма. Собственно холизм был присущ древневосточным философиям: буддизму, даосизму, конфуцианству и другим — каждая из которых строила свою систему целостного знания. Современная квантовая механика, пришедшая к холизму, в лице своих создателей (Р.Оппенгеймер, Н.Бор, В.Гейзенберг) признает сближение и даже отождествление идеологии современной физики с древневосточными философиями. В частности, Р.Оппенгеймер дает такое резюме развитию современной науки: «Общие законы человеческого познания, проявившиеся и в открытиях атомной физики, не являются чем-то невиданным и абсолютно новым. Они существовали и в нашей культуре, занимая при этом гораздо более значительное и важное место в буддийской и индуистской философиях. То, что происходит сейчас, — подтверждение, продолжение и обновление древней мудрости» [14].

Согласно третьему подходу понимание в науке, исследующей объекты определенного уровня, возможно только с позиций науки, изучающей объекты более высокого уровня. Так, например, физические константы, входящие в физические законы и определяющие степень взаимосвязи, входящих в них величин, можно найти экспериментально. И нет физической теории, позволяющей определить значения этих констант. «Мы не умеем, по крайней мере, сейчас теоретически предсказывать значения этих величин — они находятся только из эксперимента... Удивительно, что значения таких величин были, по-видимому, очень точно подобраны, чтобы обеспечить возможность развития жизни... Это можно воспринимать либо как свидетельство божественного провидения в сотворении Вселенной и выборе законов науки, либо как подтверждение сильного антропного принципа» [11]. Сказанное фактически означает, что с точки зрения антропоцентризма (такой подход назовем иерархическим) при изучении физических объектов возможно лишь понимание *функций* этих объектов для обеспечения жизнедеятельности биологических организмов, человека — объектов более высокого уровня.

В целом же необходимо отметить, что при редуccionном подходе цель исследования — представление объектов заданного уровня с помощью более элементарных объектов, т.е. построение *моделей*, точно отвечающей законам более фундаментальной науки, но, как показывает практика, не полностью описывающей изучаемые объекты. При холистическом подходе цель исследования объектов заданного уровня — целостное (полное) описание — *изображение* объекта в терминах заданного уровня без оценки ошибки этого описания. При иерархическом подходе цель исследования объектов заданного уровня, как уже было сказано, — изучение *функций* этих объектов в обеспечении существования объектов более высокого уровня. В итоге можно отметить принципиальное различие всех трех подходов в методологии научных исследований.

В случае изучения геологических объектов редуccionистский подход означает попытку описания этих объектов на физическом и (или) химическом уровне, т.е. построения соответствующих моделей этих объектов. Холистический

подход в данном случае — описание геологических объектов в понятиях, присущих конкретной геологической науке и не сводимых к понятиям физики или химии. Именно таков традиционный и наиболее общепринятый сегодня подход в геологических науках. Однако до настоящего времени нет единой геологической науки (этакой геосинергетики), и в этом противоречивость, как уже подчеркивалось, холистического подхода. Современные попытки рассмотрения Земли как некоторого «суперорганизма», развивающие представления отцов-основателей геологии, включают в так называемые «геофизиологические» процессы и биологические процессы [13]. Фактически это отрицает самостоятельность геологических процессов и может означать переход к иерархическому подходу в изучении Земли.

Если в третьем подходе при изучении геологических процессов ограничиться принципом биоцентризма (использование здесь принципа антропоцентризма приводит к проблемам, выходящим за пределы предмета данной статьи), то понимание геологических процессов возможно только как процессов обеспечения жизнедеятельности живых организмов. Собственно геологическая среда в таком подходе рассматривается как среда жизни, как внешняя часть живых организмов: «Неотделимый от жизни непрерывный обмен материей делает даже невозможным подход к организму как к точно определенной системе материальных частиц, подобной тем системам, которые рассматриваются во всяком описании обыкновенных физических или химических свойств материи» [1]. «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» [2]. «По существу, биосфера может быть рассматриваема как область земной коры, занятая трансформаторами, переводящими космическое излучение в действенную земную энергию — электрическую, химическую, механическую, тепловую и т.д.» [3]. Определенные пропорции между разными видами вырабатываемой энергии обеспечивают благоприятные условия для жизнедеятельности организмов.

Так, в рамках иерархического подхода было показано, что «устойчивость современного земного климата может быть объяснена функционированием естественной биоты. Информация о необходимых и достаточных для стабилизации окружающей среды действиях биоты заключена в геномах видов естественных сообществ» [4]. Земной климат, формируемый как составная часть геологических процессов, с физической точки зрения является неустойчивым и должен был бы перейти к физическим устойчивым состояниям типа условий Марса или Венеры. Однако это не происходит, поскольку на Земле присутствует жизнь, а «главным свойством жизни является способность видов к выполнению определенной работы по поддержанию выделенных, пригодных для жизни условий окружающей среды» [4]. Данный подход начинает получать все более широкое признание, в частности, при решении проблемы *устойчивого развития*. В связи с этим необходимо отметить, что при неверной интерпретации принципа антропоцентризма, противоречащей общему назначению человека, т.е. искажающей или даже отрицающей сам этот принцип, в качестве окончательного критерия решения проблемы устойчивого развития объявляют требования соблюдения принципа биоцентризма. В этом случае данное требование означает холистический подход, а принцип антропоцентризма рассматривается как нарушение этого подхода.

Относительно правомерности каждого из трех принципиально отличающихся между собой методологических под-

ходов к изучению геологических объектов необходимо сказать следующее. Редукционистский подход, по крайней мере, противоречит принципу дополнительности, да и просто не пользуется в настоящее время среди геологов (в отличие от представителей фундаментальных наук) сколько-нибудь широким признанием. Однако холистический подход еще недостаточно разработан из-за отсутствия единой геологической науки (геосинергетики), требуемой этим подходом. Иерархический подход также недостаточно разработан, поскольку далеко не все геологические данные могут быть объяснены с позиций биоцентризма (и тем более антропоцентризма), т.е. ни один из подходов не может быть достаточно обоснованно принят в качестве единой методологической основы при изучении геологических объектов.

Для того, чтобы прояснить ситуацию, интересно более подробно рассмотреть место каждого из указанных подходов хотя бы в каком-то одном конкретном случае — в одной из геологических наук, например, в геофизике.

Геофизика изучает естественные (геологические) объекты *in situ*, т.е. в естественных условиях их существования путем измерения естественных или искусственных геофизических полей, обусловленных этими объектами. С точки зрения общей теории измерений геофизические измерения относятся к косвенным и совокупным измерениям. Это значит, что конечный результат геофизических измерений получается не непосредственно в результате регистрации геофизических полей, а лишь после выполнения обработки и интерпретации результатов регистрации этих полей.

Важно также отметить, что геофизика как наука об измерениях объектов естественной (геологической) среды отличается от физики, изучающей объекты, доступные только количественным измерениям, тем, что включает не только количественные измерения, но и сравнительные, и классификационные. Последнее связано с тем, что при геофизических измерениях часто может отсутствовать основной атрибут количественных измерений — модель погрешности.

Результат количественных измерений в геофизике — оценки (не всегда контролируемые) количественных значений параметров предполагаемой физической (например, скоростной) *модели* геологической среды.

Результат сравнительных измерений — сравнительные геофизические характеристики геологической среды, например, отражательной способности геологического разреза в сейсмическом поле — сейсмическое *изображение* геологического разреза.

Результат классификационных измерений — прогнозирование геологического смысла — «геологических *функций*» — измеренных геофизических характеристик. Причем при измерении искусственных полей под геологической функцией поля надо понимать геологический смысл, геологическую интерпретацию измеренных значений поля. При измерении естественных полей, кроме геологической идентификации источника измеренного поля, надо понимать и роль этого поля в образовании изучаемого геологического объекта (процесса).

В соответствии с изложенным, количественные измерения, характеризующие геологические объекты с помощью физической модели, отвечают редукционистскому подходу. Сравнительные же измерения, характеризующие геологические объекты изображением их в геофизическом поле, отвечают холистическому подходу, а классификационные измерения, дающие геологическую интерпретацию измеренным геофизическим полям, отвечают иерархическому подходу.

Рассмотрим взаимоотношение всех трех методологических подходов при регистрации, обработке интерпретации данных сейсмического метода — наиболее информативного метода геофизики.

Редукционистский подход в сейсмическом методе сводится к определению скоростной модели геологической среды на основе решения обратной задачи (задачи инверсии) по годографам сейсмических волн различных типов (рефракированные, преломленные, отраженные). Эффективность решения этой задачи определяется подробностью априорной информации об искомом решении. Так, точность решения непосредственно определяется близостью выбранного исходного приближения к истинному решению. И чем лучше задана априорная модель, т.е. чем меньше требуется получить новой информации при решении задачи инверсии, — тем выше точность ее решения! В общем случае такой аспект обратной задачи характеризуется как принцип дополнительности первого рода — дополнительность между точностью и информативностью описания [7].

Фундаментальность данного принципа подтверждается также и тем, что регуляризации решения обратной задачи соответствует принцип максимальной энтропии, что означает минимизацию информации, получаемой при решении.

В частном случае при попытке увеличения информативности (детальности) решения задачи инверсии за счет введения более подробной модели, задаваемой более мелкими элементами, рассматриваемый аспект инверсии вырождается в принцип неопределенности между разрешенностью и ошибкой решения задачи инверсии. Компромисс предлагают выбирать, например, по точке перегиба некоторой кривой, описывающей альтернативное соотношение между разрешенностью и точностью. Вместе с тем, задание исходного приближения решения и ограничений на него по геологическим или иным данным при сильной неустойчивости обратной задачи кардинально определяет результат ее решения и фактически сводит геологическую интерпретацию геофизических данных к геофизической интерпретации геологических или иных введенных данных, т.е. инвертирует смысл задачи.

Получить дополнительную информацию обычно оказывается возможно на основе комплексирования с другими геофизическими полями. Однако согласно принципу дополнительности второго рода [7] действующие модели среды в разных полях совершенно не обязательно должны соответствовать друг другу, по крайней мере, корреляция соответствующих физических свойств может быть различной в различных породах и их разностях.

Как показала практика сейсмических исследований, редукционистский подход оказался достаточным лишь при региональных исследованиях — при изучении глубинного строения земной коры. При детальных исследованиях геологических структур гораздо более эффективен холистический подход, основанный на формировании сейсмического изображения изучаемых структур. Построение сейсмического изображения основано на миграции (продолжении) сейсмического поля с поверхности наблюдения в точки отражения этого поля от сейсмических границ.

Миграцию часто относят к задаче инверсии (обращение прямой задачи), но таковой она не является, а лишь сопряжена с прямой задачей [12]. Некоторые даже рассматривают миграцию как прямую задачу [18]. Конечно, задача миграции относительно толстослойной скоростной модели — задача инверсии, но основной результат миграции — тонкослойное сейсмическое изображение — результат продолжения поля в полученную скоростную модель. Во всяком случае, никакой инверсии наблюдаемых значений сейсмического поля здесь не происходит, хотя результат скоростного анализа, выполняемого при миграции, можно рассматривать как решение задачи инверсии значений времен пробега сейсмических волн. Причем результат миграции зависит от полученной при подобной инверсии скоростной модели в большей степени, чем от выбора разновидности алгоритма самой миграции. Однако полученная эффективная скорос-

тная модель имеет хоть и важное, но второстепенное и несамостоятельное значение (по крайней мере, эффективные скорости миграции имеют систематические отклонения от скоростей, полученных по скважинным данным).

На выходе процедуры миграции получаются значения поля, как уже отмечалось, продолженные в область образования соответствующих отражений. Причем мигрируются *все особенности наблюдаемого поля* (холистический подход) независимо от того, удовлетворяет ли это поле используемому при миграции уравнению или нет. При инверсии же наблюдаемого поля для изучения среды могут быть использованы только те его части, которые соответствуют конкретным элементам модели среды, *введенным геофизиком в модель* проведения инверсии и для которых существует решение прямой задачи. Поэтому в отличие от миграции инверсия не позволяет сейсморазведчику выделить неизвестные ему элементы среды, т.е. получить качественно новую информацию. Это и отвечает принципу дополнительности первого рода — дополнительность между точностью и информативностью сейсмического описания геологической среды [7].

Сравнительный характер измерений, выполняемых при миграции, помимо того, что используются приближенные (упрощенные) уравнения и скоростные модели продолжения сейсмического поля, определяется хотя бы тем, что на вход миграции подаются результаты исходных сравнительных измерений амплитуд сейсмического поля при наземных или морских съемках [5]. На выходе миграции получается сейсмическое изображение геологической среды, дающее достаточно верное решение структурной задачи.

Геологическая интерпретация значений сейсмического поля, оценка литологии пород по значениям этого поля, т.е. оценка его геологического смысла — его геологических «функций» — иерархический подход — выполняется в результате, как уже говорилось, классификационных измерений. Такая задача решается на основе комплексирования наземных сейсмических данных после их миграции с данными скважинных наблюдений (каротаж, изучение керна, опробование скважин). Сегодня, по-видимому, общепризнано, что динамическая интерпретация сейсмических данных возможна лишь с опорой на скважинные данные (точно также как количественная интерпретация данных полевых геофизики должна в основе опираться на данные сейсморазведки).

Однако для полей, существенно взаимодействующих со средой, к которым относится поле упругих волн, при формировании результатов наземных и каротажных измерений участвуют *разные действующие модели среды* (особенно в условиях ее тонкостойкости, анизотропии, сложном структурном строении). Поэтому при решении задачи совместной интерпретации сейсмических и каротажных данных (АК, например) фактически речь идет об объединении разных по физической природе данных в модель единой физической природы, что противоречит принципу дополнительности второго рода.

Пытаясь преодолеть это противоречие, всю операцию объединения сейсмических и каротажных данных «рационализуют», выполняя интерактивно в несколько этапов. Укрупненно их можно представить двумя, объединив в первый этап (обучения) процедуры, выполняемые около скважин, т.е. выполняемые по сейсмическим и каротажным данным, и оставив на втором этапе процедуру уточнения (интерполяции) по сейсмическим данным в межскважинном пространстве параметров литофизической модели, уже составленной на скважинах. В первый же этап входят процедуры построения исходной литофизической модели по каротажным данным, расчета синтетической сейсмограммы на основе сверточной модели трассы, нормирования и масштабирования полевых трасс, интерактивного (неформализованного) подбора параметров

литофизической модели, а затем автоматического (формализованного) уточнения параметров этой модели на основе минимизации отклонения синтетической и наблюдаемой трасс. Поэтому подобную операцию фактически следует рассматривать как построение оператора преобразования каротажных данных в сейсмические (или построение сейсмической модели по каротажной) — на первом этапе и прогнозирования (интерполяции) каротажных данных по сейсмическим — на втором.

Поскольку действующие физические модели формирования каротажных и сейсмических данных, как уже указывалось, совершенно различны, в т.ч. и по детальности, то вся подобная операция противоречит как принципу дополнительности второго рода, так и закону сохранения информации [6] и на самом деле представляет собой *сейсмическую интерпретацию каротажных и геологических данных*, т.е. совсем не геологическую интерпретацию сейсмических данных.

Для решения задачи подобного прогнозирования каротажных или геологических данных по сейсмическим данным в межскважинном пространстве в настоящее время используют гораздо более гибкий, чем модель свертки, аппарат, в частности, предполагающий изменчивость сейсмического импульса во времени и пространстве. При этом подобную задачу часто рассматривают как задачу инверсии, решаемую в данном случае с помощью аппарата нейронных сетей, но которая, как задача инверсии, также противоречит принципу дополнительности второго рода. В отличие от обычной инверсии здесь можно говорить об инверсии с автоматически подбираемой моделью связи между входом и выходом в ходе самой инверсии, т.е. об инверсии, в которой подбирается также и сам оператор инверсии. Причем подобранная модель не может быть ни физически, ни геологически проинтерпретирована, поскольку представляет собой чисто эмпирический набор коэффициентов, и поэтому справедлива только для конкретных обрабатываемых данных, т.е. не может быть использована не только на другой площади, но и на отличающейся (аномальной) части данной площади.

Следовательно, как и рассмотренная операция, эта процедура также является *сейсмической интерпретацией каротажных данных и выполняет прогнозирование («интерполяцию») каротажных данных по сейсмическим*.

В соответствии с принципом дополнительности второго рода сейсмические данные в принципе не могут количественно контролировать изменение каротажных данных, т.е. вся рассмотренная процедура обработки сейсмического поля может быть лишь *сравнительным измерением*. Однако в соответствии с принципом дополнительности первого рода это только и позволяет использовать сейсмические данные для значительного увеличения извлекаемой информации, содержащейся отдельно в каротажных и сейсмических данных, и, по крайней мере, дать геологическую интерпретацию, или классификацию сейсмического поля.

Вместе с тем, результат минимизации отклонений наблюдаемых и вычисленных по сейсмике скважинных записей может служить некоторой оценкой качества общей системы каротажных и сейсмических измерений. Эти измерения *по отдельности объективно оценить невозможно*. Все это позволяет более обоснованно проектировать расположение новых скважин, а также системы сейсмических съемок большой размерности (3D/3C, 3D/9C и т.п.), т.е. данные иерархического подхода представляют собой уже окончательные результаты выполненных сейсмических исследований.

Каротажные данные, данные их геологической интерпретации выступают при интерпретации сейсмических данных как собственно геологические данные в пунктах задания скважин — геологическая интерпретация как

определение геологического смысла геофизических данных — иерархический подход, который представляет собой, что очевидно, поиск соответствия между данными разных уровней: геофизическими (в данном случае сейсмическими) и геологическими. И такая интерпретация сейсмических данных возможна лишь после применения к ним миграции, в которой участвует скоростной анализ. Отсюда следует, что иерархический подход, позволяющий получить окончательное решение, использует как промежуточные результаты применения редукционистского и холистического подходов. Холистический подход, однако, как уже указывалось, позволяет решить структурную задачу.

Возвращаясь к проблеме оценки разных методологических подходов в геологических науках в целом можно на основе анализа их применения в геофизике сделать следующие выводы:

1. Три рассмотренные в статье подхода, принципиально различные по существу, могут быть эффективно использованы при совместном их применении.

2. Совместное применение редукционистского и холистического подходов позволяет получить предварительное понимание того или иного геологического объекта (процесса). Причем холистический подход дает возможность уже делать определенные практические выводы, но окончательное понимание возможно и необходимо с позиций биоцентризма (при дальнейших исследованиях, по-видимому, и антропоцентризма).

3. Общую стратегию геологического исследования можно представить как совместное формирование на основе некоторой части наблюдаемых данных в качестве скелета *некоторой редукционистской модели* изучаемого объекта (процесса) и на основе всех наблюдаемых данных — составление целостного представления об этом объекте (процессе) на геологическом уровне — *изображения средствами метода исследования*. И, наконец, оценка *функции* элементов полученного изображения объекта (процесса) с позиций биоцентризма (а в дальнейшем и антропоцентризма).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бор Н. Биология и атомная физика / Избранные научные труды. Т. II. — М.: Наука, 1971.
2. Вернадский В.И. Очерки геохимии. — М.: Наука, 1983.
3. Вернадский В.И. Биосфера и ноосфера. — М.: Рольф, 2002.
4. Горшков В.В., Горшков В.Г., Данилов-Данильян В.И., Лосев К.С., Макарьева А.М. Биотическая регуляция окружающей среды // Экология. 1999. № 2. С. 105—113.
5. Кондратьев О.К. К вопросу о метрологическом обеспечении информационно-измерительной системы сейсморазведки // Геофизика. 1999. № 4. С. 6—14.
6. Непомнящих И.А. О современной методологии геофизики // Геофизика. 2001. № 2. С. 3—8.
7. Непомнящих И.А. Принципы интерпретации сейсмических данных при изучении резервуаров // Тезисы докладов научно-практической конференции «Геомодель-2002». — Геленджик. С. 32—35.
8. Робинсон Э.А. Метод миграции в сейсморазведке. — М.: Недра, 1988.
9. Садбери А. Квантовая механика и физика элементарных частиц. — М.: Мир, 1989.
10. Хайдеггер М. Наука и осмысление / Время и бытие. — М.: Республика, 1993.
11. Хокинг С. От большого взрыва до черных дыр. Краткая история времени. — М.: Мир, 1990.
12. Claerbout J.F. Earth Sounding Analysis. Processing versus Inversion // Boston: Blackwell Scientific Publications, 1992.
13. Lovelock J.E. The practical science of planetary medicine. — Gaia book limited, 1991.
14. Oppenheimer R. Science and the Common Understanding. New York: Oxford University Press, 1954.

90-летие Виктора Андреевича Ярмолюка

13 февраля 2005 г. исполнилось 90 лет одному из выдающихся геологов России, видному организатору геологоразведочных работ в СССР и за рубежом, заместителю министра геологии СССР, заслуженному геологу РСФСР, лауреату Ленинской премии Виктору Андреевичу Ярмолюку.

Родился Виктор Андреевич на Дальнем Востоке, в поселке Суражевка Свободненского района Амурской области. Родители — переселенцы из Украины, нынешней Хмельницкой области. В 1930 г. поступил во Владивостокский геологоразведочный техникум. В 1931 г. отправился в свой первый геологический маршрут на о-ве Сахалин.

После окончания Владивостокского геологоразведочного техникума в 1933 г. В.А.Ярмолук более 50 лет работал в различных организациях Мингео СССР, пройдя путь от старшего коллектора до заместителя министра.

С 1933 по 1950 гг. Виктор Андреевич изучал геологическое строение и полезные ископаемые ряда труднодоступных районов Дальнего Востока. При его непосредственном участии был найден знаменитый Сихотэ-Алиньский метеорит и исследовалось место его падения.

В.А.Ярмолюком были открыты месторождения Огоджинское (1932 г., каменноугольное, Амурская область), Мухенское (1937 г., минеральные воды, Хабаровский край), Хрустальное и Высокогорское (1940 г., оловорудные, Приморский край).

С именем В.А.Ярмолюка связана организация геологической службы на Камчатке и создание Камчатской геологической экспедиции, которой он руководил в 1950—1954 гг. За этот довольно плодотворный период были покрыты геологической съемкой масштаба 1:1 000 000 многие ранее не изученные районы центра и севера Камчатки, выявлены перспективы коренной и россыпной золотоносности данных районов.

С 1954 г. начинался новый этап деятельности В.А.Ярмолюка; он был переведен в Дальневосточное геологическое управление, а уже через год возглавил его. Под руководством Виктора Андреевича Дальгеология стала одним из ведущих геологических объединений страны, внесшим крупный вклад в создание минерально-сырьевой базы олова, золота, железа, полиметаллов на Дальнем Востоке.

С 1955 по 1965 гг. В.А.Ярмолук опубликовал монографии по геологическим проблемам и полезным ископаемым Дальнего Востока, Северо-Востока и Камчатки. В 1964 г. за открытие дальневосточных оловорудных месторождений В.А.Ярмолук был удостоен Ленинской премии.

В 1965 г. Виктор Андреевич был переведен в центральный аппарат Мингео СССР начальником сводного отдела минеральных ресурсов, а уже в конце 1966 г. назначен заместителем министра геологии СССР, курирующим вопросы минерально-сырьевой базы и международного сотрудничества. На этом посту он проработал 20 лет (до 1986 г.). При его непосредственном участии были реализованы многочисленные проекты геологического изучения, поисков и разведки полезных ископаемых Алжира, Монголии, Афганистана, Вьетнама, Ирана, Кубы и многих других стран. Неоценим личный вклад В.А.Ярмолюка в выходе отечественной геологии на международную арену, высочайшем международном авторитете отечественной гео-



логии, развитию минерально-сырьевых баз дружественных зарубежных стран.

Многим в нашей стране и за ее рубежами известны эффективные действия В.А.Ярмолюка по вывозу из Праги в 1968 г. делегатов Международного геологического конгресса во время ввода в Чехословакию войск Варшавского договора; по освобождению советских геологов, захваченных террористами в Мозамбике. Высоко ценилось его внимание к созданию для наших специалистов комфортных условий работы за рубежом Родины.

Виктор Андреевич предан своей профессии и ее лучшим традициям. Им написаны блестящие повести-хроники о прожитых в геологии годах, деятельности советских геологов, многочисленные публицистические статьи и эссе. В.А.Ярмолук — старейший (с 1957 г.) член редколлегии журнала «Отечественная геология».

Сердечно поздравляем Виктора Андреевича с юбилеем, желаем крепкого здоровья, а также оптимизма и бодрости духа, которые всегда были основой его деятельности.

*Коллегия МПР России
Члены коллегии Мингео СССР
Редколлегия журнала
Сотрудники, друзья и последователи*

75-летие Николая Павловича Лаверова

12 января 2005 г. исполнилось 75 лет со дня рождения академика Николая Павловича Лаверова — вице-президента Российской академии наук, научного руководителя Института геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН, главного редактора журнала «Геология рудных месторождений».

Николай Павлович родился в деревне Пожарище Коношского района Архангельской области в семье крестьян — коренных жителей этих мест. Окончив Климовскую семилетнюю школу, в 1945 г. поступил в Кировский горно-химический техникум, а в 1949 г. — в Московский институт цветных металлов и золота им. М.И.Калинина. В 1955—1958 гг. Н.П.Лаверов под руководством академика А.Г.Бетехтина обучался в аспирантуре того же института.

Николай Павлович со студенческих лет принимал активное участие в полевых экспедиционных исследованиях, связанных с поисками, разведкой и изучением урановых месторождений, пройдя путь от рабочего и коллектора до начальника отрядов и партий. Именно в этот период сформировались приоритеты и главные направления его дальнейшей научной деятельности: от геологии и геохимии месторождений урана и других полезных ископаемых, металлогении, экономики минерального сырья до высокоэффективных технологий добычи урана и сопутствующих элементов, глобальной экологии и подземного захоронения высокорadioактивных отходов.

Осмысление огромного фактического материала, полученного в процессе экспедиционных исследований, позволило Н.П.Лаверову впервые в мировой науке получить всесторонние представления об условиях образования месторождений урана в континентальных вулканических областях, установить связь уранового рудообразования с заключительным этапом вулканической деятельности, полигенное происхождение рудных компонентов, выделить новый уран-молибденовый тип месторождений, локализованный в вулканических депрессиях, предложить их структурные и генетические модели. Практическое использование данных теоретических разработок при прогнозе, поисках и разведке привело к существенному укреплению сырьевой базы атомной промышленности нашей страны.

Не менее весомый вклад Николай Павлович Лаверов внес в комплексные исследования экзогенных эпигенетических урановых месторождений и внедрение для их отработки малозатратной и экологически привлекательной технологии подземного выщелачивания. Им было показано, что эти месторождения характерны для наиболее молодой кайнозойской металлогенической эпохи, начинающей новый цикл миграции и накопления урана в континентальных условиях.

С середины 70-х годов научные интересы Н.П.Лаверова сосредоточены на развитии нового научного направления — исторической металлогении урана, охватывающей эволюцию уранового рудообразования в геологической истории Земли и распределение ураноносных провинций во времени и пространстве в зависимости от геотектонических, магматических, литологических, гидрогеохимических и других факторов.

Н.П.Лаверов один из первых представителей отечественной геологической науки, оценивший огромное значение изотопных методов измерения геологического времени. Эта оценка в значительной степени базируется на его



богатом личном опыте изучения возраста процессов магматизма и гидротермального рудообразования в Чаткало-Кураминском регионе.

Н.П.Лаверов — создатель и организатор нового научного направления — радиогеоэкологии, призванной разработать фундаментальные основы защиты окружающей среды от радиационного загрязнения. Под его руководством и при непосредственном участии выявлена совокупность геологических, геодинамических, геохимических и гидрогеохимических критериев и факторов, позволяющих выбрать оптимальные условия безопасной подземной изоляции различных типов радиоактивных отходов и облученного ядерного топлива, определены эффективные геохимические барьеры для очистки радиационно-загрязненных территорий, разработаны рекомендации по рациональному размещению предприятий атомной промышленности, созданы математические модели долгосрочного развития экосистем. Кроме этого, Н.П.Лаверов разработал геолого-геохимические основы наиболее сложной и ответственной в радиогеоэкологии проблемы подземного захоронения высокорadioактивных отходов.

Широко известны исследования академика Н.П.Лаверова в области экономики минерального сырья, запасов, состояния и тенденций освоения минеральных ресурсов в недрах нашей планеты, освоения нетрадиционных видов минерального сырья, планирования и организации научно-технического прогресса. Его научные разработки способствовали укреплению сырьевой базы стратегических видов полезных ископаемых.

Под руководством Н.П.Лаверова выполняется ряд крупных научных программ, нацеленных на создание технологий уменьшения экономического и экологического ущерба от катастрофических вулканических и сейсмических процессов, совершенствование стратегии рационального природопользования.

Николай Павлович Лаверов — автор и соавтор более 500 научных работ, в т.ч. 28 монографий. Многие из его статей и книг издавались в Австралии, Англии, Германии, Китае, США, на Кубе и других странах. Его труды сыграли большую роль в создании новых технологий для развития и освоения ресурсной базы атомной и других минерально-сырьевых отраслей страны.

Особо следует отметить постоянное внимание, которое Н.П.Лаверов уделяет подготовке молодых исследователей. Он возглавляет созданную им научную школу по радиогеологии и радиогеоэкологии, под его руководством подготовили докторские и кандидатские диссертации более 30 высококвалифицированных специалистов, способных удерживать передовые позиции российской науки. С 1989 г. Н.П.Лаверов — главный редактор журнала «Геология рудных месторождений».

Плодотворную научную работу Н.П.Лаверов успешно сочетает с ответственной научно-организационной деятельностью. В 1972—1983 гг. он руководил Управлением научно-исследовательских организаций Министерства геологии СССР, в 1983—1987 гг. являлся проректором Академии народного хозяйства при Совете Министров СССР, в 1987—1989 гг. — президентом Академии наук Киргизии, в 1989—1991 гг. — заместителем председателя Совета Министров, Председателем Государственного Комитета СССР по науке и технике. С 1989 г. по настоящее время академик Н.П.Лаверов — вице-президент Российской академии наук, возглавляет Межведомственную комиссию по проблемам экологической безопасности при Совете безопасности РФ, Научный совет по экологии и чрезвычайным ситуациям РАН, Национальный комитет геологов России, Межведомственный комитет по рудообразованию при РАН, входит в состав Совета по науке и технологиям при Президенте РФ, Научного совета при Совете безопасности РФ, Морской коллегии при Правительстве РФ, коллегии Министерства природных ресурсов.

С 1972 по 1983 гг. Н.П.Лаверов стоял во главе редколлегии журнала «Советская геология». На этом посту он продолжил традиции журнала, заложенные академиком

И.М.Губкиным — одним из основателей геологической службы и первым главным редактором журнала, и развил новые направления, которые отражают общие тенденции развития мировой науки в области рудных полезных ископаемых.

Выдающиеся научные результаты и научно-организационная деятельность Н.П.Лаверова высоко оценены государством и научной общественностью. Николай Павлович награжден орденами «Знак Почета» (1971 г.), Трудового Красного знамени (1981 г., 1986 г.), «За заслуги перед Отечеством III степени» (1999 г.); орденами и медалями ряда зарубежных государств, именными медалями РАН — академика С.И.Вавилова, академика О.Ю.Шмидта, академика В.И.Вернадского.

Н.П.Лаверов удостоен Премии Правительства РФ в области науки и техники (2001 г.), Демидовской премии (1997 г.), избран членом ряда зарубежных национальных академий наук, многих научных обществ и ассоциаций, научных советов. Он является почетным доктором многих отечественных и зарубежных университетов, ему присвоено звание Заслуженный геолог РСФСР и Заслуженный деятель науки Кыргызстана. Цикл статей Николая Павловича «Геологические и искусственные барьеры для изоляции актинидов» удостоен Главной премии МАИК «Наука-Интерпериодика» за 2001 г.

Весь жизненный путь выдающегося ученого и организатора Н.П.Лаверова — яркий пример бескорыстного служения Отечеству, науке, геологии. Уникальная природная одаренность, исключительная целеустремленность, ответственность и доброжелательность лежат в основе всех его достижений.

Свой юбилей Николай Павлович встречает в расцвете творческих сил. Как всегда, он полон новых идей и планов, окружен единомышленниками и учениками.

*Члены редколлегии журнала
«Геология рудных месторождений»
Дирекция ИГЕМ РАН*

Редакционная коллегия и читатели журнала «Отечественная геология» присоединяются к поздравлениям и желают юбиляру крепкого здоровья, больших успехов в научной и организационной деятельности.

Резолюция Международного союза геологических наук (МСГН)

Принимая во внимание, что землетрясение силой 9 баллов, которое произошло 26 декабря 2004 г. в Индонезии (западное побережье о. Суматра), вызвало цунами, затопившее прибрежные зоны значительных территорий стран бассейна Индийского океана, вызвав потерю многих человеческих жизней и имущества, а также что это стихийное бедствие усиливает осознание всемирных геологических опасных процессов и явлений, *МСГН признает следующее:*

1. Системы предупреждения о цунами в Тихом океане оказывались эффективными в течение нескольких десятилетий. Такой всеобъемлющей системы не существует для Индийского и Тихого океанов. Данные системы, использующие традиционные и новые спутниковые технологии выявления подобных процессов, могут предотвратить человеческие жертвы, если прогнозы будут своевременными и к предупреждениям будут относиться с должным вниманием.
2. Цунами вызывают не только землетрясения, но и извержения вулканов и оползни. Эти опасные процессы и явления, особенно оползни, доходят до всех океанов и их окраин.
3. Наземные оползни, землетрясения, наводнения и извержения вулканов — потенциальные источники стихийных бедствий, причем оползни, происходящие на суше, возможно, наносят наибольший ущерб.
4. Значительная часть, если не большинство, населения Земли живет в районах, где очень высок риск стихийных бедствий.
5. Тенденция реагирования международного сообщества на стихийные бедствия, а не подготовки к ним и ослабления их влияния, ведет к увеличению затрат, которые значительно выше, чем затраты на подготовку и ослабление влияния.
6. Недостаточное образование и неосведомленность в геологических науках в мире в целом снижают осознание возможности стихийных бедствий и тем самым увеличивают человеческие и экономические потери, когда эти бедствия неизбежны.
7. Широкое распространение геологических знаний и существующих технологий после стихийного бедствия могут помочь организациям по спасению и службам гражданской обороны быстрее понять масштабы ущерба от бедствия и то, как справиться с ним.
8. Снижение неопределенности в прогнозировании стихийных бедствий — важнейший вопрос, но это снижение требует полного понимания характера геологических процессов, вызывающих бедствия.

МСГН рекомендует:

1. Создать системы и процедуры для раннего предупреждения, повышения информированности общества с помощью, в частности, совершенствования образования в сфере геологических наук, создания региональных путей эвакуации и укрытий в соответствующих местах, на основе надлежащей геологической информации, в т.ч. карт известных геологических опасных процессов и явлений.
2. Всеобъемлющее образование в области геологических наук, включая знания о локальных геологических опасных процессах (явлениях) и их риске, должно стать неотъемлемой частью систем обучения на всех уровнях и во всех странах.
3. Должны быть организованы региональные системы контроля за стихийными бедствиями там, где их сейчас нет, а эффективность существующих систем такого контроля должна быть повышена, эти системы должны быть направлены на мониторинг известных признаков всех стихийных бедствий.
4. Следует разработать междисциплинарные и многонациональные исследовательские программы и системы исследования геологических опасных процессов (явлений) и рисков для повышения профессиональной и общественной информированности и понимания явлений, связанных с такими бедствиями, а также прилагать больше усилий к развитию возможностей прогнозирования этих бедствий.

МСГН постановляет:

1. Содействовать расширению и применению научных знаний и опыта в понимании геологических механизмов, лежащих в основе всех типов стихийных бедствий, и процессов ослабления влияния этих бедствий.
2. Распространить эту информацию как можно шире среди других членов научного сообщества, правительственных официальных лиц, политиков и тех, кто занят планированием экономики и развития; в страховых обществах и среди населения.

Секретариат МСГН,
17 января 2005 г.

Перевод А.З.Добросердова (ЦНИГРИ)

Шестые геофизические чтения им. В.В.Федынского

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

Шестые геофизические чтения им. В.В.Федынского состоялись в Москве 27—29 мая 2004 г. Встреча участников чтений происходила на кафедре геофизики геологического факультета МГУ им. М.В.Ломоносова, с которой были связаны долгие годы научной и преподавательской деятельности Всеволода Владимировича Федынского и которая отмечала в те дни свой 60-летний юбилей.

В организации Шестых чтений приняли участие Министерство природных ресурсов (МПР) РФ, Центр ГЕОН им. В.В.Федынского, Евро-Азиатское геофизическое общество (ЕАГО), Российская академия естественных наук (РАЕН), геологический факультет МГУ им. М.В.Ломоносова. Оргкомитет конференции состоял из 14 ведущих ученых-геофизиков и организаторов науки под председательством Л.Н.Солодилова (ВНИИГеофизика). Сопредседатели оргкомитета: И.Н.Кадури, С.Л.Костюченко, Н.Н.Ясюлевич (ГЕОН); члены оргкомитета: А.А.Булычев, В.К.Хмелевской (МГУ), В.Ю.Зайченко (ВНИИГеосистем), А.В.Липилин, Н.В.Милетенко, А.Ф.Морозов, Р.Р.Мурзин (МПР РФ), Е.А.Рогожин (ИФЗ РАН), Н.А.Савостьянов (ЕАГО), Д.Л.Федоров (ГЕОН).

На геофизических чтениях были заслушаны доклады по следующим темам:

1. Вопросы динамики и прогноза землетрясений.
2. Особенности строения земной коры и верхней мантии по данным геофизических исследований.
3. Новые геолого-геофизические технологии и аппаратные разработки.

По основным темам состоялись пленарные и постерные заседания и одно специальное на тему: «Глубинные сейсмические зондирования: современное состояние, проблемы, результаты». Всего было заслушано или представлено на стендах 136 докладов, из них 47 устных, 9 секционных, 80 постерных. Среди авторов докладов ученые из России, Азербайджана, Белоруссии, Грузии, Казахстана, Узбекистана, Украины, Германии, Нидерландов, Словакии, Финляндии, Швейцарии.

Изучение и прогноз землетрясений (19 докладов). Среди них следует обратить внимание на доклад **Г.А.Соболева** (ИФЗ РАН, Москва) «Физика очага и прогноз землетрясений», посвященный теоретическим и экспериментальным работам по макроразрывам в механически нагруженной горной породе. Докладчик отметил, что в этих условиях происходит переход от накопления мелких трещин в большом объеме к их постепенной локализации в месте будущего разрыва. Так как трещины излучают упругие волны, то посредством регистрации сейсмических сигналов от их источников можно следить за эволюцией процесса в пространстве и времени. По мере приближения момента макроразрыва отчетливо выделяются три стадии: 1) затишье, 2) форшоковая активизация, 3) кластеры или интенсивная деятельность. Поскольку источниками (очагами) сейсмических колебаний при наиболее опасных землетрясениях являются макроразрывы пород, то обнаружение упомянутых стадий позволяет давать прогностические оценки развития сейсмической ситуации. Созданный на этой основе прогнозный параметр RTL применен для

исследования вариаций сейсмичности перед сильными землетрясениями на Камчатке, Сахалине, Курильских островах, а также в Японии, Казахстане, Италии и на других территориях.

Фундаментальный доклад сделал **Е.А.Попов** (МАГеоэкологии, Москва) «Еще раз о прогнозе землетрясений». В нем с сожалением констатируется, что, несмотря на огромные средства, вкладываемые в решение проблемы прогноза землетрясений, ни в России, ни в других странах до сих пор так и не удалось предсказать сильное землетрясение. Речь идет о краткосрочном предсказании событий (дни, часы), поскольку только при таком прогнозе можно осуществить мероприятия по защите населения. С одной стороны, это объясняется тем, что задача предсказания места, времени и силы землетрясений объективно сложна и поэтому пока не разрешима. С другой, огромные ресурсы в настоящее время тратятся на продолжение (или повторение) работ, хотя по ним получены отрицательные результаты. В докладе показаны многие безуспешные попытки решать вопросы прогноза землетрясений. Следует отметить и позитивные результаты ранее выполненных работ. К ним, например, относится метод оценки информативности геолого-геофизических показателей с целью контроля изменения напряженного состояния горных пород по их реакции на лунно-солнечные приливные возмущения. Метод использован для создания сети наблюдательных пунктов, контролирующих изменение напряженного состояния водоносного горизонта. Первая проверка такого метода в период Спитакского землетрясения (07.12.1989 г.) подтвердила его перспективность. Решение вопросов прогноза времени и места сильных землетрясений лежит в анализе совокупности уже имеющейся и вновь накапливаемой информации. Не следует отвергать старые методы исследований и предлагать решать новый цикл малоперспективных задач, не используя в полной мере уже имеющиеся позитивные результаты.

В последние годы проводятся исследования, конечная цель которых — разработка технологии управления сейсмическим процессом. Об этом говорится в докладе **И.Л.Гуфельда** и **Г.А.Гусева** (ИФЗ РАН) «Физические аспекты управления сейсмическим процессом». Возможности регулирования сейсмического процесса связывают с триггерными эффектами в земной коре, вызванными воздействием слабых физических полей (МГД-генератор, магнитные бури и др.). Эти работы можно обосновать реакцией нагруженных до предельного уровня образцов на действие весьма слабых вибраций и электромагнитных полей. Однако возникающее здесь локальное трещинообразование на микро- и мезоуровнях не означает снятие упругой энергии в образцах. Оно указывает только на увеличение концентрации дефектов, что приведет к уменьшению времени ожидания макроразрыва при действующем напряжении. В рамках лабораторных представлений подготовки очагов сильных землетрясений аналогичная ситуация будет характерна и для земной коры. Монолитный образец и условия его нагружения не моделируют земную кору, отличающуюся предельной энергонасыщенностью,

блоковым строением и постоянными движениями, поэтому для земной коры необходимо искать другие механизмы возможных триггерных воздействий.

Л.Н.Солодилов (ВНИИГеофизика) и **И.Н.Кадури** (Центр ГЕОН, Москва) в докладе «Технология прогноза опасности землетрясений для контролируемой территории» рассмотрели технологию и результаты ее опробования на Кавминводском полигоне, Северный Кавказ. Элементами данной новой технологии являются: теоретическое обоснование, регистрирующая аппаратура, ее размещение, сбор информации, обработка полученной информации. В отличие от классического прогноза землетрясений (когда определены три параметра — время, место, магнитуда) в новой технологии определяются лишь время и магнитуда. Это дает возможность среднесрочного (месяцы) и краткосрочного (до одного дня) определения сейсмической опасности контролируемой территории, а также отмены ложного прогноза, сделанного по другим предвестникам. Технология опробовалась на полигоне площадью 80×80 км², где через 10—15 км размещались 11 регистраторов сейсмических колебаний РСС «Дельта-ГЕОН-02». За период наблюдений (8,5 лет) трижды заблаговременно (первые недели) были даны прогнозы активизации (опасность землетрясения) сейсмического режима контролируемой территории, что подтвердилось последующими сейсмическими событиями. С 1997 по 2002 гг. имели место два случая отмены ложного прогноза (по данным других предвестников) — один на территории Предкавказья, второй в Азербайджане.

М.Б.Багдасаровой (Институт проблем нефти и газа РАН, Москва) представлен интересный доклад «Взрывные процессы в недрах Земли и проблемы прогноза землетрясений». Возможность прогноза землетрясений определяется правильностью наших представлений о процессах, происходящих в очаговой зоне. За последнее десятилетие накоплены новые материалы, свидетельствующие о существовании флюидных систем (газовая и жидкая фазы) в коре и мантии, о воздействии глубинных газовых потоков на кору и мантию. По всем моделям плюмы отделяются от жидкого ядра Земли (глубина 2900 км), проникают в верхние горизонты мантии и воздействуют прямо или косвенно на земную кору. По мере продвижения к поверхности флюидные потоки обогащаются кислородом и формируются углеводородно-водные системы, что сопряжено с большим выходом энергии — взрывами. Эти взрывные процессы в коре и мантии Земли при дегазации ее глубинных сфер проявляются в виде сейсмических толчков и землетрясений различного энергетического класса. В геологической летописи результаты взрывных реакций хорошо известны по кимберлитовым трубкам взрыва и брекчиям во многих рудных полях. В современную эпоху взрывные реакции газов в верхней части литосферы обнаруживаются по горным ударам в шахтах и при извержении вулканов. Очаги землетрясений приурочены к глубинным разломам земной коры, т.е. наиболее проницаемым системам, дренирующим земную кору и являющимся основными проводниками флюидов.

А.Д.Жигалин и **А.Н.Николаев** (ИГЭ РАН, Москва) в докладе «Наведенная сейсмичность как следствие военных действий» устанавливают причинно-следственную связь между массированными сосредоточенными бомбардировками и повышением сейсмической активности при анализе землетрясений, произошедших после бомбардировок в Югославии (1999 г.), Афганистане (2001 г.) и Ираке (2003 г.). Увеличение числа и повышение интенсивности землетрясений наблюдалось в первые дни после бомбово-ракетных ударов и по прошествии 4—6 месяцев. «Постбомбардировочные» землетрясения происходили там, где они уже были подготовлены или готовятся самой природой. При естественном ходе событий землетрясения могли бы произойти через год или два. Однако бомбардировки сжимают временной интервал, способствуя более раннему сроку возникновения землетрясения. Подобные землетрясения могут, согласно «принципу домино», повлечь за собой сейсмопроявления, напрямую не связанные с событиями. Время и место вторичных землетрясений предугадать очень сложно, что делает их особо опасными.

Доклад **А.В.Егоркина** (Центр ГЕОН) «Строение переходной зоны верхняя—нижняя мантия по сейсмограммам ядерных взрывов» посвящен искусственным взрывам. В 1971—1989 гг. на территории России были проведены исследования с ядерными взрывами. С целью изучения строения мантии были специально организованы 40 взрывов. Колебания регистрировались до более чем 4000 км. Этот эксперимент позволил получить детальные представления о строении верхней мантии и зоны перехода от нижней мантии к верхней. Верхней границей переходной зоны считается сейсмическая граница на глубине 410 км (граница Голицына), присутствующая на всех моделях. Еще одна граница в переходной зоне расположена на глубине ~660 км. Интерпретация сейсмограмм ядерных взрывов впервые дала возможность вполне определенно доказать существование еще одной границы на глубине 500—550 км, от которой получены отраженные и преломленные волны. Границы 410, 520, 660 км обусловлены изохимическими фазовыми трансформациями.

В настоящее время сейсмология широко используется для изучения строения не только глубинных недр, но и верхней мантии Земли, земной коры и литосферы. И здесь сейсмология тесно соприкасается с сейсморазведкой. Именно эти вопросы рассматриваются в докладе **А.В.Николаева** (ИФЗ РАН) «Сейсморазведка и сейсмология: обмен идеями и динамика развития». Автор показывает, что сейсмология и сейсморазведка — родственные методы. Однако они развиваются параллельно, цели их различны, и они выработали свои методы решения задач, близких по характеру. Следует отметить, что оба метода тесно соприкасаются между собой, обогащая друг друга. Так, например, идеи профильных наблюдений, использование виброисточников для изучения строения глубоких недр и прецизионного мониторинга состояния среды и прогноза землетрясений пришли в сейсмологию из сейсморазведки. Сейсморазведка, в свою очередь, заимствовала у сейсмологии томографию, использование нелинейных искажений волновых полей с целью стратификации геологических разрезов, дифрагированных волн и сейсмоакустической эмиссии.

Доклады сахалинских геофизиков **Т.К.Злобина** и **Д.А.Сафонова** посвящены крупнейшим сейсмическим катастрофам в России: Лесогорско-Углегорское (1924 г.), Нефтегорское (1955 г.) и Углегорское (2000 г.) землетрясения. В докладе даны их подробные характеристики, особенности и закономерности. Характерная особенность — закономерное распределение очагов землетрясений, выражающееся в наличии сейсмофокальной зоны, имеющей падение на восток и юго-восток. Это полностью соответствует выводам авто-

ров о наличии на западной границе Охотской литосферной плиты встречной Курило-Камчатской сейсмофокальной зоны.

Цикл докладов посвящен проблеме корректного прогноза сильных землетрясений ($M \geq 5,5$) при использовании сейсмологических, геофизических, геохимических, гидрологических методов. **Р.А.Керамова** (г.Баку) рассказала о сейсмогеохимическом мониторинге в Азербайджане, в результате чего начата работа по составлению каталога классификации сейсмических очагов сильных и катастрофических землетрясений, произошедших в Анатолийско-Ирано-Кавказском тектоническом блоке и акватории Каспийского моря, что дает возможность определить приближенное время (5—15 дней) и место реализации готовящегося землетрясения.

В докладе азербайджанских сейсмологов (**А.Г.Гасанов** и др.) «Идентификация очагов сильных землетрясений (1979—2002 гг.) мегантиклинория Большого Кавказа по геохимическим аномалиям подземных вод Азербайджана» показано, что подготовка землетрясения на территории Азербайджана и Грузии сопровождалась самоизливом подземных вод в субартезианских скважинах, удаленных от гипоцентров на 20—150 км. Гидродинамику этого процесса можно объяснить механизмом глобального сжатия горных пород в пределах данного разлома в период подготовки землетрясения.

Доклад уральских, киргизских и российских ученых (**В.И.Уткин** и др.) «Некоторые результаты пространственно-временного мониторинга радона при изучении процесса подготовки землетрясения на Северном Тянь-Шане» посвящен геодинамической модели движения массивов северных регионов Тянь-Шаня. В докладе отмечено, что главным признаком изменения напряженно-деформированного состояния среды служит изменение концентрации почвенного радона. При подготовке тектонического землетрясения на Северном Тянь-Шане наблюдается увеличение концентрации почвенного радона. За период наблюдений на южном склоне Киргизского хребта было зафиксировано два события магнитудой около 4 (класс 9—10). Обоим событиям четко предшествовало характерное увеличение концентрации почвенного радона.

Доклад **А.Д.Жигалина** и др. (Институт геоэкологии РАН; Центр ГЕОН) «Особенности геодинамики среды и микросейсмического фона на территории Москвы» посвящен результатам двухгодичного сейсмического мониторинга территории Москвы. Цифровые станции «Альфа-ГЕОН» (их было 8) регистрировали далекие землетрясения и микросейсмический фон, интерпретация которых позволила получить представление о морфологии поверхности фундамента и границы в верхней части консолидированной коры, а также распределение скоростных аномалий на разных уровнях глубин по результатам интерпретации методом сейсмической томографии. Выявлена небольшая куполообразная структура (с центром в Хорошевском районе), радиус которой достигает 10—15 км. Построены схемы, отражающие напряженное состояние среды в диапазоне глубин 0—20 км в пределах территории Московского мегаполиса. Аномальная область наиболее интенсивного фона микросейсм на востоке мегаполиса выявлена в районе шоссе Энтузиастов. Природа вертикальных смещений определена как техногенная, в основном обусловленная влиянием транспорта.

Геодинамические исследования (10 докладов). **Е.В.Артюшков, А.В.Егоркин** (ИФЗ РАН, Центр ГЕОН)

сделали доклад «Механизм образования глубоких осадочных бассейнов. Баренцевская и Прикаспийская впадины», где сказано, что на континентах и их окраинах расположен ряд осадочных бассейнов, глубина которых ~20 км. К ним, в частности, относятся Баренцевская и Прикаспийская впадины. В их наиболее глубоких частях консолидированная кора утонена до 12—15 км и характеризуется повышенными скоростями упругих волн. Поэтому ее часто рассматривают как океанскую кору, образованную спредингом. Главной причиной погружения на склонах впадин, подстилаемых континентальной корой, считается растяжение литосферы. Основное погружение коры обусловлено уплотнением пород основного состава в нижней коре за счет фазового перехода габбро в гранатоподобные гранулы и эклогит. Повышенная мощность осадков и история развития погружений во впадинах не характерны для океанской коры. Данные особенности указывают на то, что кора во внутренних частях впадин, как и на их склонах, относится к континентальному типу. Этот вывод подтверждается данными глубинного сейсмического зондирования на востоке Прикаспийской впадины.

С.А.Болдырев (ИФЗ РАН) посвятил свой доклад «Отражению структуры и свойств тектоносферы в сейсмическом поле зоны перехода от юго-восточной Евразии к Тихому и Индийскому океанам». Основной источник тектонических напряжений, формирующих структуру и свойства верхних оболочек планеты (тектоносферы), принято связывать с латеральными изменениями вещественного состава и термодинамических условий мантии. Землетрясения и сейсмические зоны отражают взаимодействие мантийных процессов и сравнительно жесткой литосферы. Новые методы исследований (космическая геодезия, цифровая запись сейсмических событий) позволяют количественно оценить современные геодинамические процессы. В данной работе они рассматриваются на примере тектоносферы области между Юго-Восточной Азией и Австралией, Тихим и Индийским океанами.

В докладе **В.П.Рудакова** (ИФЗ РАН) «Глобальные геодеформационные волны и эффективность поисковых геофизических исследований» рассматриваются вариации газобразных составляющих восходящих флюидных потоков и, прежде всего, радиоактивных и углеводородных эманаций. Установлено, что мозаика пространственно-временного распределения некоторых геофизических полей связана с изменениями проницаемости горных пород, возникающими под воздействием геодеформационной волны сезонной периодичности, амплитуда которой модулируется более медленными геодеформационными волнами. Этот факт свидетельствует о том, что глубинность исследования некоторых методов (эманационные, гамма-спектроскопические, сейсморазведочные и др.) в каждом районе, где проводятся поисковые работы, определяется периодами проходящих в нем фронтов сезонной деформационной волны.

В докладе **Е.И.Суетновой** и **В.М.Чернявского** (ИФЗ РАН) «Особенности динамики уплотнения осадков при реакциях высвобождения связанных флюидов» говорится о распределении эффективных напряжений осадочного бассейна в процессе его формирования и эволюции. Оказывается, что такое распределение связано с распределением по глубине давления порового флюида, и в случае тектонического изменения флюидосодержащих осадков представляет как монотонная функция возраста осадков, скорости их

накопления и захоронения, а также их физических свойств. В процессе погружения прогрев осадков может приводить к возникновению в них минеральных реакций (диагенез), сопровождающихся выделением свободного флюида.

А.М.Дадашев и **А.Я.Кабулов** (ИГ НАН Азербайджана, г.Баку) представили доклад «Влияние геодинамической обстановки на газонасыщенность и состав водорастворенных газов Южно-Каспийской впадины». В разрезе осадочных пород впадины на глубинах ~15 км установлены зоны разуплотненных пород, одна из причин которых — интенсивная генерация газообразных и жидких углеводородов. Подобные зоны могут служить вместилищем и источником значительных объемов газа, насыщающих пластовые воды. Газонасыщенность водорастворенных газов (углеводород с содержанием метана 80—98%) продуктивной толщи Нижнекуринской впадины изменяется от 200 до 3500 см³/л, а в отложениях Евлах-Агджабединого прогиба — от 3000 до 8000 см³/л. Сопоставление концентраций газов с геологическими параметрами месторождений показывает, что высокие значения тяжелых углеводородов встречены там, где в строении месторождений участвуют вулканические тела (Мурадханлы, Джафарлы и др.). Отсюда следует, что, по-видимому, вулканогенные тела меняют газогеохимическую обстановку на месторождениях, т.е. приносят тяжелые углеводороды. Влияние вулканического тела сказывается на температурах и давлении, что обуславливается определенной геодинамикой недр.

Связь современной геодинамики с климатом на примере Западной Евразии показана в докладе **В.И.Уткина** и **Д.Ю.Демежко** (ИГ УрО РАН, Екатеринбург). Авторы проанализировали данные GPS измерений в прибрежных зонах Северной Атлантики. В результате спрединга дна Атлантического океана в течение 20 млн.лет Северная Америка движется в северо-западном направлении со скоростью ~2 см/год, а Европа — в северо-восточном со скоростью ~4 см/год. При таком движении материков непрерывно увеличивается ширина канала проникновения Гольфстрима на север до 5—6 см/год. При этом наблюдается несколько эффектов: потепление севера Евразии, интенсивное таяние полярных льдов Арктики, снижение температуры Португальского противотечения. Все это приводит к тому, что вся северная часть Европейского континента находится в зоне повышенного поступления тепловой энергии, а западная — в зоне пониженного поступления тепла. Анализ климатических изменений в плиоцене и четвертичном периодах показывает, что за это время наблюдалось около 18 циклов «похолодание—потепление». Предложена гипотеза долговременных осцилляций (~100 тыс.лет), связанных с изменениям геометрии материков при их движении в разные стороны, и кратковременных (10—15 тыс.лет), связанных с возникновением гидродинамических вихрей в Северной Атлантике на уровне Исландия—Великобритания, где происходит отделение от главной струи Гольфстрима Исландской струи в северном и Португальской в южном направлении.

Уникальные связи между атмосферными и геодинамическими процессами, обнаруженные в сейсмически активные периоды, проанализированы в докладе **Л.Д.Пруцкой** (ФГУП «Кавказгеолсъемка», Ессентуки). На основе анализа флуктуации уровней подземных вод, характеризующих гидрогеодеформационное поле Северного Кавказа и атмосферного давления были установлены периоды их синфазных изменений. Такой характер изменений указанных пара-

метров — довольно редкий тип предвестников аномалий (в смысле землетрясений), т.к. при фоновых вариациях указанные параметры изменяются в противофазе. Природу подобных синфазных изменений можно объяснить компенсирующим влиянием других факторов, например, геодинамических, а также существованием солнечно-земных связей. Наиболее длительные синфазные вариации указанных параметров наблюдались перед катастрофическим Рачинским землетрясением (29 апреля 1991 г., $M=7,2$).

Проблеме безопасной эксплуатации месторождений посвящен доклад **В.В.Филатова** и **Г.Г.Кассина** (УГГГА, Екатеринбург) «Методика геодинамического районирования территории Верхнекамского месторождения калийных солей». На территории Уральского региона выделено 7 районов, в которых уровень техногенной нагрузки на геологическую среду оценивается как потенциально опасный. Один из них — Соликамско-Березниковский, где с 1932 г. ведется разработка крупнейшего в мире Верхнекамского месторождения калийных солей и ряда других полезных ископаемых. Наиболее катастрофические события в районе произошли: в 1986 г. на 111-м Березниковском руднике (рудник затоплен) и в 1995 г. на 11-м Соликамском руднике (массовое обрушение породы). Одна из важнейших задач при решении проблемы безопасной разработки месторождения — геодинамическое районирование его территории с последующим прогнозированием участков безопасного проявления геодинамических событий. Разработана и предложена методика геодинамического районирования территории Верхнекамского месторождения и прогнозирования в его пределах геодинамических событий.

Доклад **И.В.Померанцевой** и **Л.Н.Солодилова** (Центр ГЕОН) «Москва: глубинное строение, сейсмичность и геодинамика верхней части осадочного чехла» отражает строение и геодинамику земной коры под г.Москва. Для всей территории города исследования проведены в масштабе 1:100 000, а в Хорошевском районе — 1:10 000. В результате работ установлено сложное блоковое строение верхней части кристаллической толщи земной коры. Мощность осадочного чехла изменяется от 1,45 км на севере до 2,7—6,2 км на юге. Через центр г.Москва в широтном направлении проходит зона глубинных (до 26 км) разломов коры; от Хорошевского района на юго-восток до Люблинского района и далее проходит другая система крупных глубинных (также до 26 км) разломов. Отмечено, что наличие названных зон разломов влечет за собой разрушение осадочного чехла. Зоны разломов контролируют развитие карстовых процессов и формирование структур в осадочном чехле. Выполненные исследования позволили дать прогноз сейсмической опасности в г.Москва и окружающих районах Подмоскovie. Наблюдаемые разрушения зданий и другие аварии в г.Москва могут быть связаны с сейсмической активностью природного и технического характера, интенсивность которой по разрушительному эффекту может достигать 5 баллов. Разрушение аквапарка «Трансвааль», возможно, связано с сильными колебаниями поверхности Земли интенсивностью до 5 баллов и выше.

В докладе **Н.И.Мишина** и др. (ВНИМИ, Санкт-Петербург) «Геодинамические закономерности строения земной коры в сравнении с корами других планет и лун» говорится, что все планеты земной группы и планет луны имеют оболочку, с поверхности твердую, иногда покрытую продуктами механической дезинтеграции или льдом. Мощность оболочки, конечно, неизвестна, и ее пытаются

оценивать умозрительно, по аналогии с корой Земли. Однако только кора Земли представлена породами осадочного происхождения, накопленными в водных бассейнах. Строение земной коры обусловлено определенными геодинамическими закономерностями, к следствиям которых относятся и феномен десимметрии земной поверхности по расположению океанических масс и массивов суши. Происхождение вертикальной делимости первичной геосферы Земли связано с дизъюнктивной контракцией, завершившей процесс остывания и кристаллизационной дифференциации пород мантии. Каждое из полушарий Земли сложено тремя долями первичной делимости, но разной геодинамической «нагрузки» (две древние одна молодая платформы, или две молодые одна древняя платформы). Первое сочетание предопределяет приоритет суши, вторая — океана. Шестизвенная система платформенных блоков существовала в режиме геодинамического алгоритма их попеременного подъема и опускания в течение первичности этапов эволюции земной коры от архея до триаса. В мезозое алгоритм изменился — общий подъем и последующее опускание всех платформ. В кайнозое число платформ удвоилось за счет разделения широтными горными системами, а на продолжающемся и в послепалеогенное время подъеме по их границам образовались глубокие отрицательные формы рельефа, заполнившиеся океаном.

На изучение потенциальных полей на конференции обращено большое внимание. Так, были представлены доклады по: гравиметрии — 6, магнитометрии — 4, электрометрии и магнитотеллурике — 18, сейсморазведке — 22.

В докладе **И.С.Елисеева и Р.Паштека** (Центр ГЕОН; Университет Братиславы, Словакия) «Возможности российской школы интерпретации потенциальных полей для изучения глубинного строения разрезов» говорится о том, что необходимым условием решения обратной задачи гравиразведки (магниторазведки) является использование дополнительной информации, накладывающей соответствующие геологические ограничения или имеющей физико-математическое содержание. Западная школа прямых методов интерпретации основывается, главным образом, на математическом «предопределении» ожидаемой геометрии аномальных структур (методы деконволюции). Основная область применения таких методов — решение «рудных» задач. В процессе решения задач структурного типа они позволяют оценить залегание только самой верхней плотностной (магнитной) границы. При их использовании с целью изучения строения земной коры это является непреодолимым препятствием. Российская школа прямых методов интерпретации успешно справляется с подобной задачей. Предложенная В.М.Березкиным и др. функция полного нормированного градиента, обладающая прекрасными фильтрующими свойствами, привлекла внимание многих геофизиков, что положило начало развитию ряда методов, где используется данный оператор. Например, метод квази-особых точек, предназначенный для получения сведений о положении субгоризонтальных плотностных (магнитных) границ. Сравнение возможностей двух методов, представляющих две школы интерпретации потенциальных полей прямыми методами, показано на примере решения обратной задачи гравиразведки для синтетической модели трехслойной среды.

Доклад **А.Н.Грушинского, П.А.Строева, Е.Д.Корякина** «Мощность земной коры по сейсмическим и гравиметрическим данным и степень нарушения изостазии для ра-

йона моря Скоша (Западная Антарктика)» посвящен интерпретации гравитационного поля с точки зрения глубинного строения земной коры и верхней мантии для моря Скоша и прилегающих областей. Авторами построены регрессивные соотношения «аномалии Буге—глубина Мохо» и по ним рассчитаны глубины Мохо для всего исследуемого района. С целью получения регрессивных соотношений было использовано 54 сейсмических определений глубин Мохо и путем расчета установлены аномалии Гленни, по которым определены коэффициенты компенсации, что позволило определить границу между изостатически скомпенсированными и не скомпенсированными областями.

В.Р.Мелихов и С.И.Селеменев в своем докладе «Тектоническая природа аномальных потенциальных полей северо-запада Русской плиты» представили результаты комплексной интерпретации гравитационных, магнитных профилей и данных ГСЗ на геотраверсе 1-ЕВ (Карелия—Финляндия—Московская синеклиза). По-новому дано строение земной коры этих областей и зон их сочленения.

Интересны результаты оценки влияния аномалий гравитационного поля Земли (АГПЗ) на безопасность полета самолетов при заходе их на посадку. Оказывается, АГПЗ влияет на точностные характеристики инерциальных навигационных систем (ИНС), являющихся ядром современных пилотажно-навигационных комплексов воздушных судов и приводящих в некоторых случаях к различным авиационным инцидентам в полете. В ИФЗ РАН и ГНИИ МО РФ (**И.В.Ананьин** и др.; г.Люберцы, Московская обл.) для доказательства воздействия ГПЗ на безопасность полетов, использовалось моделирование на виртуальном тренажере самолетов Л-39 и модель ошибок ИНС с влиянием аномальности ГПЗ. Был отработан «эталонный» профиль глассады снижения: оказалось, что ошибки определения высоты полета за 720 с могут достигать 70—80 м. Это снижает уровень безопасности полета на 15—20%.

В.А.Буш и др. (ГНПП «Аэрогеофизика», Москва) посвятил доклад «Тектоника зоны сочленения Русской и Скифской плит по данным аэрогеофизической съемки» результатам аэромагнитных и аэрогаммаспектрометрических съемок 2001—2002 гг. на территории части зоны сочленения Русской и Скифской плит (Сарпинский прогиб, Астраханский свод и кряж Карпинского, Прикумское поднятие). Объемная геолого-геофизическая модель изучаемой площади масштаба 1:50 000, построенная на базе трехмерных петромагнитных и петроплотностных моделей с использованием технологии СИГМА, позволила выявить некоторые принципиально важные черты строения фундамента и осадочного чехла зоны сочленения этих двух плит. Подтверждено, что кряж Карпинского представляет собой зону мягкой позднепалеозойской коллизии между Восточно-Европейским континентом и Бечасынским микроконтинентом Предкавказья.

Г.В.Иголкина (ИГ УрО РАН, Екатеринбург) предложила доклад «Магнитометрические исследования Кольской сверхглубинной скважины», где приводит сведения о вещественном составе горных пород, изменении физических параметров с глубиной, уровне метаморфизма, содержании флюидов, рудных компонентах и др. Геологическое строение в районе скважины, а также магнитные свойства пород, вскрытых скважиной, создали хорошие предпосылки для успешного применения скважинной магнитометрии. Иссле-

дователи разделили разрез скважины по магнитным свойствам до глубины 12 050 м, выделили зоны магнитной минерализации по всему исследованному интервалу. В настоящее время уже проанализированы измерения магнитного поля в разрезе Кольской СГ-3, проведенные в период 1973—2003 гг. как в открытом стволе, так и в обсадной и буровой колонках. Результаты намагниченности согласуются с данными палео- и петромагнитного изучения керна.

В докладе **В.В.Белявского** (Центр ГЕОН) «Методология глубинных геоэлектрических исследований» приведена схема анализа магнитотеллурических зондирований (МТЗ); она включает различные этапы в зависимости от квазидвухмерных или трехмерных сред, а также детальности структур. Анализ данных МТЗ, полученных для Предкавказья, показал, что тензор импеданса позволяет строить фазовые кривые, характеризующие геоэлектрическую модель нижней части разреза — складчатого основания с азимутом простирания, отличным от структурных линий осадочного чехла. Параметры верхнего структурного этажа могут быть оценены на основании представления его локальными квазидвухмерными или трехмерными моделями.

А.Н.Кузнецов, И.В.Егоров, В.А.Хонькина (ВНИИГеофизика; ИО РАН; Москва) представили доклад «Трехмерное объемное моделирование пространственных проводников в земной коре континентального и океанического типов». Авторы выполнили физическое и математическое моделирование трех- и четырехслойных горизонтально-неоднородных геоэлектрических разрезов с целью оценки геологической эффективности электромагнитных методов для обнаружения и трассирования коровых аномалий электропроводности на глубинах 5—30 км ниже поверхности кристаллического фундамента. Именно здесь с хорошо проводящими зонами геологически связаны месторождения полезных ископаемых в горизонтах земной коры и осадочного чехла, расположенных выше. Сделана модель многослойного разреза, один из пластов которого включает трехмерную неоднородность в виде прямоугольной хорошо проводящей призмы. Рассмотрены ситуации для континентальной и океанской коры. Показано, что хорошо проводящие неоднородности на глубине 10—15 км проявляются на кривых МТЗ лишь при очень больших размерах (300×300 км).

На основании многолетних комплексных геолого-геофизических исследований составлены геоэлектрические модели золоторудных месторождений зеленокаменных структур Приазовья. Это Сорокинская, Голованевская и Сурская тектонические зоны, Клиновское рудное поле, Ольховское и Бобриковское терригенные формации, Михайловское рудопроявление.

В докладе **В.В.Белявского** и др. «Геоэлектрические модели золоторудных месторождений Украинского щита и Донбасса» подробно описаны месторождения, их строение, проявление в геофизических полях. С помощью геоэлектрических моделей существенно уточнены структуры месторождений и рудных тел, условия их залегания и параметры, оценены запасы месторождений.

А.Г.Дьяконов и др. (ИГ УрО РАН, Екатеринбург) в своем докладе «Геоэлектрическое строение коры и верхней мантии Южного сектора Урала» отметили, что впервые построен геоэлектрический разрез протяженностью 800 км через весь Южный Урал до глубины 120 км, альтернативный другим геолого-геофизическим методам, без привлечения априорных данных о разрезе. Он существенно дополняет информативность одного из наиболее пред-

ставительных в мире сейсмопрофилей через складчатые пояса — профиль Уралсейс-95. Получены очень интересные новые результаты о глубинном строении Уральской складчатой области.

Особое внимание на конференции было обращено на электромагнитные предвестники землетрясений. На эту тему представлено несколько докладов. Так, **А.Г.Здоров** (ФГУП «Кавказгеолсъемка», Ессентуки) в докладе «Пространственно-временные изменения электромагнитных предвестников на Кавминводском полигоне» рассмотрел результаты 12-летних наблюдений вариаций электромагнитных излучений и кажущихся электросопротивлений (ЭМИ) горных пород на полигоне в районе Кавказских минеральных вод. Автор показал свойства данной зоны «излучать» или «молчать» ЭМИ в зависимости от состояния среды. Эффекты такого рода могут быть объяснены изменением свойств слоев земной коры при прохождении волн деформации, сопровождающих процесс подготовки землетрясений. Полученные результаты свидетельствуют о том, что при определенных физико-геологических условиях в процессе подготовки землетрясений волна деформации может распространяться от эпицентра будущего сейсмического события к периферии. Оценка скорости распространения волны деформаций дает величину порядка 6 км/сут.

В докладе **В.Б.Каплуна** (ИТГ ДВО РАН, Хабаровск) «Литосфера Восточного Приамурья по данным магнитотеллурических зондирований» проанализированы кривые МТЗ за 20 лет измерений. Построена достаточно детальная геоэлектрическая модель разреза тектоносферы до глубины 250—300 км, определена средняя мощность литосферы (100—150 км) и геоэлектрические характеристики астеносферы. По результатам МТЗ контрастно выделяются Дунми и Итун-Иланьская ветви трансрегионального разлома Танлу, представленного субвертикальными и крупнопадающими зонами, прослеживающимися до глубин 100—300 км, повышенного или пониженного сопротивления, связанного с различным геодинамическим режимом литосферных блоков.

И.С.Фельдман и др. (Москва, Санкт-Петербург) в докладе «Геоэлектрическая модель осадочного чехла и земной коры Европейской части России» представили результаты анализа и интерпретации данных региональных электроразведочных работ, выполненных на территории Европейской части России организациями Министерства природных ресурсов РФ и других ведомств за последние 40 лет. Данная работа — один из разделов тематических исследований ФГУП ВСЕГЕИ «Разработка моделей строения Европейской части России по материалам обработки комплексных геофизических данных на региональных и опорных геофизических профилях». Основа для построения геофизической модели — данные 12 тысяч МТЗ, по которым выполнена пространственная интерпретация. Построены геоэлектрические разрезы осадочного чехла, земной коры и верхней мантии по сети опорных профилей общей длиной 12 000 км, пересекающих основные геологические провинции Европейской части России.

В.П.Бубнов и др. (Москва) в своем докладе «Магнитотеллурические исследования на Восточно-Европейской платформе в 2003 году» отметили, что исследования выполнялись в рамках комплексных геофизических работ на опорном геофизическом профиле 1-ЕВ и региональных профилях в западной части Волго-Уральской синеклизы. Полевые работы проводились ФГУ ГНПП «Спецгеофизика». В общей сложности отработано 1400 км профилей с

шагом 2—3 км между точками МТЗ. Цель интерпретации данных МТЗ в осадочном чехле — наполнение сейсмогеологического разреза геоэлектрическими параметрами. Ставилась задача выделения в земной коре блоков и слоев с аномальными геоэлектрическими параметрами, сопоставления с данным сейсмо-, грави- и магниторазведки.

Серия докладов по применению геоэлектрических методов представлена украинскими геофизиками **Е.М.Шереметом**, **Ю.И.Николаевым** и др. Проводились исследования глубинного строения Украинского щита и Донбасса методами МТЗ, АМТЗ, МГТП, ВЭЗ—ВП. Так, построены погоризонтные карты-схемы регионального распределения значений электросопротивлений на глубинах от 0,1 до 50 км. Объемные модели на базе таких погоризонтных пластов распределения значений электросопротивлений дают возможность провести структурное районирование, увязанное с геологическим строением региона. Проекция глубинных (до 50 км) низкоомных аномалий на верхние горизонты земной коры позволяют оконтурить и выделить наиболее перспективные площади на поиски эндогенного оруденения (золото, платина, алмазы, полиметаллы). Для поисков перспективных участков на нефть и газ применительно к геологическому разрезу Днепровско-Донецкой впадины разработана технология применения аудиоманнителлурического зондирования. Показаны результаты использования геоэлектрических методов по выявлению золоторудных проявлений на Украинском щите и в Донбассе.

В докладе **А.О.Вернаховской**, **В.Н.Пилипенко**, **Н.И.Павленковой** (ИГ НАНУ, Киев; ИФЗ РАН) «Новые возможности формирования изображений среды по полю рефрагированных волн при интерпретации материалов ГСЗ» говорится о том, что создан новый алгоритм для этой задачи, который использует скоростную модель покрывающей толщи с учетом резких горизонтальных неоднородностей среды. В отдельных случаях покрывающая толща имеет большие горизонтальные градиенты скорости. В новом алгоритме применяются процедуры обратного продолжения волнового поля и прямого продолжения временного поля в направлении времени, без ограничивающих предположений о поведении скорости в покрывающей среде. Данная методика была опробована на материалах морского профиля CINKA. Район исследований охватывал переход от океанской к континентальной коре. В скоростной модели покрывающей толщи необходимо было учесть глубину моря (от 5,8 до 0 км) и высоту рельефа (от 0,5 до 2,7 км) на суше. При этом перепад скоростей по горизонтали составлял от 1,5 до 5,4 км/с.

Доклад **А.Г.Гликмана** (НТФ «ГЕОФИЗПРОГНОЗ», С.-Петербург) «Спектральная сейсморазведка» посвящен основным отличиям спектральной сейсморазведки от обычной (лучевой). Такими отличиями являются: 1) в спектральной сейсморазведке земная толща рассматривается не как совокупность отражающих границ, а как совокупность колебательных систем; 2) спектральная сейсморазведка выявляет границы, представляющие собой поверхности ослабленного механического контакта (трещины), или зоны микронарушенности, залегающие в исследуемой толще; 3) для осуществления спектрально-сейсморазведочных измерений не требуется никакой априорной информации; 4) Все положения спектральной сейсморазведки могут быть доказаны экспериментально. С помощью метода спектрального сейсморазведочного профилирования эффективно выделяются структуры магматического происхождения (трубки взрыва),

месторождения воды, полиметаллов, а также оконтуриваются месторождения углеводородов.

В докладе **Я.Г.Грибика** (РУП «Белгеология», Минск) «Роль глубинных тектонических разломов, определяющих нефтеносность Припятского прогиба» установлено, что в строении Припятского прогиба принимают участие разломы мантийного и коревого заложения. Системой разломов Припятский прогиб разделяется на две структуры второго порядка: Северную зону ступеней и Внутренний грабен. Северная зона ступеней сформирована системой региональных разломов мантийного заложения, погружающихся на юг. Из 66 нефтяных месторождений, установленных в Припятском прогибе, только три месторождения расположены за пределами Северной зоны ступеней, характеризующейся более высокой геотермической напряженностью. Температура на одной и той же глубине в Северной зоне на 20—30°C выше по сравнению с Внутренним грабеном. Установлена зависимость качества нефти от удаленности от мантийного разлома. Для Северной зоны ступеней нефти характеризуются невысокой плотностью, они малосмолистые, малосернистые с высоким газовым фактором. Нефти в залежах и нефтепроявлениях Внутреннего грабена более плотные, смолистые, с невысоким газосодержанием, что объясняется их формированием за счет миграции от мантийного разлома.

А.Ф.Еманов (СО РАН, Новосибирск) рассматривает возможности обработки принципиально разных по своей природе сейсмических колебаний одним и тем же методом. Созданы алгоритмы восстановления когерентных составляющих волновых полей в чистом виде и по заданной системе наблюдений, динамического пересчета волновых полей головных волн в пространстве во временные разрезы. Рассматриваемый метод позволяет автоматизировать изучение преломляющих границ по материалам ОГП, КМПВ, ОГТ, ГСЗ. При этом избыточная информация используется для подавления на записях всех типов волн (кроме головных и случайных шумов).

С.М.Зверев (ИФЗ РАН) в докладе «Сейсмические свойства границ между плитами» рассматривает материалы для границ континентальной и океанической плит с глубоководным желобом и островной дугой, трансформных разломов, а также зоны схождения плит в восточном Средиземноморье. Данные ГСЗ позволяют определить продолжения разлома на глубину. Контуров тела с пониженной скоростью могут быть различными. В восточном Средиземноморье разломы ограниченной толщины прослежены через всю толщу коры. В рассмотренных примерах активные границы между плитами выражаются ослабленными зонами шириной в десятки километров, имеющими толщину 8—15 км и содержащими один или несколько разломов. Скорости в зонах разломов вблизи поверхности бывают понижены до 1,8—2,0 км/с (вместо 3,5—4,0 км/с в соседних зонах). Запаздывание времени вступлений волн, проходящих через каждый разлом, достигает 0,7—1,3 с. Слои пониженной скорости имеют пониженную прочность, что способствует разрядке напряжений в коре и влияет на проявление сейсмичности. Эти слои также могут иметь повышенную проницаемость для газов и флюидов.

А.А.Никитин, **П.В.Пискун** (МГТУ, Москва), **Д.П.Земцова** (Краснодарская экспедиция «Союзморгео») представили прогноз коллекторов и их углеводородонасыщения на основе генетических алгоритмов обработки сейсмических данных. Методика выделения слабых аномалий предусматрива-

ет реализацию следующих процедур: расчет статистических и градиентных характеристик кинематических и динамических параметров в скользящих окнах «живой» формы; адаптивная энергетическая фильтрация по оценке регионального тренда и локальных составляющих рассчитанных характеристик; вычисление взаимнокорреляционных функций соседних трасс временного разреза и разреза мгновенных амплитуд, а также по данным изохрон по площади съемки; непосредственное обнаружение слабых аномалий от залежи; комплексный анализ слабо проявленных аномалий рассчитанных характеристик и сейсмического эффекта УВ-насыщения; геологическая интерпретация аномалий отдельных характеристик и их комплексного параметра. Опробование методики с использованием технологий КАСКАД 3D и НЕДРА проведено в Азовском море.

В докладе **Н.И.Павленковой** (ИФЗ РАН) «Комплексные сейсмические исследования литосферы: основные результаты и нерешенные проблемы» сказано, что важный результат современных исследований — наличие в литосфере реологически ослабленных слоев. Они проявляются в виде слоев с пониженными скоростями (волноводы) или в виде протяженных гетерогенных пачек, создающих интенсивные критические отражения. В литосфере континентов выделены такие слои: в средней коре на глубине 10—20 км, прослеженный как волновод, на уровне границы М, представленной неоднородной пачкой, и в верхней мантии на глубине порядка 100 км, где также наблюдаются волноводы, подстилаемые отражающим горизонтом. Из нерешенных проблем, связанных с комплексированием ГСЗ и ОГТ, наиболее остро встает проблема определения природы региональных сейсмических границ. Например, граница М — опорная отражающая граница при ГСЗ, которая по материалам ОГТ чаще всего представлена сменой гетерогенной («мутной») коры на «прозрачную» мантию. Можно предложить две модели этой границы: 1) со сменой размеров неоднородности, когда мелкая («высокочастотная») расслоенность коры меняется на более крупную («низкочастотную»); 2) граница представлена пачкой анизотропных слоев, близвертикальные отражения на которой не образуются, но образуются интенсивные критические отражения.

О.Г.Попова, Ю.Ф.Коновалов, Н.М.Путилина (ИГЭ РАН, Центр ГЕОН) в своем докладе представили результаты сейсмических исследований МОВЗ в Причерноморском регионе Западного Кавказа по двум субпараллельным профилям: Ачуево-Хадыженск и Адлер-Тамань, протяженностью соответственно 200 и 260 км. К основным границам в разрезе верхней части земной коры указанных разрезов относятся границы поверхностей фундаментов: палеозойского (Φ_0) и кристаллического (Φ). Глубины залегания границы Φ_0 изменяются от 4 до 9 км, Φ , глубина которой изменяется от 8 до 16 км, залегает не всегда согласно с границей Φ_0 , хотя в целом можно говорить о согласованности этих границ. В осадочной толще выделяются, как правило, 2—3 границы. Мощность земной коры изменяется от 37 км для профиля Ачуево—Хадыженск до 52 км на юго-восточном окончании профиля Тамань—Адлер.

Р.А.Стефенсон (Свободный Университет, Амстердам, Нидерланды), **С.Н.Стовба** и др. (Украина), **У.Баер** (Центр Изучения Земли, Потсдам, Германия) отмечают, что поздний палеозой Восточно-Европейской платформы был периодом активного рифтогенеза, в результате которого в южной части платформы сформировались глубокие рифтовые бассейны мощностью осадков, превышающей 20 км —

Прикаспийская и Днепровско-Донецкая впадина, секущая платформу в северо-западном направлении и отделяющая Воронежский массив от Украинского щита. В данном сообщении рассматриваются основные черты строения рифтовой зоны, полученные по профилю DOBRE в Донбассе. По этому профилю длиной 360 км были проведены региональные сейсмические работы методами ГСЗ и ОГТ. В результате было изучено строение и форма Донбасского грабена, заполненного 15-км толщей карбоновых пострифтовых отложений.

Доклад **А.К.Сулейманова** и др. (ФГУ «Спецгеофизика», Поваровка, Московской обл.) «Эффективность исследований на опорных геофизических профилях — геотраверсах нового поколения» посвящен принципиально новым методам в изучении глубинного строения коры и мантии Земли. Новым является использование сейсмических исследований МОВ по системе многократных перекрытий на базе телеметрической системы регистрации и вибрационных источников возбуждения, комбинированные технологии МОВ-ОГТ и ГСЗ-МПВ с использованием волн разного класса. Полученные результаты принципиально изменили ранее сложившиеся представления о глубинном строении земной коры верхней мантии и позволили уточнить их различия.

Вопросам глубинного строения земной коры и верхней мантии было посвящено 33 доклада. **Л.Т.Бабаджанов** и др. (ОАО «Узбекгеофизика»; ИГиГ АНРУз, Ташкент) в докладе «Аномальные геоблоки литосферы и их связь с нефтегазо- и рудообразованием (на примере Западного Узбекистана)» рассмотрели комплексную интерпретацию сейсмологических и сейсморазведочных профилей и моделирование по потенциальным полям, выполненные в 1998—2002 гг. на территории Западного Узбекистана, что позволило получить новые данные о строении литосферы региона, выявить блоки с аномальными сейсмоплотностными параметрами, как повышенными, так и пониженными. В пределах Центральных Кызылкумов на разной глубине картированы области, обладающие аномально высокими значениями скорости (7,8—6,8 км/с) и плотности (3,1—2,85 г/см³). Для нефтегазоносных регионов ситуация осложняется еще и специфичностью самого искомого продукта, обладающего большой подвижностью, текучестью и требующего в связи с этим определенных условий для создания промышленных скоплений.

Доклад **К.М.Каримова** и др. (ОАО «Татнефтегеофизика», Казань) «Особенности глубинного геологического строения Татарского палеосвода» посвящен анализу материалов основных зон региональных элементов (Южно- и Северо-Татарский своды, Мелекесская впадина) и уточнению их глубинного тектонического строения. Основываясь на временном двумерном разрезе, можно провести делимость земной коры по уровням: 1) осадочный чехол (0—18 км); 2) высокометаморфизованный горизонт мощностью 20 км, который подразделяется на верхний, в интервале глубин 1,8—5 км, промежуточный 4—15 км и нижний 12—25 км. Первые два горизонта имеют блоковое строение коры с высоким электросопротивлением. Третий горизонт представляет собой клинообразный сейсмогоризонт, отождествляемый с аллохтонными литопластинами, содержащими серпетинитовую смазку, по которой происходили латеральные смещения крупных блоков коры. Зона скольжения характеризуется пологим (до 15°) падением. Далее, в низах коры, на глубинах 23—42 км выделяется региональный слой, хорошо уязвимый с высокой проводимостью, плотностной неодно-

родностью и многочисленными отражающими границами, что позволило приблизиться к объяснению природы экспериментальных данных.

В докладе **Л.Э.Левина** (Центр ГЕОН) «*Расслоенность тектоносферы в Каспийско-Кавказско-Черноморском регионе*» отмечается, что мощность литосферы в данном регионе изменяется от 25 до 300 км. Наиболее низкая мощность обнаруживается в блоках с повышенными до 150—300 мВт/м² значениями теплового потока. Повышенная до 250—300 км мощность характерна для тектонических блоков на востоке Скифской плиты, запада Большого и Малого Кавказа, Украинского щита, юга Мизийской плиты и Родопского массива. На остальной площади региона, включая глубоководные котловины, мощность литосферы изменяется от 100 до 150 км. Мощность упруго-хрупкого слоя колеблется в пределах 10—150 км. Наиболее важно подчеркнуть то, что сокращенная до менее 25 км мощность в пределах орогенов Кавказа, запада Крымских гор и Балканид отвечает наличию в их коре частичного плавления. Распределение мощности астеносферы сходно с упруго-хрупким слоем. Она изменяется от 10 до 100 км. Только в отдельных блоках Терско-Каспийского прогиба, Рионской впадины, юга Мизийской плиты, Украинского щита и Западно-Черноморской котловины наблюдается ее увеличение до 150 км.

А.Г.Родников и др. (Геофизический центр РАН, Москва) в докладе «*Глубинное строение осадочных впадин Охотского моря*» рассматривают глубинное строение кайнозойских осадочных впадин Охотского моря: Дерюгина, Северо-Сахалинская, Курильская котловина и трог Татарского пролива, образование которых связано с процессами, протекающими в мантии, в частности в астеносфере. В Охотском море астеносфера выделена на глубине 50—70 км. От астеносферы отходят диапиры, содержащие магматические очаги, которые достигают глубины 25—30 км. Для осадочных бассейнов Охотского моря характерны: локализация астеносферного диапира; рифтовые структуры или спрединговые центры в их основании; активный вулканизм, связанный с гидротермальными процессами и формированием сульфидов; высокая плотность теплового потока, обусловленная подъемом астеносферы к подошве земной коры. Впадина Дерюгина образовалась на месте древнего глубоководного желоба после завершения субдукции плиты Охотского моря под о.Сахалин. Курильская котловина формируется в условиях современного задугового бассейна. Она расположена так же как и трог Татарского пролива, над астеносферным диапиром, который рассматривается как область частичного плавления, где образуются первичные очаги магнообразования.

В докладе **В.С.Дружинина** и др. (ИГ УрО РАН, Екатеринбург) дана оценка УВ-потенциала земных недр на основе информации о глубинном строении, получаемой по материалам региональных исследований ГСЗ, МОБТ, ОГТ, МПВ с использованием площадных магнитогравиметрических съемок, результатов космодешифрирования, разработанных приемов глубинного геокартирования и глубинных оценочных критериев. В результате составлена объемная геолого-геофизическая модель литосферы до глубины 80 км, масштаб 1:1 000 000 для всей территории Зауралья. Главный итог — выбор перспективных площадей (участков) и оценка потенциальных ресурсов.

У.Ш.Мехтиева и **Ф.М.Гаджиев** (АзГосНИПИнефтегаз, г.Баку) в своем докладе «*Тектоническое районирование*

нефтегазоносных территорий Азербайджана в свете новых геолого-геофизических материалов» рассказывают о том, что нефтегазоносные территории Азербайджана расположены в пределах следующих надрегиональных тектонических единиц: Куринско-Южно-Каспийская, Терско-Каспийская мегавпадины, Скифско-Туранская молодая платформа и Южно-Азербайджанский микроконтинент. Куринско-Южно-Каспийская мегавпадина имеет гетерогенный фундамент и простирается более чем на 1000 км. Максимальная ширина изменяется от 170 км на суше в Куринском прогибе до 330 км в акватории Южного Каспия. Максимальная мощность осадочных образований колеблется от 14 км в Куринском прогибе до 25 км и более в пределах Южно-Хазарской впадины.

В докладе **Г.А. и Н.И.Павленковых** (ИФЗ РАН) «*Трехмерная скоростная модель верхней мантии северной Евразии по сейсмическим данным*» отмечено, что сверхдлинные профили ГЕОН, отработанные с мирными ядерными взрывами (PNE) и профиль Fennolora Европейского геотраверса, на которых выполнено более 25 PNE, выделяют четыре опорные границы, связанные с определенными скоростными уровнями ($v=\text{const}$): граница N1 ($v=8,35$ км/с), N2 ($v=8,4$ км/с), L ($v=8,5$ км/с) и H ($v=8,6$ км/с). Они составили основу единой исходной модели для последующего двумерного моделирования скоростных разрезов вдоль всех профилей. Наиболее резкая горизонтальная изменчивость скоростей наблюдается в верхах мантии: от 8,1 до 8,5 км/с. Высокие скорости характерны для отдельных блоков Сибирского кратона и Урала. На глубине около 100 км по многим профилям выделены слои с пониженными скоростями, которые подстилаются границей N1. Глубина до этой границы изменяется от 70 до 120 км, до N2 — от 100 до 140 км, до L — от 180 до 220 км и до H — от 300 до 320 км.

С.Л.Пасынок (ГАИШ МГУ им. М.В.Ломоносова) в докладе «*Амплитуды нутации жидкого и твердого ядра согласно теории MAC2000*» вел речь о том, что в январе 2003 г. теория MAC2000 была утверждена в качестве стандарта Международным астрономическим союзом. Это одна из самых высокоточных теорий нутации, предсказывающая значения наблюдаемых нутационных углов с точностью 200 мс дуги. Для определения нутации твердого и жидкого ядер были взяты наблюдаемые значения нутации мантии, после чего нутационные вектора были определены из системы уравнений моментов для всей Земли, твердого и жидкого ядер теории MAC2000. В результате 15 главных гармоник нутации жидкого и твердого ядер были определены.

Н.А.Чуйкова, Т.Г.Максимова (ГАИШ МГУ им. М.В.Ломоносова) в представленном докладе «*Изостатическая неуравновешенность рельефа Земли как источник аномалий плотности и напряжений в коре и верхней мантии*» отметили, что знание функции прямой и обратной регрессии позволило разделить уравнение общего равновесия коры и верхней мантии на две составляющие: 1) частичная компенсация давления коры на поверхность М; 2) компенсация давления некомпенсированной на поверхности М части коры на некоторой глубине в мантии (аналогичные уравнения получены для Архимедова равновесия). Решение уравнений равновесия для пятиградусных трапеций по всей Земле дает возможность определить оптимальные глубины компенсации, минимизирующие функционал, зависящий от аномальной плотности и напряжений в коре и верхней мантии. Построены карты распределения аномалий плотности и напряжений в коре и верхней мантии.

Дорогие коллеги!

Большое спасибо за ваше намерение опубликовать обо мне юбилейный очерк в нашем, родном для меня с 1957 г. журнале. Чтобы облегчить ваш труд, я решил направить вам нечто вроде анкетного листа на себя.

Итак, родился 13 февраля 1915 г. на дальнем Востоке, в поселке Суражевка Свободненского района Амурской области. Родители — украинцы, «стольпинские» переселенцы из Украины, нынешней Хмельницкой области.

В 1930 г. окончил Свободненскую семилетку и поступил во Владивостокский геологоразведочный техникум. Весной 1931 г. на о.Сахалин отправился в свой первый геологический маршрут. Он положил начало 55 годам непрерывной работы в области геологии. Из них 5 лет пришлось на Камчатку, 20 лет на другие территории Дальнего Востока, включая Амурскую область, Якутию, Приморский и Хабаровский края. Основным направлением полевых геологических работ были геологическая съемка и поиски.

Причастен к открытию месторождений: Огоджинского каменноугольного в Амурской области (1932 г.), Мухенского минеральных вод в Хабаровском крае (1937 г.), Хрустального и Высокогорского оловорудных в Приморском крае (1940 г.).

За участие в выявлении и освоении нового оловорудного района в Хабаровском крае стал лауреатом Ленинской премии. Имею звание «Заслуженный геолог РСФСР».

В течение 10 лет был начальником Дальневосточного геологического управления и 20 лет проработал в аппарате Министерства геологии СССР.

Кандидат геолого-минералогических наук.

С октября 1941 г. член ВКП (б) — КПСС. В партию пришел из комсомола. С 1945 г. член Географического общества СССР.

Занимался вопросами геологии во всех республиках Советского союза и 99 раз выезжал в зарубежные страны Азии, Африки, Европы и обеих Америк. При этом 12 раз пересекал экватор, 32 раза Атлантический океан и купался в водах всех океанов, включая Ледовитый.

Помимо выполнения основных обязанностей по службе занимался и другими делами, в том числе:

член редколлегии журнала «Советская геология» (приказ министра геологии СССР № 145 от 15 марта 1957 г.);

заместитель руководителя делегации СССР в постоянной комиссии СЭВ по геологии (Пост. СМ СССР № 38-с от 17 января 1967 г.);

председатель Подкомиссии по научно-техническому сотрудничеству СССР—КНДР (Пост. СМ СССР № 219/85 от 21 марта 1967 г.);

член Межведомственной Советско-Корейской комиссии по экономическому и техническому сотрудничеству (Пост. СМ СССР № 842/275 от 12 сентября 1967 г.);

первый вице-президент обществ СССР—Алжир, СССР—Нигерия;

член Ученого совета геологического факультета МГУ (приказ министра высшего и среднего образования № 375 от 7 сентября 1967 г.);

член редколлегии межведомственного ежегодного сборника «Геология и полезные ископаемые стран Азии, Африки и Латинской Америки»;

член Государственной межведомственной комиссии по вознаграждению за открытие месторождений полезных ископаемых;

член Межведомственной Советско-Алжирской комиссии по экономическому и научно-техническому сотрудничеству (Распоряжение СМ СССР № 2484 от 13 декабря 1968 г.);

член Национальной комиссии по ЮНЕСКО (Пост. СМ СССР от 15 апреля 1969 г.);

председатель Государственной экзаменационной комиссии геологического факультета Университета Дружбы Народов (приказ по министерству Высшего образования СССР № 428 от 4 июня 1969 г.);

член Межправительственной Советско-Кубинской комиссии по экономическому и научно-техническому сотрудничеству (Пост. СМ СССР 794/260 от 21 сентября 1970 г.);

член Межведомственной комиссии по делам Арктики и Антарктики (Пост. СМ СССР от 20 января 1972 г.);

член Научного совета по проблемам исследования природных ресурсов Земли из космоса (Пост. ГКНТ и ВПКСМ № 100 от 4 апреля 1972 г.);

член Совета уполномоченных по проблеме исследования морей и океанов с целью использования их минеральных ресурсов (Пост. СМ СССР № 123 от 18 апреля 1972 г.);

член Национального комитета геологов при Академии Наук СССР;

заместитель Руководителя делегации СССР на Конференции ООН по разработке «Международной конвенции по Морскому праву», одним из важнейших разделов которой являлось правовое регулирование деятельности мирового сообщества по изучению и использованию минеральных ресурсов дна морей и океанов;

член Клуба морских геологов при вышеуказанной Конференции;

член редколлегии многотомного научного труда «Геология СССР»;

член Межведомственной комиссии по геологической изученности СССР (КОГИ).

Был делегатом I (январь 1938 г.) и II (ноябрь 1939 г.) съездов профсоюза работников геологической и топографо-геодезической служб СССР от геологов Дальнего Востока.

Участник XXIII и XXVII сессий Международного геологического конгресса.

Имею публикации научного, мемуарного и публицистического характера, в том числе по вопросам геологии, географии и метеоритике.

Участник первой экспедиции к месту падения Сихотэ-Алинского метеорита в феврале 1947 г.

С женой Лидией Кузьминичной, которая была со мной в 4-х экспедициях, уже отметили и «золотую», и «бриллиантовую» свадьбы. Имеем с ней 3 сыновей, 5 внуков и 4 правнука. Все — мужики. И всех нас, мужиков, у нее, вместе со мной, — 13 (!).

В.Ярмолюк

P.S. Хобби: с детских лет мечтал о путешествиях и собирал камни. Поэтому стал геологом. С третьего класса начальной школы до сего дня веду дневник. Со школьных лет и до ухода на пенсию коллекционировал марки, монеты, бонны. С уходом на пенсию (1986) все коллекции раздал. Теперь, используя дневники, увлекаюсь мемуаристикой, без малейших надежд на издание уже написанного.

Памяти Николая Николаевича Ведерникова

1 января 2005 года ушел из жизни Николай Николаевич Ведерников — крупный отечественный геолог, талантливый ученый, видный организатор научно-исследовательских работ, заслуженный деятель науки Российской Федерации и Республики Татарстан, первооткрыватель месторождения, почетный разведчик недр, доктор геолого-минералогических наук, профессор, внесший значительный вклад в изучение минерагении орогенных и офиолитовых образований, геологии и оценки месторождений неметаллических полезных ископаемых.

Николай Николаевич родился 14 августа 1930 г. в г. Ростов-на-Дону. В 1954 г. закончил с отличием Новочеркасский политехнический институт и был направлен на работу в Центрально-Казахстанское геологическое управление, где прошел путь от геолога до главного геолога экспедиции. В 1962 г. он переходит на работу в Казахский институт минерального сырья (КазИМС) и уже в 1970 г. становится заместителем директора по научной работе.

Основным направлением его деятельности являлось изучение минерагении Казахстана, что позволило открыть крупные месторождения родусит- и антофиллит-асбеста, оценить перспективы Центрального и Южного Казахстана на магнезиально-силикатный комплекс полезных ископаемых.

В 1975 г. Н.Н.Ведерников стал заместителем председателя Президиума Кольского филиала АН СССР. В 1978 г. после успешной защиты докторской диссертации он вновь возвращается в КазИМС, а с 1981 г. переходит в Казахский политехнический институт и занимает должность профессора кафедры исторической и региональной геологии.

С 1984 г. научная и организационная деятельность Николая Николаевича была связана с Центральным научно-исследовательским институтом геологии нерудных полезных ископаемых (ЦНИИГеолнеруд) в г. Казань, где в должности директора наиболее ярко раскрылись его талант руководителя и организатора, умение сконцентрировать научные исследования на наиболее актуальных проблемах геологической науки и практики. Под его руководством были разработаны прогнозно-поисковые комплексы для основных геолого-промышленных типов месторождений неметаллических полезных ископаемых, ставшие методическим пособием при проведении геологоразведочных работ.

Значительный вклад Н.Н.Ведерников внес в изучение закономерностей размещения месторождений неметаллических полезных ископаемых, их парагенетических взаимоотношений с рудными формациями, что дало возможность ему на основе принципа гомологии подойти к прогнозу нетрадиционных видов минерального сырья и новых типов залежей полезных ископаемых. Большое внимание им уделялось укреплению материально-технической базы, технологической и аналитической службам, сохранению научного потенциала и подготовке высококвалифицированных кадров института.

Николай Николаевич Ведерников в качестве эксперта участвовал в разработке направлений геологоразведочных работ в Эфиопии, Алжире и Монголии, постоянно консультировал и оказывал практическую помощь как куратор Министерства геологии СССР при проведении геологоразведочных работ на неметаллы в пределах территории бывшего СССР и России.



Н.Н.Ведерников большое внимание уделял проблемам геологии твердых нерудных полезных ископаемых Республики Татарстан. При его научно-методическом руководстве были открыты и изучены месторождения цеолитосодержащих карбонатно-кремнистых пород, железоокисных пигментов, формовочных и стекольных песков, мраморно-го оникса, что позволило значительно повысить потенциал недр Республики Татарстан.

Н.Н.Ведерников — автор ряда монографий и более 200 публикаций, он научный редактор крупных трудов по вопросам геологии, поиска и разведки месторождений твердых полезных ископаемых. Николай Николаевич был членом редколлегий журналов «Отечественная геология», «Разведка и охрана недр», «Минеральные ресурсы России. Экономика и управление», «Научный Татарстан», «Георесурсы», принимал участие в работе двух специализированных советов по защите докторских и кандидатских диссертаций.

Николай Николаевич Ведерников пользовался большим авторитетом среди научной общественности. За достигнутые успехи в развитии минерально-сырьевой базы страны и научно-производственной деятельности Н.Н.Ведерников был отмечен правительственными и отраслевыми наградами — ордена «Знак Почета» и «Дружба народов», медаль «За трудовую доблесть», знаки «Первооткрыватель месторождений» и «Почетный разведчик недр».

Коллеги и друзья будут помнить Николая Николаевича как человека, отличавшегося скромностью, отзывчивостью и добротой.

*Коллегия Министерства природных ресурсов
Российской Федерации
Федеральное агентство по недропользованию
Центральный научно-исследовательский институт
геологии нерудных полезных ископаемых
Российское геологическое общество
Члены Совета директоров НИИ Мингео СССР
Редколлегия журналов
«Отечественная геология»
«Руды и металлы»*

“НЕДРА - 2005”

**2-я международная выставка
29 марта - 1 апреля, Москва**



Организаторы:
Министерство природных ресурсов Российской Федерации;
ООО "Экспоброкер";
выставочный комплекс "Промышленность и строительство";
Проводится при поддержке Совета Федерации и Государственной думы Российской Федерации

Основные разделы выставки:

- = Законодательная и нормативно-правовая база и с п о л ь з о в а - ния минерально-сырьевых ресурсов
- = Инвестиционные предложения по освоению новых месторождений и реорганизации действующих предприятий добывающих отраслей
- = Состояние и проблемы геологического изучения недр и воспроизводства минерально-сырьевой базы
- = Информационные технологии и лабораторно-аналитическое обеспечение геологического картографирования, прогнозирования и поисков месторождений полезных ископаемых
- = Геологическое изучение континентального шельфа Р о с с и й - ской Федерации, Антарктики и дна Мирового океана
- = Геофизические методы разведки и поисков месторождений
- = Геофизическая аппаратура и оборудование
- = Технические средства для проведения геологоразведочных работ
- = Новейшие технологии добычи полезных ископаемых
- = Охрана окружающей среды и экологическая безопасность при добыче, переработке и транспортировке
- = Оценка запасов и ресурсов
- = Редкие металлы, гелий
- = Комплексное использование минерального сырья и

В рамках выставки пройдет научно-практическая конференция “Недра России - пути удвоения ВВП”

Более подробную информацию по условиям участия и программе выставки Вы можете получить по тел/факс:
(095) 181-9648, 181-4160, 181-9815
E-mail: expobroker@mtu-net.ru

**Будем рады видеть Вас среди посетителей
и участников 2-й Международной выставки “НЕДРА-2005”!**



Contents

Recommendations of parliamentary hearings on the subject: «Topical issues of developing the subsoil and subsurface use law of the Russian Federation»	3		
TsNIGRI — 70	7		
METALLIFEROUS AND NONMETALLIFEROUS DEPOSITS			
<i>Usmanov F.A.</i> Statistical metallogenic analysis: identification and evaluation of metalliferous deposits' location regularities relative to geological targets, geophysical and geochemical anomalies ..	10		
<i>Vorobyova S.V.</i> Regularities of regional dynamic metamorphism development and geological position of complex sulfide ores in the Urals ..	19		
<i>Kupriyanova I.I., Ryazantseva M.D., Kukushkina O.A., Belyatsky B.V., Krymsky R.S.</i> Prerequisites and factors of large lithium-berillium-fluorite deposits formation within Voznesensk ore district	23		
<i>Granovsky A.G., Granovskaya N.V.</i> Prospects for barite potential in North-Western Caucasus ...	33		
STRATIGRAPHY, REGIONAL GEOLOGY AND TECTONICS			
<i>Repin A.G.</i> Faults, lineaments of northern West Siberia	37		
<i>Akulov N.I.</i> Evolution of Devonian sedimentation basins in the south of Siberian platform	41		
<i>Dolnik T.A., Faizulina Z.H., Ilyin A.S., Artemieva A.I., Subitskaya T.F., Anisimova S.A., Lelikova A.A.</i> Olkhinskaya suite — a key to correlation of stratigraphic pre-cambrian units of Sayano-Baikal mountainous area and Siberian platform	46		
<i>Shilov L.P., Shmareva M.B., Dokinevich O.A.</i> Structural-tectonic features of Timan structure	56		
LITHOLOGY, PETROLOGY, MINERALOGY, GEOCHEMISTRY			
<i>Voyevodin V.N., Popovchenko S.E., Shukailo L.G.</i> A new type of carbonatites	60		
GEOPHYSICS AND DEEP STRUCTURE			
<i>Kozeyev S.I., Mavrichev V.G., Petrova A.A.</i> Model of the Earth's crust layered structure in the Southern Urals by gravimagnetic data	63		
GEODYNAMICS AND SEISMICITY			
<i>Gasarov G.A., Keramova R.A., Agapov N.I.</i> Relation between seismicity, mud volcanism and appearance of geochemical anomalies in subterranean waters of Caspian region	69		
GEOECOLOGY			
<i>Tatarinov A.V., Khodanovich P.Yu., Smirnova O.K.</i> Technogenous geological processes in the mining industry ...	73		
BRIEF COMMUNICATIONS			
<i>Nepomnyashchikh I.A.</i> Three approaches in geoscience's methodology (exemplified by geophysics)	78		
		75 th anniversary of Nikolay Pavlovich Laverov	82
		95 th anniversary of Victor Andreevich Yarmoluk	83
CHRONICLE			
		A resolution of the International union of geological sciences (IUGS)	85
		<i>Stroyev P.A., Koryakin E.D., Grushinsky A.N.</i> 6 th geophysical proceedings named after V.V.Fedynsky	86
		Materials of the editorial board	95
		In memory of Nikolay Nikolayevich Vedernikov	96