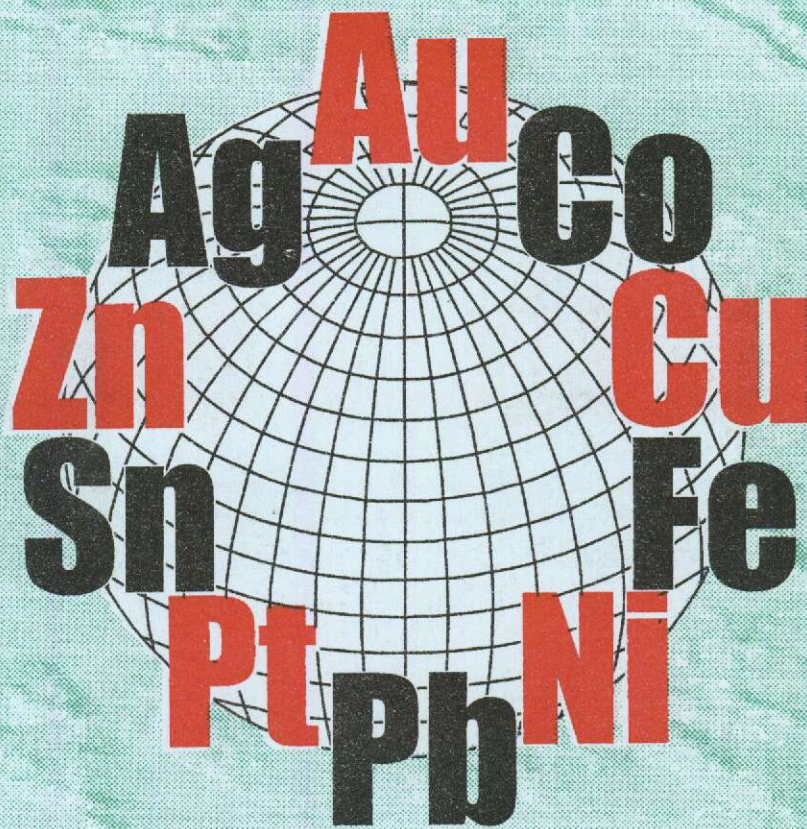


РУДЫ

И

МЕТАЛЛЫ



ЦНИГРИ МПР России

Главный редактор
И.Ф. Мигачёв



1/2001

ISSN 0869-5997

ВЫШЕЛ ИЗ ПЕЧАТИ СЛОВАРЬ-СПРАВОЧНИК

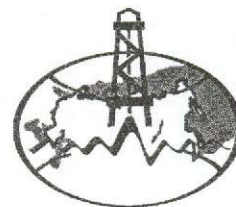
Термины и понятия отечественного недропользования (словарь-справочник) / А.И.Кривцов, Б.И.Беневольский, В.М.Ми-наков, И.В.Морозов (Под ред. Б.А.Яцкевича) / ЗАО «Гео-информмарк». — М., 2000. — 344 с. ISBN 5-900357-53-8

Представлены основные термины и понятия геологических наук и горного дела, которые сочетаются с широким спектром терминов и понятий из других сфер социально-общественной и хозяйственной деятельности, связанных с использованием недр России и воспроизводством минерально-сырьевых ресурсов. В зависимости от содержания и назначения термины и понятия сопровождаются либо определениями, либо описаниями (пояснениями). Русскоязычный словарь дополнен перечнем наиболее распространенных английских терминов сферы недропользования, смысл которых раскрывается через отсылки к русским эквивалентам. В словарной форме дано описание свойств, областей применения и природных форм нахождения основных видов полезных ископаемых. В приложения включены базовые документы, регламентирующие стадийность геологоразведочного процесса и классификацию запасов, принятую в России, а также перечень законодательных и нормативных актов Российской Федерации, регламентирующих функционирование отечественной системы недропользования и деятельность ее участников. Для удобства пользования словарь-справочник сопровождается алфавитным указателем терминов и понятий.

Словарь-справочник ориентирован на широкий круг специа-листов, чьи профессиональные и деловые интересы так или иначе связаны со сферой отечественного недропользования.

Контактный телефон: 315-06-56

РУДЫ И МЕТАЛЛЫ



1/2001

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

ВЫХОДИТ 6 РАЗ В ГОД

ОСНОВАН В 1992 ГОДУ

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор И.Ф. МИГАЧЕВ

Б.И. БЕНЕВОЛЬСКИЙ
Э.К. БУРЕНКОВ
В.И. ВАГАНОВ
С.С. ВАРТАНЯН
В.И. ВОРОБЬЕВ
П.А. ИГНАТОВ
М.М. КОНСТАНТИНОВ
А.И. КРИВЦОВ, зам. главного редактора
Н.К. КУРБАНОВ
Г.А. МАШКОВЦЕВ
В.М. МИНАКОВ
Н.И. НАЗАРОВА, зам. главного редактора
Г.В. ОСТРОУМОВ
В.М. ПИТЕРСКИЙ
В.И. ПЯТНИЦКИЙ
Г.В. РУЧКИН
Ю.Г. САФОНОВ
Г.В. СЕДЕЛЬНИКОВА
В.И. СТАРОСТИН
И.А. ЧИЖОВА



УЧРЕДИТЕЛЬ

ЦЕНТРАЛЬНЫЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫЙ ИНСТИТУТ
ЦВЕТНЫХ И БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ
(ЦНИГРИ)

Издается при участии
Международной академии минеральных ресурсов,
Фонда им. академика В.И.Смирнова

Москва ЦНИГРИ 2001

Редакция: Н.И. Назарова, Г.В. Вавилова
Компьютерный набор, верстка и оригинал-макет: В.К. Комарова, Н.П. Кудрявцева

Сдано в набор 09.01.2001 г.
Подписано в печать 27.12.2000 г.
Тираж 400 экз.

Формат 185×270 1/8
Бумага офсетная № 1
Печать офсетная

Адрес редакции: 113545 Москва, Варшавское шоссе, 129«Б», ЦНИГРИ
Телефон: 315-28-47
Типография ЦНИГРИ: Варшавское шоссе, 129«Б»

© «Руды и металлы», 2000

От главного редактора

5

Editorial

На XXXI сессии Международного геологического конгресса

At the 31-st International Geological Congress

Интервью Эд де Мулдера и П.Бобровски

7

Ed F.J.Mulder and P.Bobrovski's interview

Комаров М.А., Григорьев Н.П.
Проблемы сбалансированного экономического развития и минеральных ресурсов на XXXI Международном геологическом конгрессе

11

Komarov M.A., Grigoriev N.P.
Problems of sustainable economic development and mineral resources at the 31-st International Geological Congress

Кривцов А.И., Мигачев И.Ф.
Перспективы глобального минерально-сырьевого обеспечения и эффективность использования минеральных ресурсов

16

Krivtsov A.I., Migachev I.F.
Prospects for global supply and effective use of mineral resources

Машковцев Г.А., Наумов С.С.
Запасы и производство урана: состояние и перспективы развития

32

Mashkovtsev G.A., Naumov S.S.
Uranium reserves and production: current state and prospects for development

Строение рудных месторождений

Structure of Ore Deposits

Игнатов П.А., Мalykh Ю.Ф., Наумов С.С., Бастриков Ю.Л., Новиков Г.И., Мельников Е.К., Шариков П.И., Дундо Г.П.
Потенциальные урановорудные районы гидрогенного типа на северо-западе Московской синеклизы

37

Ignatov P.A., Malykh Yu.F., Naumov S.S., BASTRIKOV Yu.L., Novikov G.I., Mel'nikov E.K., Sharikov P.I., Dundo G.P.
Potential hydrogenic uranium districts in the north-west of the Moscow syncline

Соловьев Е.Б., Конкин В.Д., Ручкин Г.В.
Механизм образования колчеданно-полиметаллических месторождений в углеродисто-терригенных толщах

49

Soloviev E.B., Konkin V.D., Ruchkin G.V.
Mechanism of forming base metal pyrite deposits in carbon-terrigenous rock sequences

Макаров В.А., Шведов Г.И.
Золото и металлы платиновой группы в месторождении песчано-гравийных смесей среднего течения р. Енисей — поисковые признаки и перспективы освоения

61

Makarov V.A., Shvedov G.I.
Gold and PGM in sand-and-gravel deposits in the middle course of the Yenisei river — prospecting guides and prospects for development

Дискуссии**Discussions**

Кузовков Г.Н.
О геологической природе ураноносных бассейнов 69

Kuzovkov G.N.
On geological nature of uranium-bearing basins

Зубков В.С.
Мантийная углеводородно-неорганическая модель образования золотых месторождений карлинского типа 76

Zubkov V.S.
Mantle hydrocarbon-inorganic formation model of the Carlin-type gold deposits

Тимофеева Т.С., Мирталипов Д.Я., Васильев Г.А., Мусаева М.М., Рахимджанов А.А., Уралов Б.Х.
Криминальное движение драгоценных металлов в районах их добычи и возможности его существенного ограничения 82

Timofeeva T.S., Mirtalipov D.Ya., Vasiliev G.A., Musaeva M.M., Rakhimjanov A.A., Uralov B.Kh.
Criminal movement of precious metals in mining districts and the possibilities of its essential restriction

Новости, информация**News, information**

Новожилова И.М.
Экономическая геология в современном обществе (обзор) 87

Novogilova I.M.
Economic geology in the present-day society (review)

Поздравляем с юбилеем**Congratulations**

Л.А.Николаеву 91

L.A.Nikolaeva

ОТ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА

XXXI сессия Международного геологического конгресса, состоявшаяся 6—17 августа 2000 г. в Рио-де-Жанейро (Бразилия), привлекла внимание 4100 специалистов из 103 стран мира. Среди них, как обычно, преобладали представители страны-организатора — 1500 человек.

Одной из ведущих проблем сессии МГК-XXXI была «Геология и сбалансированное развитие: вызов третьего тысячелетия». Ей были посвящены девять заказных докладов и четыре целевых лекции, которые открывали научную программу МГК-XXXI.

На 74 специальных симпозиумах были представлены доклады от организаций, аффилированных при Международном союзе геологических наук (МСГН), а также от комиссий и рабочих групп, функционирующих в рамках программы Международной геологической корреляции и других международных проектов. Внепроектные — инициативные — разработки составили тематику 163 общих симпозиумов.

Информационные материалы МГК-XXXI включают 6200 докладов, представленных на коллоквиумы, специальные и общие симпозиумы. Их публикация после соответствующей целенаправленной обработки будет развернута на страницах журнала.

Тезисы докладов специалистов организаций МПР России опубликованы в специальном выпуске журнала «Отечественная геология» 08.2000 г.

От ЦНИГРИ в программу сессии МГК-XXXI были включены 17 докладов, из них тезисы 12 докладов опубликованы в журнале «Отечественная геология». На конгрессе сотрудниками ЦНИГРИ были сделаны девять стендовых и два устных доклада:

1. Перспективные типы экзогенных месторождений золота и их металлогенический потенциал в XXI веке — *Н.М.Риндзюнская, И.М.Новожилова* (стендовый и устный).

2. Методика прогноза, поисков и оценки экзогенных месторождений золота в различных геотектонических зонах — *Н.М.Риндзюнская, И.М.Новожилова, О.С.Набровенков*.

3. Прогнозирование близповерхностных золото-серебряных месторождений (Северо-Восток России) от статистических закономерностей к компьютерной экспертной системе — *С.Ф.Стружков, И.А.Чижова, М.М.Константинов*.

4. Решение прогнозно-металлогенических задач на базе компьютерной технологии «Spring-II» — *И.А.Чижова, В.В.Кузнецов*.

5. Структура океанской литосферы, отраженная в картах Геолого-геофизического атласа Анголо-Бразильского и Маскаренско-Австралийского геотраверзов — *Б.Д.Углов*.

6. Закономерности распределения стронция и некоторых других элементов в подземных водах каменноугольных отложений Московской области — *Н.М.Заури, С.Г.Кряжев, М.Е.Васильева, Е.Ю.Савушкина*.

7. Модели полигенных и полихронных рудных месторождений андезитовидного вулканоплутонического пояса (ВПП) на Среднем Урале — *А.И.Кривцов, О.В.Минина* (стендовый и устный).

8. Возможная мировая добыча горючих и металлических полезных ископаемых к 2025 г. и темпы ее компенсации новыми запасами — *А.И.Кривцов, И.Ф.Мигачев.*

9. Приложение рудно-формационного анализа и моделей МПГ-месторождений для металлогенического картирования — *В.И.Кочнев-Первухов, С.О.Федорова, В.В.Столяренко.*

Публикацию материалов сессии МГК-XXXI, которая будет продолжаться в виде обзоров по отдельным проблемам в последующих номерах журнала, мы начинаем с интервью Эд де Мулдера и Питера Бобровски, которое они дали представителям редколлегий журналов МПР Г.С.Вартаняну и Г.М.Гейшеру.

Профессор доктор Эд де Мулдер — руководитель департамента геоинфраструктуры Нидерландского института прикладных геологических наук — избран новым президентом МСГН, П.Бобровски (Канада) — вице-президентом МСГН. Их ответы на вопросы, помещенные на следующих страницах, дают достаточно полное представление об отношении нового руководства МСГН к некоторым ключевым проблемам геологических наук. Перевод ответов на русский язык выполнен максимально приближенно к оригиналу, с учетом особенностей английской лексики.

Далее публикуется обзор В.М.Комарова и Н.П.Григорьева по проблеме сбалансированного экономического развития в заказных докладах Деборы Шилдс (США) «Альтернативный подход к устойчивому развитию — значение для управления минеральными ресурсами», Джузеппе Кордани (Бразилия) «Роль геологии в сбалансированном обществе», Брайена Скиннера (США) «Перспективы поисков минеральных ресурсов в XXI столетии» и докладах авторов статьи. Представления о связи геологии и устойчивого развития пока весьма расплывчаты. По мнению авторов обзора, концепция сбалансированного развития, — скорее, научная концепция экономики природопользования и расхожий термин в политике, чем реальная схема экономического роста и развития, и с этим нельзя не согласиться.

В статье А.И.Кривцова и И.Ф.Мигачева, отражающей доклады, представленные на МГК-XXXI и съезд геологов России, посвященный 300-летию горно-геологической службы страны, общие положения о сбалансированном развитии дополнены конкретными количественными оценками глобальной минерально-сырьевой обеспеченности в XXI веке. Эти оценки основаны на итогах ряда исследований, выполненных в ЦНИГРИ в 1998—2000 гг., и сопровождаются необходимой фактографией через систему мониторинга МСБ, созданную в ЦНИГРИ.

В статье А.Г.Машковцева и С.С.Наумова приводятся данные о минерально-сырьевой базе урана в России и за рубежом, рассматривается обеспеченность России урановым сырьем на ближайшую перспективу за счет отработки месторождений методом подземного выщелачивания и поиска объектов богатых и комплексных руд.

Мы рассчитываем, что знакомство с материалами МГК-XXXI поможет геологам-ученым и практикам в их повседневной работе, а опыт других стран в области повышения эффективности недропользования, демонстрировавшийся на конгрессе, будет учтен при формировании федеральной минерально-сырьевой стратегии и политики России.

НА XXXI СЕССИИ МЕЖДУНАРОДНОГО ГЕОЛОГИЧЕСКОГО КОНГРЕССА

ИНТЕРВЬЮ ЭД ДЕ МУЛДЕРА И П. БОБРОВСКИ

Профессор доктор Эд де Мулдер — президент Международного союза геологических наук и профессор доктор Питер Бобровски — вице-президент Международного союза геологических наук отвечают на вопросы редколлегии журналов Министерства природных ресурсов.

Г-н Мулдер, г-н Бобровски!

Заканчиваются XX век и II тысячелетие от Рождества Христова. Человеческая цивилизация за последние 100 лет сделала огромный рывок на пути технического прогресса. В связи с этим три вопроса:

1. Какое место в сегодняшних достижениях науки и техники занимает геология? Как вы оцениваете вклад геологического сообщества в общую «копилку» научно-технического прогресса?

2. Какую роль вы отводите проблеме обеспечения мира минеральными ресурсами и какое место в этом обеспечении занимают месторождения России?

3. Какие направления в деятельности Международного союза геологических наук (МСГН) вам представляются наиболее перспективными?

Эд де Мулдер

1. Геология традиционно занимает особое место в области науки и техники. В прошлом геология имела дело с такими временными и пространственными масштабами, которые превышают масштабы в других науках и, конечно, в технике. В результате непроверяемые данные о геологических процессах нелегко получить в ходе экспериментов в лабораториях. Это, в свою очередь, привело к такой ситуации, когда геологические данные имели только качественную природу, и в отличие от других наук количественная аргументация неизбежно отстала.

Однако эта картина резко изменилась в течение последних десятилетий. Геоэстатистика сделала огромный рывок, количественные данные в настоящее время используются как исходные для геологического моделирования в целях воспроизведения результатов геологических процессов. Если это не может быть достигнуто с помощью детерминированных моделей, наилучшие результаты дают вероятностные модели. Эти разработки изменили научное осмысление нашей профессии в положительную сторону. Хотя еще многое предстоит достичь, геологические науки

занимают уважаемое положение на научной арене.

2. Наличие достаточного количества минеральных ресурсов еще является важнейшим фактором в мировой экономике и повседневной жизни человечества. Несмотря на существующую в настоящее время обеспокоенную чувствительность к воздействию разработок месторождений полезных ископаемых на окружающую среду, общепризнано, что наши экономики не могут выжить без минеральных ресурсов, которые, однако, должны и могут эксплуатироваться экологически безопасными и рентабельными способами. Благодаря знанию геологических процессов и взаимодействий минералов и их производных с природной средой исследователи, изучающие проблемы геологии, по определению являются экспертами в прогнозировании воздействия горной промышленности на общество. Поэтому ученые-геологи должны продолжать играть главную роль в научно обоснованной разработке месторождений. Что касается разведки минерального сырья, мало кто сомневается в ведущей роли ученых-геологов.

После большого изменения в политической и экономической жизни в России, происшедшего около десяти лет назад, экономическое значение многих минеральных ресурсов России было переоценено. Это привело к закрытию многих шахт. Россия вместе со странами СНГ остается наиболее крупным производителем некоторых видов минерального сырья в мировом масштабе и будет играть важную роль в добыче в последующие десятилетия. Недавние открытия крупных нефтяных месторождений в Казахстане указывают на потенциальную возможность создания в этой части мира новых экономически активных участков.

3. В МСГН в течение ближайших четырех лет будут развиваться два направления деятельности. Первое включает содействие в применении геологических наук в обществе. Потери многих жизней и имущества можно избежать благодаря разумному использованию имеющихся в настоящее время знаний наук о Земле. Это разумно и недорого. Однако общество, политические деятели и даже многие наши коллеги, ученые-геологи, мало осведомлены об этом. Повышение информированности об этом сокровище для общества

должно стать одним из основных приоритетов МСГН. Второе направление деятельности касается развития научного аспекта в геологии. Ученые-геологи недостаточно вовлечены в текущие крупные международные научные программы, например в Международную программу по геосфере и биосфере. МСГН совместно с ЮНЕСКО планирует организовать Международный год Земли. Такое событие вдохновит фундаментальные геологические науки на новые инициативы. Оба направления деятельности (геологические науки для общества и развитие фундаментальных геологических наук) тесно взаимосвязаны: если уровень оценки обществом геологических наук увеличится, нашей деятельности будут доступны более крупные средства.

Питер Бобровски

1. Имея перечень выдающихся технических и научных достижений последних нескольких десятилетий, очень трудно адекватно охарактеризовать успехи мировой геологической науки в области науки и техники за последние 100 лет. В своих взаимоотношениях геология и наука/техника всегда шли навстречу друг другу. Геологи быстро приспосабливали технические достижения в других областях к своей собственной миссии изучения Земли и других планетарных тел. Например, наши знания о внутреннем строении Земли были в значительной степени расширены благодаря передовому геофизическому оборудованию, тогда как наше понимание крупномасштабного изменения ландшафта поверхности Земли стало возможным благодаря четким изображениям, полученным с помощью ИСЗ. Информация, собранная таким образом, переадресовывалась в другие дисциплины, такие как океанография, биология, атмосферные науки и т.д., чтобы способствовать удовлетворению потребности общества в научно обоснованной разработке ресурсов, адаптации к изменениям климата и оценке воздействия литосферы на жизненные циклы всех живых организмов. К сожалению, роль геологической науки во всем — от определения расположения основных металлов, жизненно важных для нашего повседневного существования, до помощи другим в определении возраста и истории развития *Homo sapiens* — мало признана (осознана). Наш вклад в «копилку» науки — выдающийся, но плохо рекламируемый нами и недооцениваемый общественными и другими отраслями знаний.

2. Геология есть и всегда будет единственной дисциплиной, способной квалифицированно распознать, определять месторожде-

ние и добывать минеральное сырье для удовлетворения потребностей общества. Так как потребность в минеральных ресурсах продолжает расти, общество будет вынуждено больше ценить важную роль геологии в научно обоснованном управлении ресурсами. Достижения геологии в области разведки месторождений говорят сами за себя. Углубление знаний о стратиграфии и литологии, прорыв в моделировании месторождений полезных ископаемых и усовершенствованная разведочная техника — все это вместе способствовало более точной и эффективной разведке запасов полезных ископаемых. Россия и страны СНГ имеют давнюю традицию лидеров в мировых минеральных запасах, и это, очевидно, сохранится и в будущем. Огромные пространства недостаточно разведанных земель на материковой части России позволяют предположить наличие значительного потенциала для богатых месторождений, которые еще предстоит открыть и разумно использовать. В связи с этим российские геологи сохраняют влияние в исследовании и практическом использовании запасов полезных ископаемых.

3. Международный союз геологических наук несет ответственность за содействие в распространении и повышении информированности общественности, политиков и других ответственных лиц о важной роли наук о Земле. Представляя десятки тысяч геологов более чем из 100 стран, МСГН должен действовать быстро и эффективно, чтобы обеспечить как можно более полное использование как уже полученных научных знаний, так и будущих научных открытий в геологии. Геологи уже давно оценили хрупкость Земли и жизнеспособности человеческого рода. Наши глубокие знания о прошлом Земли и наше умение предсказывать некоторые грядущие события (например геологические катастрофы) ставят нас в завидное положение по обеспечению будущей жизнеспособности земного шара. В течение следующего десятилетия МСГН должен существенно увеличить вес геологии в обществе. Хотя мы должны содействовать продолжению развития широкомасштабных фундаментальных научных исследований в области геологии и прикладных геологических наук, МСГН должен взять на себя задачу по политизированию (политической пропаганде) геологии для геологов. Неприятная, но необходимая обязанность, геология должна стать активной частью ежедневного лексикона лиц, определяющих политику, законодателей и государственных деятелей.

Прошло четыре года после «пекинской» XXX сессии МГК. В связи с этим два вопроса:

1. Какие наиболее важные события в жизни геологического сообщества вы считаете необходимым отметить за этот период. (Другими словами, что наиболее интересное вы хотели бы отметить на XXXI «бразильской» сессии МГК)?

2. Господа Кордани и Файф неоднократно говорили о падении престижа геологов. Согласны ли вы с этим?

Эд де Мулдер

1. После пекинского конгресса в 1996 г. мы были свидетелями многих важных научных событий в области как фундаментальных, так и прикладных геологических наук. Достаточно упомянуть некоторые из них: мы начинаем расшифровывать более крупные и некоторые более мелкие геологические процессы, как это было отмечено во многих докладах, представленных на XXXI конгрессе в Рио-де-Жанейро. Мы начинаем понимать, как глубинная кора и верхняя мантия развивались в течение последних нескольких сотен миллионов лет. Благодаря прогрессивной сейсмической томографии мы теперь можем фактически *видеть*, как сложены первые несколько сотен километров нашей планеты и как они развиваются. Благодаря многовариантным подходам и передовым технологиям датировки мы можем действительно *читать* изменения в климатических условиях четвертичного периода с разрешением в несколько десятилетий. Благодаря очень точным технологиям геодезических измерений мы можем действительно *измерять* расширение и сжатие континентов. И наконец, мы можем осуществлять *текущий контроль* за природными и искусственными (вызванными деятельностью человека) изменениями в геологической среде с помощью геоиндикаторов окружающей среды.

2. Геология ценится и всегда высоко ценилась профессионалами, учеными-геологами. Благодаря характерному научному подходу она всегда занимала особое положение в науке. Однако из-за сложности в выражении нашей информации в виде точных количественных данных геологические науки несколько отстают в области моделирования, за исключением гидрогеологии. На мой взгляд, это в некоторой степени сдерживает наше положение в конкурирующем мире прогнозного моделирования. Чтобы было более понятно: биологи добились больших успехов в исследовании климатических изменений и разработке глобальных климатических моделей, инженеры-строители занимают ведущее

место в исследованиях воздействия окружающей среды на недра и даже в прогнозировании природных катаклизмов, но не ученые-геологи. Наши дружелюбные характеры и искренняя заинтересованность в сохранности природы, несомненно, имеют отношение к нежеланию занять лучшие места за столом переговоров. Однако мы исправляемся также и потому, что представители других наук, наконец, начали обнаруживать огромное количество очень важной информации, которую мы как геологи получаем из своих геологических отчетов.

Питер Бобровски

1. За последние четыре года каждая отдельная отрасль геологии могла возвестить о выдающихся открытиях: наилучшее оборудование для геофизического моделирования, высокоточные методы датирования у геохронологов, расширенные пределы чувствительности обнаружения химических элементов у геохимиков, эффективные открытия ископаемых у палеонтологов, лучшее понимание взеземной планетарной динамики и т.д. Список отдельных и общепрофессиональных достижений бесконечен, и нет необходимости в их перечислении здесь, однако наиболее важным признанием того, что все отрасли геологии могут способствовать развитию Земли, что нашло свое отражение на этом конгрессе. Геологи теперь гордятся тем, что их как фундаментальные, так и прикладные исследования могут внести существенный вклад в компетентное управление богатствами Земли — от минерального сырья до воды и от почв до ископаемого топлива.

2. Я искренне (всем сердцем) согласен и с профессором Кордани, и с профессором Файфом о падении престижа нашей отрасли знаний. Трудно назвать время, когда это произошло. Хотя книги о динозаврах и документальные телепередачи о геологических катастрофах и т.п. продолжают привлекать и пленять ученых-геологов во всем мире, другие науки и широкая общественность часто пренебрегают геологами. По некоторым причинам наши знания и практический опыт были узурпированы другими. Например, биологи прочно утвердили себя как наиболее приспособленные для понимания глобальных изменений климата. По иронии судьбы геологи лучше постигли масштаб, интенсивность и влияние глобальных изменений благодаря своему знанию прошлого и поэтому более приспособлены для оценки возможных глобальных изменений климата. Есть ли смысл в безразличии со стороны геологов? Почему мы не поддерживаем других геологов

в их усилиях? Почему мы так неохотно тратим время на просвещение молодежи и широкой общественности в области геологии? Для того чтобы вернуть себе престиж в мире, все геологи должны содействовать развитию этой отрасли знаний и распространению достижений своих собратьев-геологов.

В этом году в России отмечается 300-летие горно-геологической службы. В связи с этим два вопроса:

1. Какие достижения российской (советской) геологии вам представляются наиболее значительными?

2. Что вы хотели бы пожелать российским коллегам в связи с этим событием?

Эд де Мулдер

1. Российские (советские) геологи оказали большое влияние на развитие геологических наук в XX веке. Они дали нашей отрасли знаний великие имена и способствовали огромному прогрессу в нашей профессии. На меня огромное впечатление произвели работы в области энвайронментальной техники и геоморфологии, макропалеонтологии, беспрецедентные разработки российских (советских) ученых в мерзлотоведении.

2. Я хотел бы пожелать российским коллегам продолжать следовать по стопам ваших великих соотечественников, хорошо известных также основательностью, с которой они собирали фактические данные. Кроме того, я бы предложил расширить получение количественной информации, получить более широкий доступ к современным информационным технологиям, включая ГИС, и иметь больше контактов с коллегами из других стран. Когда это будет достигнуто, я предвижу успешное будущее для наших русских и других коллег во многих областях геологических наук. Мы должны помнить, однако, что наука и технология находятся на пути к интеграции и новые поколения ученых-геологов все больше и больше работают на стыке классических дисциплин.

Питер Бобровски

1. Российские геологи больше сосредоточились на изучении Земли, чем на внеземных исследованиях. Это хорошо и отражает то, чему мы в МСГН будем стараться способствовать в течение следующих нескольких лет. В прошлом веке российские геологи сделали выдающиеся успехи во всем, начиная от разработки сложных моделей подземных вод до применения методов стратегических (перспективных) оценок территорий. Разведочная геология, палеонтология, исследования вечной мерзлоты, геохимия и многие другие области обогатились благодаря работам российских геологов.

2. В связи с тем, что мы вступаем в следующее тысячелетие и продолжаем расширять наши возможности общения через Интернет, я бы очень хотел, чтобы все геологи, включая российских и из стран СНГ, поддерживали высокий уровень знаний и содержания в этом важном средстве массовой информации. Традиционно было трудно получать российскую геологическую литературу. Сейчас, однако, все российские ученые, описывая свою работу, могут охватить более широкую аудиторию в «реальном времени». Это окажет большое влияние на роль российской геологии во всем мире.

Как вы относитесь к идее создания Международной ассоциации редакторов геологических журналов при МСГН. Что для этого необходимо сделать?

Эд де Мулдер

Идея создания Международной ассоциации редакторов геологических журналов является перспективной для МСГН. По определению такая ассоциация объединит ограниченное число людей, но они будут очень влиятельны. Прежде чем рассматривать объединение ассоциации с содружеством организаций, входящих в МСГН, необходимо сначала выяснить: имеет ли такая ассоциация достаточные основания для существования. Другими словами, каковы общие интересы этих редакторов, чего они хотели бы достичь с помощью ассоциации, должны ли они привлекать редакторов журналов по геофизике, вулканологии, инженерной геологии, гидрогеологии, океанографии и гляциологии? МСГН всегда заинтересован в участии в подобных дискуссиях и совместном поиске наилучших возможностей для объединения.

Питер Бобровски

Предложение о создании международного объединения редакторов геологических изданий имеет существенное достоинство, которое следовало бы обсудить как руководству МСГН, так и потенциальным сторонникам этой идеи. В настоящее время трудно определить: должен ли такой орган входить в МСГН или просто поддерживаться им. Однако, как мы видели из многочисленных примеров, все отрасли знаний, подотрасли, специальности и т.д. извлекают пользу, когда они объединяются как партнеры во всемирном масштабе. Я бы поощрил российских редакторов продолжить изучение возможности создания такого международного органа, сконцентрированного на этом предмете. Особенно в связи с тем, что мы рассчитываем на помощь наших редакторов в эффективной поддержке и геологических наук.

УДК 553.04.003.1

© М.А.Комаров, Н.П.Григорьев, 2001

ПРОБЛЕМЫ СБАЛАНСИРОВАННОГО ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ И МИНЕРАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ НА XXXI МЕЖДУНАРОДНОМ ГЕОЛОГИЧЕСКОМ КОНГРЕССЕ

М.А.Комаров, Н.П.Григорьев (ВИЭМС МПР России)

XXXI сессия Международного геологического конгресса в Рио-де-Жанейро (Бразилия) проходила под девизом «Геология и сбалансированное (устойчивое) развитие — вызов нового тысячелетия». Определение сбалансированного развития впервые было дано в докладе «Наше общее будущее» (1989) Комиссии ООН под руководством Г.Брундтландт: «сбалансированное развитие — это развитие, позволяющее на долговременной основе обеспечить стабильный экономический рост, не приводящий к деградационным изменениям природной среды; выход на уровень устойчивого развития рассчитан на удовлетворение потребностей как современного, так и будущих поколений». В России широко распространен неудачный перевод термина «sustainable» (сбалансированное, самодостаточное) как устойчивое развитие. К сожалению, устойчиво пока только потребительское отношение к окружающей среде. Сущность понятия «сбалансированное развитие» состоит в достижении экономического роста и развития при сохранении качества окружающей среды, биоразнообразия и состояния природных ресурсов (как истощаемых, так и возобновляемых) на уровне, обеспечивающем их воспроизводство и потребности народного хозяйства. Первоначально концепция сбалансированного экономического развития предназначалась для стран третьего мира, пытавшихся побороть бедность и перейти к экономическому росту путем расточительной эксплуатации природных ресурсов и деградации окружающей среды в своих странах. Богатые страны «севера» (Западная Европа, Северная Америка, Япония) опасались, что они настолько разрушат свою природу, что это представит опасность и для богатых стран. Сейчас переход к такому развитию стал реальной задачей политики европейских стран. Наибольшие успехи на этом пути у Великобритании и Германии. Многие страны, в том числе Россия и Китай, приняли эту концепцию как стратегическую задачу. Однако сделано немного. В специальной лекции на Конгрессе Тянь Фэншаня (министр земель и

ресурсов) «Значение наук о Земле для устойчивого развития Китая» сказано в основном о программах изучения земельных и минеральных ресурсов в стране и борьбе с геологическими бедствиями.

Концепция сбалансированного развития сегодня представляет собой, скорее, научную концепцию экономики природопользования и расхожий термин в политике, чем реальную схему экономического роста и развития. Она пока недостаточно известна в среде специалистов в области наук о Земле. Главный вопрос, который активно обсуждался на Конгрессе, — как «вписать» в сбалансированное развитие невозобновляемые минеральные ресурсы, освоение которых наносит ущерб окружающей среде. Актуальными остаются принципы, сформулированные у нас еще в советское время, — снижение ущерба окружающей среде и рациональное использование минеральных ресурсов.

Между тем, представления о связи геологии и устойчивого развития пока весьма расплывчаты. От докладов, в которых упоминается сбалансированное (устойчивое) развитие, создается впечатление, что мировое геологическое сообщество не совсем готово связать эту экономическую концепцию с минерально-сырьевыми и геологическими реалиями. Наиболее авторитетные ученые не продвигаются дальше неомальтузианских пророчеств, а большинство докладчиков лишь декларируют, что их конкретные исследования в области минеральных ресурсов, природных бедствий и др. очень нужны для устойчивого развития. Специалистам-геологам явно недостает гуманитарных знаний (в области экономики, социологии, политологии) для оценки соотношения геологии и общества. Немногочисленным гуманитариям, участвовавшим в работе Конгресса, нехватало понимания проблем геологии и минеральных ресурсов. Поэтому необходимо настойчиво налаживать междисциплинарное взаимодействие, так как в XXI веке общественная роль в области наук о Земле будет возрастать. На сессии явно обозначился поворот к общественным, политическим, социальным и

экономическим проблемам наук о Земле и особенно геологии.

Дебора Шилдс (главный специалист по экономике минеральных ресурсов исследовательской станции «Скалистые горы» в составе Лесной службы Агентства развития США) в соавторстве с С.Соларом (Словения) взяла на себя миссию просветить коллег, сделав доклад «Альтернативный подход к устойчивому развитию — значение для управления минеральными ресурсами». Она попыталась на основе общеизвестных понятий несколько конкретизировать и расширить понимание устойчивого развития в соответствии с реалиями наступающего столетия.

Экономическое время и эволюция общества определяют темп и направления экономического развития. Необходимо так управлять минеральными ресурсами, чтобы создавать долгоживущее богатство (капитал). Различаются четыре вида капитала: финансовый, материальный, человеческий, природный. Надо отметить, что финансовый капитал вряд ли правильно выделять как самостоятельный — он обслуживает остальные виды. Главное — это его соответствие другим видам, при нарушении которого возникают общественные и экономические кризисы.

Докладчик предложила различать два типа устойчивого развития — слабое и сильное. При слабом типе не ставится цель сохранить все виды капитала. Следовательно, возможен экономический рост при низких социальных показателях или развитие за счет деградации природы. При сильном типе сохранение и приумножение всех четырех видов капитала обязательно. Д.Шилдс считает сильный тип альтернативой слабому.

Отличительные черты сильного типа развития: при взаимодействии природы и общества основное — чистая (нетто) первичная продуктивность; отношения экономики и окружающей среды носят интерактивный (взаимно обогащающий и взаимодействующий) характер. Интерактивны: человеческий фактор и экономика; окружающая среда / экономика / человеческий фактор. Соотношения этих компонентов видятся автором так: экологическая «выносливость» C / давление (экономики) P / стрессовая ситуация S / ответная реакция R / истинное сбережение (всех четырех видов капитала) G .

Докладчик предлагает создать «барометр» (комплекс динамичных оценок рассматриваемой системы), который позволит следить за развитием и динамикой ситуаций. Если показатель PSR требует политического вмешательства из-за недостаточности эконо-

мических и технологических решений, то необходимо сначала оценивать ситуацию с помощью «барометра». Он сравнивает изменения экосистем и определяет необходимые меры. Таким образом можно сберечь все виды капитала. Это и будет достижением устойчивого развития.

Однако неясно, как этого достичь даже теоретически. Если природный капитал будет увеличиваться в сумме, то невозобновляемые ресурсы все равно будут истощаться, а прибыль, получаемая за их счет, будет способствовать росту других видов капитала. Могут прирастать даже возобновляемые компоненты природы (почвы, вода, лес и пр. — при рекультивации), но за счет истощения минеральных ресурсов.

В докладах М.А.Комарова, Г.С.Гольда и др. (ВИЭМС, Москва) было показано, что переход к сбалансированному развитию требует преобразований. Уже достаточно давно чисто рыночные отношения (где решающим критерием является рентабельность) корректируются общественными силами и государством, которые исправляют так называемые провалы рынка. В отношении проблем использования ресурсов, охраны окружающей среды, социальных это неизбежно. Механизмы решения ресурсных и экологических проблем в рыночной экономике можно найти, только используя ценообразование — цены должны включать экологические издержки и «говорить экологическую правду». Это требует трансформации отношений собственности, преодоления разрыва между богатыми и бедными странами и социальными группами. Без корректировки отношений классической частной собственности, давно «обросших» правовыми и морально-этическими ограничениями и механизмами, в постиндустриальной экономике, где основными факторами производства становятся научное знание и информация, сбалансированное развитие едва ли возможно. В то же время, должна расширяться собственность на природные ресурсы и другие природные объекты, создающая систему ограничений несанкционированного доступа.

На секции «Геоэтика» Н.П.Григорьев (ВИЭМС, Москва) представил доклад, в котором говорилось о этическом, экономическом и экологическом единстве. Человек стал геологической силой. Например, его вклад в современный вынос вещества с суши — около половины — почти равен природному. Развивается экологическое осознание этой роли. Однако пока оно относится в основном к живой природе. Экономика в связи

с развитием технологии (при которой невыгодны выбросы отходов и загрязнений) становится экологичной, потребители предъявляют высокие экологические требования к товарам, фирмы и государства выделяют большие средства на экологизацию переработки и потребления. Так создается мощный новый сектор рынка. Вторичное использование ряда металлов в США и Европе за десятилетие возросло многократно; в экономике растет роль заменителей металлов и новых видов энергоносителей. Человечество должно выработать единую мораль — геозтику — по отношению к неживой природе. Оценка производственной деятельности должна учитывать все три фактора. Уже на начальных стадиях экономической цепочки геологическое изучение должно дать достаточную экологическую информацию о близких и отдаленных последствиях освоения минеральных ресурсов. На секции природоохранной геологии им же сделан доклад о принципах экологической классификации минеральных ресурсов. Это вклад в ту же проблему.

Проблеме ранжирования минеральных ресурсов с точки зрения устойчивого развития посвящен доклад президента Федерального ведомства по наукам о Земле и минеральному сырью Германии проф. Ф.Веллера. Проведена оценка расхода природных ресурсов (вода, энергия, сжатый воздух и др.) на минерально-сырьевые продукты (руды меди, никеля, хрома, марганца, железа, бокситы, фосфаты, каменный уголь) по стадиям добычи, обогащения, подготовки к плавке, металлургического и других переделов. Вершину иерархической лестницы занимают наиболее ценные энергетические ресурсы. За ними следуют металлы, строительные материалы (запасы практически неисчерпаемы) и магний, повсеместно распространенный в океанах. В самом низу лестницы находятся отвалы или отходы. Высокоценные ресурсы в целях экономии нужно всегда стремиться заменять менее ценными. В сырьевой политике Германии это обеспечивает закон о движении материалов, требующий максимально использовать отходы, а отвалы минимизировать. Другой вариант — оптимальная региональная политика, открывающая доступ к тем ресурсам минерального сырья, запасы которых практически не ограничены.

В соответствии с девизом МГК обеспечение экономики минеральными (и вообще природными) ресурсами представляет собой составную часть проблемы сбалансированного экономического развития.

В проблемном докладе Джузеппе Кордани (Университет Сан-Паулу, Бразилия) сопоставил темпы роста народонаселения земного шара и потребления минеральных ресурсов. Население достигло 6 млрд. человек и к 2050 г. приблизится к 10—11. Сейчас каждый человек потребляет около 12 т минерального сырья (включая жилищное и дорожное строительство). Усилился вынос вещества на поверхность. Человек стал основным рельефообразующим фактором.

В дальнейшем, надо полагать, рост производства будет сдерживаться ограничениями, обусловленными состоянием окружающей среды. Однако социальные и политические противоречия с момента провозглашения идей «устойчивого развития» только углубились. Потребление энергии в США, например, вдвое превышает европейское. В то же время, положение бедных стран не изменилось. Там господствует нищета, и шансы догнать развитые страны остаются призрачными. Глобализация экономики привела к усилению контраста между бедными и богатыми странами и не укрепила развивающиеся страны.

Докладчик ставит резонный вопрос: как много людей может прокормить планета? Такая неомальтузианская постановка проблемы звучит, по его мнению, уже не в первый раз (Мальтус, Римский клуб, Комиссия Гру Брундтланд).

Ужесточение требований к охране окружающей среды в развитых странах ведет к уходу ряда компаний с перспективных месторождений в развивающиеся страны. Ради снижения себестоимости и в поисках лучшей правовой и политической среды были закрыты, например, медные рудники в Канаде, а капитал перебрался в Чили.

В то же время ослабили власть местных правительств и государственное регулирование недропользования. Докладчик задает вопрос: может ли их заменить свободный рынок? Будет ли он в состоянии обеспечить экономический рост в мировом масштабе и одновременно гарантировать необходимые в нормальном обществе социальные и экологические права? Ответа на эти сомнения у Д.Кордани нет.

Докладчик полагает, что роль наук о Земле в обществе должна резко возрасти. Геология станет в большей степени точной наукой. Ее задачами будут глобальные проблемы и перспектива подхода к Земле как к системе. Особенно возрастет роль геологии в образовании и в популяризации своих достижений.

Перед геологическим сообществом встают новые задачи.

1. Мониторинг окружающей среды: изучение керна льда станции «Восток» показало, что содержание углекислоты в атмосфере, подобное современному, в геологическом прошлом не отмечалось.

2. В области минеральных ресурсов геологи должны найти способы снижения воздействий на среду, сокращения горно-промышленных отходов; необходимо научиться выбирать наилучшие технологии добычи и места расположения рудников.

3. В области энергии потребуется сократить сверхпотребление в некоторых странах (по мнению Д.Кордани, в основном в США) и перейти на возобновляемые источники. Современные энергоносители (нефть, газ, уголь) — все невозобновляемые и не соответствуют принципам устойчивого развития. Их можно частично заменить геотермальной (вблизи вулканов) и атомной энергией в случае решения проблемы опасных отходов.

4. Пресная вода — наиболее важный ресурс. Она составляет 2,53% всех вод планеты. Однако воды на поверхности всего 0,01%. Почвенный покров сносится со скоростью 0,1% в год. Именно он — источник всех необходимых для жизни компонентов. Геологи должны объединить усилия с представителями сельскохозяйственных наук.

Сходные с Д.Кордани идеи высказал проф. *Брайен Скиннер* (Йельский университет, США) в докладе «Перспективы поисков минеральных ресурсов в XXI столетии». В неолите потреблялось 6 т, а сейчас 89 т всех продуктов и материалов на душу населения. Растет продолжительность жизни и численность населения. Улучшается качество жизни. В результате к 2050 г. потребление всех металлов возрастет в 5 раз. Вторичное использование не решает проблемы, так как обеспечивает только потребление на прежнем уровне. Следовательно, добычу придется наращивать в несколько раз. Наиболее динамично будут потребляться редкие металлы, чем распространенные. Вообще же рост добычи встретит общественное сопротивление из-за причиняемого ущерба окружающей среде.

Докладчик ограничился постановкой узкоспециальных, геологических, задач, не затрагивая экономические и политические аспекты (например, экономическую проблему заменителей металлов): все поисковые работы необходимо сосредоточить на континентальной коре, поскольку океаническая мало

перспективна — оруденение там не сконцентрировано; поиски следует проводить на все больших глубинах; спутниковые снимки и виртуальные маршруты имеют большую ценность, но материала недостаточно. За последние 50 лет сделано много изящных исследований по генезису месторождений, изотопной геохимии и др., но существенной роли в поисках они пока не сыграли. Необходимо соединить теорию и практику, продолжая наращивать базы данных и совершенствовать модели месторождений.

Доклад по морской геологии и геофизике *Питера Рона* подтвердил основной вывод Б.Скиннера — перспективы обеспечения минеральным сырьем за счет ресурсов океана и океанической коры нельзя преувеличивать. Ресурсы железомарганцевых конкреций, солей и др. составляют резерв для развития человечества. Только дальнейшее изучение покажет, насколько велико их практическое значение.

Некоторое отражение в материалах Конгресса нашла минерально-сырьевая политика. Она включает административные и структурные реформы, законодательные инициативы, налоговую политику, привлечение иностранного капитала и др. Для России в связи с вхождением в мировую рыночную экономику важно освоить мировой опыт формирования, проведения и оценки политики в области минеральных ресурсов. В ВИЭМСе сейчас изучаются научно-методические проблемы обоснования такой политики.

Опыт сырьевых стран для нас важнее, например, опыта Германии и европейских стран, рассмотренного Ф.Веллмером. Их экономика использует в основном привозное сырье. Еще важнее точка зрения не чиновников, а бизнесменов. Менеджеры из Западной Австралии *П.Гуй* и *Д.Блайт* рассмотрели структуру минерально-ресурсной политики для здорового развития горно-добывающей промышленности, когда и правительство и горно-добывающие корпорации взаимодействуют в интересах общества. Корпорации должны осознавать, что их цель не только финансовые прибыли, но и обеспечение безопасности труда, здоровья населения, сохранения окружающей среды, прав коренных народов и др. Действия власти в области законодательства и налогов должны быть прозрачны, последовательны, предсказуемы. В законодательстве следует четко прописать принцип сохранения права использования. Государственная власть должна быть не полисменом, а аудитором и органи-

затвором взаимной информации и пополнения знаний о нуждах экономических субъектов. Главная задача правительств — привлечение в поиски, разведку и добычу полезных ископаемых.

На Конгрессе и выставке Геоэкспо-2000 были представлены материалы о минеральных ресурсах Бразилии и деятельности федерального правительства страны по привлечению иностранных инвестиций. Россию и Бразилию многое объединяет: обширная территория (половина российской), население (147 млн. человек в РФ, 157 млн. человек — в Бразилии), федеративное устройство, недавнее освобождение от диктатуры, суровые жизненные условия в части страны (в России из-за холода, в Бразилии — из-за жары). Геологическая изученность территории Бразилии хуже, но лучше транспортная доступность западных рынков. Бразилия дальше продвинулась по пути реформ. Идеология деятельности правительства — занятость и повышение жизненного уровня посредством приватизации. В законодательстве последовательно соблюдается принцип неотчуждаемости прав на недропользование. Лицензия может быть изъята только при наличии четко сформулированных нарушений. Структуры государственного управления (министерства шахт и металлургии, энергетики) организационно отделены от производственной деятельности: Геологическая служба и нефтяная субмонополия «Петробраз» являются государственными корпорациями. В интересах иностранных ин-

весторов вносятся изменения в конституцию, снижаются налоги на прибыль (особенно на возвращаемый капитал) и ройалти, отменяются кредитные линии, устраняются бюрократические препятствия и т.д. В региональной политике для поощрения освоения отдаленных районов штаты снижают налоги. В штате Рио-де-Жанейро проводятся реформы по координации деятельности ведомств для поощрения малого горного бизнеса.

Весьма энергично рекламировало себя на выставке Геоэкспо-2000 министерство земель и природных ресурсов Китая. Независимо от содержания, материалы прекрасно оформлены. Этому нужно учиться, так как это укрепляет позиции страны на мировом рынке геологических услуг. Российская печатная продукция была слабо представлена. В сочетании с языковым барьером и снижением поступления мировой научной прессы и литературы это ставит нас в худшие условия по отношению к Западу и потенциальным рынкам.

В XXI столетии работать в командах из профессионалов разных специальностей и руководить ими смогут только геологи, понимающие принципы существования общества и обладающие междисциплинарным подходом. Готовить их необходимо уже сейчас. В Бразилии имеется интересный опыт в области расширения гуманитарного образования и исследований в геологии. Центром служит университет в г. Кампинас (штат Сан-Паулу). Этот опыт перекликается с российскими традициями преподавания гуманитарных дисциплин геологам.

УДК 553.04 (100)

© А.И.Кривцов, И.Ф.Мигачев, 2001

ПЕРСПЕКТИВЫ ГЛОБАЛЬНОГО МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ*

А.И.Кривцов, И.Ф.Мигачев (ЦНИГРИ МПР России)

Проблемы конечности (исчерпаемости) невозобновляемых минерально-сырьевых ресурсов (МСР), в недавнем прошлом занимавшие лучшие умы человечества и периодически будоражившие прогрессивную общественность, с течением времени оказались за пределами не только общественного, но и профессионального внимания вследствие высокой эффективности геологоразведочных работ. Вольно или невольно созданная геологами атмосфера мировой минерально-сырьевой эйфории породила негативные для геологии последствия — по моделям «мавра», сделавшего свое дело, и «наказания за успехи». Успехи поисковой геологии во многих странах мира так или иначе способствовали рождению идеи сбалансированного развития (конференция ООН в Рио-де-Жанейро, 1992 г.). Общечеловеческая привлекательность этой «зеленой» идеи, скорее гуманитарной, чем экономической, оказалась в противоречии с возможностями реального минерально-сырьевого обеспечения как отдельных стран, так и мира в целом. Это в конечном итоге спровоцировало процессы глобализации минерально-сырьевых баз и минерально-сырьевых ресурсов. Актуальность такого рода процессов естественно определяется тем, что за последние полвека многие страны исчерпали собственные МСР, доступные для экономически эффективного использования, а темпы погашения выявленных и выявляемых запасов многих полезных ископаемых возрастают из года в год. Данные обстоятельства и неравномерность распределения МСР по странам стимулировали глобализацию ресурсов, которая приемлема для стран, обладающих в мировом сообществе должной минерально-сырьевой независимостью, лишь в той мере, в какой ее цели отвечают национальным стратегическим интересам.

Россия на рубеже веков, как неоднократно случалось в ее истории, оказалась «на распутье» — перед выбором направлений и

форм участия в мировой минерально-сырьевой интеграции. Этот выбор во многом зависит от масштабов вклада в мировое минерально-сырьевое обеспечение на ближнюю и дальнюю перспективы, а также от сбалансированности отечественной стратегии в сфере МСР. Для разумно целесообразного выбора минерально-сырьевой стратегии, обеспечивающей национальную безопасность, весьма важны оценки глобальной достаточности-недостаточности МСР и возможного влияния минерально-сырьевой базы России на процессы глобализации МСР [1].

Потенциал Земли, рассматриваемый в форме доступности извлечения МСР, выражается глобальным начальным металлогеническим потенциалом (ГНМП), рассчитываемым на определенную дату как сумма исторически накопленной добычи (НД), учтенных запасов (З) и прогнозных (потенциальных) ресурсов (Р), а также текущим металлогеническим потенциалом (ГТМП), отвечающим конкретному временному диапазону и обладающим большей достоверностью, чем начальный ГНМП.

Интенсивность использования различных полезных ископаемых естественно отражает тенденции эволюции технологических основ развития человечества. По доступным данным, к 1995 г. мировая цивилизация исчерпала от половины до 2/3 ГНМП Pb, Sn, Ag, Au, от 0,2 до 0,4 ГНМП Cu, Ni, Zn, от 0,05 до 0,13 руд Mn и Cr, а также Co (рис. 1).

Распределение полезных ископаемых по доле исчерпания ГТМП выглядит несколько иначе: НД Pb, Zn, Sn, Sb, Ag, Au превышает половину ГТМП; от 0,3 до 0,4 ГТМП составила НД нефти, газа, Cu, Ni, алмазов. В диапазоне 0,1—0,2 ГТМП располагается НД топливно-энергетического сырья (ТЭС), руд Fe, Mn, Cr, Co, фосфатов; менее 0,1 ГТМП составила НД углей, бокситов, МПГ, калийных солей. Из этого следует, что максимальной устойчивостью МСР на длительную перспективу обладают полезные ископаемые двух последних групп.

Рост востребованности МСР мировой цивилизацией количественно оценивается

*По материалам докладов авторов на XXXI сессии МГК [6] и пленарном заседании Всероссийского геологического съезда [5].

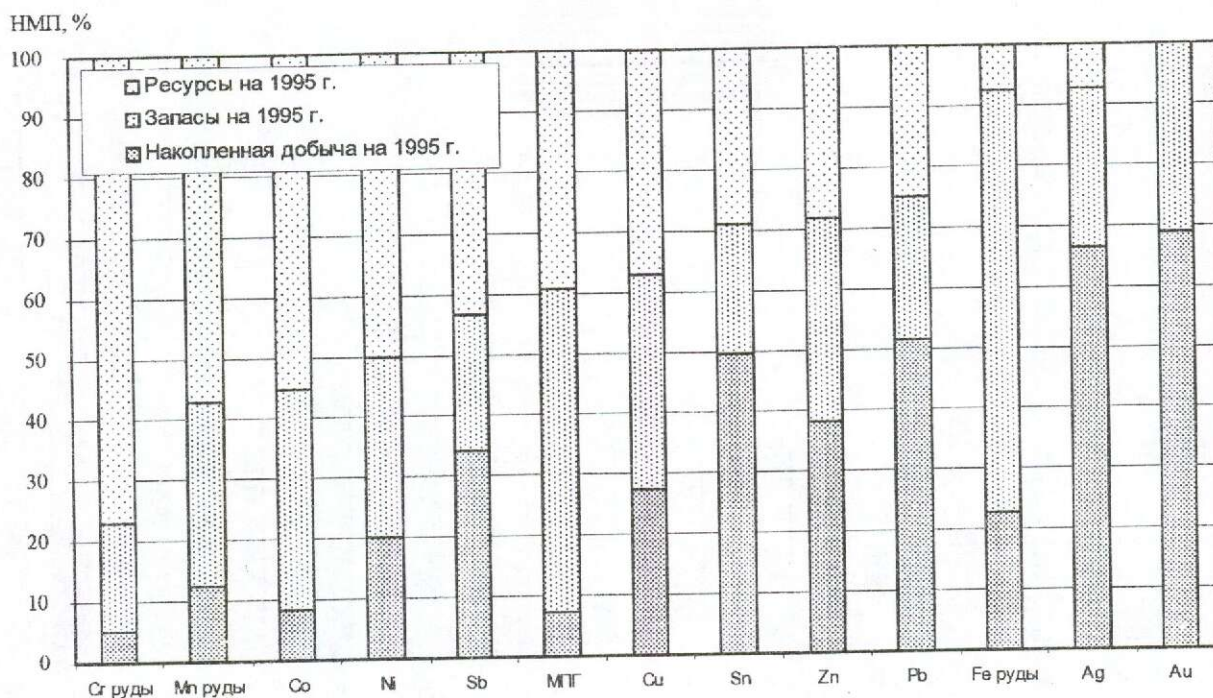


Рис. 1. Структура начального металлогенического потенциала (НМП=100%) на 1995 г., по материалам А.И.Кривцова [4], Р.Лазнича [16]

отношением НД за 1950—1995 гг. к НД, исторически сложившейся к 1950 г. (рис. 2). По этому показателю лидируют Zn (3,81), Co (3,42), Ni (2,19), Cu (1,86), Sb (1,72), Sn (1,45), Pb (1,32), несколько превышают единицу отношения для Mn руд (1,14) и золота (1,15), а менее 1 — для руд Cr и серебра.

При оценках уровней накопленной добычи различных полезных ископаемых авторы исходили из ранее показанных зависимостей между ростом населения и энергопотреблением, а также из технологических пропорций между добычей ТЭС и твердых полезных ископаемых [6].

Прогнозируемая на 1996—2025 гг. НД при нормировании на НД, сложившуюся к 1950 г., фактическую за 1950—1995 гг. и суммарную к 1995 г. дает возможность сопоставить масштабы сложившегося и предполагаемого истощения МСР по разным полезным ископаемым (рис. 3). Очевидно, что уровни превышения НД последующих периодов над ранее сложившейся НД отражают «ликвидность» полезных ископаемых по достаточно длительным отрезкам истории использования МСР. Выделяется группа «высоколиквидных» полезных ископаемых (отношения НД > 1): нефть, газ, угли, ТЭС, руды Fe и Cr, бокситы, Cu, Ni, Zn, Au, МПГ, алмазы, фосфаты, калийные соли.

Для определения требуемых сроков и темпов воспроизводства МСБ различных полезных ископаемых можно исходить из расчетных сроков истощения по крайней мере половины мировых (без РФ) запасов, учтенных в 1995 г. Этот уровень «порогового» значения обоснован многолетней историей геологоразведочных и горно-добычных работ и имеет статистическую основу. Известно, что МСБ, создаваемая в течение длительного времени, периодически переоценивается в целях приведения в соответствие с экономическими требованиями. При этом, как правило, значительная часть выявленных запасов (от 0,3 до 0,5) оказывается за пределами целесообразной доступности.

По срокам истощения половины запасов 1995 г. несомненно лидерство Au (2006 г.), алмазов (2007 г.), Ag (2009 г.), Zn (2011 г.), Pb (2012 г.), газа (2013 г.), нефти (2014 г.), Sn (2015 г.), Cu (2016 г.), Ni (2019 г.) (рис. 4). Высокие уровни ликвидности запасов данных полезных ископаемых отражаются в современной интенсификации соответствующих ГРП, в первую очередь, в странах Латинской Америки и Юго-Восточной Азии.

Хорошо известна длительность геологоразведочного цикла при вероятностном характере его результатов. С другой стороны, освоение уже открытых месторождений

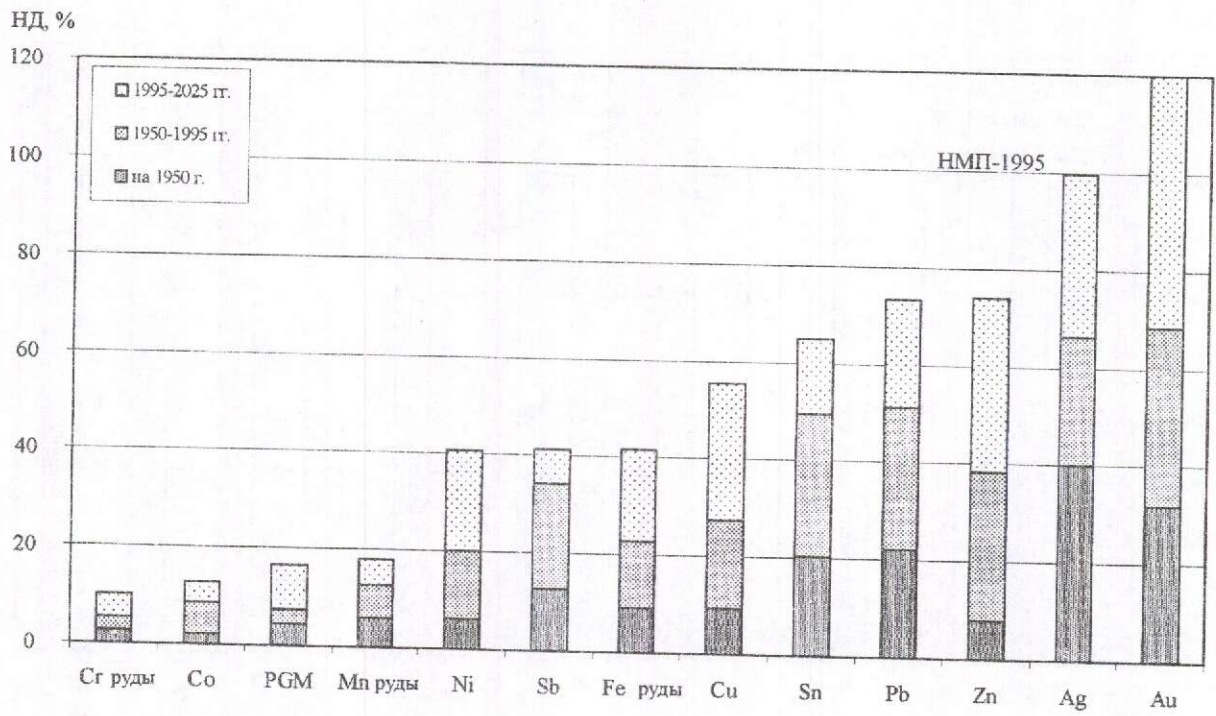


Рис. 2. Доля фактической (до 1950 г., за 1950—1995 гг.) и расчетной (за 1995—2025 гг.) накопленной добычи от начального металлогенического потенциала на 1995 г., по материалам А.И.Кривцова [4] и P.Laznicka [16]

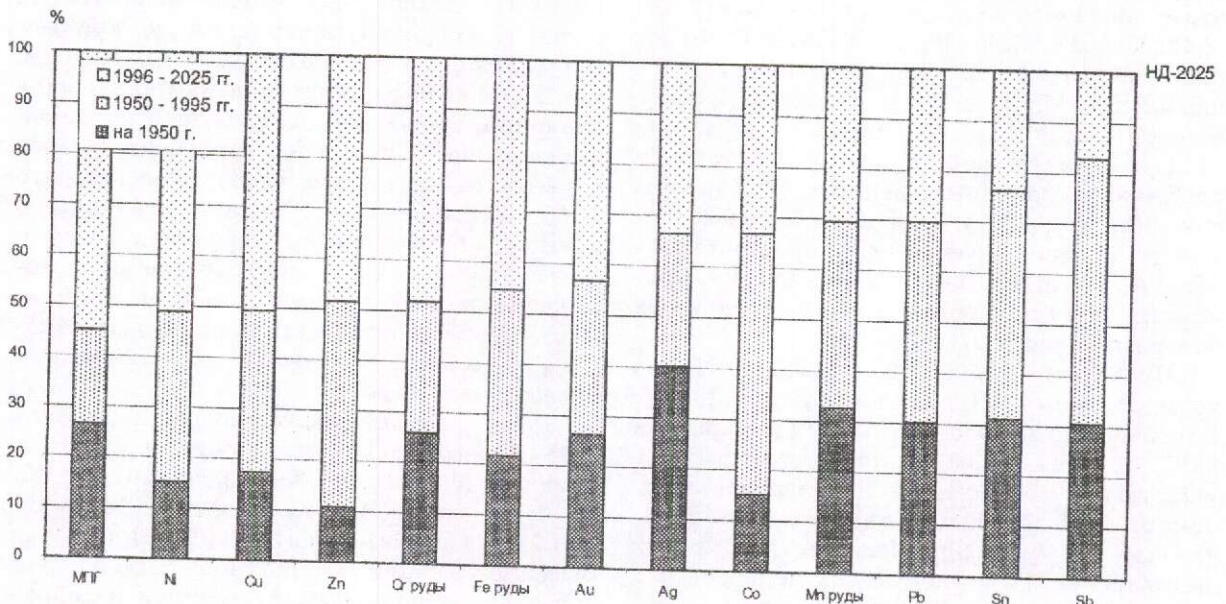


Рис. 3. Структура фактической (до 1950 г., за 1950—1995 гг.) и расчетной (за 1996—2025 гг.) накопленной добычи, по материалам А.И.Кривцова [4]:

НД на 2025 г. принята за 100%

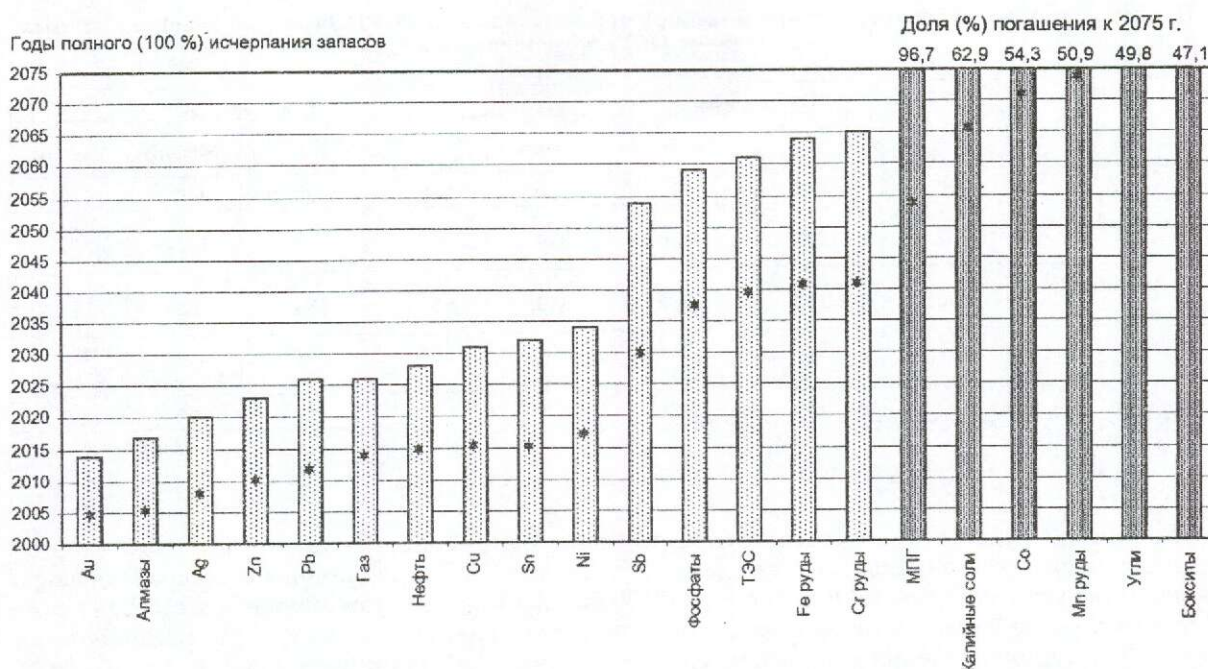


Рис. 4. Возможные годы истощения запасов, учтенных на 1995 г. в зарубежных странах (без СНГ и РФ), при накопленной добыче, рассчитанной по прогнозу на 1995—2025 гг, по материалам А.И.Кривцова [4]:

звездочками отмечены даты погашения половины исходных запасов

также требует значительного времени. В частности, Ф.В.Веллмером и У.Бернером [17, 18] на представительном статистическом материале показано, что сроки реализации горно-рудных проектов на месторождениях благородных и цветных металлов занимают от 6 до 9 лет в развивающихся странах и от 3 до 7 лет в развитых. Отсюда следует необходимость постановки и проведения ГРП с весьма значительным опережением во времени сроков ожидаемого истощения половины имеющихся запасов.

Результаты анализа современного состояния отечественной минерально-сырьевой базы и эффективности ее использования в сопоставлении с ведущими странами мира, имеющие существенное значение для разработки проблемы минерально-сырьевой безопасности, содержатся в недавних работах В.В.Путина [11], Е.А.Козловского [2], А.И.Кривцова [3—5, 7], В.В.Попова [10], а также А.Э.Конторовича с соавторами [13]. В последней публикации фактографически подтверждены положения, выдвинутые Д.Л.Мидоузом и П.Л.Капицей, о зависимости ВВП от потребления энергии на душу населения, иными словами — благосостояния народов и стран от энергообеспечения и энергопотребления.

В мировом производстве энергии, оцененном В.В.Поповым [10] для 1998 г. в 13—13,5 млрд. тунт, решающая роль принадлежит топливно-энергетическим видам минерального сырья (нефти, газу, углю), суммарный вклад которых в энергообеспечение превышает 90%. С 1950 по 1998 гг. в мире произошли принципиальные изменения в структуре топливно-энергетического баланса: доля нефти возросла с 27 до 40%, газа — с 9,8 до 23%, а угля убывла с 61,5 до 28%. По данным В.В.Попова [10], с 1950 по 1990 гг. в энергопроизводстве СССР доля нефти увеличилась с 17,4 до 37%, газа — с 2,3 до 49,5%, а угля уменьшилась с 66,1 до 18%. В России в 1998 г. вклад нефти в энергобаланс составил 32,3%, газа 50,8%, угля 12,4%. В первой четверти XXI в. по прогнозам различных исследователей в мировом энергопроизводстве возможно сохранение сложившихся соотношений основных видов ТЭС.

Процессы глобализации ТЭС наиболее ярко выражаются, в частности, в огромных объемах экспорта-импорта, в первую очередь, нефти и газа (табл. 1). В 1997—1998 гг. более половины потребляемой в мире нефти приходилось на импорт (1860 млн. т!), около четверти потребляемого в мире газа — на внешние источники.

1. Производство, потребление, экспорт и импорт нефти и газа в 1997—1998 гг. (среднее), по данным В.В.Попова [10] с упрощениями

Страны	Нефть, млн. т				Газ, млрд. м ³			
	Производство	Потребление	Экспорт	Импорт	Производство	Потребление	Экспорт	Импорт
Мир в целом	3300	3300	1700	1860	2340	2290	545	518
Развитые страны	763	1643	300	1370	1060	1204	191	371
Развивающиеся страны	198	11 190	1230	370	517	384	120	117
США	323	825	Нет данных	Нет данных	566	769	Нет данных	Нет данных
Россия	300	145	170	9	571	403	198	4,5

Россия занимает второе место в мире по запасам нефти с конденсатом; ее доля в мировой добыче, по данным В.В.Попова [10], составляет около 9%, а в мировом экспорте — 10% (1998 г.). Для сравнения укажем, что доля США в мировых запасах оценивается в 2,2%, а вклад в мировую добычу составляет 9,8%. В.В.Попов определяет долю России в мировых запасах газа в 33,7%, а в добыче в 24,4% (1997 г.). Такой же объем добычи приходится на США, обладающие 3,3% мировых запасов. Эти данные наглядно свидетельствуют об относительно низкой интенсивности освоения минерально-сырьевой базы ТЭС России.

А.Э.Конторовичем с соавторами [13] на представительном материале для 1968 и 1995 гг. была оценена эффективность использования энергоресурсов в ряде стран мира. При этом страны сопоставлялись по двум приведенным показателям: ВВП на человека в год и потреблению энергии (тут на человека в год). На соответствующих графиках были выделены три доминирующих тренда распределения стран по ВВП, приходящемуся на 1 тут в потреблении. Этот показатель, по мнению цитируемых авторов, характеризует эффективность использования энергии (эффективность энергопотребления); он отражает рост ВВП с ростом потребления энергии. В качестве стран с наиболее эффективным использованием энергии выделены Испания, Израиль, Италия (ВВП/чел. в год около 20 тыс. дол. США; тут/чел. в год около 4), Великобритания (18 тыс. дол. и 6), Финляндия, Бельгия, Нидерланды, Швеция (20—25 тыс. дол. и 7,5—8,5). Россия в 1997 г. оказалась в близкой позиции с Венесуэлой (около 5 тыс. дол./чел. в год при 6 тут/чел. в год).

Данные А.Э.Конторовича с соавторами [12], приведенные в табл. 2, использованы

нами для сравнительного анализа энергоемкости ВВП в различных странах. Под энергоемкостью в данном случае понимается количество энергии в тут, приходящееся на единицу ВВП (в принятой размерности — на 1 тыс. дол. США ВВП). На основании табл. 2 построены зависимости показателей энергоемкости (тут/1000 дол. США ВВП в год) и ВВП на душу населения (1000 дол. США ВВП/чел. в год). Эти показатели связаны между собой гиперболической зависимостью, отвечающей приведенному энергопотреблению (тут/чел. в год). Это позволяет сопоставлять эффективность энергопотребления различных стран по трем показателям. Страны, включенные в выборку, были разделены на экспортеры и импортеры ТЭС — основного источника энергообеспечения. Как следует из рис. 5, страны-экспортеры ТЭС оказываются более «расточительными» (за редким исключением) по затратам энергии на единицу ВВП. Границы между экспортерами и импортерами ТЭС на рис. 5 проходят в поле значений 0,4—0,5 тут/1000 дол. ВВП. По приведенному показателю ВВП (на душу населения) основные страны-импортеры ТЭС находятся в поле значений от 14 до 34 тыс. дол. на душу населения.

Энергоемкость ВВП не обнаруживает прямой зависимости от потребления энергии на душу населения. Близкими значениями этого показателя обладают страны, принципиально различающиеся как по показателям энергоемкости ВВП, так и по ВВП на душу населения. Например, Израиль, Испания, Греция потребляют около 4 тут/чел. в год при контрастных различиях в энергоемкости и ВВП на душу населения. В основной группе развитых стран при потреблении 5—7 тут/чел. в год энергоемкость ВВП составляет 0,2—0,3 тут/1000 дол. ВВП. При близком с

2. Показатели эффективности энергопотребления в 1968 и 1995 гг., по [13] с пересчетами авторов

Страны	1000 дол. ВВП/чел.год		тут/чел.год		1000 дол. ВВП/тут-год		тут/1000 дол. ВВП-год		
	1968	1995	1968	1995	1968	1995	1968	1995	
Австралия	Э	9,26	18,11	3,79	8,28	2,4	2,2	0,42	0,45
Австрия		5,37	27,32	2,16	4,97	2,5	5,5	0,40	0,18
Аргентина	Э	2,69	7,50	1,11	2,40	2,4	3,1	0,42	0,32
Бельгия		7,70	25,32	3,93	7,87	2,0	3,2	0,50	0,31
Великобритания	Э	6,43	17,92	3,73	5,71	1,7	3,1	0,59	0,32
Венесуэла	Э	4,00	3,31	1,95	5,71	2,1	0,6	0,48	1,66
Греция	Э	2,92	8,26	0,77	3,75	3,8	2,2	0,26	0,45
Дания		10,06	31,00	3,52	6,05	2,9	5,1	0,34	0,20
Израиль		5,42	16,88	1,51	3,99	3,6	4,2	0,28	0,24
Индонезия	Э	0,38	0,91	0,08	0,64	4,9	1,4	0,20	0,71
Ирак	Э	1,31	1,33	0,47	2,06	2,8	0,6	0,36	1,54
Иран	Э	1,22	2,34	0,36	2,16	3,4	1,1	0,29	0,91
Испания		2,94	13,77	0,95	3,85	3,1	3,6	0,32	0,28
Италия		5,14	17,84	1,70	4,29	3,0	4,2	0,33	0,24
Канада	Э	10,72	18,81	6,07	13,38	1,8	1,4	0,55	0,71
Колумбия	Э	1,38	2,20	0,45	1,68	3,1	1,3	0,32	0,77
Марокко	Э	0,23	1,06	0,03	0,51	7,6	2,1	0,13	0,48
Мексика	Э	2,26	3,93	0,85	2,69	2,7	1,5	0,37	0,67
Нидерланды		7,21	24,33	3,09	8,25	2,3	3,0	0,43	0,33
Норвегия	Э	8,77	28,15	3,19	13,18	2,7	2,1	0,37	0,48
Пакистан		0,53	0,46	0,07	0,41	8,1	1,1	0,12	0,91
Р-68	Э	6,23	—	3,91	—	1,6	—	0,62	—
Р-85	Э	—	13,72	—	7,31	—	1,9	—	0,53
Р-86	Э	—	14,01	—	7,44	—	1,9	—	0,53
Р-89	Э	—	15,13	—	8,74	—	1,7	—	0,59
Р-90	Э	—	14,77	—	8,48	—	1,7	—	0,59
Р-97	Э	—	4,79	—	6,19	—	0,8	—	1,25
США		16,20	25,93	7,81	11,32	2,1	2,3	0,48	0,43
Таиланд		0,61	2,70	0,15	1,12	4,0	2,4	0,25	0,42
Турция		1,38	2,61	0,34	1,39	4,1	1,9	0,24	0,53
Филиппины		1,15	1,00	0,20	0,44	5,6	2,3	0,18	0,43
Финляндия		6,20	22,71	2,62	7,40	2,4	3,1	0,42	0,32
Франция		8,99	22,94	2,46	5,47	3,6	4,2	0,28	0,24
ФРГ		7,93	25,32	3,37	5,68	2,4	4,5	0,42	0,22
Чили		2,12	4,03	0,86	1,72	2,5	2,3	0,40	0,43
Швейцария		10,36	33,52	2,26	5,58	4,6	6,0	0,22	0,17
Швеция		11,88	23,90	4,04	8,25	2,9	2,9	0,34	0,34
Южная Корея		0,71	9,10	0,44	4,73	1,6	1,9	0,62	0,53
Япония		5,34	29,14	1,89	5,78	2,8	5,0	0,36	0,20

Примечание. Для России приведены данные 1985, 1986, 1989, 1990, 1997 гг. (Р-85 и т.п.); данные — в дол. США 1993 г.
Э — страны-экспортеры ТЭС.

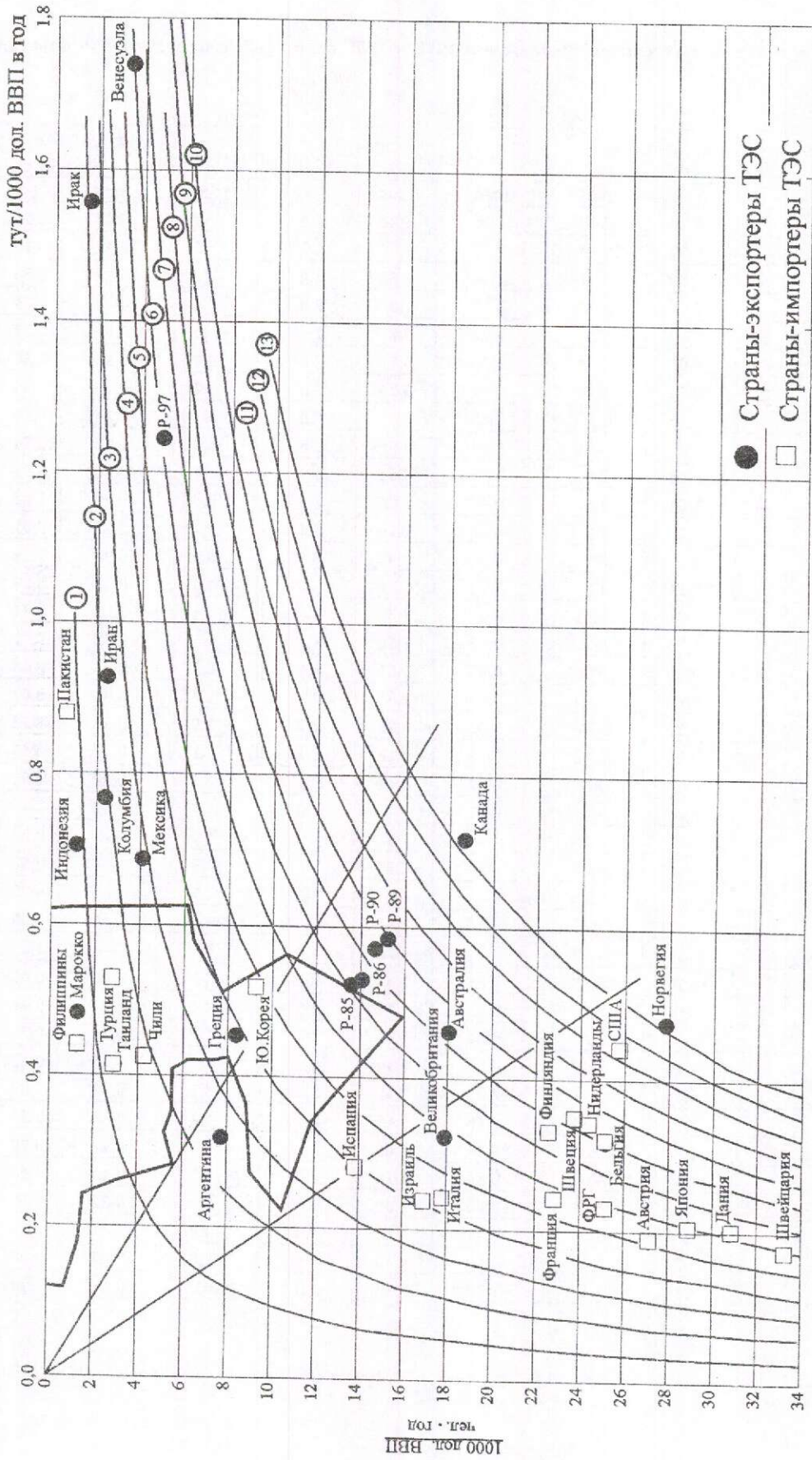


Рис. 5. Зависимость энергоемкости ВВП (тыс./1000 долл. ВВП в год) и приведенных показателей ВВП (1000 долл. ВВП/чел.год) в 1995 г. по [13] с пересчетами авторов:

см. также табл. 2; цифры в кружках — потребление тыс./чел.год; контуром выделено поле значений 1968 г. по странам выборки

этими странами потреблением Россия (1997 г.) и Венесуэла (1995 г.) затрачивали более 1,2 тут/1000 дол. ВВП.

Бельгия, Нидерланды, Швеция и Финляндия при показателях энергоёмкости между 0,3 и 0,35 тут/1000 дол. ВВП потребляют энергии около 8 тут/чел. в год — почти столько же, сколько Австралия (энергоёмкость 0,45) и Россия в 1986 и 1990 гг. (0,53 и 0,59). Среди стран-импортеров особо выделяются США с потреблением энергии на душу населения 11,3 тут/чел. в год при энергоёмкости ВВП почти такой же, как в Австралии. Близка к этим странам по энергоёмкости ВВП Норвегия (0,48), потребляющая более 12 тут/чел. в год. Особое место среди стран-экспортеров ТЭС занимает Канада. При потреблении энергии более 13 тут/чел. в год она по уровню энергоёмкости ВВП находится в одной группе с Индонезией, Колумбией, Мексикой, где потребление энергии составляло менее 3 тут/чел. в год.

Из рис. 6 со всей очевидностью следует, что страны, импортирующие ТЭС, потребляют энергию с существенно большей экономической эффективностью, чем страны-экспортеры. По рассматриваемым показателям Россия занимает пограничное положение (исключая 1997 г.) между импортерами и экспортерами; в 1985—1990 гг. показатели энергоёмкости ВВП в ней находились в диапазоне 0,53—0,59, а в 1997 г. достигли 1,25 при потреблении энергии на душу населения на уровне Венесуэлы (около 6 тут/чел. в год). В то же время, по показателям 1985—1990 гг. Россия находилась в одном секторе с такими странами, как Аргентина, Австралия и Канада, обладающими значительными размерами территорий и весьма существенными природными ресурсами, включая ТЭС. Этот сектор отчетливо разделяет поля развивающихся и развитых стран, а также экспортеров и импортеров ТЭС.

Из сопоставления рис. 5 и 6 отчетливо видно, что основные страны-импортеры ТЭС с 1968 до 1995 гг. «сместились» в поле высоких приведенных значений ВВП (т.е. увеличения показателя благосостояния населения) и низких — энергоёмкости ВВП, вероятно, за счет радикальных изменений в основных технологических процессах базовых отраслей индустрии. В отличие от этого во многих странах-экспортерах ТЭС существенно увеличилась энергоёмкость ВВП без достижения эквивалентного его роста на душу населения, что также видно из табл. 2.

В основной группе развитых стран-импортеров ТЭС энергоёмкость единицы ВВП

в 1995 г. составила от уровня 1968 г. 0,5—0,6 (ФРГ, Бельгия, Дания, Австрия, Финляндия, Япония) и 0,7—0,9 (США, Франция, Швейцария, Италия, Израиль) при росте потребления энергии на душу населения в 1,5—3 раза. При этом ВВП на душу населения увеличился в 3—6 раз; рост этого показателя оказался тем большим, чем выше интенсивность снижения энергоёмкости ВВП.

При значительном увеличении энергоёмкости ВВП и потребления энергии на душу населения в Венесуэле, Ираке, а также на Филиппинах произошло уменьшение приведенных значений ВВП (см. рис. 6). В целом ряде стран рост этих показателей в 1,5—3 раза связан с весьма значительным увеличением потребления энергии на душу населения (в 4—6 раз) при росте энергоёмкости ВВП в 2—3 раза. В этой группе доминируют страны-экспортеры ТЭС с очевидными тенденциями экстенсивного использования минерально-сырьевых баз ТЭС без достижения интенсивного роста ВВП.

Тренд изменения рассматриваемых показателей для России (Р-85, Р-86, Р-89, Р-90, Р-97) отвечает кривой, названной А.Э.Конторовичем с соавторами [13] «петлей гистерезиса», и за 1990—1997 гг. отражает почти двукратный спад энергопотребления на душу населения при таком же росте энергоёмкости ВВП. За этот период Россия переместилась из поля роста ВВП на душу населения, занимаемого, в частности, такими странами, как Аргентина, Франция, Израиль, Швеция, Австралия, в поле, где находятся Ирак, Венесуэла и Филиппины.

В целом, как представляется, эффективность использования энергетических ресурсов определяется, в первую очередь, энергоёмкостью единицы ВВП — показателя технологического уровня промышленности и общей инфраструктуры общественного производства в различных странах. Даже небольшие темпы снижения этого показателя оказывают значительно большее воздействие на рост ВВП (в приведенном выражении), чем существенное увеличение потребления энергии на душу населения. Страны с высокими значениями этого показателя при большой энергоёмкости ВВП очевидно идут по пути расходования значительной части энергоресурсов вне собственно производственной сферы. Иными словами, значительные энергозатраты не возмещаются эквивалентным ростом ВВП.

Эффективность энергопотребления и энергоёмкость ВВП, несомненно, зависят от технологического уровня промышленной инфраструктуры соответствующих стран, что

**3.Metalлоемкость (кг/тут) в потреблении 1997 г. развитых стран и России,
по данным В.В.Попова [10] с пересчетами авторов**

Полезные ископаемые и металлы	Развитые страны	Россия
Железные руды	75,10	75,9
Марганцевые руды	1,16	0,18
Хромовые руды	1,13	0,56
Титан	0,61	0,14
Алюминий	2,36	0,30
Медь	1,47	0,20
Свинец	0,68	0,05
Цинк	0,80	0,11
Никель	0,14	0,02
Олово	0,022	0,009
Вольфрам	0,004	0,054
Молибден	0,015	0,002
Фосфаты	1,20	0,81
Калийные соли	2,30	0,43

было показано А.Э.Конторовичем с соавторами [13]. Для такого рода оценок представляются весьма существенными расчеты металлоемкости энергопотребления, выполненные, в частности, В.В. Поповым [10] и отраженные в табл. 3. Ранее подобного рода расчеты металлоемкости ТЭС были проведены А.И.Кривцовым [3—5] с использованием соответствующих значений для прогнозных построений.

Как представляется, для аналитических и прогнозных построений существенное значение имеет сопоставление показателей металлоемкости ВВП, энергоемкости ВВП и потребления металлов на единицу используемой энергии. Эти подходы демонстрируются далее на примере железа и меди — главных металлов энергоемких отраслей промышленности (рис. 7).

По значению Fe-фактора развитые страны располагаются компактной группой в узком диапазоне (20—25 кг Fe/1000 дол. ВВП) при разбросе показателей энергоемкости (от 0,2 до 0,7 тут/1000 дол. ВВП). Если исходить из того, что указанные страны несут близкие энергозатраты на единицу продукции черной металлургии, то отмеченные расхождения в энергоемкости ВВП отражают различия в национальных структурах ВВП. По металлоемкости энергопотребления учтенные развитые страны располагаются в «коридоре» <50—100 кг Fe/тут. По величине Cu-фактора развитые страны занимают узкую зону (0,3—0,6 кг Cu/1000 дол. ВВП) и расходуют от 1 до 2 кг Cu на 1 тут в энергопотреблении.

В целом по однотипным показателям металлоемкость ВВП и металлоемкость энергопотребления по железу примерно в 50 раз превышают таковые по меди. Принципиально иные соотношения этих показателей характерны для России (см. табл. 3), что отражает соответствующие различия в инфраструктуре промышленности.

Базовые показатели энергопользования — энергоемкость ВВП, потребление энергии на душу населения — в сочетании с ВВП, приходящимся на 1 чел./год, и металлоемкостью энергопотребления связывают главные характеристики экономического, энергетического и ресурсного развития любой страны, в том числе и России. Соответственно те или иные темпы роста (убыли) этих показателей с учетом данных ретроспективного анализа могут быть учтены при оценке возможностей реализации различных сценариев развития экономики России и использования ее минерально-сырьевых ресурсов, прежде всего, топливно-энергетических.

За последние годы предложено несколько вариантов прогноза добычи топливно-энергетического сырья в России на перспективу до 2010, 2020 и 2030 гг. В табл. 4 отражены данные книги «Энергетическая стратегия России» [12], В.Д.Наливкина [9], Минтопэнерго РФ (по общедоступным публикациям), А.Э.Конторовича с соавторами [13] и В.И.Назарова с соавторами [8]. Таким образом, сопоставлены подходы федеральных органов управления, отраслевой и академической наук. Вслед за авторами указанных выше разработок мы

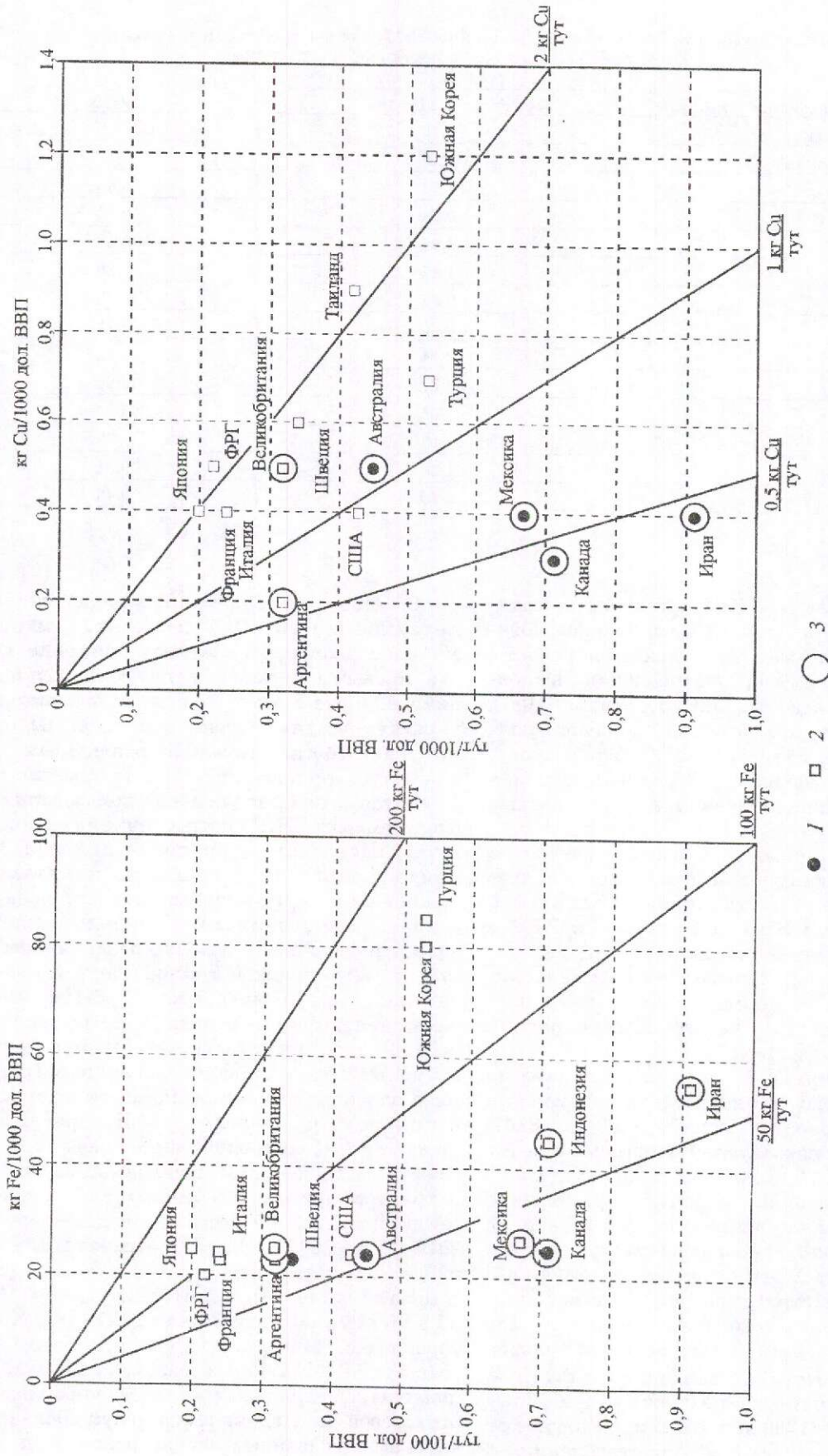


Рис. 7. Зависимости энергоёмкость ВВП — металлоёмкость ВВП, по материалам [17] с пересчётами авторов:

1 — страны-экспортеры Fe и Cu; 2 — страны-импортеры Fe и Cu; 3 — страны-экспортеры ТЭС

4. Прогнозы добычи топливно-энергетического сырья в России до 2020 г. по различным источникам

Полезные ископаемые и их добыча	Варианты прогноза	Годы				
		2000	2005	2010	2015	2020
Нефть с конденсатом, млн. т 1990 г. — 515 1995 г. — 300	2	333	344	356	332	253
	3	300—305	285—335	310—335	—	—
	4	298—300	—	280—345	—	255—380
	5	280—375	295—404	310—442	315—466	320—480
	Ср.	300	350	400	360	320
Газ, млрд. м ³ 1990 г. — 640 1995 г. — 600	1	660—740	700—800	740—860	—	—
	2	655	800	840	848	722
	3	580—590	650—680	700—735	—	—
	4	565—575	—	590—690	—	615—760
	Ср.	620	740	750	850	700
Уголь, млн. т 1990 г. — 400 1995 г. — 250	1	250—290	275—315	300—340	—	—
	2	340	380	420	450	490
	3	236—248	—	245—275	—	290—320
	Ср.	280	340	330	450	400

Примечание. Источники: 1 — «Энергетическая стратегия России» [12], 2 — В.Д.Наливкин [9], 3 — Минтопэнерго РФ, 4 — А.Э.Конторович и др. [13], 5 — В.И.Назаров и др. [8]; ср. — средние значения.

склонны принимать показатели 1995 г. за пороговые значения устойчивости национальной энергетической безопасности. В большинстве разработок на 2000 г. намечается достижение или некоторое превышение уровня 1995 г., т.е. выход лишь на пороговые значения (!). В частности, в моделях развития экономики страны и ее топливно-энергетического комплекса, рассматриваемых А.Э.Конторовичем с соавторами [13], в качестве начальных условий принято, что к 2000—2001 гг. «...удастся остановить падение производства в стране и начнутся восстановление и подъем реальной экономики» [13, с. 775].

Вместе с тем, как следует из работы В.В.Попова [10], в 1997 г. в России было добыто 300 млн. т нефти (внутреннее потребление 145), около 570 млрд. м³ газа (403), 230 млн. т угля (около 200). Общее энергопроизводство в РФ в 1997—1998 гг. В.В.Попов оценивает в 1440 млн. тут, а внутреннее потребление — в 890—900 млн. тут, т.е. доля экспорта составляет около 40% от общего энергопроизводства.

Примерно такие же соотношения потребления и экспорта ТЭС приводятся в прогнозных расчетах А.Э.Конторовича с соавторами [13]. Этими исследователями возможное потребление энергии в России в 2020 г. оценивается по максимуму в 1130 млн. тут (против 900 млн. тут в 1997 г.), что эквивалентно примерно 7,5—8 тут/чел. в год (7,3 в 1985 г.; 8,7 в 1989 г.; 8,5 в 1990 г.; 6,2 в 1997 г.). Такие же темпы принимаются и для общего производства энергии (по максимальным

значениям для 2020 г.). Расчетная энергоемкость ВВП в рассматриваемой работе оценивается в 0,5 тут/1000 дол. ВВП (0,53 в 1985—1986 гг.; 0,59 в 1989—1990 гг.; 1,25 в 1997 г.), что отвечает темпам снижения этого показателя против 1997 г. на 4% в год (сложные проценты). Целевые установки на 2030 г. [13] отвечают задаче доведения ВВП на душу населения до 15—19 тыс. дол./чел. в год (13,7 в 1985 г.; 14 в 1986 г.; 15,1 в 1989 г.; 14,8 в 1990 г.; 4,8 в 1997 г.). Соответственно по минимальному значению этого показателя (15 тыс. дол./чел. в год) его рост с 1997 по 2020 г. должен составлять более 5% в год (сложные проценты) — с итоговым выходом к 2020 г. только на уровень 1989 г.

Основные тенденции роста (убыли) показателей энергопотребления и его эффективности, оцениваемые в среднегодовом выражении в сложных процентах, весьма важны для долгосрочных прогнозов использования и развития минерально-сырьевой базы ТЭС на ближнюю и дальнюю перспективы. В соответствии с методикой, предложенной А.И.Кривцовым [3], темпы изменения приведенных показателей, выраженные в сложных процентах, связаны приближенной зависимостью:

$$v = q - z,$$

где: v — рост (убыль) показателя ВВП на душу населения; q — то же, потребления энергии на человека в год; z — то же, энергоемкости ВВП. Последний показатель может служить

мерой интенсивности-экстенсивности энергопотребления.

На рис. 8 иллюстрируются изменения этих показателей за 1968—1995 гг. для ведущих стран мира с разделением их на экспортеров и импортеров ТЭС. Они отчетливо различаются по положению соответствующих точек на указанном рисунке. Для стран-импортеров ТЭС характерно снижение энергоемкости ВВП (в целом от первых десятых до 2% в год) и рост приведенного показателя ВВП от 4 до 6% в год (основная группа стран). При этом рост потребления энергии на душу населения составляет 2—3% в год. Для стран-экспортеров ТЭС характерно увеличение энергоемкости ВВП от 1 до 5% при широком разбросе (рост и убыль) приведенного показателя ВВП (на душу населения). Столь же широк разброс значений роста потребления энергии на душу населения.

Россия до 1990 г. по значениям рассматриваемых показателей находилась в первой группе стран (развитых!), а к 1997 г. оказалась в одном поле с Филиппинами. Рост энергоемкости ВВП в нашей стране в 1997 г. против 1968 г. превысил в среднем 2%; приведенный показатель ВВП убывал по 0,9% в год, а потребление энергии на 2% (против 6% к 1985 г.). В системе координат рис. 8 РФ-97 занимает особое положение, несопоставимое ни с одной из стран. Сходная ситуация характерна для Венесуэлы, где удельный показатель ВВП убывал по 0,7% в год, а энергоемкость возрастала по 4,7%. В то же время энергопотребление на душу населения увеличивалось по 4% в год.

Из рис. 8 очевидно, что в крайних случаях весьма значительные темпы роста ВВП на душу населения возможны либо за счет существенной убыли энергоемкости ВВП (от -1 до -2,5% — интенсивная модель энергопользования), либо за счет высоких темпов увеличения энергопотребления на душу населения (от 4 до 6% и более — экстенсивная модель).

Максимальные темпы снижения энергоемкости ВВП в РФ были достигнуты в 1985—1986 гг. (-1%), что, с нашей точки зрения, в целом отражает технологические и экономические возможности сложившейся к тому времени в стране общей инфраструктуры. В дальнейшем (1989, 1990, 1997 гг.) значения этого показателя изменялись в худшую для экономики России сторону.

При оценке возможностей реализации различных сценариев энергетического и экономического развития России на перспективу допустимая убыль энергоемкости ВВП не

может быть принята более 1% в год. Это — принципиальное (предельное) ограничение для всех возможных прогнозных построений. Отметим, что за 1968—1995 гг. лишь по ограниченному числу стран-импортеров ТЭС была достигнута убыль энергоемкости более 1%. Превышение этого предела возможно при условии радикальных технологических преобразований, которые уже были реализованы в ряде развитых стран под прессом общемировых кризисных явлений в энергообеспечении.

Выше были приведены темпы энергетического и экономического развития страны, заложенные в один из сценариев: рост ВВП на душу населения (v) принят в 5% при увеличении энергопотребления на душу населения в 1% (q). Достижение этих значений возможно при снижении энергоемкости ВВП (z) около 4% в год (с 1997 по 2020 гг.), т.е. при четырехкратном превышении указанного выше реально достижимого предела. Поскольку дальнейшее увеличение энергоемкости ВВП в России представляется очевидно недопустимым, можно принять, что значения его изменений окажутся в диапазоне -1—0% (см. рис. 8).

Соответственно рост ВВП на человека в год на уровне 5% по изложенному выше сценарию может быть достигнут при росте потребления энергии на душу населения в 4 или 5% в год, т.е. при четырех-пятикратном превышении роста расчетного потребления, которое, напомним, по разным сценариям принимается не более 1% в год. Заметим, что при удвоении внутреннего потребления энергии указанные выше возможные границы изменения энергоемкости ВВП лимитируют увеличение ВВП на душу населения 2% в год. Напомним, что удвоение потребления энергии означает полный отказ от экспорта ТЭС и использование основной массы энергоносителей внутри страны, что может обеспечить не снижение энергоемкости ВВП, а его интенсивный рост.

С учетом опыта развития России с 1990 по 2000 гг. возможность радикальных технологических преобразований в сфере производства и потребления энергоресурсов представляется весьма ограниченной. «Легкие», хотя и относительно малые деньги, получаемые от экспорта ТЭС, уже почти четверть века наркотически действуют на страну, несмотря на то, что экспортируемая единица энергии вносит существенно меньший вклад в национальный ВВП, чем единица энергии, использованная внутри страны при достаточно высоком технологическом уровне промышленной и экономической инфраструктуры.

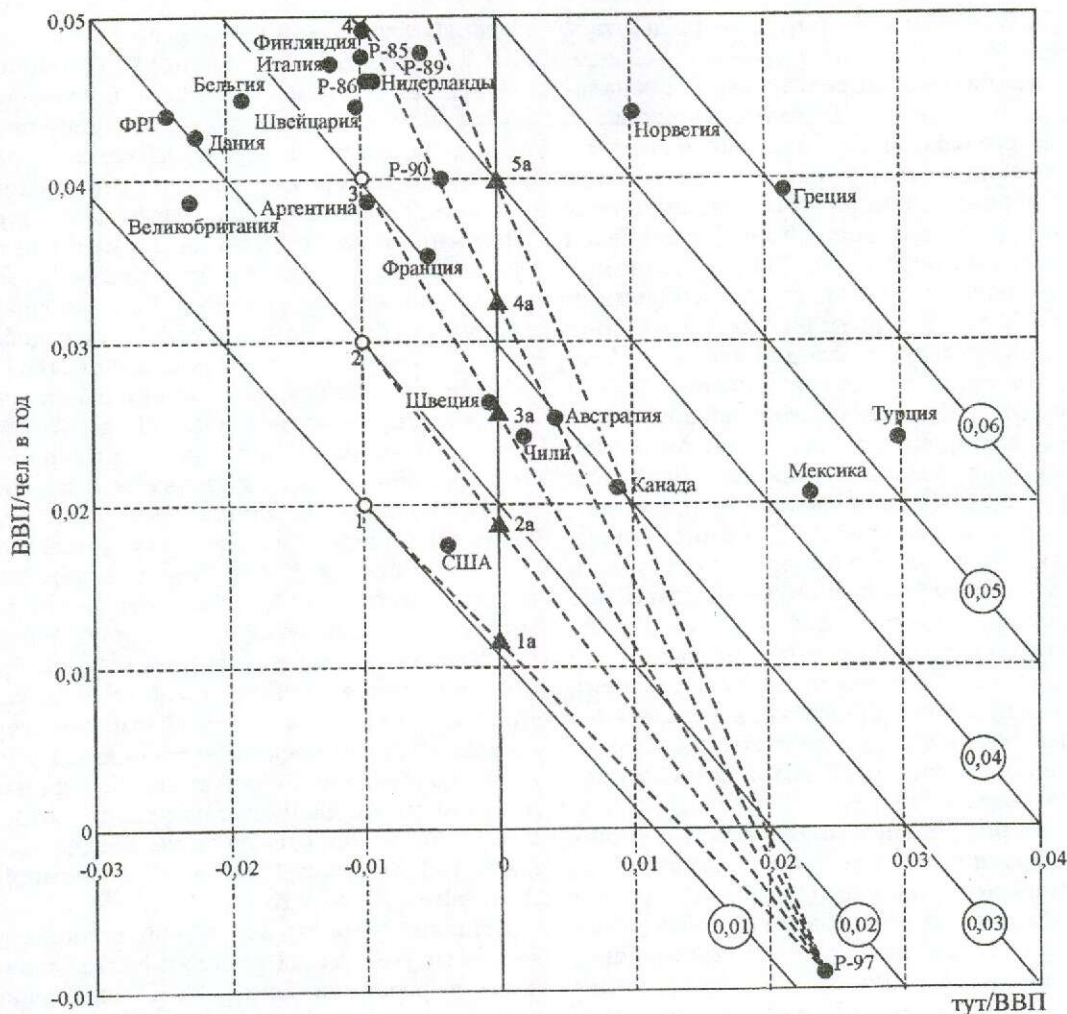


Рис. 8. Изменения ВВП на человека в год, энергоемкости единицы ВВП и энергопотребления на человека в год (цифры в кружках) по ведущим странам мира (за 1968—1995 гг.) и России (P-85, P-86, P-89, P-90, P-97). Расчеты по формуле сложных процентов; пунктиром показаны варианты развития энергетики и экономики России до 2020 г. (пояснения в тексте). По материалам А.Э.Конторовича и др. [13] и авторов

Приведенные оценки со всей очевидностью свидетельствуют об избыточном оптимизме авторов рассмотренного сценария возможного энергообеспечения России на перспективу и нереальности достижения намеченных уровней роста ВВП и эффективности энергопотребления. Вместе с тем, мы разделяем предостережение А.Э.Конторовича с соавторами: «...Если не будут достигнуты предлагаемые нами уровни добычи горючих полезных ископаемых и эффективности использования энергии, то на многие десятилетия замедлится рост ВВП и, как следствие, уровень жизни в России» [13, с. 782]. Соответственно допускается, мягко говоря, «продлонгация» низкого уровня жизни в России до середины третьей четверти XXI в. Тревоги авторов так или иначе

подтверждаются периодическими вспышками текущих кризисных явлений в энергообеспечении некоторых регионов России даже в условиях спада промышленного энергопотребления.

В ряде работ [8, 9, 13 и др.] показано, что за последнее десятилетие добыча нефти в России не компенсируется получаемыми приростами запасов. По оценкам В.И.Назарова с соавторами [8], из возможных подготовленных запасов нефти лишь 50% в перспективе окажутся рентабельными (по современным экономическим параметрам). Отсюда следует, что для сохранения устойчивости минерально-сырьевой базы нефти (по модели простого воспроизводства) приросты ее запасов должны минимум в 2 раза превышать ежегодный объем

добычи [6]. В связи с этим нельзя не поддержать предложение авторов цитируемого исследования о форсированной разработке национальной концепции вывода России из кризиса и развития топливно-энергетического комплекса страны. Очевидно, что в такого рода документе в первую очередь должны быть определены рубежные (целевые) значения показателей энергопроизводства и экономической эффективности внутреннего потребления и экспорта ТЭС. В тактическом плане ряд конкретных мер уже предложен в работе «Энергетическая стратегия России» [12] и оперативных разработках Минтопэнерго РФ. Очевидно эта проблема уже давно переросла ведомственные рамки и перешла в разряд стратегической общенациональной. Мы можем лишь присоединиться к многочисленным призывам ведущих специалистов страны к властным структурам в надежде на понимание того простого обстоятельства, что сумма сложившихся в стране тактических решений в сфере энергопроизводства и энергопотребления не составила в итоге рациональную стратегию и тем более не может ее составить в быстро меняющейся ситуации глобализации минерально-сырьевых баз ТЭС.

Для формирования федеральной минерально-сырьевой стратегии и политики России, отнюдь, не бесполезно обращение к опыту других стран, демонстрировавшемуся на МГК-31. Не только для «людей, принимающих решения», но и для людей, готовящих таковые, представляется интересным опыт Бразилии в области повышения эффективности недропользования [14]. Напомним, что по площади, численности населения, валовому внутреннему продукту, минерально-сырьевой обеспеченности эта страна сопоставима с Россией. Площадь Бразилии составляет 8512 тыс. км² (примерно в 2 раза меньше, чем Россия — 17 075 тыс. км²); численность населения в 1999 г. оценивалась в 172,9 млн. чел. (РФ — 146 млн. чел.). За 1999 год ВВП в Бразилии составил 556,8 млрд. дол. США, в России — 620,3 млрд. дол. США.

По оценкам Министерства горно-рудной промышленности и энергетики Бразилии, собственно горно-добывающая промышленность внесла в 1999 г. в национальный ВВП 4,8 млрд. дол. США, а импорт минерального сырья — 3,7 млрд. дол. США. Вклад продуктов переработки отечественного и импортного минерального сырья в ВВП оценивается в 46 млрд. дол. США, а импорта частично и полностью переработанного импортного минерального сырья — в 5,9 млрд. дол. США. Экспорт минерального сырья и продуктов его

переработки в 1999 г. превысил 10 млрд. дол. США — 20% от общего экспорта Бразилии (на 7% меньше, чем в 1998 г.). Вероятно, не без учета интенсивного роста эффективности использования недр в других странах Латинской Америки (прежде всего, в Перу).

Тем не менее, правительством страны сформирована национальная минерально-сырьевая политика и принимаются меры, направленные на расширение геологоразведочных работ и развитие горно-добывающего сектора экономики. Существование этой политики, ее цели и содержание реализуемых мер рассмотрены в статье Л. де Фрейтаса Боржеса — заместителя министра горно-рудной промышленности и энергетики Бразилии, опубликованной в преддверии 31-й сессии Международного геологического конгресса.

Бразилия входит в число стран-производителей минерального сырья. И все-таки ее минерально-сырьевой потенциал выявлен, оценен и осваивается в значительно меньшей степени, чем в Канаде и Австралии, сопоставимых с Бразилией по размерам территорий и геологическому строению. Причина этого заключается в недостаточном финансировании геологоразведочных работ, которое в Бразилии за последние пять лет не превышало 100 млн. дол. США в год (против 400 в Австралии и 600 в Канаде).

Низкий уровень вложений в геологоразведочные работы в Бразилии связан с введением в стране в конце 80-х годов законодательных ограничений на иностранные инвестиции в горно-добывающий сектор. Эти ограничения были отменены в 1995 г., однако в новых условиях выяснилось, что привлечение инвестиций тормозится недостаточностью (или отсутствием) базовой геологической информации, устаревшей системой предоставления концессий и управления ими, а также воздействием ряда других факторов. В число последних включены:

недостаток площадей для немедленного освоения геологоразведочными работами, поскольку на 55 млн. га в прошлые годы было выдано 44 000 лицензий. Соответственно в настоящее время практически невозможно получить право на проведение ГРП на потенциально перспективных площадях, несмотря на ограниченность базовой геологической информации. Эта ситуация возникла вследствие устаревшей системы недропользования, бюрократического законодательства и неэффективной административной структуры;

сложившиеся правовая и административная системы, зародившиеся в 60-е годы на базе идеи расширения прав штатов страны,

которые не обеспечивают динамичного развития горно-добывающего сектора, не создают необходимой защиты интересов как государства, так и инвесторов.

Долгосрочный (с 1995 г.) план развития горно-добывающего сектора экономики Бразилии исходит из сценария среднегодового роста ВВП в 4% и возможных инвестиций за 1995—2010 гг. в 35 млрд. дол. США (из них 4 млрд. дол. на геологоразведочные работы).

Реализация комплекса мер, отвечающих национальной минерально-сырьевой политике Бразилии, направлена на достижение следующих экономических результатов: увеличение ассигнований на ГРР со 120 млн. дол. США в 1999 г. до 400 млн. дол. США в 2002 г.; утроение к 2010 г. продукции горно-добывающего сектора (в денежном выражении 25 млрд. дол. США в год); шестикратное увеличение платежей, направляемых на воспроизводство минерально-сырьевой базы; создание 460 тыс. новых рабочих мест в горно-добывающем и около 4300 тыс. мест в сопряженных секторах с ростом к 2010 г. общей численности по отрасли до 7,3 млн. чел. Все приведенные выше показатели касаются только твердых полезных ископаемых (без нефтяной отрасли).

Как представляется, опыт Бразилии в формировании минерально-сырьевой стратегии и политики, в реформировании системы недропользования и повышения его эффективности весьма интересен, в первую очередь, в части создания жестких функциональных зависимостей и связей между организационно-правовыми мерами правительства и экономическими целями и результатами, имеющими конкретное выражение и доступными для общественного понимания и поддержки. Хотелось бы и в нашей стране иметь столь же конкретное выражение целей «прозрачной» национальной минерально-сырьевой стратегии.

Эффективная политика России в сфере национальной минерально-сырьевой безопасности требует учета последствий глобализации МСР и определения роли страны в будущем мировом минерально-сырьевом обеспечении. По запасам ряда полезных ископаемых РФ занимает доминирующее положение в мире при весьма низких темпах промышленного освоения за последние десять лет. Соответственно в настоящее время инерционная российская МСБ уже в ближайшие годы может превратиться в активный резерв мирового минерально-сырьевого обеспечения, и это обстоятельство определяет необходимость заблаговременной организации эффек-

тивного сотрудничества РФ с другими странами — потенциальными лидерами в будущем обеспечении мира МСР с целью стабилизации международного минерально-сырьевого рынка в общих интересах развития мировой цивилизации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Беневольский Б.И., Кривцов А.И., Мигачев И.Ф., Минаков В.М. Проблемы национальной минерально-сырьевой безопасности Российской Федерации: Докл. на научно-практической конференции «Геологическая служба и МСБ России на пороге XXI века». — СПб., 2000.
2. Козловский Е.А. Национальная безопасность России и минерально-сырьевая политика // Промышленные ведомости. 2000. № 6.
3. Кривцов А.И. Зарубежная минерально-сырьевая база на рубеже веков — ретроспектива и прогнозы. Обзор-анализ. — М.: ЦНИГРИ, 1998.
4. Кривцов А.И. Минерально-сырьевая база на рубеже веков — ретроспектива и прогнозы. — М.: ЗАО «Геоинформмарк», 1999.
5. Кривцов А.И. Глобальная минерально-сырьевая обеспеченность в XXI веке — количественные оценки: Докл. на Всероссийском съезде геологов. — СПб., 2000.
6. Кривцов А.И., Мигачев И.Ф. Возможная мировая добыча горючих и металлических полезных ископаемых к 2025 г. и темпы ее компенсации новыми запасами // Отечественная геология. 08.2000. Спецвыпуск. МГК-XXXI. Тез. Докл.
7. Кривцов А.И., Беневольский Б.И., Минаков В.М. Национальная минерально-сырьевая безопасность. Введение в проблему. — М.: ЦНИГРИ, 2000.
8. Назаров В.И., Наливкин В.Д., Свирчков Г.П. Экономическая оценка ресурсов нефти и газа в России // Геология нефти и газа. 1997. № 10.
9. Наливкин В.Д. Прогноз развития нефтяной и газовой промышленности России // Геология нефти и газа. 1997. № 12.
10. Попов В.В. Минеральные ресурсы и экономика России на рубеже XX—XXI столетий: Проблемы и пути их решения. — М.: ОИФЗ РАН, 2000.
11. Путин В.В. Минерально-сырьевые ресурсы в стратегии развития российской экономики // Записки Горного института. СПб., 1999. Т. 144 (1).
12. Энергетическая стратегия России (Основные положения) / Под ред. Ю.К.Шафраника. — М., 1995.
13. Энергетическая стратегия России в XXI в. / А.Э.Конторович, Н.Л.Добрецов, Н.Г.Лаверов и др. // Вестн. РАН. Т. 69. № 9.
14. Borges L. Policy and Strategy for the Brazilian Mineral Sector // Brasil Mineral. 1999. Sp. issue.
15. Gold, 1995. Gold Fields Services Ltd., 1995—1999.
16. Laznicka P. Quantitative Relationships among Giant Deposits of Metals // Econ. Geol. 1999. Vol. 94. № 4.
17. Wellmer F.W. Lebensdauer und Verfügbbarkeit energetischer und mineralischer Rohstoffe // Erzmetall. 1998. 51. № 10.
18. Wellmer F.W., Berner U. Factors useful for predicting future mineral-commodity supply trends // Geol. Rundsch. 1997. Vol. 86.

УДК 553.495

© Г.А.Машковцев, С.С.Наумов, 2001

ЗАПАСЫ И ПРОИЗВОДСТВО УРАНА: СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

Г.А.Машковцев (ВИМС МПР России), С.С.Наумов (РГУ «Геологоразведка»)

Мировые разведанные запасы урана по цене до 40 дол./кг могут обеспечить современные потребности АЭС на 20—30 лет. Наиболее крупными запасами обладают Австралия, Казахстан и Канада. Мировое производство природного урана, около 50% которого сконцентрировано в Канаде и Австралии, составляет 32 тыс. т, или 55% потребностей мировой атомной энергетики. Дефицит компенсируется складскими запасами природного урана и другими альтернативными источниками. В будущем по мере развития атомной энергетики и исчерпания складских запасов основным источником обеспечения потребностей АЭС будет оставаться природный уран. Растущий дефицит производства должен существенно повлиять на стабилизацию уранового рынка и развитие геологоразведочных работ на уран. Запасов Стрельцовского района недостаточно для обеспечения потребностей АЭС России и экспортных поставок. Планируется создание новых предприятий по добыче урана методом подземного выщелачивания на месторождениях Витимского, Зауральского и Западно-Сибирского районов.

Обзор-анализ запасов и производства урана сделан на основе материалов уранового симпозиума, проходившего при участии авторов в рамках XXXI Международного геологического конгресса, и последующего заседания объединенной урановой группы МАГАТЭ-ОЭСР по подготовке очередного выпуска «Красной Книги», в которой освещаются вопросы развития геологоразведочных работ, состояния запасов, производства и потребления урана в мире.

Актуальность урановой проблемы во многом определяется неоднозначностью ситуации в мировой атомной промышленности. С одной стороны, экспорт дешевого сырья по заниженным ценам из стран СНГ и использование оружейного урана не стимулируют развитие новых производств и вызывают закрытие нерентабельных рудников. С другой стороны, потребности АЭС обеспечиваются природным ураном только на 50—55%, а дефицит покрывается главным образом складскими запасами, которые, по оценке МАГАТЭ, могут быть исчерпаны через 20—30 лет. Это очень небольшой срок в историческом плане, и проблема увеличения производства остро встанет в ближайшем будущем.

По принятой в МАГАТЭ стоимостной классификации мировые разведанные запасы месторождений делятся на три группы: менее 40, 40—80, 80—130 дол. США/кг. Разведанные

запасы по цене менее 80 дол./кг являются в настоящее время основой для планирования и производства. По степени разведанности они подразделяются на категории RAR и EAR1, соответствующие категориям A+B+C₁ и C₂. Другие запасы относятся к категории прогнозных. Общее количество разведанных запасов составляет 3369 тыс. т, из них стоимостной категории до 40 дол./кг 1436 тыс. т (таблица), что эквивалентно потребностям АЭС на 20-летний период с учетом потерь при добыче и переработке.

Девяносто процентов разведанных запасов сосредоточено в десяти странах, из которых более половины находятся в Австралии, Казахстане и Канаде (рис. 1). Наиболее активны по развитию минерально-сырьевой базы — Канада, США, Франция, Австралия. Основные усилия направлены на поиски месторождений «типа несогласия» и песчаникового типа, наиболее рентабельных для промышленного освоения в современных экономических условиях.

Общее мировое производство урана из природных объектов в 1998 г. составило 35,4 тыс. т. Уран производился в 23 странах, причем 90% производства сосредоточено в десяти из них. При этом 45—50% (16 тыс. т) общего объема приходится на Канаду и Австралию, эксплуатирующих месторождения с уникально богатыми рудами, которые

Мировые разведанные запасы урана, тыс. т

Ценовые категории, дол. США/кг U	Степень разведанности		
	RAR=C ₁	EAR1=C ₂	Всего
<40	1044	392	1436
40—80	625	177	802
Дополнительно <80	846	285	1131
Итого <80	2515	854	3369
80—130	751	296	1047
Всего	3266	1150	4416

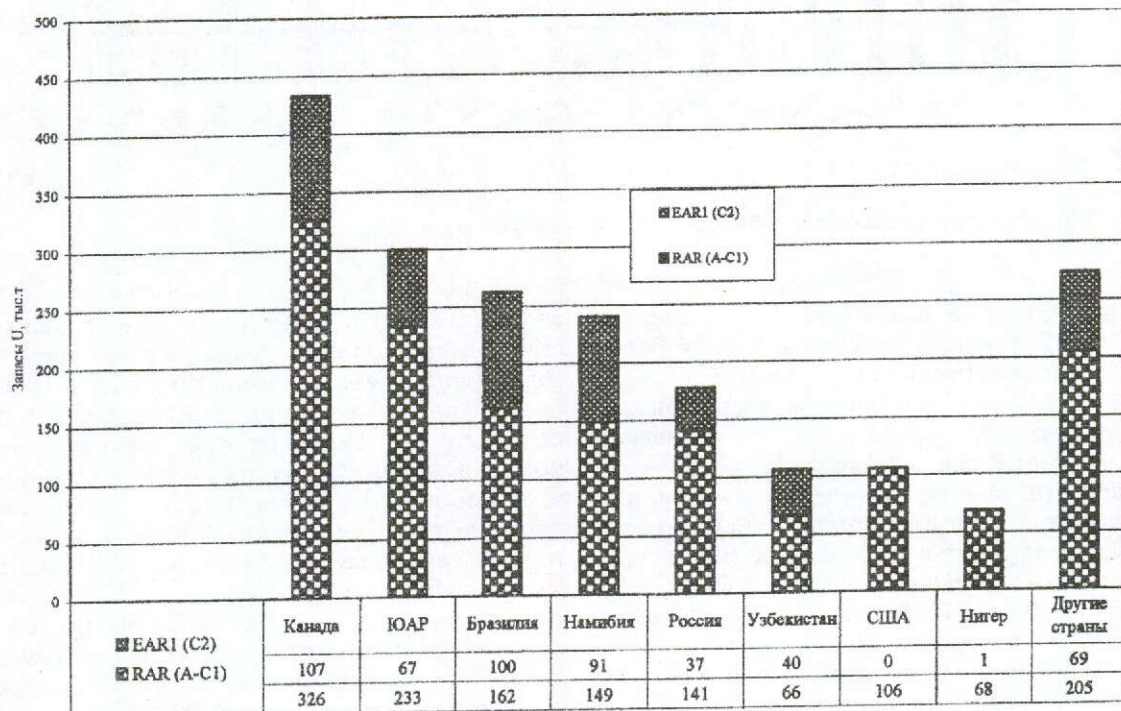


Рис. 1. Распределение разведанных запасов урана (<80 дол./кг) по странам на 01.01.99 г.

приурочены к зонам древних структурно-стратиграфических несогласий (рис. 2).

В 1999 г. производство урана по сравнению с 1998 г. снизилось на 1850 т, в основном за счет Канады, которая интенсивно реконструирует перерабатывающие заводы и строит новые рудники. В конце 1999 г. в Канаде вступили в строй новые рудники на месторождениях Макартур Ривер (ресурсы 185 000 т при среднем содержании U 12%) и Макклин, которые к 2002 г. с выходом на номинальную мощность будут производить 6900 т/год. К 2003 г. планируется ввести в эксплуатацию рудник Сигар Лейк с ультрабогатыми рудами. Общая номинальная мощность новых предприятий Канады составит

около 14 тыс. т в год. Австралия также наращивает производство урана как за счет увеличения добычи на действующих рудниках Рейнджер и Олимпик Дэм (с 4900 т в 1998 г. до 6450 т в 1999 г.), так и путем подготовки новых рудников, в том числе Джабилука — подземная добыча, Беверли и Хонеймун — подземное выщелачивание.

Основная часть урана добывается традиционными горными открытым и подземным способами (рис. 3). В последнее десятилетие неуклонно увеличивается добыча урановых руд методом скважинного подземного выщелачивания, достигшая 14% от общего производства в 1998 г. Кроме того, незначительная часть урана извлекается из шахтных

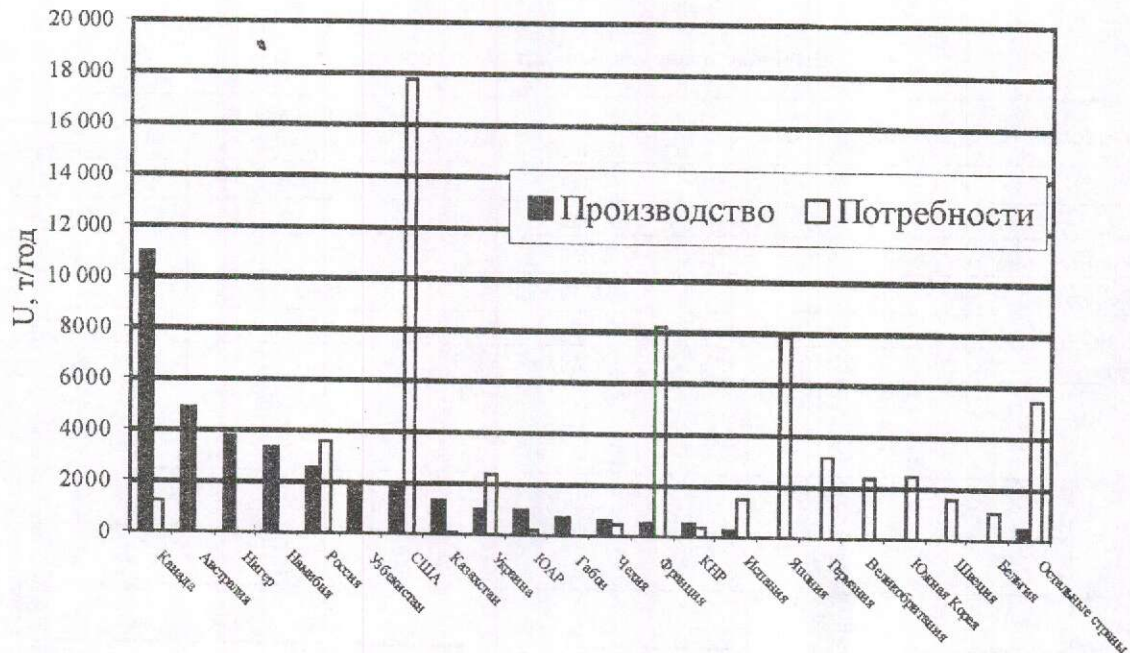


Рис. 2. Производство урана и потребности АЭС по странам на 01.01.99 г.

вод (до 100 т), а также из руд методами кучного и блочного выщелачивания (не более 300 т в Китае и России).

В ближайшей перспективе значительный рост производства урана до 2015 г. возможен только за счет Канады и Австралии (до 25 000 т) и существенный — за счет России, Узбекистана и Казахстана. При этом, видимо, прекратится производство урана в Центральной и Западной Европе и значительно сократится в США.

На 1 января 1999 г. в 28 странах мира работало 434 блока АЭС общей мощностью 351 Гвт. Потребность в топливе в пересчете на природный уран для данных АЭС в 1998 г. составила более 60 тыс. т. Соотношение между производством и потреблением урана по отдельным странам показано на рис. 2. В 12 странах потребности в уране превышают 1 тыс. т при общем объеме около 90% от мировой. Семь из этих стран, не добывающих уран на своих территориях, были вынуждены импортировать в 1998 г. 26,5 тыс. т U, что составляет 75% от мировой добычи.

До начала 90-х годов производство урана преобладало над востребованностью его. В результате перепроизводства было накоплено 187 000 т U, который в дальнейшем активно распродавался. В связи с этим производство урана начало снижаться и суммарный его дефицит за последние десять лет составил около 160 тыс. т. Начиная с 1996 г. и по настоящее время производится 25—32 тыс. т природного урана в год. Существующий

дефицит компенсируется главным образом со складов природного урана. Кроме того, по соглашению между Россией и США с 1995 г. часть урана для нужд АЭС поступает от передела российского высокообогащенного урана (ВОУ). К другим альтернативным источникам относятся хвосты изотопного обогащения, рециклинг отработанного топлива атомных реакторов и МОХ-топливо (смесь оксидов урана и плутония).

Анализ изменения во времени роли каждого из источников в снабжении атомной энергетики (рис. 4) свидетельствует о быстром дефиците складских запасов, компенсации дефицита урана за счет передела российского ВОУ (9130 т U в год), незначительной роли МОХ-топлива и других альтернативных источников (не более 8% от общего производства урана в 2010 г.) и, как результат, невозможности полного удовлетворения потребности в уране за счет добычи на действующих рудниках. Поэтому необходимо активизировать геологоразведочные работы, осваивать и вводить в строй новые месторождения урана. На период с 2001 по 2010 гг. прирост производства урана за счет новых рудников должен составить 15—30 тыс. т в год.

Постоянно растущий дефицит урана не может не повлиять на стабилизацию уранового рынка и рост цен. Особенно ярко последний должен проявиться после 2010 г., когда складские запасы будут практически израсходованы, а дефицит между производ-

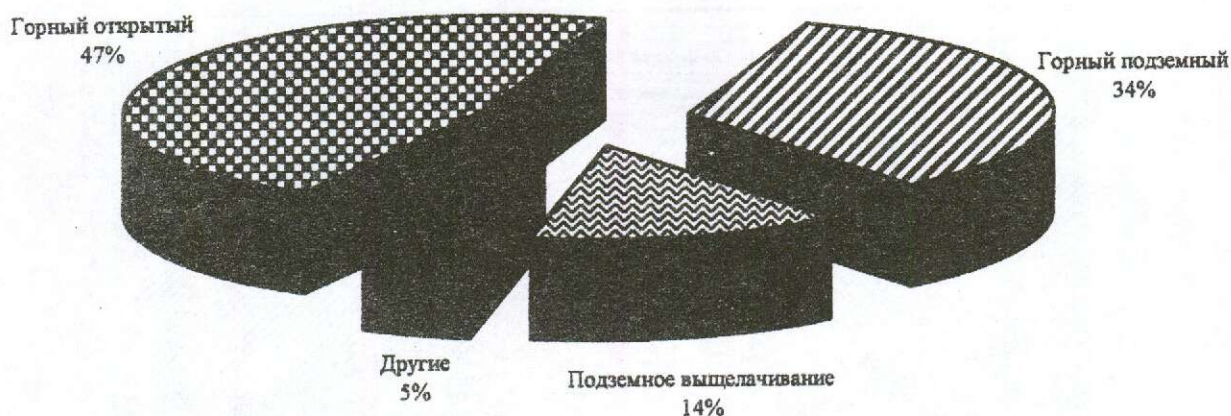


Рис. 3. Производство урана по способам добычи

ством и потреблением сохранится на уровне не менее 20 тыс. т. Разведанные запасы по цене менее 40 дол./кг к этому времени будут существенно исчерпаны, а месторождения, открытые после 2000 г., не успеют вступить в эксплуатацию.

России — одному из ведущих производителей и потребителей урана — в полной мере присущи вышеупомянутые проблемы мировой урановой промышленности: значительное превышение потребностей в уране атомной энергетики над его производством из месторождений; исчерпание складских и геологических запасов.

В 1998 г. в России работали девять АЭС с 29 энергоблоками различных типов общей установленной мощностью около 21 Гвт. Для их обеспечения необходимо 3600—3800 т U. Предполагается увеличить мощность АЭС к 2010 г. до 30 Гвт, для чего необходимо более 5000 т U в год.

В странах СНГ (Украина, Литва, Армения), а также в Финляндии, Болгарии, Чехии, Венгрии, Румынии, Словакии действуют построенные еще СССР АЭС, которые Россия должна снабжать ядерным топливом. По российскому проекту сооружается АЭС в Иране. По данным МАГАТЭ [3], перечисленным странам для атомной энергетики потребуется около 7000 т U. Учитывая возможности Украины и Чехии частично удовлетворять свои нужды поставкой давальческого сырья, можно принять, что всего в период от 2000 до 2010 г. общие годовые расходы урана составят 10—12 тыс. т. Кроме того, в последние годы Россия является крупным поставщиком природного и обогащенного урана на мировой рынок. Эти поставки необходимы для развития собственной урановой промышленности, поскольку за счет вырученных средств в последние два года

удалось несколько активизировать геолого-разведочные работы на уран. С учетом сохранения экспортных поставок на мировой рынок общая годовая потребность России значительно превысит 12 тыс. т. в год.

В настоящее время в нашей стране работает всего одно уранодобывающее предприятие — АО «ППГХО» номинальной мощностью порядка 3500 т. В последние годы производство находится на уровне 2000—2500 т/год. Оно обеспечивается в основном за счет традиционной подземной горной добычи с последующим сернокислотным выщелачиванием руд на гидрометаллургическом заводе. Небольшое количество урана производится методами кучного и блочного выщелачивания. Предприятие в стратегическом плане недостаточно обеспечено качественным сырьем. Хотя разведанные запасы достаточно велики, но в результате селективной добычи богатых руд в последние годы содержание урана в оставшихся запасах существенно снизилось и составляет менее 0,2%.

Месторождения Стрельцовского рудного поля эксплуатируются уже более 30 лет, и их запасов недостаточно для обеспечения потребностей атомной энергетики [1, 2]. В связи с этим планируется строительство новых предприятий по производству урана методом подземного выщелачивания на месторождениях песчаникового типа в палеодолинах Витимского, Зауральского и Западно-Сибирского районов. Введена в эксплуатацию промышленная установка по подземному выщелачиванию на Далматовском месторождении в Зауральском районе, ведутся опытно-промышленные испытания на месторождении Хиагда в Витимском районе [1]. Планируется, что к 2010 г. они смогут производить около 2000 т U в год.

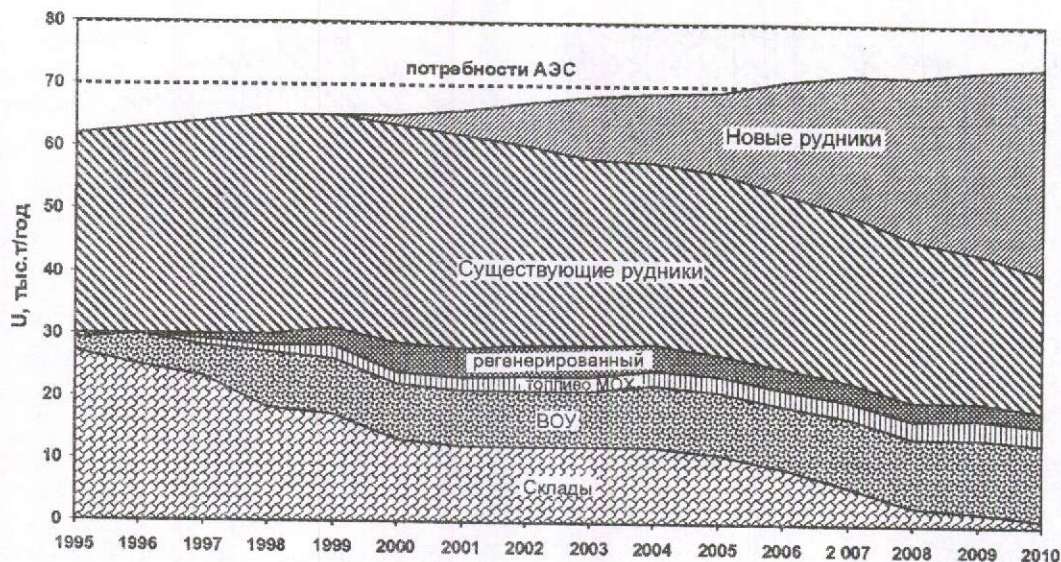


Рис. 4. Обеспечение мировых потребностей АЭС из различных источников

В России еще в 60-е годы были открыты и затем разведаны крупные месторождения урана в Эльконском рудном районе на Алдане (Республика Якутия-Саха). Запасы этих месторождений отнесены к забалансовым по стоимостной категории более 80 дол./кг. В настоящее время инфраструктура этого района значительно улучшилась — проведена железная дорога до расположенной поблизости станции Томмот, имеются электроэнергия и свободная рабочая сила. В детально разведанной и вскрытой шахтами рудной зоне Южная можно выделить значительные по объему блоки урановых руд с содержанием около 0,2%, а также отдельные участки с повышенным содержанием золота.

Таким образом, существующая минерально-сырьевая база может обеспечить лишь половину потребностей России в уране, а другая половина должна обеспечиваться складскими запасами природного и обогащенного урана, которых может хватить лишь на 30—40 лет.

Приведенный выше анализ позволяет сделать вывод о настоятельной необходимости форсирования поисковых работ на уран. В 1997 и 1998 гг. большая часть финансирования геологоразведочных работ на уран была использована на подготовку новых центров по подземному выщелачиванию и незначительная — на поисковые работы в других регионах. В результате были выявлены геологические предпосылки для поисков на территории страны крупных и богатых месторождений урана «типа несогласия» [1]. Разработаны специальные программы геологоразведочных работ и намечены регионы, перспективные на

обнаружение новых промышленных месторождений урана различных генетических типов. В качестве основных объектов поисковых работ определены месторождения, пригодные для отработки методом скважинного подземного выщелачивания, и месторождения особо богатых и комплексных руд, обеспечивающих их рентабельную отработку в современных экономических условиях.

По первому направлению реализация перспектив выявления новых месторождений планируется прежде всего в пределах Зауральского, Западно-Сибирского и Витимского районов, а также на других территориях. Поиски месторождений особо богатых и комплексных руд предусматривается осуществлять в районах развития древних метаморфических комплексов, с которыми связаны известные месторождения Канады и Австралии. К первоочередным районам прогнозно-поисковых работ отнесены Карелия, Восточный Саян, Березовский прогиб и Восточный склон Алданского щита. Реализация этих программ во многом будет содействовать самообеспеченности страны атомным сырьем, имеющим, как известно, важнейшее стратегическое значение.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Наумов С.С. Сырьевая база урана // Горный журнал. 1999. № 12 С. 12—17.
2. Тарханов А.В., Бойцов А.В. Минерально-сырьевая база и урановая промышленность мира // Минеральное сырье. Сер. геолого-экономическая. М., 2000. № 7.
3. Uranium 1999. Resources, production and demand. OECD, Paris, 2000.

СТРОЕНИЕ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ



УДК 553.495 (4-924.8)

© Коллектив авторов, 2001

ПОТЕНЦИАЛЬНЫЕ УРАНОВОРУДНЫЕ РАЙОНЫ ГИДРОГЕННОГО ТИПА НА СЕВЕРО-ЗАПАДЕ МОСКОВСКОЙ СИНЕКЛИЗЫ

П.А.Игнатов, Ю.Ф.Малых (МГГА-МГРИ), С.С.Наумов, Ю.Л.Бастриков, Г.И.Новиков, Е.К.Мельников, П.И.Шариков, Г.П. Дундо (СЦ «Геолого-разведка»)

Обоснованы перспективы своеобразных урановых месторождений, связанных с древним грунтовым и внутрипластовым окислением в аллювиально-дельтовых угленосных песчаных отложениях визейского возраста в Боровичско-Тихвинском регионе. Показаны положение зоны выклинивания древнего внутрипластового окисления и вероятные полосовидные перспективные площади в ранге двух потенциальных урановорудных районов, выделенных в пределах Бокситогорской и Меглинской палеодолин. Приведены прямые и косвенные признаки такого типа оруденения.

Современное состояние сырьевой базы природного урана России не соответствует требованиям развития атомно-энергетического комплекса и требует ее резкого наращивания [9 и др.]. В сегодняшних условиях это возможно за счет прироста запасов, отрабатываемых способом подземного выщелачивания. Последние распространены в депрессионных зонах земной коры. В этой связи актуально оценить перспективы такого крупного осадочно-породного бассейна, каким является Московская синеклиза. Принципиальная возможность нахождения различных урановых месторождений гидрогенного типа в нижнекаменноугольных отложениях Московской синеклизы обоснована с разных позиций [3, 4, 6].

К наиболее важным критериям прогнозирования промышленного оруденения, связанного с зонами выклинивания пластового окисления (ЗПО) на северо-западе Московской синеклизы, согласно имеющимся представлениям [1, 7, 13], относятся: наличие крупных артезианских бассейнов инфильтрационного или смешанного гидродинамического типов; длительная, в десятки миллионов лет, аридная обстановка и нисходящие региональные потоки окислительных по урану подземных вод, формировавших зоны пластового окисления в геотектонических условиях умеренной эпиплатформенной тектонической активизации; наличие проницаемых

аллювиальных и дельтовых песчаных пластов; контрастная фациально-геохимическая восстановительная обстановка, обусловленная скоплениями углистого вещества, или присутствие вторичных восстановителей урана на пути движения зон пластового окисления; существование скрытых очагов разгрузки артезианских вод, которые связаны со структурными осложнениями субгоризонтально залегающих пластов осадочного чехла в виде флексур, валов, поднятий и структурных носов; обстановка благоприятная для консервации уранового оруденения.

К этому следует добавить обязательные геозкологические условия предполагаемого геотехнологического освоения потенциальных месторождений. Необходимо, чтобы с техногенными агрессивными средами, прежде всего серной кислотой, не соприкасались горизонты подземных вод, вмещающие питьевые воды. Вместе с тем следует отметить, что есть точка зрения о невозможности развития в данном регионе месторождений, связанных с ЗПО [6].

Перечисленные критерии являются выражением палеогеографических, палеотектонических и палеогидрогеологических обстановок, существовавших в рудных районах. Применительно к рассматриваемому региону северо-западной части Московской синеклизы указанные предпосылки имеют следующие особенности.

Палеогеографические предпосылки. В регионе, как и во всей Московской синеклизе, визейские отложения тульского и алексинского горизонтов содержат основные концентрации урана и считаются потенциально рудовмещающими [3, 14]. Они представлены прибрежно-морскими и континентальными образованиями с горизонтами бурых углей, огнеупорных глин и бокситов. Их состав и происхождение хорошо изучены и опубликованы в работах Т.Н.Бельской, Л.М.Бириной, М.А.Болховитиновой, Е.П.Брунс, С.Г.Вишнякова, Р.Ф.Геккера, В.С.Кофмана, М.Х.Махлиной, Ф.И.Осиповой, А.П.Саломона, В.С.Яблокова и других исследователей. Важно подчеркнуть некоторые особенности, которые позволяют оценить перспективность визейских отложений на урановое оруденение.

Наш опыт изучения десятков стратиформных урановых месторождений и рудопроявлений, локализованных в средневерхнедевонских и нижнекаменноугольных отложениях Минусинской и Тувинской котловин Южной Сибири, наложенных впадин Северного Казахстана и в венд-нижнепалеозойских отложениях чехла Восточно-Европейской платформы, предполагает выделение в качестве перспективных на уран таких пачек, которые отличаются наиболее сложным литолого-фациальным строением, формированием в сложных палеогеографических условиях и приуроченностью к региональным перерывам в осадконакоплении [4]. Таким критериям в рассматриваемом регионе отвечают наиболее ураноносные отложения тульского и алексинского горизонтов, которые формировались во время крупного ранневизейского регионального перерыва в осадконакоплении, охватившего всю Восточно-Европейскую платформу. В это же время формировались масштабные латеритные коры выветривания, размыв и переотложение которых обусловили образование бокситовых месторождений Тихвинской группы и месторождений огнеупорных глин Боровичско-Любытинского района [2]. Это послужило причиной поступления в бассейн осадконакопления больших масс урана, что отразилось в радиогеохимической специализации нижневизейских песчано-глинистых пород.

Снизу вверх по разрезу тульского и алексинского горизонтов сменяются следующие ассоциации литогенетических типов: пролювиально-делювиальные бокситоносные; палеодолинные аллювиально-дельтовые; озерно-болотные угленосные; озерно-лагунные глинистые, включающие пласты огнеупорных глин; лагунные карбонатно-

глинистые; лагунные глинисто-известняковые и известняковые. Аллювиально-дельтовые отложения встречаются как в базальной части тульского горизонта, так и в его верхней части и в основании алексинского горизонта. Мощность названных ассоциаций от первых метров до 10—15 м, мощность аллювиально-дельтовых отложений достигает 80 м; за исключением аллювиальных отложений все прочие литогенетические ассоциации имеют между собой постепенные переходы, выражающиеся в разрезах через переслаивание.

Все ассоциации располагаются закономерно по латерали в виде фациальных полос шириной от 1—5 до 10—20 км и более. В краевой части северо-западного фланга Московской синеклизы узкой полосой залегают бокситоносные аллювиально-пролювиальные отложения, далее к востоку глинистые с керамическими глинами, еще далее — глинистые угленосные и, ближе к центру Московской синеклизы, — глинистые известковистые. Для угленосных отложений, включающих пласты угля рабочей мощности, характерна тенденция располагаться на юго-западе Боровичско-Тихвинского региона, что, очевидно, следует связывать с трансгрессией визейского моря с востока и северо-востока [10, 12].

Аллювиально-дельтовые отложения слагают долинный комплекс, локализованный в трех субширотных (Мягозерской, Бокситогорской и Меглинской) и одной субмеридиональной (Капшинской) крупных палеодолинах, выделенных В.С.Кофманом в 60—70-х годах. Палеодолинные комплексы пересекают большинство отмеченных выше фациальных зон. Палеодолины имели протяженность до 200 км и более, ширину от 5—10 до 40—60 км; снос по ним в тульское время был с Балтийского щита. Отчасти на юго-западе Боровичского региона в Меглинской палеодолине снос мог происходить и с Воронежского щита. В алексинское время областью сноса служило также Вологодское поднятие [5, 12, 15]. Каждая из указанных палеодолин обладает своими особенностями. В Мягозерской и Бокситогорской палеодолинах выделены их верховья, средние части и дельтовые окончания. Меглинская палеодолина целиком находилась в дельтовой зоне, Капшинская — в зоне сугубо континентального аллювиального осадконакопления.

Рельеф Боровичско-Тихвинского региона в раннем визе отличался разнообразием: пологие столовые горы и неоднородные холмообразные поднятия разделяли изометричные лагунные и озерные котловины,

аллювиальные палеодолины разного порядка; дельтовые окончания последних имели, вероятно, вид птичьей лапки. Наиболее дифференцирован был рельеф в центре региона в области Бокситогорской палеодолины. Именно здесь сочетаются древние водоразделы типа столовых гор, приустьевые части субмеридиональных и субширотных долин, интенсивные эрозионные врезы и крупная дельта. Данные геологического картирования м-ба 1:200 000, расположение фациальных зон и палеодолинных комплексов свидетельствуют о различном современном эрозионном срезе — максимальном на севере региона и минимальном на юге.

Анализ палеогеографических условий накопления нижневизейских толщ Боровичско-Тихвинского региона позволяет выделить в качестве потенциально продуктивных аллювиально-дельтовые отложения палеодолин, распространённые в фациальной зоне угленосных отложений. В этой обстановке песчаные проницаемые породы ассоциируют с углистым веществом, служившим хорошим восстановителем урана. По рельефу среди палеодолин наиболее перспективна на урановое оруденение Бокситогорская как самая дифференцированная, в меньшей мере — Меглинская. По аналогии с известными типами гидрогенных месторождений урана палеодолинного типа, связанными с древним грунтовым окислением, наиболее благоприятны верхние части Бокситогорской и Мягозерской палеодолин. В нижних частях Меглинской и Бокситогорской палеодолин возможно выявление месторождений, связанных с древними ЗПО.

Палеотектонические предпосылки Боровичско-Тихвинского региона предопределяются историей его геологического развития и особенностями строения кристаллического фундамента этой части Восточно-Европейской платформы. Выделяются следующие крупные этапы развития региона: архей-раннепротерозойский — формирование блокового строения кристаллического фундамента и крупных ортогональных разломов; позднепротерозойский рифтогенный — заложение и развитие Онежского и других авлакогенов, ограниченных глубинными разломами северо-западного и северо-восточного простираний; венд-раннепалеозойский — спокойное опускание; девонский, ранне-среднекаменноугольный, поздне-пермско-раннетриасовый и юрско-меловой — дифференцированные опускания; позднефамен-визейский и раннемезозойский — тектоническая активизация и региональные поднятия; позднекаменноугольно-ранне-

пермский и неоген-четвертичный — региональные поднятия.

В этапы региональных поднятий происходили перерывы в осадконакоплении. В условиях гумидного климата, например в позднем фамене и раннем визе, шло интенсивное выветривание. Во время крупных поднятий в позднем карбоне и ранней перми существовали аридные условия.

На каждом этапе в той или иной мере подновлялись структуры фундамента. В этапы опусканий они носили конседиментационный характер, во время активизаций и региональных поднятий происходили постседиментационные нарушения, сопровождавшиеся складчатыми и разрывными деформациями пород осадочного чехла. Поскольку нижнекаменноугольные толщи рассматриваются нами в качестве наиболее перспективных на урановое оруденение, целесообразно проанализировать конседиментационные структуры этого возраста и постседиментационные последующих этапов.

Расчленение тектонических структур ранневизейского возраста в Боровичско-Тихвинском регионе основано на анализе карты стратоизогипс кровли фаменских отложений, составленной сотрудниками ВСЕГЕИ [11], и палеогеографических построений В.С.Кофмана [5] и других исследователей. Выделяются три крупные палеогеографические зоны: северная, преимущественных поднятий, включающая район Кильозерского вала; центральная, сложно дифференцированная, охватывающая Бокситогорскую палеодолину и ее водораздельные части; южная, в которую входит Угловско-Боровичская впадина [5] (рис. 1). Эти зоны отличаются не только общим трендом палеорельефа, но и степенью сложности палеоландшафтов ранневизейского времени. Их можно рассматривать как конседиментационные блоки крупного порядка или структурно-формационные зоны (СФЗ), которые согласуются с блоковыми структурами кристаллического фундамента. В раннем визе они, вероятно, определяли линейные границы крупных геоморфологических районов и, возможно, представляли собой системы уступов. Разломы, ограничивающие блоки второго порядка, по геофизическим данным имеют западно-северо-западное простирание. Внутриблоковые нарушения являются ортогональными и диагональными. В кристаллическом фундаменте и конседиментационных структурах разного ранга часто прослеживается телескопирование разрывных нарушений.

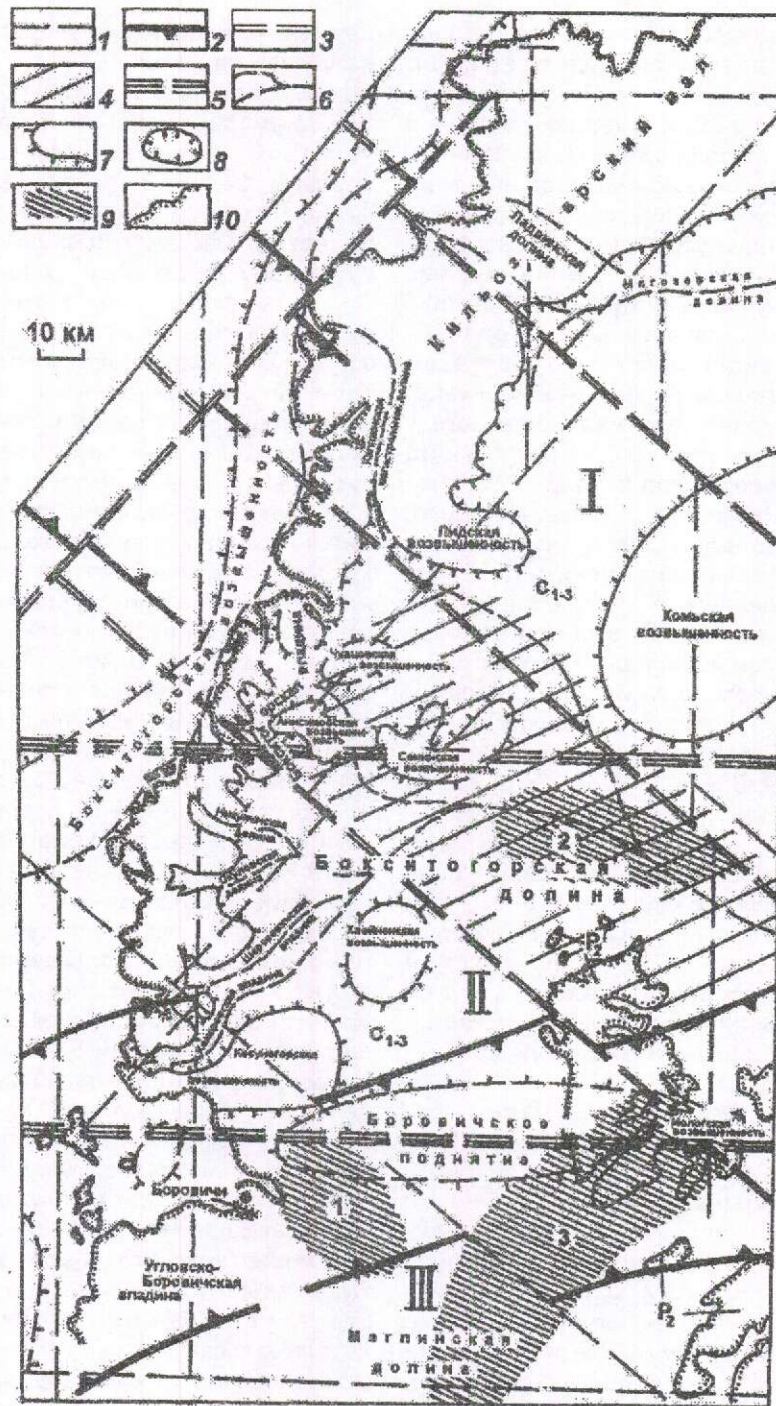


Рис. 1. Палеотектоническая схема Боровичско-Тихвинского региона:

структуры фундамента, по С.А.Скороспелкину: 1 — меридиональные зоны высокой проницаемости и широтные сквозьблоковые разломы; 2 — границы Пашско-Ладожского и Крестецкого авлакогенов; 3 — Балтийско-Мезенская система разломов венд-палеозойской активизации и Рускеальская зона глубинных разломов; 4 — зоны автономной послерифейской активизации, по Д.Н.Гарбару; 5 — границы структурно-формационных зон раннего карбона: северной (I), центральной (II), южной (III); ранневизейские конседиментационные структуры, по В.С.Кохману; 6 — оси палеодолин, 7 — пологие поднятия (возвышенности), 8 — изометричные впадины; 9 — послевизейские структуры, по И.С.Оношко, Н.П.Сердюковой (1 — Сушеревское поднятие, 2 — Сазоново-Медведевский, 3 — Пестовский валы); 10 — граница нижнекаменноугольных и верхнепермских отложений

Внутри палеотектонических блоков второго порядка выделяются мелкие блоки третьего порядка. Это изометричные и линейно вытянутые в плане впадины и возвышенности, которые отчетливо распознаются по карте стратоизогипс поверхности фаменских отложений. В северной зоне откартированы северо-восточный Кильозерский вал, субширотная Мягозерская и субмеридиональная Капшинская палеодолины. В центральной зоне выделены поднятия — субмеридиональный Тихвинский водораздел, изометричные Лидская и Комьская возвышенности и опущенные блоки — Комаровская и Шереховичская впадины, субширотная Бокситогорская палеодолина. В южной зоне установлены изометричные Косуногорское, Хвойнинское и Мологское поднятия (возвышенности или «острова»), Боровичско-Угловская впадина и линейные Окладненский вал и Меглинская палеодолина. Эти палеотектонические структуры преимущественно субширотного и субмеридионального простирания следует рассматривать в качестве элементов третьего порядка.

Указанное соотношение структур предопределило различную степень сложности ранневизейских палеоландшафтов, а также преобладание тех или иных палеогеографических условий. Наиболее сложными они оказались в центральной зоне, где расположена наиболее крупная и асимметричная в поперечном сечении (северный борт более крутой по сравнению с южным) Бокситогорская палеодолина со сближенными аллювиально-пролювиальными и авандельтовыми областями седиментации. Здесь отмечается наибольшая расчлененность палеорельефа, выявленная по стратоизогипсам фаменской поверхности и резким изменениям фаций и мощностей нижневизейских отложений [5], а также высокая контрастность фаций, выражающаяся в наличии крупных водоразделов, бокситоносных отложений, локализованных в верховьях палеодолин, огнеупорных глин в лагунно-озерных отложениях и углей, формировавшихся в древних прибрежных болотах. С этих позиций центральная СФЗ представляется наиболее перспективной на стратиформное урановое оруденение, как это установлено для аналогичных структурно-формационных зон, выделенных для девонского этапа в Южной Сибири и Северном Казахстане [4].

Контрастное проявление конседиментационных структур в районе Бокситогорской палеодолины предопределяло и наибольшую сложность палеогидрогеологических и

геохимических обстановок и, как следствие, высокую ураноносность. Отражением контрастного сочетания геохимических фаций и неоднородной гидродинамики грунтовых вод в нижневизейских осадочных породах служат их резкое обогащение сульфидами железа, окисление и гематитизация (ожелезнение). Можно предположить, что распространение сульфидов связано не только с болотными условиями литогенеза, но и с очагами разгрузки древних сероводородных вод.

Постседиментационные структуры послевизейского возраста в виде пликвативных осложнений определены по картам стратоизогипс кровли алексинского и верейского горизонтов [11]. По этим данным в северо-западном крыле Московской синеклизы выделяются три площади, которые четко соответствуют структурно-формационным зонам (рис. 2). Площадь с относительно простым моноклиальным залеганием и пологим субширотным падением пород совмещается с северной СФЗ. Район сложного строения с крупными антиклинальными воздыманиями (Сушеревским поднятием, Сазоново-Медведевским и Пестовским валами) приурочен к центральной зоне. Относительно простая пологая моноклиаль с юго-восточным падением пластов коррелируется с южной зоной. Эти особенности позволяют говорить об унаследованности крупных постседиментационных структур.

Среди мелких структур унаследованные Сушеревское поднятие и Пестовский вал телескопируются с субширотным Боровичским конседиментационным поднятием, западное окончание Сазоново-Медведевского вала наследует конседиментационную возвышенность позднефаменского времени. К унаследованным следует отнести северо-восточное окончание Пестовского поднятия и восточную часть субширотного Сазоново-Медведевского вала. Они не проявлены ни в структурах фундамента, ни в конседиментационных структурах позднефаменско-ранневизейского возраста.

Антиклинальные поднятия, по-видимому, сопровождаются двумя разными системами мелкой трещиноватости. Крутопадающие зоны располагаются вдоль блоковых ограничений фундамента и, как правило, затухают вверх по разрезу осадочного чехла, поскольку связаны со штамповыми унаследованными структурами фундамента. Второй тип трещиноватости обусловлен горизонтальными напряжениями. Они могут быть также крутопадающими в зонах, обрамляющих валы, и субпластовыми в их замковых частях.

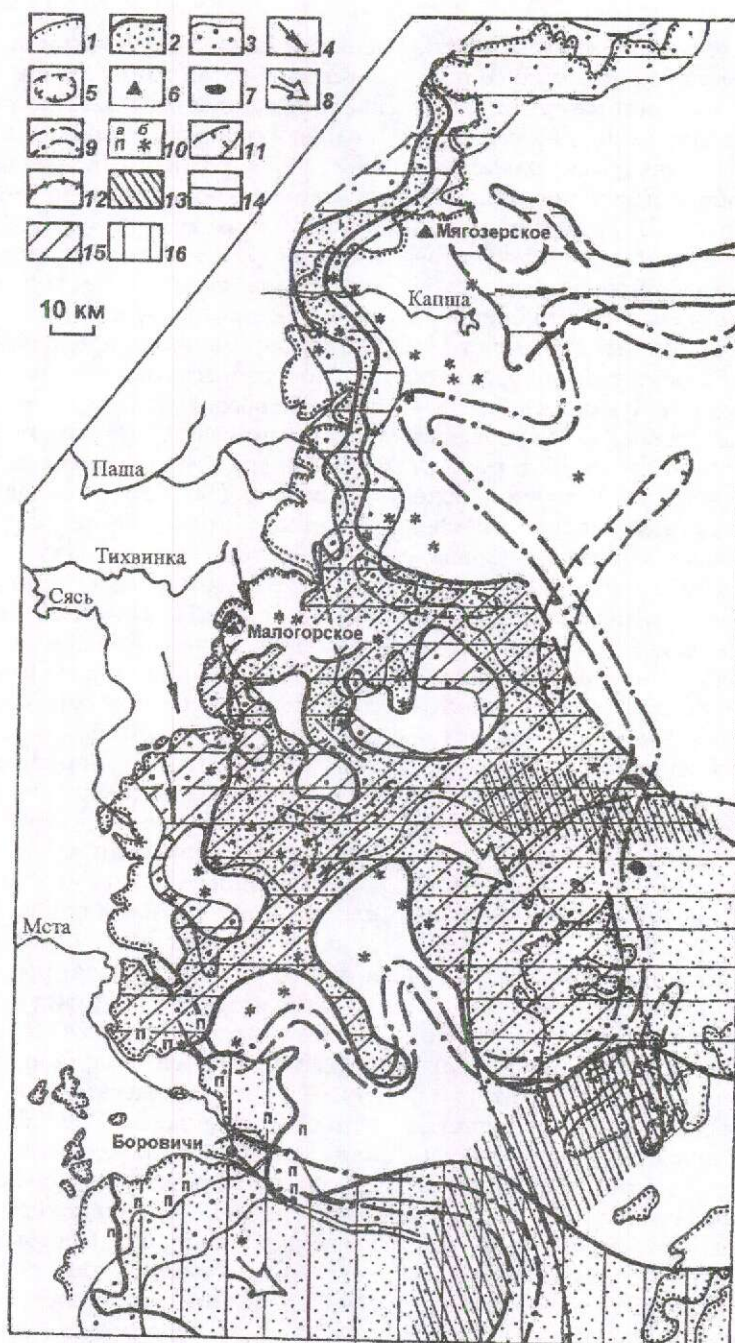


Рис. 2. Палеогидрогеологическая схема Боровичско-Тихвинского региона:

1 — граница нижневизейских отложений; водоносные пески палеодолин; 2 — раннего визе (тульского горизонта), 3 — среднего визе (алексинского горизонта); 4 — направления потоков грунтовых вод визейского века; 5 — очаги разгрузки древних грунтовых вод; 6 — рудопроявления урана предположительно экзодиагенетического типа; 7 — проявления урана, предположительно связанные с древней ЗПО; 8 — направления потоков инфильтрационных артезианских вод позднекаменноугольно-раннепермского времени; 9 — предполагаемая полоса выклинивания древней ЗПО; 10 — распространение пирита (а) и гидроксидов железа (б) в водоносных горизонтах; 11 — очаги разгрузки древних субнапорных грунтовых вод вблизи Комьской и Мологской палеовозвышенностей; области: 12 — распространения древних элизионных солевых вод, 13 — повышенной трещиноватости и проницаемости, 14 — древнего интенсивного водообмена, 15 — нормальных и скрытых очагов разгрузки артезианских вод, 16 — древнего застойного водообмена

Палеогидрогеологические предпосылки. В рассматриваемом регионе можно уверенно предполагать функционирование следующих палеогидрогеологических систем: крупных бассейнов древних грунтовых вод палеодолин тульского, алексинского и верейского горизонтов карбона и, возможно, юрских; палеоартезианской системы северо-западного склона Московского суперартезианского бассейна; палеогидрогеологических структур локальных разломов, распространенных в зонах субвертикальной и субпластовой трещиноватости в районах Сушеревского поднятия, Сазоново-Медведевского и Пестовского структурных валов (см. рис. 2).

В каждой из трех выделенных крупных палеодолин в раннем визе формировались своеобразные бассейны грунтовых вод. Весьма активный грунтовый водообмен, по-видимому, существовал в северной Мягозерской долине. Она, как и Ладвинская, развивалась в СФЗ преимущественных поднятий. Местный очаг разгрузки древних грунтовых вод мог находиться в приустьевой части мелкой Ладвинской долины, примыкавшей с северо-запада к основной.

Грунтовый водообмен в Бокситогорской палеодолине был активным в ее верховьях, которые соседствуют с крупным пологим поднятием. Из-за сложности палеорельефа в этой долине, возможно, существовали многочисленные локальные очаги разгрузки грунтовых вод. Как и в Мягозерской, они, вероятно, располагались в местах впадения мелких палеорек (Комаровской, Шереховичской, Окуловской, Никулинской и др.). Особенно заметный очаг такого рода приурочен к месту впадения субмеридиональной Капшинской палеореки в Бокситогорскую, в районе которого на 90° изменялись направления течения поверхностных и соответственно грунтовых вод. Скрытые и рассеянные очаги разгрузки древних грунтовых вод находились в средней части палеодолины, где аллювиальные отложения фациально замещаются дельтовыми.

В преимущественно дельтовых комплексах самой южной Меглинской палеодолины преобладал застойный грунтовый водообмен с преобладанием восстановительной глеевой и сероводородной анаэробной обстановок, обусловливавших широкое распространение в отложениях нижнего визе пирит-марказитовых конкреций.

Активный грунтовый водообмен в палеодолинах существовал во время кратковременных поднятий в раннем визе, позднем серпухове, начале башкирского и конце

московского веков. Вероятно, системы грунтовых вод продолжали действовать и в периоды более поздних крупных перерывов в осадконакоплении.

В раннем визе грунтовые воды отмеченных палеодолин были окислительными по урану лишь в самых их верховьях. Они достаточно быстро сменялись восстановительными по урану и железу водами в средних и тем более нижних их частях. Это предопределяло экзодиагенетическое осаждение урана на контакте окислительных и глеевых вод с углистыми глинами и песками тульского горизонта в местах впадения мелких рек. Такой механизм концентрации урана и его спутников мог существовать в указанных выше очагах разгрузки древних грунтовых вод палеодолин. Положение Мягозерского и Малогорского рудопроявлений и сопровождающих их проявлений урана подтверждает данные предположения (см. рис. 2).

Более масштабное перераспределение урана следует предполагать в потоках субнапорных грунтовых вод, которые возникали во время кратковременных перерывов в осадконакоплении в условиях аридизации палеоклимата в позднесерпуховском — раннебашкирском и в конце московского веков. В это время могли формироваться субнапорные системы грунтовых вод палеодолин тульского и алексинского горизонтов. В их верхних частях в областях дренирования вполне вероятны потоки окислительных по урану грунтовых вод. Очаги их разгрузки, по-видимому, были в средних и нижних частях палеодолин. В Бокситогорской палеодолине их можно наметить в западных частях унаследованных с фамена купольных поднятий Комьской и Мологской возвышенностей.

В очагах разгрузки древних грунтовых вод, а также в области их инфильтрации на контакте таких потоков и отложений, содержащих углефицированные растительные остатки, могли образовываться рудные скопления урана древнего экзодиагенетического типа. В разрезе они будут ассоциировать с эрозийными поверхностями тульского, алексинского и верейского горизонтов, которые предопределяли положение нескольких уровней древних грунтовых вод. Рудные линзы на некоторых проявлениях урана с многоярусными его концентрациями относятся к такому типу.

Боровичско-Тихвинский регион включает северо-западный склон Московского суперартезианского бассейна. В последнем имеются два гидродинамических этажа — верхний с инфильтрационным режимом и нижний с

элизионным (эксфильтрационным). По современным гидрогеологическим наблюдениям признаки этих условий отмечаются и в данном регионе. В силу унаследованного развития платформы можно полагать, что подобные обстановки существовали и в древние эпохи. Соотношение инфильтрационного и элизионного режимов могло изменяться, поскольку в истории геологического развития менялись палеотектонические условия. Во время региональных опусканий и соответствующего роста литостатического давления преобладала эксфильтрация. В периоды региональных поднятий, когда преобладало гидростатическое давление, главным гидродинамическим режимом была инфильтрация.

Так, опускания в визейский, серпуховский, московский, касимовский, гжельский и татарский века, по-видимому, предопределяли преобладание застойного элизионного гидрогеологического режима. Во время крупных длительных поднятий в ранней и большей части поздней перми, в начале мезозоя и кайнозоя в раннекаменноугольных водоносных комплексах происходила инфильтрация. Важно подчеркнуть, что пермские и триасовые поднятия возникали в условиях аридного климата, что было благоприятно для формирования древних зон пластового окисления.

Можно предположить, что в выделенных выше структурно-формационных зонах общее соотношение двух палеогидрогеологических режимов было различным. В северной СФЗ на всех этапах более существенной была инфильтрация, в южной — эксфильтрация. Наиболее частая смена обстановок характерна для центральной СФЗ.

В какой-то мере это отражается в гидрогеологических характеристиках современных водотоков. На севере реки Паша и Капча прорезают нижневизейские и фаменские отложения и соответственно инфильтрационные потоки подземных вод дренируют водоносные горизонты этого возраста. На востоке центральной зоны в нижнекаменноугольных породах в виде реликтов на глубинах более 200 м встречены солоноватые воды, что отмечено при среднемасштабном картировании в 70-е годы. В южной СФЗ такие воды появляются и выше. Здесь на востоке Меглинской палеодолины в нижних горизонтах фамена также появляются солоноватые и даже соленые воды.

Инфильтрационные артезианские воды, вероятно, были агрессивными по отношению к урану. Такими же были подземные воды, насыщенные свободным кислородом, в

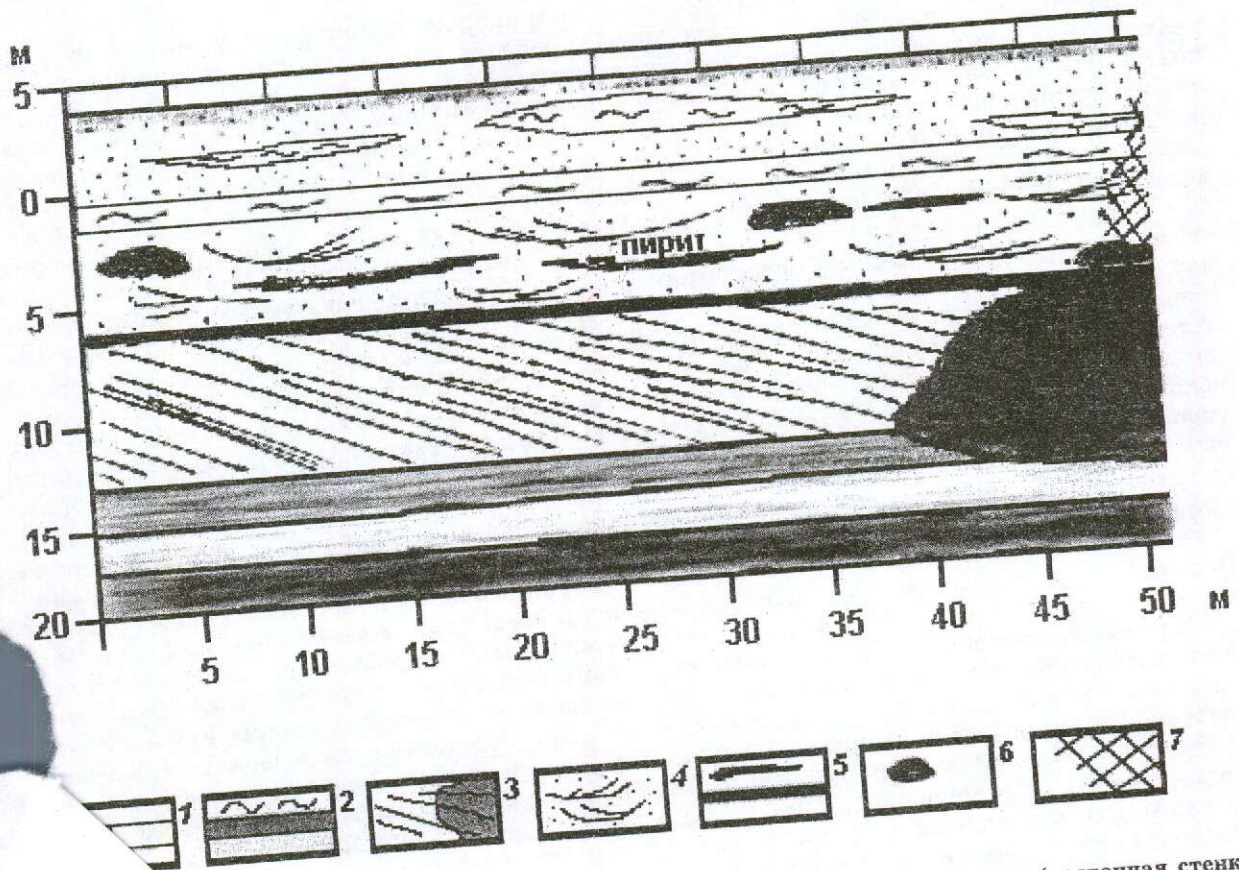
аридных условиях перми и триаса. Они вполне могли выщелачивать уран из геохимически специализированных отложений ордовика, живета, франа и собственно угленосных нижнекаменноугольных, расположенных в области питания и движения древних напорных вод.

Исходя из плана стратоизогипс каменноугольных горизонтов [11] можно судить о направлении движения древних ураноносных окислительных артезианских вод. Так, на большей части палеоартезианского склона они двигались почти строго на восток. В южной части региона южнее Пестовского вала направление их движения было согласным с юго-восточным падением водоносных комплексов.

Очаги разгрузки древних пластовых напорных вод могут возникать в местах структурных осложнений моноклиналиного залегания водоносных пластов, где скорости потоков резко варьировали. Здесь они могли быть скрытыми, поскольку предполагается, что антиклинальные структуры затухают вверх по разрезу. Известно, что именно скрытые очаги разгрузки имеют важное значение в образовании крупных редкометалло-урановых месторождений гидрогенного типа [8].

Эксфильтрационный режим, по-видимому, способствовал сохранению урана в твердой фазе, так как преобладали соленые воды и рассолы и присутствовали восстановители, в частности сероводород. Обстановки консервации урановых концентраций следует ожидать в мульдах и вблизи соленосных верхнепермских толщ. Развитие подобных гидрогеологических обстановок условно намечается по периферии откартированных верхнепермских отложений (рис. 3). Ширину их полосы распространения можно оценить в 3—5 км. Она определяется на основании известной диффузионной проницаемости пород, которая, по данным С.И.Смирнова (1974), обуславливает проникновение растворов даже в глинах на глубину порядка 100 м за 1 млн лет, а время опускания длилось несколько десятков миллионов лет.

По сравнению с рассмотренными выше палеогидрогеологическими системами обводненные древние разломы, очевидно, занимали меньшие объемы. Как указано, районы их распространения следует связывать с постраннекаменноугольными зонами трещиноватости, сопровождающими Сушеревский, Сазоново-Медведевский и Пестовский валы. Наиболее интенсивно трещиноватость, по-видимому, будет проявлена в двух последних структурах, поскольку они расположены в



положение зон гематитизации в дельтовых песках раннего визе (восточная стенка свского месторождения огнеупорных глин):

1 — различные глины (сверху вниз): серые пластичные, темно-коричневые сухарные и серо-зеленые пластичные; 2 — желто-серые крупнозернистые кварцевые пески сослоистые, справа гематитизированные; 3 — желто-серые средне-мелкозернистые и мульдобразно-прерывисто-слоистые; 4 — линзы и слой бурого угля; 5 — глиняные пыль

в зоне палеозойской активизации одного простирания. Эта зона область подновленного Пашско-позднепротерозойского рифта и ется с восточными флангами и южной СФЗ. Именно здесь полагают, что в условиях экс-глубинные подземные воды и омов в кристаллическом фунда-поступать в системы крупопатрещиноватости, ограничивагурные валы. гидрогеологических систем с урано-аменноугольных толщах следует в двух аспектах. Во-первых, поюступать глубинные восстановив виде водорода, сероводорода и ов и соответствующие подземные

воды восстановительного класса. В зоне контактов с древними потоками окислительных пластовых вод они могли создавать контрастные геохимические барьеры, на которых возможно образование высококачественных урановых руд. Во-вторых, они могли служить субвертикальными каналами перетока как окислительных инфильтрационных, так и восстановительных эксфильтрационных подземных вод и резкой смены скорости их движения. То есть подобные гидрогеологические системы могут контролировать локальные очаги разгрузки артезианских вод и соответственно иметь рудоконтролирующее значение.

Таким образом, на северо-западе Московской синеклизы реализуются наиболее важные критерии прогнозирования уранового оруденения, связанного с зонами выклинива-

ния пластового окисления. Они выражены в следующем: наличие крупного крыла Московского артезианского бассейна, в котором в позднем палеозое и кайнозое чередовались инфильтрационный, смешанный и эксфильтрационный гидродинамические режимы; существование в течение длительного периода, десятки миллионов лет, аридной обстановки и нисходящих региональных потоков окислительных по урану подземных вод, которые могли формировать ЗПО в ранней перми; широкое развитие визейских проницаемых палеодолиньных аллювиальных и дельтовых песчаных пластов; наличие восстановительной геохимической обстановки, обусловленной скоплениями углистого вещества в угленосных отложениях раннего визе; присутствие скрытых очагов разгрузки артезианских вод, которые могли быть связаны со структурными осложнениями осадочного чехла в виде Пестовского поднятия и Сазоново-Медведевского вала.

Признаками древних ЗПО служат широко распространенные гематитизированные (оже-лезненные) пески и песчаники тульского и алексинского горизонтов карбона. Подобные интенсивно окисленные кварцевые пески покрывают пласт огнеупорных глин Окладневского месторождения (см. рис. 3), где хорошо видно, как ореол гематитизации пересекает песчаный пласт. Вторичная гематитизация имеет широкое латеральное распространение. Так, по данным В.С.Кофмана, ожелезненные пески тульского и алексинского горизонтов в Бокситогорской палеодолине встречаются на протяжении 100 км от выхода горизонтов на поверхность. Вторичная гематитизация в пластах известняков и доломитов от ордовика до раннего карбона является прожилково-вкрапленной и распределена посплошно. В глинах и мергелях франского возраста она развита по секущим и субслоистым трещинам и отмечена вблизи кровли и подошвы гематитизированных известняков.

Проявление древней зоны пластового окисления подтверждается и радиогеохимическими данными по перераспределению урана в гематитизированных известняках и кварцевых песках раннего визе. По данным рентгеноспектрального анализа в известняках карьера Окладневского месторождения огнеупорных глин содержание урана составляет 20 г/т, а в песках — 35 г/т, что связывается с сорбционными концентрациями урана в тыловой части древней зоны окисления.

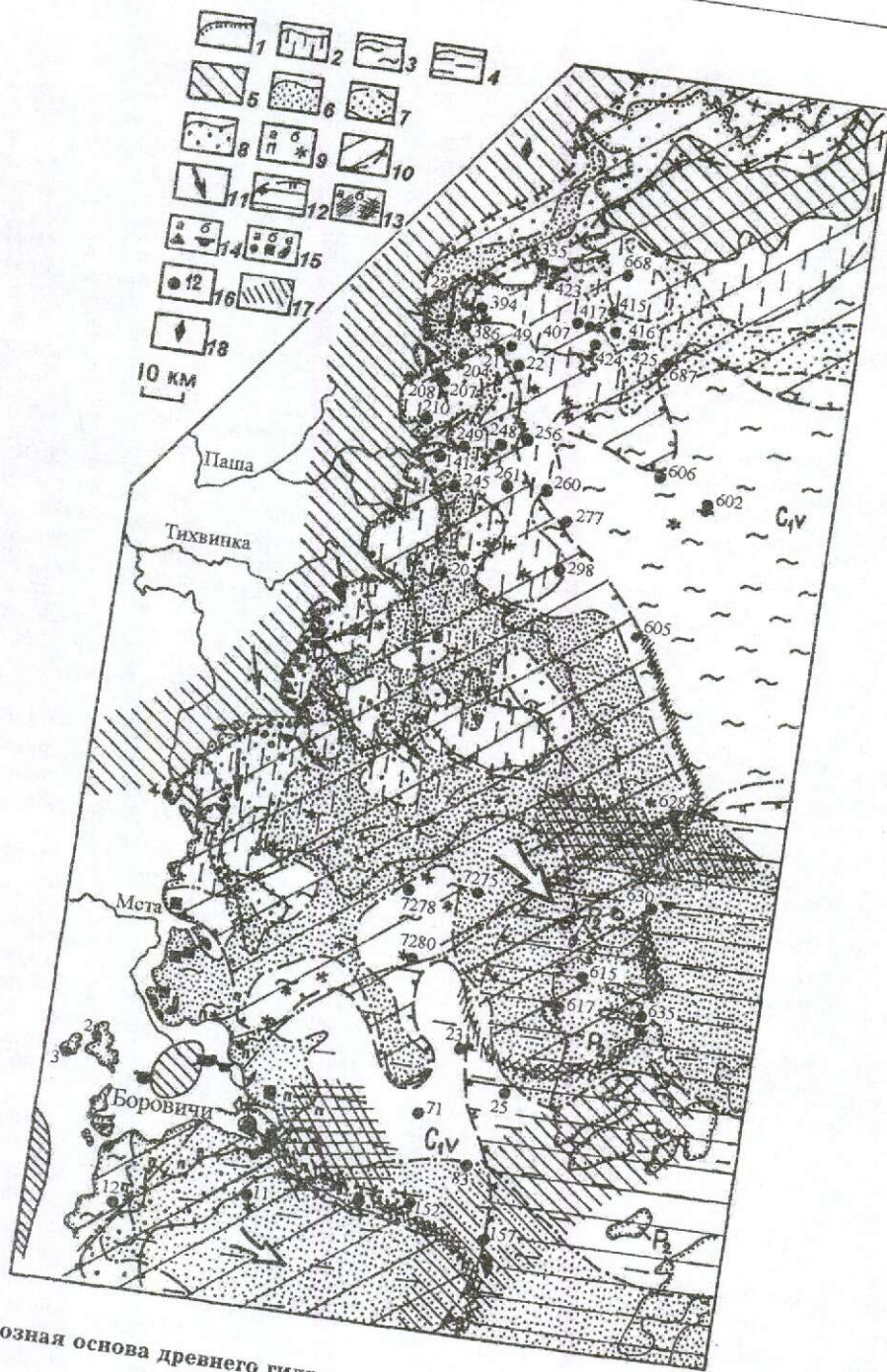
Связь уранового оруденения с региональной полихронной зоной пластового окисления предполагается по таким призна-

кам: широкому площадному распространению проявлений урана в нижневизейских песчано-глинистых отложениях; приуроченности уранового оруденения к проницаемым комплексам разного возраста — от фамена до среднего карбона; перемещению «полос» повышенной ураноносности от краевых частей Московского артезианского бассейна к его центру с постоянным смещением урановых проявлений во все более молодые стратиграфические комплексы; наличию признаков окислительно-восстановительных реакций в рудовмещающих породах; наложенному характеру рудной минерализации и тяготению ее к контактам проницаемых песчаных и непроницаемых глинистых пород; своеобразной форме кривых гамма-каротажа в рудных скважинах — существенному понижению радиоактивности в песчаных пластах и симметричным аномалиям в их верхних и нижних контактах с глинистыми породами, содержащими углефицированные остатки и пирит маркизовые стяжения; пермско-триасовому и поздне меловому модельному возрасту руд.

Предполагается, что в пермско-триасовых и меловой этапы аридизации и инфильтрации древняя ЗПО проникала с запада, юго-запада и юга в Московский артезианский бассейн [14]. Это также следует из расположения палеодолин ранне- и среднекаменноугольного возраста и унаследованного развития палео-рельефа. В масштабное перераспределение урана в древней ЗПО, очевидно, были вовлечены более ранние экзогенетические концентрации урана палеодолиньного типа сформированные грунтовыми водами.

Вполне вероятно, что древние эпигенетические концентрации урана подвергались последующему перераспределению, в том числе и в неоген-четвертичное время. На это указывают: унаследованное развитие гидрогеологических условий; неотектонические поднятия; расположение большинства урановых проявлений в области дренирования современных грунтовых или артезианских подземных вод соответствующих водоносных горизонтов Московского артезианского бассейна. С данных позиций представляется, что известные проявления урана следует считать реликтовыми, расположенными в тыловой части древней региональной полихронной зоны внутрипластового окисления.

Приведенные выше данные позволили наметить в м-бе 1:500 000 полосу выклинивания древней ЗПО (рис. 4). Она охватывает не только песчаные породы, но распространяется также по трещинным зонам и диффузионно в глинистые породы фаменского, визейского и



1. Геолого-прогностическая основа древнего гидрогенного уранового оруденения, Боровичско-Тихвинский регион:

граница нижнекаменноугольных и верхнепермских отложений; нижневизейские отложения: 2 — угленосные, 3 — глинисто-каолиновые, 4 — угленосные; 5 — визейские палеоподнятия; 6 — палеодельтовые пески палеодолин; 7 — алексинского, 8 — тульского времени, 9 — распространение в визейских отложениях пирита (а) и гидроксидов железа (б); 10 — Г.П.Дундо; 11 — направления потоков древней ЗПО и граница ее выклинивания; 12 — распространение древних (поздний карбон — ранний — средний карбон) грунтовых вод; 13 — предполагаемые полосы распространения древнего (ранний — средний карбон) грунтовых вод; 14 — направления древнего (поздний карбон — ранний — средний карбон) грунтовых вод; 15 — проявления и проявления урана в бокситовых (а), угленосных и других (б) отложениях; 16 — скважины и проявления бокситов (а), огнеупорных глин (б), углей (в); 17 — валлообразные поднятия; 18 — радиогидрогеохимические аномалии и проявления бурения; 17 — валлообразные поднятия; 18 — радиогидрогеохимические аномалии

среднекаменноугольного возрастов. Очевидно, что намеченная древняя ЗПО наиболее интенсивно проникала по гидравлически связанным песчаным отложениям тульского и алексинского горизонтов. Подтверждением выклинивания полосы древней ЗПО в средних и нижних частях Бокситогорской и Меглинской палеодолин служит наличие здесь проявлений урана, которые можно отнести к эпигенетическим. Они встречены в породах фаменского яруса, алексинского и верейского горизонтов (см. рис. 1, 4). В предполагаемой полосе выклинивания древней ЗПО в Меглинской палеодолине имеются две радио-гидрогеохимические аномалии.

На основе сделанных построений в полосе выклинивания древней ЗПО в нижнекаменноугольных отложениях выделены два потенциальных урановорудных района с вероятным оруденением своеобразного законсервированного роллового типа. Один из них находится в районе бассейна рек Чагодоша, Кобожа, Колодня в визейских песках нижней части Бокситогорской палеодолины. Другой расположен в верховьях р. Мста в визейских песках Меглинской палеодолины. Протяженность предполагаемых полос выклинивания древней ЗПО и соответственно потенциальной промышленной рудоносности в каждом из районов не менее 50 км.

В этих районах в поздней перми, вероятно, существовала обстановка консервации уранового оруденения, обусловленная распространением соленых вод. Кроме того, здесь относительно благоприятные геозкологические условия предполагаемых месторождений. Они освоения потенциальных месторождений. Они выражаются в отсутствии в потенциально рудоносных горизонтах пресных вод до глубин более 200 м.

При прогнозировании древнего гидрогенного уранового оруденения в данном регионе необходимо отметить и негативные моменты: преобладание в целом вялого гидродинамического режима, характерного для древних платформ, и соответствующего ему недостаточного интенсивного массообмена; возможное послерудное перераспределение и разубоживание урановых скоплений, которые следует предполагать с учетом наступившего в мезозое и кайнозойе инфильтрационного режима.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гидрогенные месторождения урана. Основы теории образования / С.Г.Батулин, Г.В.Грушевой, О.И.Зеленова и др. — М.: Атомиздат, 1980.
2. Гончаров В.В. Огнеупорные глины Боровичско-Любытинского района. — М.: Metallurgizdat, 1952.
3. Дмитриков Л.И., Фоменко А.Е., Сазонов В.П. Перспективы ураноносности центральных районов Русской платформы // Российский геофизический журнал. 1999. № 1. С. 65—71.
4. Игнатов П.А. Палеогидрогеологические предпосылки уранового рудообразования в позднепалеозойских наложенных впадинах // Руды и металлы. 1993. № 3—6. С. 29—35.
5. Кофман В.С. Карбон. Геология СССР. Геологическое описание. Ленинградская, Псковская и Новгородская области. — М.: Недра, 1971. Т. 1. С. 79—92.
6. Критерии прогнозирования уранового оруденения в чехле Русской платформы / Г.В.Грушевой, Н.М.Радюкович, Т.А.Иванова и др. // Региональная геология и металлогения. 1999. № 8. С. 12—22.
7. Максимова М.Ф., Шмариков Е.М. Пластово-инфильтрационное рудообразование. — М.: Недра, 1993.
8. Натальченко Б.И., Гольдштейн Р.И. Очаги разгрузки подземных вод как рудомобилизующие структуры в формировании гидрогенных месторождений урана // Изв. вузов. Геология и разведка. 1982. № 9. С. 35—40.
9. Наумов С.С., Ставский А.П., Терентьев М.А. Уран в недрах и на рынке // Металлы Евразии. 1999. № 3. С. 64—67.
10. Нижний карбон Московской синеклизы и Воронежской антеклизы / М.Х.Махлина, М.В.Вдовенко, А.С.Алексеев и др. — М.: Наука, 1993.
11. Оношко И.С., Сердюкова Н.П. Структурная карта осадочного чехла северо-западной части Русской плиты масштаба 1:1 000 000. — СПб.: ВСЕГЕИ, 1993.
12. Осипова А.И., Бельская Т.Н., Фомина Е.В. Новые данные о палеогеографии и фациях визингумского бассейна Московской синеклизы. Литология и палеогеография палеозойских отложений Русской платформы. М., 1993. С. 141—161.
13. Предпосылки формирования крупных гидротермальных и экзогенно-эпигенетических урановых месторождений / Г.А.Машковцев, Я.М.Ильяков, А.К.Мигута и др. // Геология рудных месторождений. 1995. Т. 37. № 6. С. 467—481.
14. Типы урановых концентраций Московской синеклизы / П.А.Игнатов, А.Г.Лыжин, Ю.Ф.Михайлов и др. // Руды и металлы. № 6. 1999. С. 51—57.
15. Яблоков В.С. Перерывы в морском осадочном режиме и палеореки. — М.: Наука, 1973.

УДК 553.26.44

© Е.Б.Соловьев, В.Д.Конкин, Г.В.Ручкин, 2001

МЕХАНИЗМ ОБРАЗОВАНИЯ КОЛЧЕДАННО-ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ В УГЛЕРОДИСТО-ТЕРРИГЕННЫХ ТОЛЩАХ

Е.Б.Соловьев, В.Д.Конкин, Г.В.Ручкин (ЦНИГРИ МПР России)

Разработана модель формирования колчеданно-полиметаллического оруденения в черносланцевых толщах, включающая соподчиненный ряд элементов: палеотектоническая зона подводящих каналов — локальная рудовмещающая депрессия; подводящий канал — локальная впадина; дискретный рудораспределяющий канал — рудное тело (рудный слой). По типу распределения меди, титана, ванадия, бария, мышьяка, циркония в стратифицированных залежах выделяются рудоподводящие и рудораспределяющие каналы различного ранга. Дискретные рудораспределяющие каналы соответствуют ореолам рассеяния минерализации медного профилля в пределах отдельных рудных слоев.

Генетические особенности формирования колчеданно-полиметаллических месторождений в углеродистых и терригенных флишеидных толщах рассматриваются на примере геолого-генетической модели одного из типичных представителей данного типа месторождений — Холоднинского в Северном Прибайкалье (рис. 1). Площадь Холоднинского месторождения сложена углеродистыми терригенно-флишеидными толщами, выполняющими рифтовидный прогиб в пределах терригенной эвгеосинклинали рифейского возраста [3, 5—7].

Рудовмещающая углеродистая терригенно-флишеидная толща расположена в средней части разреза терригенной мезогеосинклинали и имеет мощность от первых сотен метров до 1,5 км. Непосредственно подстилающие ее отложения представлены толщей высокоглиноземистых сланцев и кварцитов с прослоями доломитовых мраморов и мраморизованных известняков. Перекрывающие толщи сложены породами аспидно-известняковой формации [7]. Рудовмещающая толща характеризуется неоднородной вертикальной и латеральной изменчивостью состава и мощности слагающих ее пород — от углеродистых метапелитов и метапесчаников до углеродистых карбонатсодержащих и карбонатных разностей метапелитов. Карбонатсодержащие метапелиты (вплоть до глинистых углеродистых известняков) формируют конседиментационные уступы, контролирующее положение пласто- и линзообразных рудных залежей. В разрезе рудовмещающей толщи отмечается несколько уровней распрост-

ранения рудолокализирующих углеродистых кремнистых фаций и латерально сопряженных с ними фаций карбонатных метапелитов.

Интрузивный магматизм в районе месторождения развит ограниченно, представлен основными и ультраосновными породами верхнепротерозойского комплекса, а также редкими дайками камптонитов мезозойского возраста.

Осадочные и интрузивные образования докембрийского возраста (850 ± 50 млн. лет) и пластовые рудные тела подверглись региональному метаморфизму эпидот-амфиболитовой фации кианит-силлиманитового типа (T 550—670°C, P (5—7)· 10^2 МПа). На площади рудного поля широко распространены метаморфогенно-метасоматические образования — продукты железомagneзиального метасоматоза [4, 10].

В пределах месторождения выделяются три рудные зоны, включающие пластовые и секущие рудные тела. Пластовые рудные тела локализованы на различных стратиграфических уровнях. Фиксируются серии стратиграфически сближенных рудных пластов, формирующих единую мощную залежь [7, 10]. Секущие рудные тела имеют форму сложноветвящихся жил, приурочены к зонам разрывных нарушений и метаморфогенно-метасоматическим образованиям, развиты как среди стратифицированных руд, так и за их пределами.

Минеральные типы руд представлены широким спектром разновидностей. Для пластовых рудных тел наиболее характерны

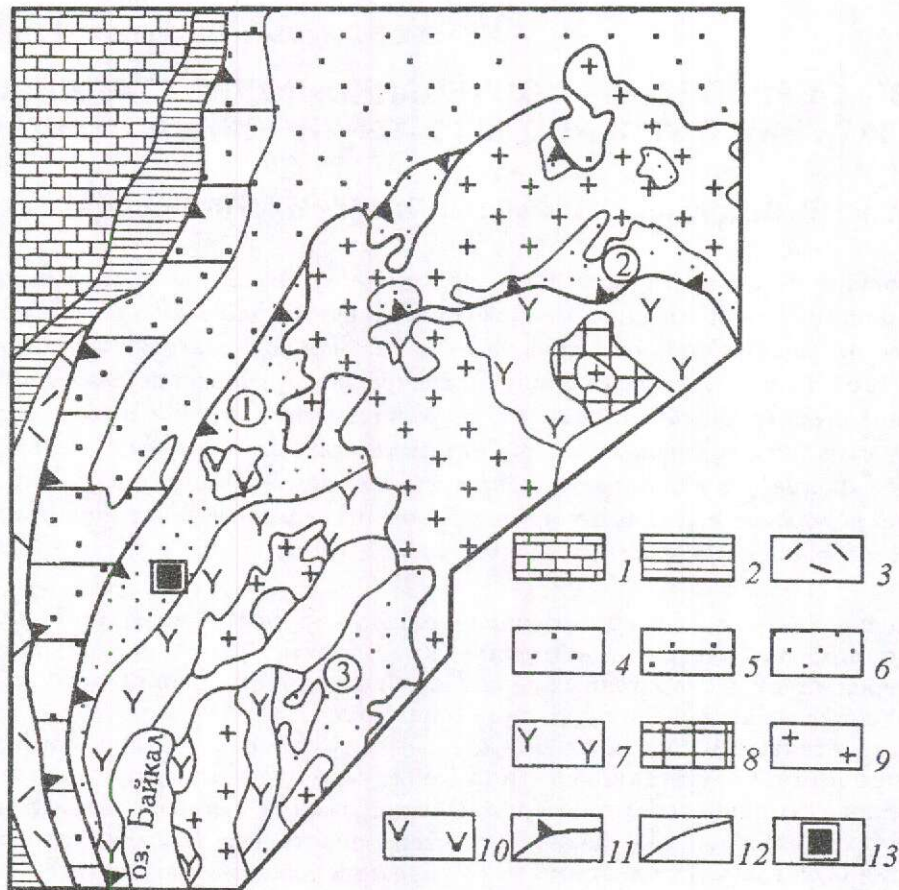


Рис. 1. Позиция Холоднинского месторождения в структурах Северного Прибайкалья:

структурно-формационные комплексы Байкальской горной области: 1 — платформенного чехла, 2 — краевого прогиба, 3 — вулканоплутонического пояса, 4 — палеошельфовых прогибов, 5 — гранито-гнейсового основания протерозойского возраста, 6 — прогибов терригенной эвгеосинклинали (1 — Олокинского, 2 — Делюн-Уранского, 3 — Котерского), 7 — палеорифтового пояса, 8 — гранито-гнейсового основания архей-протерозойского возраста (Северо-Муйская глыба); 9 — палеозойские гранитоиды; 10 — позднепалеозойские сиениты; 11 — граница краевой зоны протоконтинента — переходной зоны терригенной эвгеосинклинали к внутренней зоне шельфа; 12 — границы структурно-формационных комплексов и интрузивных пород; 13 — Холоднинское месторождение

колчеданно-свинцово-цинковые, серноколчеданные и отчасти медноколчеданные, а для секущих — собственно колчеданно-полиметаллические минеральные типы. Главные рудные минералы — пирит, сфалерит, галенит, в меньшей мере халькопирит и пирротин.

В пластовых рудных залежах выявлена зональность по мощности, простиранию и падению [3]. Зональность по мощности обусловлена преобладающим развитием в кровле залежей колчеданно-свинцово-цинковых руд, которые по направлению к подошве сменяются цинково-колчеданными, а затем серноколчеданными, иногда содержащими

пласты и линзы медноколчеданных руд. Зональность по простиранию залежей выражена в смене слоистых и унаследованно-слоистых серноколчеданных руд массивными и полосчатыми колчеданно-свинцово-цинковыми, реже колчеданно-медно-свинцово-цинковыми рудами. По падению и восстанию залежей фиксируется зональность относительно центрального ядра (рис. 2): руды преимущественно массивных текстур в центре на верхних и нижних выклиниваниях залежи сменяются рудами слоистой и унаследованно-слоистой текстур.

Большинство исследователей [2, 3—5, 8—10] в формировании руд месторождения

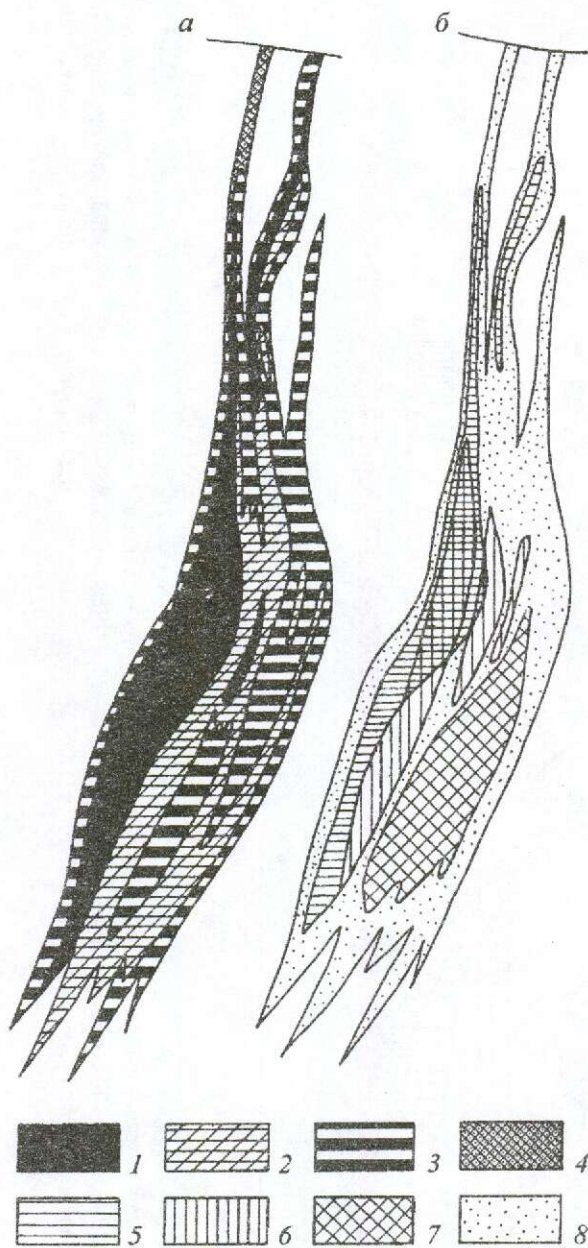


Рис. 2. Распределение минеральных типов руд (а) и абсолютных максимумов концентраций свинца, цинка и серы (б) Основной залежи Холоднинского месторождения:

типы руд: 1 — колчеданно-свинцово-цинковые, 2 — цинково-колчеданные, 3 — серноколчеданные и медноколчеданные, 4 — регенерированные колчеданно-полиметаллические; абсолютные максимумы концентраций: 5 — свинца, 6 — цинка, 7 — серы; 8 — рядовые содержания свинца, цинка и серы

выделяют два этапа: дометаморфический (гидротермально-осадочный) и метаморфический. В течение первого этапа произошла седиментация первичной сульфидно-кремнистой массы в виде линз и пластов. Отложение происходило синхронно с осадконакоплением из коллоидных растворов и контролировалось рельефом дна палеодепрессий, окислительно-восстановительным потенциалом среды рудонакопления. В процессе регионального метаморфизма руды были перекристаллизованы, частично мобилизованы, регенерированы и переотложены. Значительная часть рудных концентраций в процессе метаморфических изменений сохранила первичные текстурно-структурные и минералого-геохимические особенности. К.Р.Ковалев с соавторами [5] предполагает, что рудные залежи Холоднинского месторождения сформировались в результате функционирования одного рудовыводящего канала. Это утверждение противоречит общей картине линейно-узлового распределения рудогенных концентраций по простиранию лентовидных ярусно расположенных рудных залежей. Приведенный ниже фактический материал позволил авторам подойти к вопросу о модели механизма рудообразования на первом (гидротермально-осадочном) этапе формирования рудных тел с позиции, предусматривающей наличие многоканальных рудовыводящих структур, приуроченных к единой депрессии линейного типа.

Исследование строения рудных залежей проводилось на примере Основной залежи месторождения. При выявлении закономерностей строения составляющих залежь элементов учитывались два основных положения. Одно из них опирается на вывод о развитии переотложенных и регенерированных руд в контурах распространения первично-осадочных рудных тел или же с выносом рудного вещества на незначительное расстояние от их границ без изменения элементного состава руд [4, 6, 9]. Это позволяет оперировать всем объемом оруденения при анализе морфологии рудных тел и отдельных рудных слоев, за исключением интервалов достоверно установленных наложенных (регенерированных) рудных сегрегаций. Другое заключается в наблюдении фиксированного положения подошвы и кровли рудных тел при синхронном с седиментогенезом рудонакоплением. При этом лежащий бок повторяет конфигурацию дна палеобассейна.

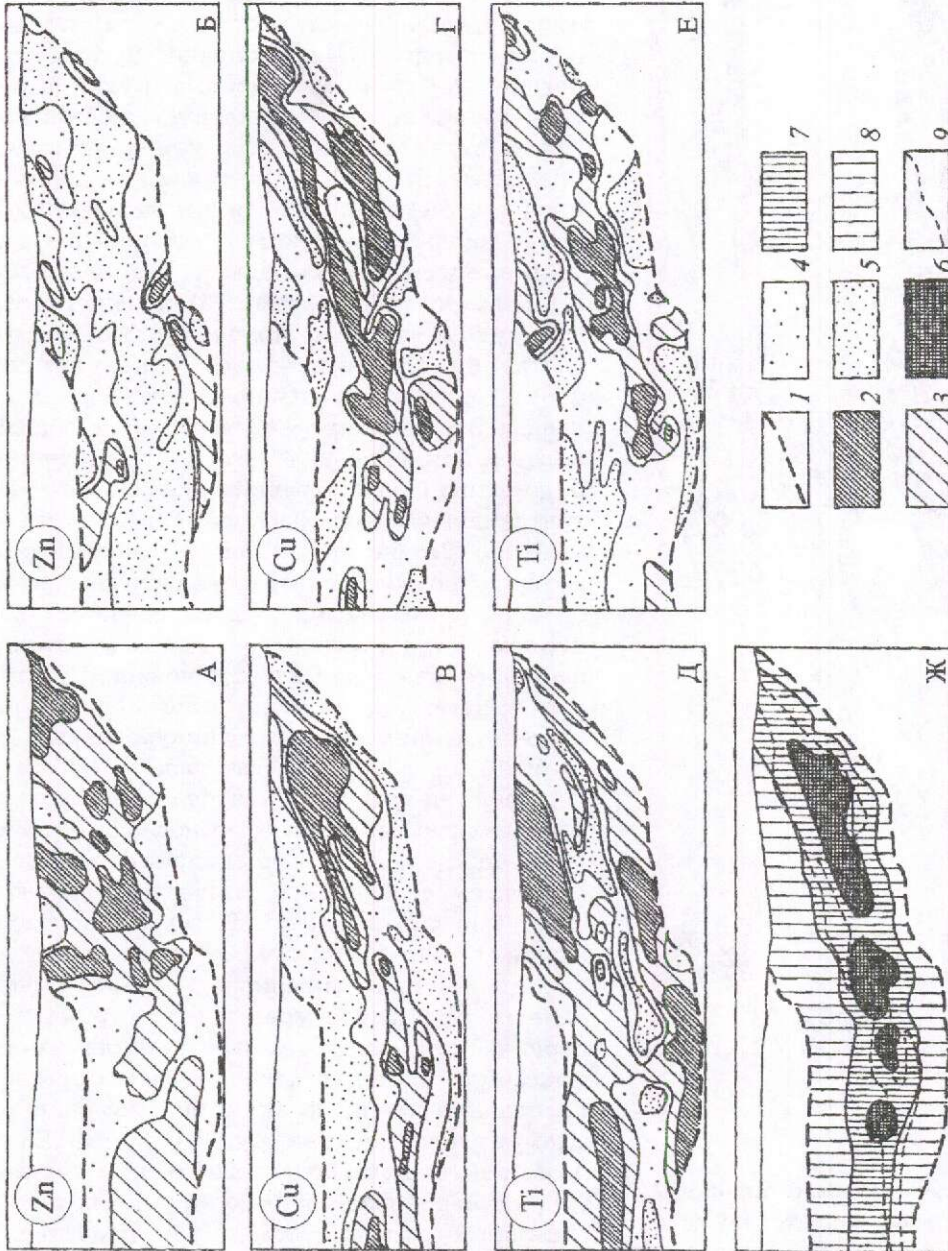


Рис. 3. Распределение концентраций цинка, меди и титана в рудах Основной залежи (продольная вертикальная проекция):

распределение Zn: А — концентраций, Б — коэффициентов вариации (K_v); распределение Cu: В — концентраций, Г — K_v ; распределение Ti: Д — концентраций, Е — K_v . Ж — распределение участков с различной суммарной мощностью рудных залежи; 1 — границы рудной залежи; поля концентраций Zn (%), Cu (г/т), Ti (г/т) и K_v : 2 — > 2, > 1000, > 2000, > 150 соответственно, 3 — 1—1.9, 500—900, 1000—1900, 100—149, 4 — < 1, 200—490, 50—900, 50—99, 5 — для Zn данных нет, < 200, < 500, < 50; участки залежей с суммарной мощностью руд: 6 — максимальной, 7 — повышенной, 8 — средней, 9 — границы блоков с промышленно значимыми концентрациями меди

Морфологические особенности строения залежи устанавливаются на основе анализа мощностей на продольной вертикальной проекции (рис. 3, Ж). Выделяется серия участков с максимальной суммарной мощностью руд, ориентированных в соответствии с общим простиранием лентообразной залежи.

В пределах участков с повышенной мощностью установлены три типа распределения концентраций химических элементов и коэффициентов их вариаций. Первый тип распределения рудных компонентов проиллюстрирован на примере цинка (см. рис. 3, А, Б). Наблюдается относительно равномерное высокое содержание элемента в контурах залежи при закономерном снижении его концентраций к периферийным частям. Коэффициенты вариаций содержаний элемента, в целом небольшие, характеризуются минимальными значениями в полосе, охватывающей общий контур залежи с повышенными мощностями руд. Совершенно иной тип распределения концентраций и коэффициентов вариаций регистрируется для меди. Повышенные ее концентрации приурочены к блокам с максимальными суммарными мощностями руд. Эти же участки характеризуются повышенными и чрезвычайно высокими коэффициентами вариаций содержаний меди (см. рис. 3, В, Г). Третий тип распределения концентраций и коэффициентов вариаций отмечается для титана, ванадия и некоторых других элементов. Для них характерна (на примере титана, см. рис. 3, Д, Е) приуроченность полей минимальных и пониженных содержаний и высоких коэффициентов вариаций к участкам залежи с повышенными мощностями и, как правило, с преобладанием руд массивной текстуры (компактные рудные тела).

Оценка параметров развития концентрированного оруденения проводилась с использованием коэффициента минерализации (K_m) — суммарного содержания рудных минералов в процентах от объема минерализованного пространства. Геологические границы рудных тел и слоев принимаются по изолинии $K_m > 25\%$. Для оконтуривания участков залежи с концентрированным оруденением (компактные рудные пласты) можно использовать интервалы со значением $K_m > 40\%$. Такие участки единой рудной залежи разделены стратиграфически и расщеплены на флангах (по латерали) на маломощные тела с постепенным обеднением (K_m убывает от 40 до 25%). В соответствии с приведенными

данными юго-западный фланг рассматриваемой залежи представлен четырьмя компактными рудными пластами, сформированными соответственно в четырех локальных впадинах (рис. 4).

Анализ морфологии и положения компактных рудных пластов и полей максимальных содержаний меди на продольной вертикальной проекции (рис. 5, А, Б, В) приводит к следующим выводам. Компактные рудные пласты имеют относительно изометричные формы, незначительно вытянуты в направлении простирания линейных ореолов меди. При этом блоки с повышенными мощностями ориентированы в полном соответствии с областями аномальных содержаний меди (см. рис. 5, А). На пресс-проекции контуры отдельных компактных рудных пластов единой залежи примерно совпадают (см. рис. 5, Б), а их блоки с максимальными мощностями закономерно смещаются по латерали и в разрезе (см. рис. 5, В).

Морфология компактных рудных пластов отражается и на особенностях строения геохимического поля. Области их ядерных частей характеризуют две группы элементов с противоположными тенденциями в распределении. Первую группу составляют накапливающиеся в рудах элементы — медь и мышьяк. Поля максимальных концентраций мышьяка (рис. 6, А) отвечают областям рудных тел с повышенной мощностью, а его ореолы (т.е. поля значимых содержаний) практически целиком оконтуривают компактные рудные пласты. Ко второй группе отнесены элементы, образующие отрицательные ореолы в контурах ядерных частей компактных рудных пластов, — цирконий, титан, ванадий, иттрий, скандий. Характерно, что поля наименьших содержаний типичного представителя группы — циркония — локализованы в полях максимумов меди (см. рис. 6, Б). Особенность распределения бария заключается в образовании повышенных его концентраций в виде «валов», оконтуривающих по периферии ядерные части компактных рудных пластов.

Принципы подхода к реконструкции механизма гидротермально-осадочного рудообразования базируются на анализе особенностей сочетания разноранговых парных элементов рудообразующей системы — рудо-подводящих каналов и рудолокализирующих палеоструктур. Морфология последних определяет морфологию локализованных в них рудных залежей, что подтверждается и

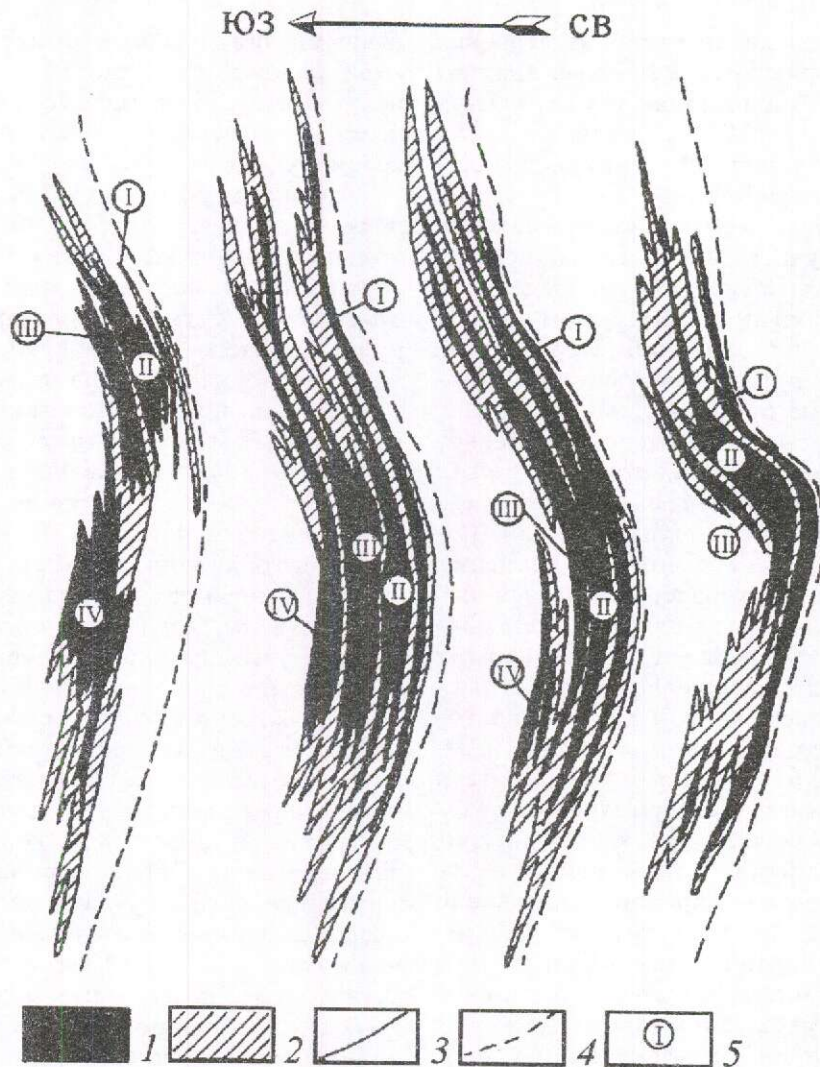


Рис. 4. Положение пластов с концентрированным оруденением в разрезах Основной залежи (фрагмент строения юго-западного фланга):

рудные залежи с коэффициентом минерализации: 1 — >40% (концентрированное оруденение), 2 — 25—40%; 3 — границы рудных тел; 4 — кровля маркирующего горизонта; 5 — номер пласта с концентрированным оруденением

результатами исследований областей современного сульфидонакопления [10—17].

Уровню рудных залежей отвечает пара — рудоподводящий канал (часть конседиментационного разлома) и локальная впадина. Во впадине размещается компактная сульфидная залежь из серии рудных слоев, сформированных последовательно, практически без перерывов. Каждая залежь характеризуется геохимической зональностью, адекватной таковой в рудных пластах других впадин. Рудные слои являются составляющими элементами компактных рудных пластов и

продуктов функционирования дискретных рудораспределяющих каналов. Эта система, представляющая собой парный элемент, полностью сопоставляется с современными гидротермальными образованиями зон спрединга («черные курильщики») в объеме отдельных холмо- или конусообразных построек, сопряженных с активными каналами (выводными трубками), выносящими рудоносные флюиды в морские придонные воды (таблица).

Модель механизма формирования первично-осадочных колчеданно-полиметал-

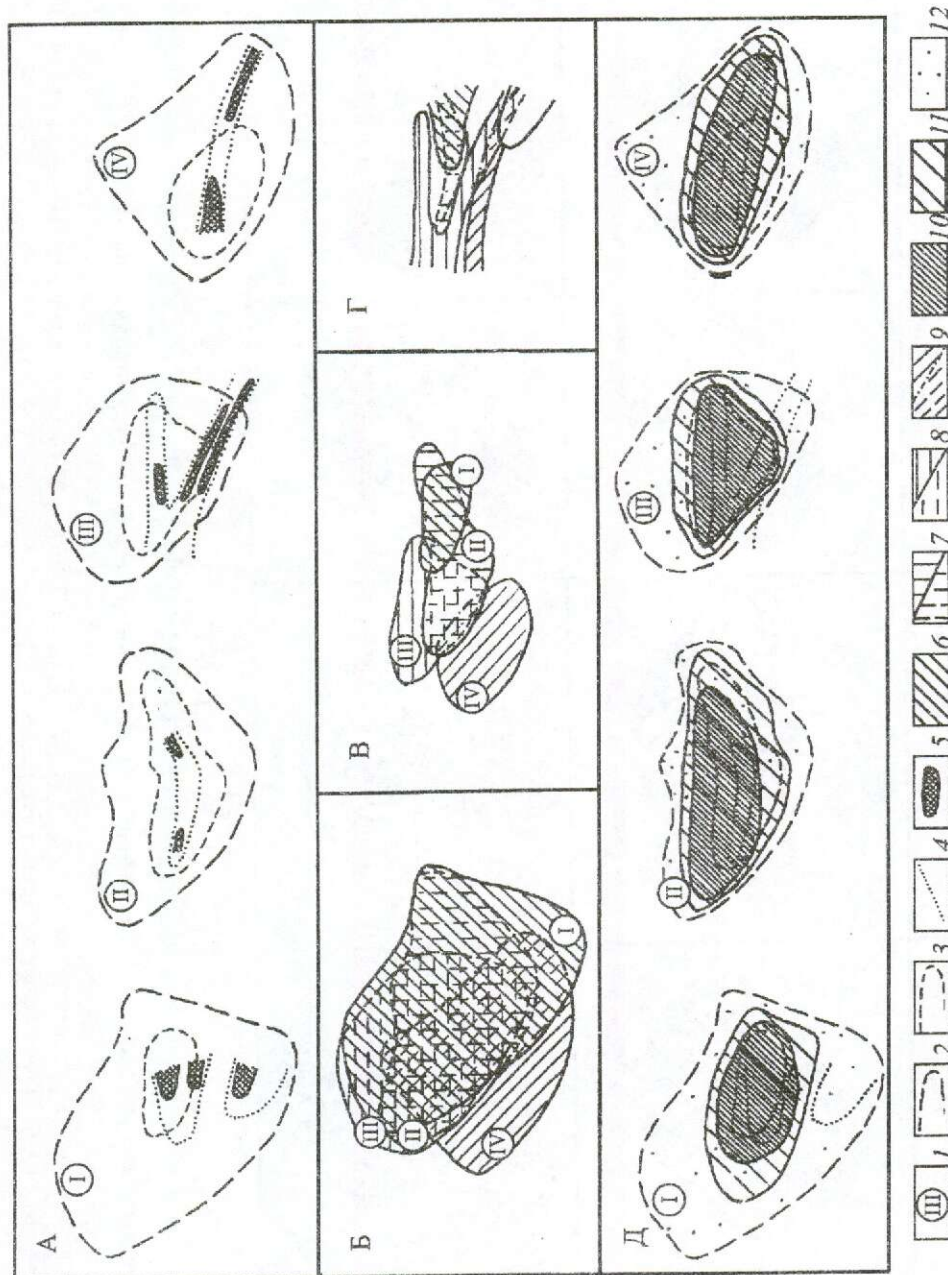


Рис. 5. Стрoение компактных рудных пластов юго-западного фланга Основной залежи на продольной проекции.

А — морфология компактных рудных пластов на разных стратиграфических уровнях; Б — совмещенные контуры компактных рудных пластов; В — совмещенные контуры блоков с максимальной мощностью компактных рудных пластов; Г — контуры полей аномальных содержаний меди на пресс-проекции; Д — распределение минеральных парагенезисов перекристаллизованных руд в контурах компактных рудных пластов; 1 — номер компактного рудного пласта; 2 — границы компактных рудных пластов; 3 — границы блоков с увеличенной мощностью руд; 4 — поля аномальных содержаний меди; 5 — поля ураганных содержаний меди; площади компактных рудных пластов: 6 — I, 7 — II, 8 — III, 9 — IV; поля содержаний минеральных парагенезисов перекристаллизованных руд (в % от общего объема руд): 10 — 25, 11 — от 1 до 25, 12 — 1

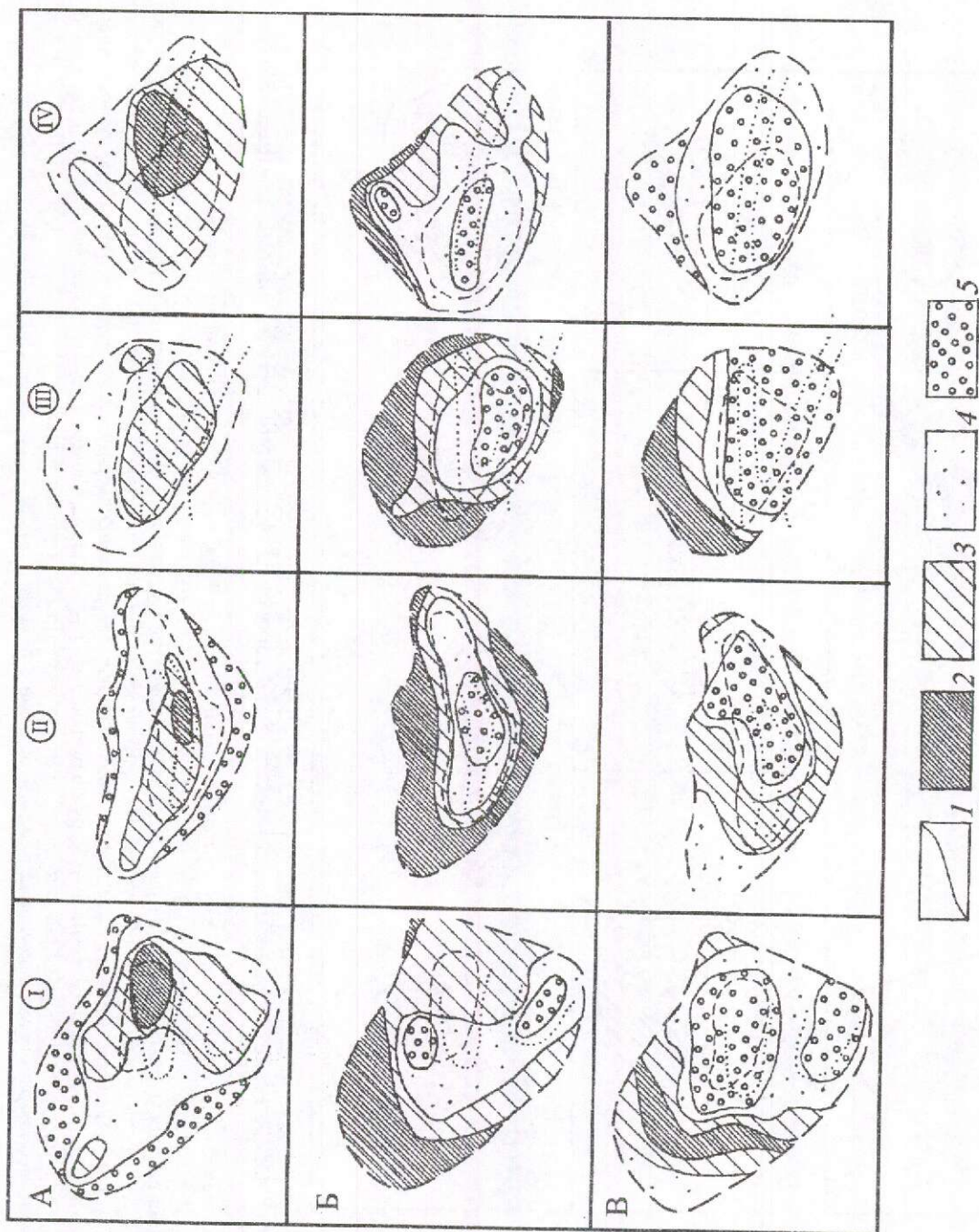


Рис. 6. Распределение мышьяка (А), циркония (Б) и бария (В) в компактных рудных пластиках (продольная проекция):

1 — границы геохимических полей; поля содержания As, Zr и Ba, г/т: 2 — >1000, >40, >200 соответственно, 3 — 500—900, 20—39, 150—190, 4 — 100—490, 10—19, 100—149, 5 — <100, <10, <100; остальные усл. обозн. см. рис. 5

Соподчиненность парных элементов системы рудоотложения (подводящие каналы — области накопления)

Ранг рудовыводящих структур	Морфологическое и вещественное отражение рудовыводящих структур в рудных телах	Аналоги рудовыводящих и рудовмещающих структур в современных сульфидообразующих системах, по [10—16]
Палеотектоническая зона подводящих каналов («рассеянный канал»)	Группа пластообразных рудных залежей, разделенных прослоями безрудных пород мощностью более 1 м, кулисно эшелонированных Субсогласные и секущие зоны развития медной и медно-свинцово-цинковой минерализации (или повышенных концентраций меди)	Срединная депрессия, осевая депрессия [16] Осевые разломы, прослеживаемые цепочками гидротермальных полей, разломы в бортах рифтов [10, 11]
Единичные подводящие каналы	Компактные рудные пласты с концентрированным оруденением и рудами, включающими безрудные прослои мощностью до 5 м Дискордантные зоны резко повышенных концентраций меди	Центры гидротермальной активности, гидротермальные поля [10, 12] Фрагменты осевых разломов в виде открытых трещин и зон повышенной гидротермальной активности [10, 11]
Рудораспределяющий и рудоконтролирующий канал	«Рудный слой» «Штокверкоподобные» зоны с типоморфными минеральными парагенезисами преимущественно медной специализации	Конические, конусообразные сооружения; одиночные или серии сближенных холмообразных построек [10, 11, 13, 14] Гидротермальный источник, выводная трубка «черных курильщиков», активный трубообразный канал [12, 13]

лических рудных тел Холоднинского месторождения разработана с учетом приведенных выше предпосылок, согласно предложенной схеме последовательного выделения разно-ранговых парных элементов строения рудных залежей и составляющих их рудных слоев.

Локальной палеодепрессии, вмещающей основную залежь месторождения, соответствует лентообразный участок залежи с повышенной мощностью. При этом блоки с максимальными мощностями руд ориентированы в соответствии с простиранием палеодепрессии и линейной системы дискретных рудоподводящих каналов. Области непосредственного вывода на палеоднище и осаднения вещества гидротермальных флюидов представляют собой макроритмичное чередование частных кустов и тел с концентрированным оруденением (рис. 7).

Периферийные участки залежи с небольшой суммарной мощностью руд рассматриваются как рудные тела, образованные за счет разноса придонными течениями рудного вещества в пределах палеодепрессий при

некомпенсированном выполнении последних рудными осадками, а также за счет выпадения сульфидного материала из взвесей плюмажей. Формирование подобных рудных тел происходило на плечах асимметричной палеодепрессии и в участках пережимов между отдельными наиболее глубоко погруженными ее блоками. Возможно формирование единичных рудных линз и в результате переливания неконсолидированного рудного осадка в относительно опущенные блоки вне зон осевых разломов, а также и при условии перекомпенсации осадками палеодепрессий. В целом рудные тела растекания по площади сопоставимы или превышают компактные залежи локальных впадин.

Выделение зоны подводящих каналов основано на специфических закономерностях распределения ряда химических элементов, в первую очередь, меди. В отличие от основных рудогенных элементов (свинец, цинк), равномерно распределенных в компактных рудных пластах и обладающих низкими коэффициентами вариаций, медь распределяется

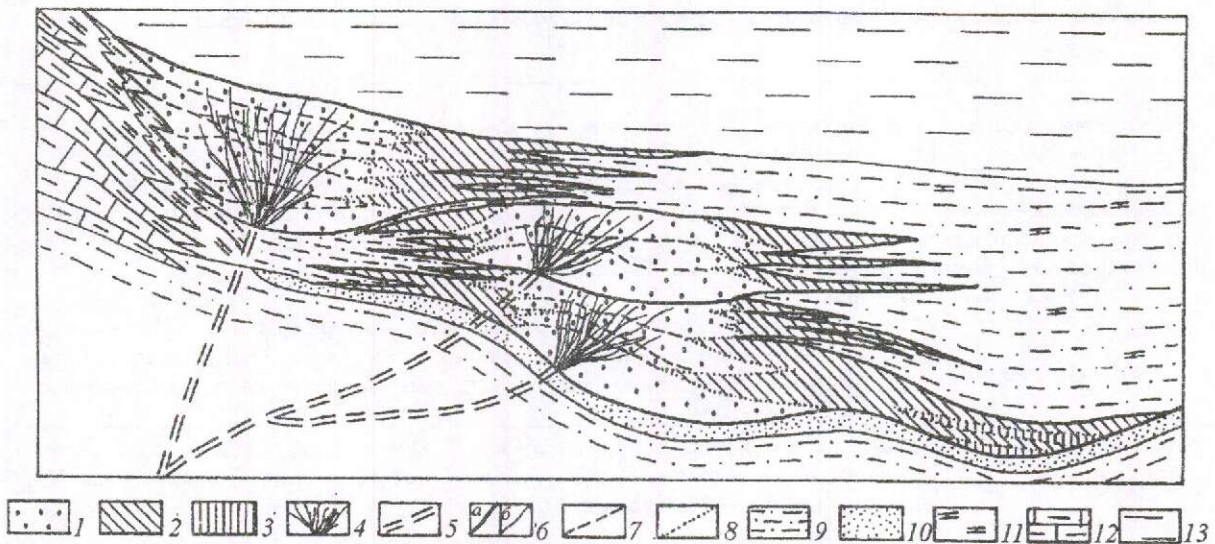


Рис. 7. Схема формирования рудных тел колчеданно-полиметаллического состава в углеродисто-терригенно-флишовой толще (предполагаемый палеофациальный разрез):

1 — компактные рудные тела с концентрированным оруденением (надканальные части локальной впадины); 2 — рудные тела периферийных частей локальной впадины; 3 — рудные тела во впадинах без подводящих каналов; 4 — каналы дискретных гидротермальных источников; 5 — предполагаемые рудоподводящие каналы; 6 — границы (а — рудных залежей, б — литофаций); 7 — границы пластов с концентрированным оруденением; 8 — границы рудных тел разных генетических типов; 9 — углеродистые глинисто-кремнистые пелиты; 10 — углеродистые песчаники; 11 — углеродистые глинисто-карбонатные пелиты; 12 — существенно карбонатные углеродистые пелиты; 13 — морской бассейн

неравномерно с формированием локальных участков аномально высоких ее концентраций. В целом зона отличается высоким коэффициентом вариаций по меди. Эти закономерности в совокупности с данными по современным океаническим сульфидообразующим системам позволяют интерпретировать такие зоны меди как зоны подводящих каналов. Это подтверждается распределением концентраций и коэффициентов вариаций малых петрогенных элементов — титана, ванадия, циркония и некоторых других. В зоне подводящих каналов с угнетенным осадконакоплением фиксируются минимальные концентрации указанных элементов и высокие коэффициенты вариаций их содержаний (см. рис. 3, Д, Е).

Как отмечалось выше, на участке юго-западного фланга Основной залежи по морфоструктурным признакам выделяются четыре компактных рудных пласта, сформированных соответственно в четырех локальных впадинах, разобценных стратиграфически, но

примерно совпадающих как по конфигурации, так и по их размещению в плане. Последнее свидетельствует об относительной стабильности палеорельефа в период первичного рудонакопления. Смещение блоков компактных рудных тел с максимальными мощностями отражает отмирание и зарождение новых центров гидротермальной активности, приуроченных к генеральной линии зоны подводящих каналов.

Дискретные подводящие каналы каждой из локальных впадин, фиксируемые областями максимальных (до ураганных) концентраций меди, проявлены в контурах залежей с максимальными мощностями и характеризуются резко выраженными линейно протяженными формами. Подводящие каналы стратиграфически верхних локальных впадин наследуют положение нижних (впадины I и II, см. рис. 5, Б) или незначительно отклоняются от них при сохранении общей конфигурации и азимута простирания (впадины II и III, III и IV, см. рис. 5, Б).

Подводящие каналы поздних, стратиграфически верхних, компактных рудных пластов устанавливаются и в рудных образованиях нижних локальных впадин. Так, выделяемый для компактного рудного пласта впадины I подводящий канал у нижней ее границы является «следом» подводящего канала впадины IV (см. рис. 5, Г). Максимум рудонакопления в нижней впадине этого блока не фиксируется, а область накопления меди здесь пространственно совпадает с подводящим каналом рудного пласта верхней впадины.

Практически только блоки компактных рудных пластов с повышенной мощностью отвечают области интенсивного прогибания впадин с компенсированным и перекомпенсированным накоплением рудных осадков. Именно в них регулярно образовывались отдельные гидротермальные источники, т.е. вся масса рудных осадков здесь пронизывалась подводящими каналами.

В этом аспекте полученные результаты исследований позволяют сконцентрировать внимание на следующих парагенезисах минеральных образований.

Парагенезисы рудных тел растекания характеризуются:

преобладанием слоистых и тонкослоистых текстур руд;

широким развитием текстур подводного оползания, волочения;

мелко- и тонкозернистыми рудами, часто глобулярными (до микроконкреционных);

наличием руд и минерализованных пород с тонкодисперсной (до криптомерной) рассеянной и стянутой в прослой сульфидной вкрапленностью, обусловленной в основном выпадением сульфидов из взвесей («плюмажей»);

упрощенным минеральным составом с преобладанием сульфидов железа, относительно равномерным распределением сульфидов цветных металлов в рудах по латерали и по мощности;

интенсивным разбавлением рудных агрегатов породным субстратом, в том числе в виде слоев, пропластков с формированием слоистых руд («рудный флиш»);

резким преобладанием среди вмещающих пород пелитового материала.

Парагенезисы компактных рудных пластов увеличенной мощности с концентрированным оруденением характеризуются:

чрезвычайно многообразным текстурным рисунком руд (массивные, пятнистые, сетчатые, брекчиевидно-пятнистые, реликто-слоистые);

преобладанием типоморфных полосчатых и струйчатых образований, выраженных в обогащении отдельных прослоев сульфидами цинка, свинца (реже меди) на кварцитовой матрице;

преимущественно аллотриоморфнозернистыми структурами мелко-среднекристаллических агрегатов сульфидов;

примерно равным соотношением сульфидов цветных металлов и железа в целом при резко дифференцированном распределении первых в микро- и макроритмах с формированием контрастной вертикальной зональности (обогащение парагенезисов верхних частей ритмов сульфидами свинца и цинка).

Парагенезисы подводящих каналов (дискретных гидротермальных источников) выделяются:

структурным рисунком средне-крупнокристаллического идиоморфнозернистого агрегата с четко выраженными коррозионными соотношениями составляющих его сульфидов, а также резкими границами развития подобных агрегатов в рудной массе;

полиминеральным составом рудных минералов (в отличие от парагенезисов других образований), наличием медь- и мышьяк-содержащих сульфидов — халькопирита, арсенопирита и др.

Исходя из вышеприведенного материала и литературных данных при разработке модели колчеданно-полиметаллического оруденения в черносланцевых толщах необходимо учитывать следующий соподчиненный ряд парных элементов: палеотектоническая зона подводящих каналов — локальная рудовмещающая палеодепрессия; подводящий канал — локальная впадина; дискретный рудораспределяющий канал — рудное тело.

Основными элементами модели являются: компактные рудные тела, сформированные в локальных впадинах; рудные скопления, формирующиеся в подводящих каналах; рудные тела растекания, сформированные во впадинах, сопряженных с рудовыводящей структурой.

По распределению меди и ряда малых петрогенных элементов (титана, ванадия, циркония) в стратифицированных залежах колчеданно-полиметаллических руд в черносланцевых толщах выделяются рудоподводящие и рудораспределяющие каналы разного ранга: для залежи в целом (зона подводящих каналов в бортовой части палеодепрессии); для компактных рудных пластов с концентрированным оруденением (подводя-

щий канал); для отдельных рудных слоев (дискретные рудораспределяющие каналы).

Зона подводящих каналов отвечает конседиментационным разломам, контролирующим заложение рудовмещающей палеодепрессии. Подводящий канал соответствует зоне повышенной проницаемости, отвечающей наибольшей концентрации медной минерализации в пределах конкретных рудных пластов. Дискретные рудораспределяющие каналы соответствуют ореолам рассеяния минерализации медного профиля в пределах отдельных рудных слоев, фиксируемой в значительной мере в их лежащем боку.

Предложенная модель с дискретно распределенными скрытыми рудоподводящими каналами удовлетворительно объясняет такие эмпирически установленные особенности:

морфологические — сочетание линзовидных и пластообразных тел, приуроченность линз с увеличенной мощностью в пределах единой рудной залежи (или даже пласта) к областям перекомпенсированных депрессий и (или) зонам рудовыводящих каналов;

вещественные — специфика минерального и химического состава руд различных блоков, преобладание кварцитового субстрата в рудных телах массивной текстуры с повышенной мощностью и пелитового в пластообразных телах слоистой текстуры, наличие и размещение минерализации с медным профилем и др.;

геохимические — сочетание латеральной концентрической и однонаправленной вертикальной (по мощности рудной залежи) типов зональности, закономерное снижение концентраций малых петрогенных элементов и возрастание содержания меди в подводящих каналах, различия в строении ореолов над рудными телами разного генезиса и пр.

Учет вышеприведенных факторов имеет важное практическое значение при прогнозе и оценке месторождений подобного типа.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Варенцов И.М. Геохимические ассоциации главных компонентов, Ва и Sr как индикаторы процессов осадкообразования: гидротермальные отложения зоны Галапагосского рифта // Тр. ГИН АН СССР. 1985. 398. С. 202—213.
2. Гаськов И.В., Дистанов Э.Г. Геохимические особенности руд Холоднинского месторождения // Генетическая минералогия и геохимия рудных месторождений Сибири. Новосибирск, 1984. С. 137—148.
3. Геология и зональность Холоднинского месторождения / В.Д.Конкин, Г.В.Ручкин, Т.П.Кузнецова // Сов. геология. 1983. № 4. С. 58—68.
4. Дистанов Э.Г., Ковалев К.Р., Пономарев В.Г. Генетические особенности колчеданно-полиметаллического оруденения Северного Прибайкалья // Геология и полезные ископаемые в полосе БАМ Северного Прибайкалья. М., 1984. С. 33—37.
5. Ковалев К.Р., Гаськов И.В., Перцева А.П. Изотопный состав серы колчеданно-полиметаллических руд месторождений азиатской части России // Геология рудных месторождений. 2000. Т. 42. № 2. С. 83—112.
6. Конкин В.Д., Соловьев Е.Б. Метаморфогенно-метасоматические породы и колчеданно-полиметаллическое оруденение в терригенных толщах рифея // Тр. ЦНИГРИ. 1987. Вып. 217. С. 33—41.
7. Конкин В.Д., Ручкин Г.В., Кузнецова Т.П. Холоднинское свинцово-цинковое колчеданное месторождение в Северном Прибайкалье (Восточная Сибирь) // Геология рудных месторождений. 1993. Т. 35. № 1. С. 3—16.
8. Кривцов А.И. Обстановки и условия древнего и современного колчеданообразования // Геология рудных месторождений. 1987. № 3. С. 3—17.
9. Ручкин Г.В. Стратиформные полиметаллические месторождения докембрия. — М.: Недра, 1984.
10. Ручкин Г.В., Конкин В.Д., Кузнецова Т.П. Метаморфизм колчеданно-полиметаллических руд Холоднинского месторождения (Северное Прибайкалье) // Геология рудных месторождений. 1973. № 6. С. 69—78.
11. Active hydrothermal vents and sulfide deposits on the southern Juan de Fuca Ridge / W.R.Normark, J.L.Morton, R.A.Koski a.o. // Geology. 1983. Vol. 11. № 3. P. 158—163.
12. Hekinian R., Fouquet Y. Volcanism and metallogenesis of axial and off-axial structures on the East Pacific Rise near 13°N // Econ. Geol. 1985. Vol. 80. № 2. P. 221—255.
13. Hekinian R., Renard V., Cheminee J.L. Hydrothermal deposits on the East Pacific Rise near 13° N: geological setting and distribution of active sulfide chimneys // Hydrotherm. Process. Seafloor Spread. Cent. Proc. NATO Adv. Res. Inst., Cambridge, 5—8 Apr. New York. London, 1983. P. 571—594.
14. Koski R.A., Lonsdale P.F., Shanks W.C. Mineralogy and geochemistry of a sediment-hosted hydrothermal sulfide deposit from the Southern Trough of Guamas Basin. Gulf of California // J. Geophys. Res. 1985. Vol. 90. № 8. P. 6695—6707.
15. Lonsdale P., Becker K. Hydrothermal plums, hot springs and conductive heat flow in the Southern Trough of Guaymas Basin // Earth and Planet Sci. Lett. 1985. Vol. 73. № 2/4. P. 211—225.
16. Morganty J.M. Ore deposits models. 4. Sedimentary type stratiform ore deposits: some models and a new classification // Geosci. Can. 1981. Vol. 8. № 2. P. 65—75.
17. Tivey M.K., Delaney J.R. Growth of large sulfide structures on the Endeavour Segment of the Juan de Fuca Ridge // Earth and Planet. Sci. Lett. 1986. Vol. 77. № 3—4. P. 303—317.

УДК 549.27 (571.51)

© В.А.Макаров, Г.И.Шведов, 2001

ЗОЛОТО И МЕТАЛЛЫ ПЛАТИНОВОЙ ГРУППЫ В МЕСТОРОЖДЕНИИ ПЕСЧАНО-ГРАВИЙНЫХ СМЕСЕЙ СРЕДНЕГО ТЕЧЕНИЯ Р. ЕНИСЕЙ — ПОИСКОВЫЕ ПРИЗНАКИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ОСВОЕНИЯ

В.А.Макаров, Г.И.Шведов (Красноярская государственная академия цветных металлов и золота)

При ревизионной оценке на золото месторождений песчано-гравийных смесей (ПГС) в бассейне рек Енисей и Чулым на Сымском месторождении ПГС были выявлены и изучены самородное золото и металлы платиновой группы (МПГ). Самородное золото месторождения тонкопластинчатое и мелкочешуйчатое, средняя пробность 894‰. Платиновые металлы представлены иридоосмином, рутениридоосмином, изоферроплатиной, масленицковитом и палладистым золотом (с массовым содержанием Pd 7—11,5%). На основе составов МПГ высказано предположение, что источником золота и платиноидов могли быть комплексы ультраосновных пород Енисейского кряжа, а также промежуточные коллекторы — терригенные отложения Западно-Сибирской плиты и Сибирской платформы.

Благородные металлы месторождений песчано-гравийных смесей изучены в рамках работ по ревизионной оценке на золото месторождений ПГС, расположенных в бассейнах рек Енисей (Песчанское, Сымское, Холоватовское, Ташебинское) и Чулым (Урюпское, Ачинское), проводимых Центром геотехнологических исследований «Прогноз» при Красноярской академии цветных металлов и золота. Из всех изученных объектов Сымское месторождение по разнообразию выявленных благородных металлов и возможностям их попутного извлечения при переработке ПГС представляет наибольший интерес. Пространственно оно совпадает с одноименной косой на левом берегу р. Енисей ниже впадения р. Сым (рис. 1).

В геологическом строении месторождения участвуют четвертичные отложения, представленные русловым аллювием рек Енисей и Сым. Продуктивный пласт ПГС мощностью 11—14,5 м залегает на нижнекембрийских аргиллитах. Границей пласта на северо-востоке служит р. Енисей, на юго-западе — рыхлые песчано-глинистые отложения вскрыши, на юго-востоке — русло р. Сым. На северо-западе пласт до выклинивания не прослежен. Разведанная часть месторождения сложена двумя продуктивными пачками — верхней песчаной и нижней песчано-гравийной. Мощность пачки песков изменяется от 4,2 до 9 м. По мере приближения к песчано-гравийной пачке доля гравийного материала в

пачке песков возрастает и достигает 10—15%. Особенностью состава песка Сымского месторождения является высокое содержание кварца (содержание SiO₂ 89—95%, среднее 91%). Ниже приведен гранулометрический состав исходных песков месторождения.

Фракция, мм	Частный выход, %
+3	6,4
-3...+0,5	3,9
-1...+0,5	27,8
-0,5...+0,25	50,7
-0,25	11,2

По данным разведки сделан вывод о том, что отложения верхней пачки песков образовались за счет выноса песчаного материала рекой Сым.

Благородные металлы в ПГС Сымского месторождения изучались в малых технологических пробах объемом 0,02 м³ и в концентрате полупромышленных проб объемом 100 м³ и более, полученных при обогащении ПГС на шлюзах мелкого наполнения, врезанных в технологическую схему переработки ПГС на земснаряде ПЧС-609. Концентраты большеобъемных полупромышленных проб доводились на концентратном столе. Концентрат стола

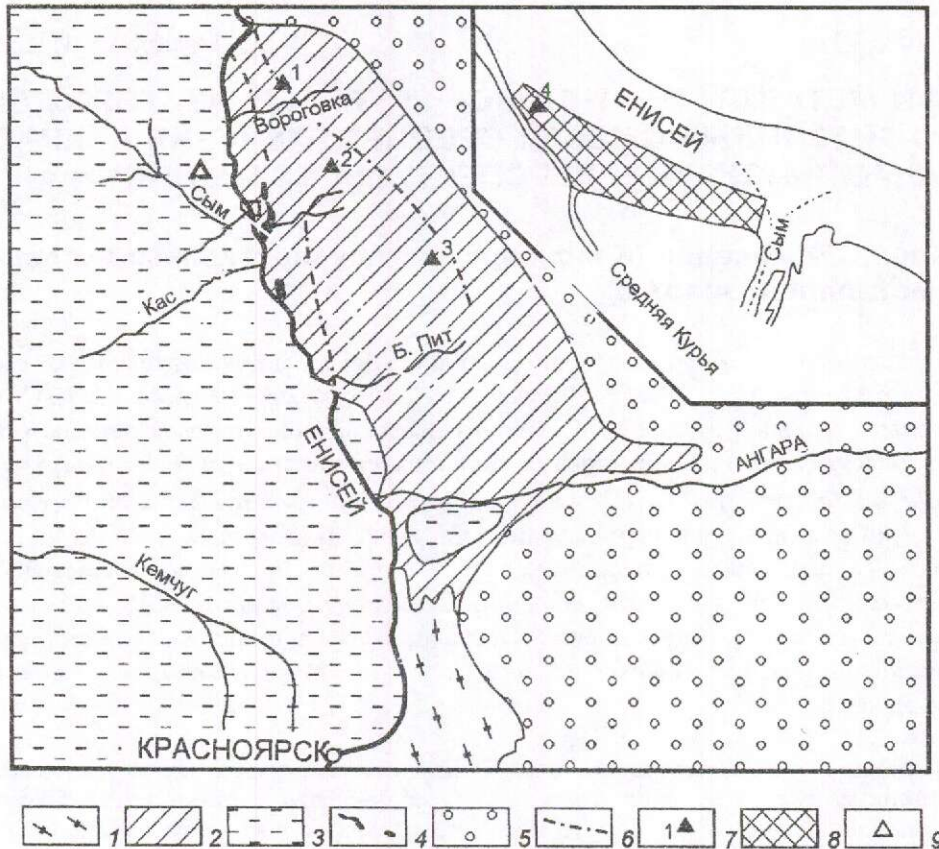


Рис. 1. Положение Сымского месторождения ПГС в региональных структурах:

1 — архейские отложения Ангаро-Канской глыбы; 2 — структуры Енисейского края; 3 — мезокайнозойские отложения Западно-Сибирской плиты; 4 — тела серпентинитов; 5 — отложения чехла Сибирской платформы; 6 — крупные тектонические нарушения; 7 — места находок МПГ в аллювиальных россыпях (1 — ключ Вертолетный, 2 — р. Гаревка, 3 — р. Ломбанча, 4 — место отбора большеобъемной пробы на Сымском месторождении); 8 — Сымское месторождение; 9 — скв. Лемок-1

подвергался магнитной и электромагнитной сепарации. Золото и МПГ из немагнитной фракции концентрата стола извлекались путем отдувки или доводкой в стеклянной трубке в восходящей струе воды.

Результаты анализа малых и полупромышленных проб Сымского месторождения показали, что самородное золото присутствует во всех изученных пробах. Содержание металла варьировало от 1—2 до 30 мг на 1 м³. Наименьшие содержания металла в полупромышленных пробах, очевидно, обусловлены низкой извлекающей способностью шлюзов мелкого наполнения. Характеристики размера и массы золота, извлеченного в концентрат полупромышленных проб, представлены в табл. 1. Морфологически золото Сымского месторождения тонкопластинчатое, мелкочешуйчатое. Редко отмечаются комковатые и слабо окатанные крючковатые зерна. Цвет и

химический состав металла отражены в табл. 2.

Интересно сравнение золота Сымского месторождения с металлом, извлеченным из других месторождений ПГС, расположенных в долине р. Енисей, — Песчанским, Холоватовским и Ташебинским. Объекты находятся на значительном удалении друг от друга. Песчанское месторождение расположено на левой пойменной террасе р. Енисей в 5 км ниже г. Красноярск. Холоватовское месторождение размещается на левом берегу р. Енисей в пределах ее нижней поймы в 35 км ниже Песчанского, а Ташебинское месторождение — на пойменной террасе р. Абакан у слияния ее с р. Енисей. Как видно из табл. 1, особенность золота Сымского месторождения — наиболее высокая масса его золотин в классе $-0,25...+0,14$ мм. Гранулометрический состав близок к металлу Холоватовского

1. Гранулометрический состав и масса золотин из месторождений ПГС средней части долины р. Енисей, по результатам изучения полупромышленных проб

Месторождение	Выход фракции (мм), %						Средняя масса золотин по фракциям, $n \cdot 10^{-2}$ мг	
	<0,074	0,074-0,14	0,14-0,2	0,2-0,25	0,25-0,4	>0,4	-0,25...+0,14	-0,14...+0,074
Сымское	24	40	9	23	4	—	5,5	1,3
Песчанское	72	16	2	4	2,5	3,5	3,4	2,3
Холоватовское	13	53	14	19	1	—	2,5	0,4

2. Химический состав (%) и характеристика золота месторождений ПГС долины р. Енисей

Месторождение	Au	Hg	Cu	Цвет / морфология золотин
Песчанское	<u>56,53—95,79</u> 82,87	<u>0,07—1,71</u> 0,55	<u>0,0—0,0</u> 0,0	Темно-желтый / пластинчатые, изометричные
Сымское	<u>76,02—97,26</u> 89,39	<u>0,00—1,00</u> 0,31	<u>0,00—0,07</u> 0,02	Ярко-желтый / тонкопластинчатые, чешуйчатые
Холоватовское	<u>89,65—98,67</u> 92,15	<u>0,00—0,37</u> 0,09	<u>0,0—0,0</u> 0,0	Красно-желтый / пластинчатые, удлиненные
Ташебинское	<u>85,61—99,48</u> 92,55	<u>0,00—1,62</u> 0,41	<u>0,00—0,98</u> 0,16	Светло-желтый / пластинчатые

Примечание. Массовое содержание элементов по результатам 10 определений: в числителе «от» — «до», в знаменателе — среднее.

месторождения. Наиболее мелкое золото отмечается для Песчанского месторождения, где в класс менее 0,074 мм попадает более 70% извлеченного металла. Для этого же объекта характерна наиболее высокая масса мелких золотин, что, вероятно, обеспечило высокое извлечение металла данного класса шлюзом.

Химический состав золота весьма разнообразен (табл. 2). Пробность металла в отдельных зернах меняется от 565 (Песчанское месторождение) до 995‰ (Ташебинское). В целом золото высокопробное, хотя вариации пробности на отдельных объектах весьма велики. Последнее, очевидно, обусловлено значительной дальностью переноса мелкого металла и разнообразием его коренных источников. Из элементов-примесей следует отметить повышенное содержание ртути в золоте из ПГС Песчанского месторождения. В единичных золотинах Сымского месторождения зафиксировано повышенное содержание палладия.

Минералы-спутники золота на изучаемых месторождениях ПГС достаточно разнообразны. Почти на всех объектах в тяжелой фракции шлиха в заметных количествах присутствуют магнетит, ильменит, рутил, гранат, циркон. Наибольшее содержание последнего устанавливается в тяжелом шлихе Сымского месторождения. Там же

выявлены значительные содержания мелких марказитовых конкреций, разнообразные по составу металлические шарики и минералы платиновой группы.

Обнаруженные на Сымском месторождении металлы платиновой группы относятся к соединениям Pt, Os, Ir, Ru, Pd, Rh, Fe, Sn, Cu и Au, представлены матово-белыми зернами пластинчатой, лепешковидной (уплощенной), реже изометричной или вытянутой формы размером не более 0,5 мм, редко больше. Большинство зерен МПГ несут следы длительной транспортировки: шагреновая поверхность, раздавленность, расплюсченность зерен, сильная окатанность, практически полное отсутствие кристаллографических форм. Изредка встречаются относительно крупные (1,0—1,5 мм), не окатанные или слабо окатанные изометричные зерна. Единичные пластинки имеют бронзово-желтую однородную окраску.

Таким образом, только по интенсивности окатанности выделяются две группы МПГ: сильно окатанные и практически не окатанные. Можно предположить, что существовали как минимум два источника их сноса, находящиеся друг от друга на расстоянии не менее 15—25 км.

С целью приближенной оценки уровня содержания суммы МПГ в продуктах гравита-

3. Содержание золота, серебра и элементов платиновой группы в продуктах обогащения большеобъемных проб из месторождений ПГС, г/т

Месторождение	Тип концентрата, фракция	МПГ	Au	Ag
Сымское	Гравиконцентрат, магнитная	3,5	23	—
То же	То же, электромагнитная	7,5	3,9	17
Ачинское	« электромагнитная	—	8,5	10
Урюпское	« магнитная+электромагнитная	—	9,8	22,5
Ташебинское	« магнитная	—	—	10
То же	« электромагнитная	—	3,8	912

ционного обогащения был выполнен пробирный анализ ряда концентратов большеобъемных проб (табл. 3). Как видно из таблицы, только на Сымском месторождении магнитная и электромагнитная фракции доводки гравитационного концентрата обогащены металлами платиновой группы. Суммарный выход тяжелой фракции на Сымском месторождении незначителен и составляет 0,5% массы исходной пробы. На магнитную и электромагнитную фракции соответственно приходится 0,03 и 0,3%. Расчетное содержание МПГ в исходной ПГС данного месторождения около 40 мг/м³.

Для дальнейших исследований МПГ из общего состава шлиха Сымского месторождения отобраны и изучены на микросонде 37 зерен примерно равного размера. Из них 17 зерен (46%) оказались минералами системы Ir—Os—Ru, столько же — минералом системы Pt—Fe (изоферроплатиной), два зерна представляют собой палладистое золото, а одно оказалось масленицковитом (Pt, Pd)₃Sn.

Под микроскопом выяснилось, что подавляющее большинство отобранных зерен МПГ гомогенно и не содержит включений ни порообразующих, ни других рудных минералов, что также косвенно свидетельствует о дальней (более 20 км) их транспортировке. Только в составе трех зерен обнаружены включения. Одно зерно изоферроплатины содержало две тонкие пластинки самородного осмия, другое — большое количество кубических включений самородного иридия. В единственном случае в одном из зерен рутениридосмина обнаружены уплощенные включения изоферроплатины. Химический состав исследованных платиноидов приведен в табл. 4 и 5, а также вынесен на тройные диаграммы (рис. 2).

Согласно последней классификации [15], обнаруженные минералы системы Ir—Os—Ru относятся к самородному осмию, самородному иридию и рутениридосмину, причем преобладающее большинство их отвечает составу

самородного рутения, вытягиваясь на диаграмме в линию и образуя рутениевый тренд (см. рис. 2, а). Буквой В на диаграмме обозначены составы включений. Точно так же, по данным Н.Д.Толстых и др. [11], с рутениевым уклоном, ведут себя рутениридосмины из ключа Вертолетный, притока р. Северная, которая, в свою очередь, впадает в р. Вороговка. На наш взгляд, состав рутениридосминов ключа Вертолетный имеет больше иридиевый тренд, чем рутениевый (см. рис. 2, а). Как и большинство сымских платиноидов, рутениридосмины ключа Вертолетный не содержат включений других минералов. Известно, что рутениевая специализация минералов системы Ir—Os—Ru характерна в основном для альпинотипных ультрамафитов офиолитовых ассоциаций [11].

Особый интерес представляют два зерна палладистого золота. Оба они неоднородны по составу и цвету. Одно зерно представляет собой практически гомогенную фазу Pd_{0,14}Au_{0,86} с массовым содержанием палладия 6,9—8,9% (табл. 6, анализы 8—14), обрастаемую каймой самородного золота. Подобный состав палладистого золота обычно характерен для медно-никелевых месторождений [6]. Другое зерно еще более обогащено палладием — до 11,5% (анализы 15—16), хотя мелкие изометричные участки этого зерна состоят из высокопробного золота с количеством Pd всего лишь до 3,6% (анализы 17—18). Все три разновидности Pd-содержащего золота относятся к палладистому золоту, а не порпециту, в котором массовое содержание палладия должно быть не менее 20% [7].

В отношении масленицковита необходимо отметить достаточно высокое содержание в нем золота, что в общем необычно для состава этого минерала.

Факт обнаружения платиновых минералов в Сымском месторождении ПГС должен рассматриваться в прикладном и научном

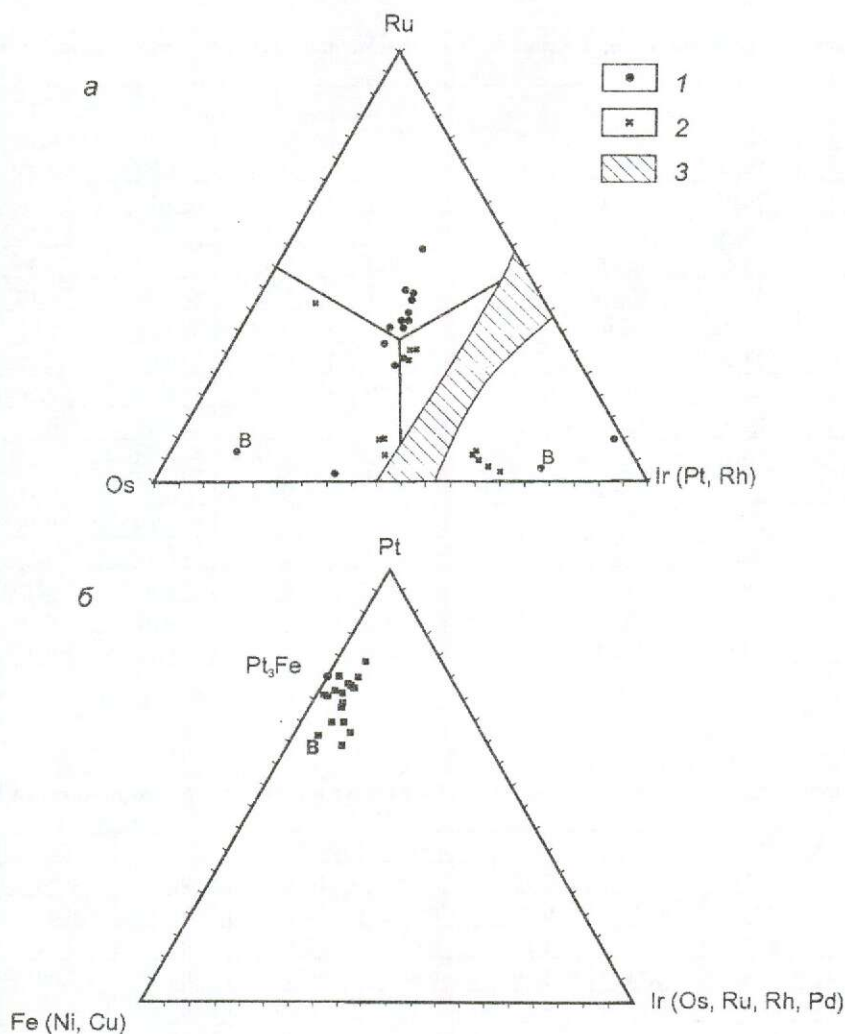


Рис. 2. Тройные диаграммы составов МПГ Сымского месторождения ПГС систем Ir—Os—Ru (а) и Ir—Fe—Pt (б):

1 — Сымское месторождение; 2 — россыпь руч. Вертолетный; 3 — область несмесимости кубических и гексагональных фаз; буквой В обозначены составы включений

аспектах. С одной стороны, благородные металлы, несмотря на незначительный уровень их содержания, могут представлять интерес для попутной добычи. В связи с высоким содержанием кварца в ПГС Сымского месторождения их можно использовать для получения стекольных и формовочных песков, применяя при этом простую схему обогащения. Платиноиды и золото в этом случае будут извлекаться в гравитационный концентрат. С другой стороны, находки платиновых минералов в ПГС Сымского месторождения должны быть осмыслены с генетической точки зрения для целей прогноза и поисков коренных источников МПГ в структурах, дренируемых ближайшими водотоками. В настоящее время появились подобные

многочисленные находки как золота, так и платиноидов в рыхлых отложениях водотоков различных регионов [10, 13].

В целом, говоря о коренных источниках платиновой минерализации Сымского месторождения ПГС, можно рассматривать несколько вариантов: 1) докембрийские породы ультраосновного состава Приенисейской зоны глубинного разлома; 2) промежуточные коллекторы — мезокайнозойские терригенные породы юго-восточного обрамления Западно-Сибирской плиты (ЗСП) и Сибирской платформы; 3) угленосные и битуминозные породы мезозойского чехла ЗСП, а также горизонты осадочных железных руд региона.

На возможность первого варианта указывает широкое развитие ультраосновных

4. Химический состав минералов системы Ir—Os—Ru из Сымского месторождения ПГС, %

Pt	Ir	Os	Rh	Ru	Fe	Ni	Cu	Сумма
3,58	35,45	41,55	0,71	16,43	0,12	0,00	0,11	97,95
2,01	12,13	80,29	0,05	4,07	0,33	0,02	0,05	98,95
9,38	20,01	24,48	4,85	39,52	0,85	0,11	0,28	99,48
11,87	62,90	19,88	2,32	2,01	0,89	0,03	0,20	100,1
3,13	33,34	36,56	1,07	24,06	0,66	0,12	0,08	99,02
1,78	37,66	38,83	1,06	17,16	0,33	0,06	0,10	96,98
5,79	28,02	33,0	1,49	29,76	0,36	0,06	0,09	98,57
4,92	34,06	35,06	0,44	23,81	0,23	0,01	0,11	98,64
5,80	28,59	39,73	0,93	22,73	0,54	0,05	0,16	98,53
3,29	31,97	42,71	0,61	20,10	0,30	0,04	0,09	99,11
9,18	79,46	1,27	2,15	5,61	1,66	0,33	0,23	99,89
3,18	35,51	36,82	0,42	22,40	0,68	0,12	0,11	99,24
5,38	30,33	30,97	1,79	29,32	0,59	0,10	0,14	98,62
4,73	31,36	34,88	1,51	25,21	0,49	0,11	0,14	98,43
7,46	29,62	31,12	1,92	28,41	0,26	0,03	0,07	98,89
0,20	34,42	62,40	0,02	1,02	0,30	0,03	0,10	98,49
3,89	33,67	36,54	0,92	24,48	0,33	0,05	0,01	99,89

5. Химический состав минералов системы Pt—Fe из Сымского месторождения ПГС, %

Pt	Ir	Os	Pd	Rh	Ru	Fe	Ni	Cu	Сумма
83,40	3,05	0,32	1,11	0,68	0,31	10,40	0,22	0,58	100,07
79,89	8,29	0,40	0,0	0,88	0,06	9,53	0,14	0,07	99,26
88,15	0,36	0,10	1,47	1,12	0,01	6,82	0,01	0,94	98,98
85,28	3,76	0,36	0,11	1,50	0,03	6,51	0,03	0,86	98,44
87,97	0,33	0,10	0,61	0,25	0,16	9,73	0,04	0,32	99,51
87,62	1,10	0,10	0,05	0,99	0,05	8,08	0,0	1,09	99,08
85,21	1,16	0,32	0,0	1,81	0,98	8,63	0,16	0,31	98,58
86,74	1,67	0,07	0,0	1,86	0,09	8,05	0,02	0,66	99,16
80,79	3,39	0,0	0,0	1,22	0,13	10,52	1,34	1,32	98,71
87,64	0,36	0,15	0,06	0,27	0,12	9,69	0,05	0,30	98,64
88,43	0,96	0,53	0,32	1,81	0,14	6,82	0,01	1,04	100,06
76,60	5,85	0,10	2,27	1,76	0,13	9,85	0,72	1,23	98,51
87,11	4,66	0,38	0,0	0,58	0,09	5,90	0,05	0,65	99,42
90,18	0,01	0,0	0,44	0,75	0,09	7,30	0,12	0,41	99,3
91,76	1,92	0,17	0,61	0,42	0,02	4,77	0,05	0,78	100,5
82,60	1,75	0,78	0,13	1,65	0,74	8,93	0,12	0,17	96,87
78,58	1,77	0,31	0,23	5,34	0,64	9,46	0,30	0,38	97,01

разновозрастных пород в зоне Приенисейского разлома. Это породы Кимбирского дунит-пироксенит-габбрового комплекса архейского возраста, а также покровные метапикробазальты, пикриты и коматииты того же возраста. В 20 км выше Сымского месторождения в районе впадения р. Сурниха в р. Енисей размываются породы Сурнихинского дунит-гарцбургитового комплекса ри-

фейского возраста, представленного апопериодитовыми и аподунитовыми серпентинитами [12]. Об этом свидетельствует присутствие твердых растворов Pd-Au. Согласно опубликованным данным, палладистое золото встречается во многих ассоциациях МПГ: в составе расслоенных массивов типа Стиллаутер [2]; в зональных щелочно-ультраосновных массивах центрального типа

6. Химический состав масленицковита и палладистого золота Сымского месторождения ПГС, %

Номера анализов	Au	Pt	Sn	Cu	Pd	Сумма	Кристаллохимическая формула
1	0,40	53,19	20,25	1,10	24,18	99,12	$(Au_{0,01}Cu_{0,10}Pt_{1,58}Pd_{1,32})_{3,01}Sn_{0,99}$
2	0,45	53,31	20,26	1,08	24,18	99,28	$(Au_{0,01}Cu_{0,10}Pt_{1,58}Pd_{1,32})_{3,01}Sn_{0,99}$
3	0,38	54,35	20,13	1,11	23,53	99,5	$(Au_{0,01}Cu_{0,10}Pt_{1,62}Pd_{1,28})_{3,01}Sn_{0,99}$
4	0,44	54,08	20,31	1,10	23,61	99,54	$(Au_{0,01}Cu_{0,10}Pt_{1,61}Pd_{1,29})_{3,01}Sn_{0,99}$
5	0,48	51,92	20,30	1,07	25,57	99,34	$(Au_{0,01}Cu_{0,10}Pt_{1,53}Pd_{1,38})_{3,02}Sn_{0,98}$
6	0,51	52,60	20,57	1,10	24,70	99,48	$(Au_{0,02}Cu_{0,10}Pt_{1,55}Pd_{1,34})_{3,01}Sn_{1,00}$
7	0,65	48,57	20,99	1,02	28,64	99,87	$(Au_{0,02}Cu_{0,09}Pt_{1,39}Pd_{1,51})_{3,01}Sn_{0,99}$
8	95,51	0,0	0,0	0,0	6,90	102,41	$(Pd_{0,12}Au_{0,88})$
9	95,06	0,03	0,0	0,0	8,33	103,42	$(Pd_{0,14}Au_{0,86})$
10	95,21	0,01	0,0	0,0	6,92	102,14	$(Pd_{0,12}Au_{0,88})$
11	91,62	0,0	0,0	0,0	8,91	100,53	$(Pd_{0,15}Au_{0,85})$
12	92,18	0,0	0,0	0,0	8,31	100,49	$(Pd_{0,14}Au_{0,86})$
13	92,40	0,0	0,0	0,0	8,24	100,64	$(Pd_{0,14}Au_{0,86})$
14	91,96	0,01	0,0	0,0	8,32	100,29	$(Pd_{0,14}Au_{0,86})$
15	89,36	0,01	0,0	0,0	11,51	100,88	$(Pd_{0,19}Au_{0,81})$
16	90,91	0,02	0,0	0,0	10,40	101,33	$(Pd_{0,17}Au_{0,83})$
17	98,02	0,0	0,0	0,0	2,44	100,46	$(Pd_{0,04}Au_{0,96})$
18	97,20	0,01	0,0	0,0	3,63	100,84	$(Pd_{0,06}Au_{0,94})$

(Кондер и т.п.) [9]; в сульфидной ассоциации медно-никелевых месторождений типа Норильска или Камбалды в связи с интрузиями основного — ультраосновного составов или базальт-коматиитовыми комплексами [6]; в связи с зональными массивами дунит-клинопироксенит-габбровой формации (алаякский или уральский тип) [6]; в альпийских гипербазитах офиолитовых поясов [7].

В пользу второго и третьего вариантов говорит тот факт, что платиноносные ПГС Сымского месторождения представлены главным образом кварцевыми песками, намывными р. Сым. Чистые кварцевые пески не свойственны аллювиальным отложениям р. Енисей, а в отложениях мезокайнозойского чехла ЗСП кварцевые пески широко распространены [3, 4]. В полях развития пород чехла отмечены повышенные содержания платиновых металлов. Платина установлена в шлихах в бассейне р. Малый Кемчуг [1], повышенные содержания платины (3,5 г/т) и палладия (8,5 г/т) определены в гравитационном концентрате из алеволито-глинистых отложений кирнаевской свиты неогенового возраста в районе пос. Большая Мурта [10]. Наконец, нельзя исключать тот факт, что коренным источником МПГ являлись меловые и юрские породы чехла ЗСП, которые дренируются р. Сым. С появлением в последние годы данных по платино-

носности лигнитов, угленосных и битуминозных отложений, горизонтов осадочных руд чехла юго-западной части ЗСП [13] рассматривается возможность новых нетрадиционных коренных источников МПГ, близких по природе битуминозным сланцам цехштейна Польши [14]. То что разрез, дренируемый р. Сым, литологически близок к последнему, подтвердила глубокая нефтепоисковая скважина Лемок-1, пробуренная на Сымской площади, в разрезе которой более чем на 300-метровом интервале фиксируется чередование интенсивно пиритизированных углей, доломитов, песчаников [5].

Отметим, что самородная платина, ферроплатина и иридомины в пределах ЗСП найдены при разработке месторождения ПГС в пойме р. Томь у г. Томска [10].

При рассмотрении в качестве возможного источника МПГ структур юго-восточного обрамления ЗСП следует обратить внимание на расположение изучаемых объектов над Касской впадиной — отрицательной структурой, протягивающейся по левому борту р. Енисей от р. Сым на юго-восток почти на 300 км при ширине до 140 км и выполненной мощной толщей мезокайнозойских отложений. По мнению А.Д.Ножкина [8], данная структура представляет собой раннедокембрийский трог — погребенный древний зеле-

нокаменный пояс, специализированный на медь, никель и платиновые металлы.

Совокупность данных по платиноносности пород чехла юго-восточной части ЗСП и непосредственные находки МПГ в аллювии рек позволяют ставить вопрос о проведении целенаправленных прогнозно-поисковых работ в этом регионе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Высоцкий Н.К.* Платина и районы ее добычи. Ч. 5. Обзор месторождений платины вне Урала. — Л.: Изд-во АН СССР, 1933.
2. *Гурская Л.И.* Платинометальное оруденение стиллуотерского типа и критерии его прогнозирования. — Л., 1984.
3. *Казаринов В.П.* Мезозойские и кайнозойские отложения Западной Сибири. — М.: Гостоптехиздат, 1958.
4. *Каштанов В.А.* Геология и минерагения осадочного чехла приенисейских байкалид. — Новосибирск: СО АН СССР, 1985.
5. *Крилин В.А.* Геологический разрез юго-восточной части Западно-Сибирской плиты // Геология и полезные ископаемые Красноярского края. Красноярск, 1998. С. 95—97.
6. *Минералы благородных металлов / О.Е.Юшко-Захарова, В.В.Иванов, Л.Н.Соболева и др.* — М.: Недра, 1986.
7. *Некрасов И.Я.* Геохимия, минералогия и генезис золоторудных месторождений. — М.: Наука, 1991.
8. *Ножкин А.Д.* Раннедокембрийские троговые комплексы юго-западной части Сибирской платформы и их металлогения // Докембрийские троговые структуры Байкало-Амурского региона и их металлогения. Новосибирск, 1985. С. 34—46.
9. *Петрология и платиноносность кольцевых щелочно-ультраосновных комплексов / Н.Я.Некрасов, А.И.Летников, Р.А.Октябрьский и др.* — М.: Наука, 1994.
10. *Платиноносность месторождений Средней Сибири. Обзорная информация. Вып. 4 / А.М.Сазонов, Н.К.Алгебраистова, В.И.Сотников и др.* — М.: Геоинформмарк, 1998.
11. *Платиноносность ультрабазит-базитовых комплексов юга Сибири // Тр. ОИГГиМ. Новосибирск, 1995. Вып. 829.*
12. *Рабочая корреляционная схема магматических и метаморфических комплексов Енисейского кряжа / Т.Я.Корнев, Г.И.Качевская, Л.К.Качевский и др.* — Новосибирск: СНИИГГиМС, 1996.
13. *Шор Г.М., Дитмар Г.В., Коларова Н.И.* О возможности выявления гидрогенного платиноидного оруденения в чехле юго-восточной части Западно-Сибирской плиты // Платина России. М., 1995. Т. II. Кн. 2. С. 89—92.
14. *Kucha H.* PGM in the Zeohstein Copper Deposits, Poland // Econ. Geol. 1988. Vol. 77. 6. P. 1578—1591.
15. *Harris D.C., Cabri L.J.* Nomenclature of platinum-group-element alloys review and revision // Canadian Mineralogist. 1991. Vol. 29. P. 231—237.

О ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ПРИРОДЕ УРАНОНОСНЫХ БАССЕЙНОВ

Г.Н.Кузовков (АО «СУГРЭ» КПР по Свердловской области МПР России)

На примере бассейна Атабаска (Саскачеван, Канада) рассмотрено происхождение ураноносных бассейнов. Предложена импактная модель Урала, позволяющая по-новому трактовать закономерности образования и размещения месторождений полезных ископаемых.

Как известно, размещение концентраций разнообразных полезных ископаемых, в том числе и урана, контролируется кольцевыми структурами (КС) разного порядка, и эти структуры относятся к фактору регионального прогноза [1]. Примером служат КС Казахстана и Средней Азии, контролирующие размещение урановых и многих других руд ведущих индустриальных типов. Как правило, природа подобных КС, в особенности гигантских, неясна и в большинстве случаев априори считается эндогенной. Однако некоторые исследователи [5, 6 и др.] полагают правомерным космогенный генезис этих КС.

Так, по мнению автора [6 и др.], гигантские (1600—2100 км в диаметре) сопряженные между собой Западно-Сибирская и Казахстанская КС являются космогенными (гиаблемами, по [5]), а Урал представляет собой фрагмент их внешнего кольцевого структурного поднятия. Предложенная автором (1999) ударно-взрывная (импактная) геодинамическая модель Урала непротиворечиво объясняет особенности строения этого сложного региона, в частности существование регионального эклогит-глаукофан-сланцевого пояса и присутствие в нем ассоциации коэсит+алмаз+лонсдейлит.

Согласно этой модели, формирование сложной Уральской системы представляется [6] геологически мгновенным на рубеже средней и поздней юры, в две стадии: геодинамическую (импактную) длительностью порядка 10 мин. и геологическую (постимпактную) длительностью 150—160 млн. лет, продолжающуюся до настоящего времени. По геологическим и минерагеническим особенностям многие КС, в том числе Мексикано-Карибского региона [6] и бассейна Атабаска, могут иметь подобную природу.

Бассейн Атабаска — крупная депрессия овальной формы размером 425×225 км, расположенная в юго-западной части Канадского щита и выполненная пологозалегающими средне-верхнепротерозойскими платформенными отложениями группы Атабаска. Депрессия вытянута в широтном направлении при общем северо-восточном простирании структур складчатого основания, сложенного переработанными в протерозое породами архейского возраста и раннепротерозойскими геосинклинальными комплексами [8, 10, 12, 13 и др.] (рис. 1). Привлекает внимание приуроченность к бассейну Атабаска крупных и уникальных месторождений урана типа «несогласия». В настоящее время это одна из важнейших урановорудных провинций мира. Урановые месторождения бассейна в основном комплексные: помимо урановых минералов, руды содержат промышленные запасы кобальт-никелевых арсенидов, нередко ассоциация настурана с галенитом и халькопиритом, встречается золото. Минерализация района бассейна Атабаска довольно разнообразна: уран, золото, медь, полиметаллы, железо и др., однако, кроме урановых, крупные месторождения других металлов здесь пока не выявлены [8, 13 и др.].

Имеющуюся в западной части бассейна кольцевую структуру Карсуэлл (рис. 2, 3) некоторые авторы [4, 8 и др.] считают космогенной. Как отмечает М.Р.Денс [4, с. 125], она является единственной в Канаде астроблемой, расположенной «в большой толще осадочных пород с первоначально горизонтальным залеганием». Хотя многие исследователи [8, 10, 13 и др.] склонны считать генезис структуры вулканическим, их доводы против космогенной природы структуры Карсуэлл — значительная амплитуда поднятия ее «ядра»

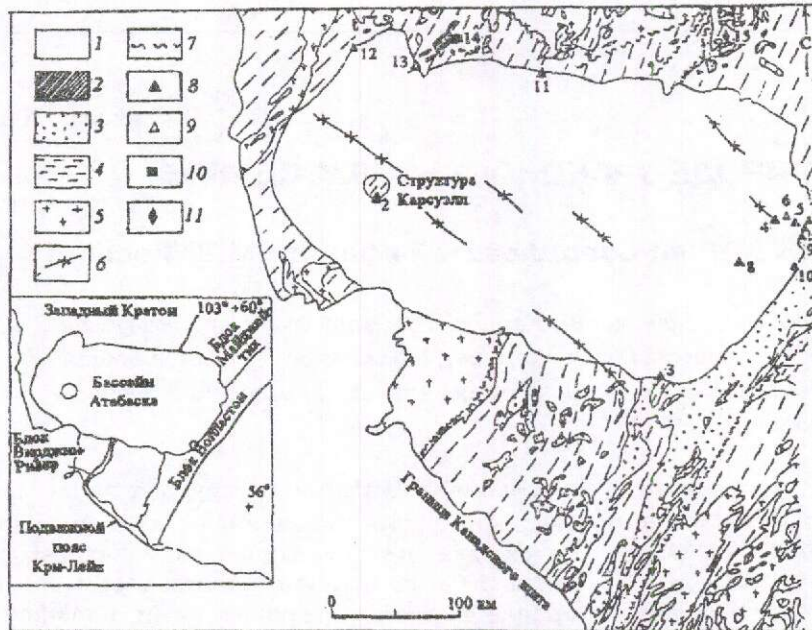


Рис. 1. Геологическая схема района бассейна Атабаска, по L.P. Tremblay, 1982:

1 — поздний протерозой (группа Атабаска); 2 — средний протерозой (формация Мартин); 3 — ранний протерозой; 4 — архей — ранний протерозой; 5 — архей; 6 — дайки диоритов; 7 — разломы; 8 — тип «несогласия»; 9 — Раббит-Лейк, 10 — Маклин, 11 — Доон-Лейк, 12 — Коллинс-Бей, 13 — Сигар-Лейк, 14 — Хорсшуэ, 15 — Уэст-Бер, 16 — Фон-дю-Лак, 17 — Моорис-Бей, 18 — неясный тип (13 — Гуннар), 19 — классический жильный тип (14 — Фей-Эйс-Вернд, район Биверлодж), 20 — порфировый (пегматитовый) тип (15 — район оз. Шарлевуа)

(более 1000 м), отсутствие классических импактных брекчий и др. — нельзя признать серьезными. Как известно [4 и др.], центральные поднятия, подобные «ядру» структуры Карсуэлл, характерны для многих земных и инопланетных импактных структур и формируются при ударе за счет упругой отдачи пород мишени; одновременно происходит и структурный подъем дна кратера значительной (до 11 км в Попигайском кратере, В.Л. Масайтис, 1984 и др.) амплитуды; отсутствие же «классических импактных брекчий» объясняется [4] значительной эрозией структуры Карсуэлл, в связи с чем «аллогенный материал можно обнаружить только среди находящейся внутри структуры ледниковой морены» [4, с. 125]. В то же время выявленные в пределах этой структуры признаки ударного метаморфизма (конусы разрушения, характерные изменения минералов), разломы, брекчирование пород, складкообразование, обратная стратификация и т.д. [4 и др.] не оставляют сомнений в ее космогенной природе. По мнению М.Р. Денса [4], в целом структура поразительно похожа на более крупное кольцо Вредефорт в Южной Африке и сравнима с кратерами Западный и Восточный Клируотер в Канаде.

Концентричная структура Карсуэлл гармонично вписывается в общий структурный план бассейна и может рассматриваться в качестве центрального элемента симметрии

западной части депрессии Атабаска. С позиций метеоритной гипотезы она является центральным поднятием гигантской кольцевой структуры диаметром более 200 км, которой отвечает западная часть бассейна Атабаска (см. рис. 2) и которая может представлять собой сложную космогенную структуру типа гиаблемы, по [5]. Общность структурного плана бассейна Атабаска и его общий наложенный характер относительно структур Канадского щита (см. рис. 1) позволяют предположить, что весь этот бассейн имеет космогенную природу. Его восточная часть, судя по особенностям морфологии (кратерообразная депрессия глубиной более 1500 м, см. рис. 2), по всей вероятности, представляет собой еще одну структуру типа гиаблемы размером порядка 250×225 км, сопряженную с западной. Ее удлиненность по широте в наиболее заглубленной части может быть обусловлена присутствием небольшой структуры, слившейся с основной, эпицентр которой отмечен изопахитой 1500 м. Сопряженность (слияние) западной и восточной структур может свидетельствовать об одновременности их образования.

Таким образом, можно предположить, что бассейн Атабаска был сформирован в результате группового падения трех космических тел, следовавших в направлении с запада на восток. В этом случае требует своего объяснения существенное морфологическое

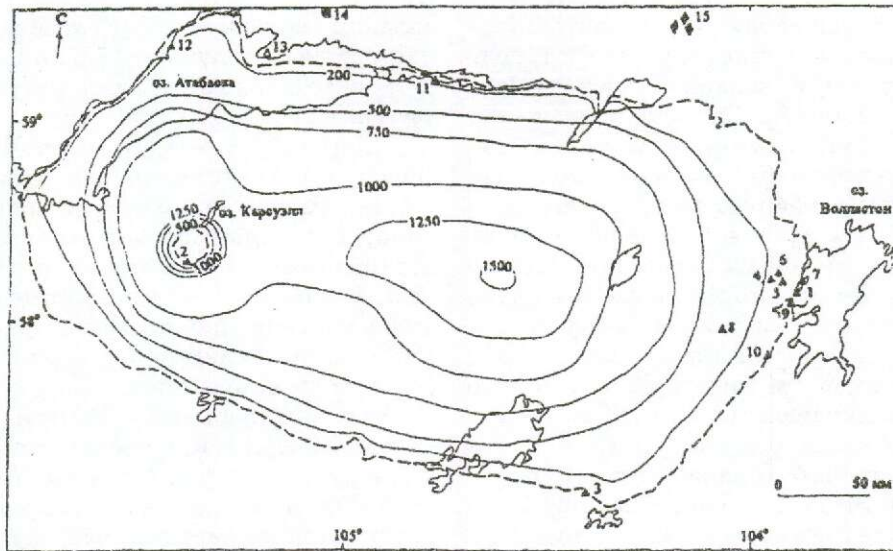


Рис. 2. Схема изопакит отложений группы Атабаска, по L.P.Tremblay, 1982:

усл. обозн. см. рис. 1

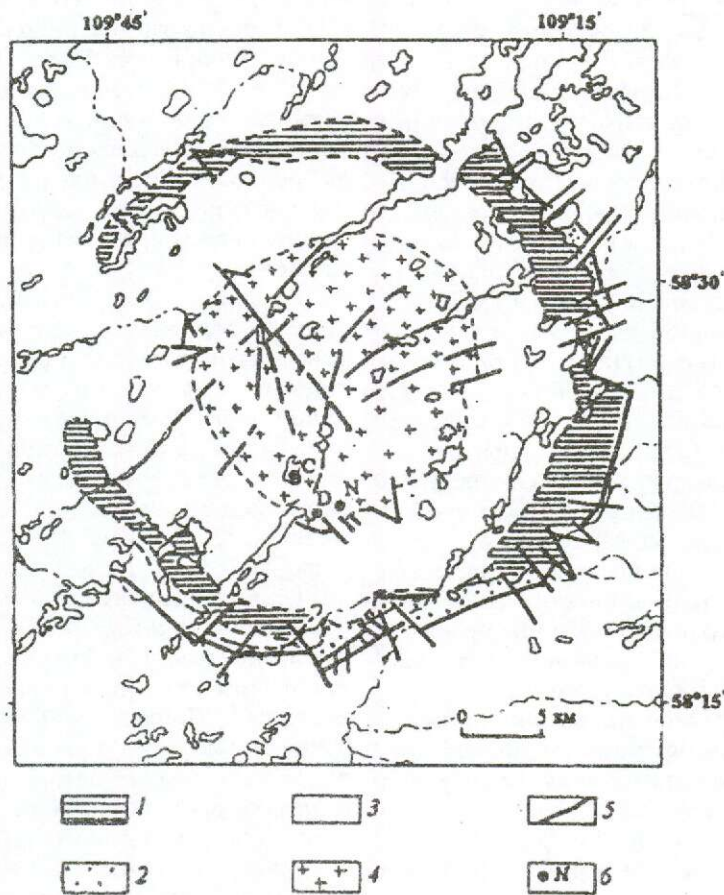


Рис. 3. Геологическая схема структуры Карсуэлл, по L.S.Beck, Gingrich, 1975:

1 — доломиты формации Карсуэлл; 2 — песчаники формации Дуглас; 3 — породы формации Атабаска; 4 — породы основания; 5 — главные тектонические нарушения; 6 — месторождения урана

различие западной и восточной частей бассейна Атабаска: наличие внутреннего поднятия (Карсуэлл) в западной части и его отсутствие в восточной. Это различие можно объяснить физико-механическими особенностями гетерогенной мишени, которые обеспечили упругую отдачу — релаксацию напряжений — в западной (Карсуэлл) и ее отсутствие в восточной части бассейна. Можно также предположить, что удлиненный в плане восточный кратер возник в результате падения не двух компактных тел, а роя многочисленных сближенных обломков, что привело к возникновению эллиптической в плане формы восточной депрессии и отсутствию упругой отдачи цоколя. Общая широтная вытянутость бассейна Атабаска может свидетельствовать о падении космических тел под острым углом к поверхности Земли (косой удар). Согласно [11], наклонное падение оказывает гораздо больший эффект на покров выбросов, чем на сам кратер, вал которого может оставаться круглым вплоть до угла падения 10° . Вероятно, именно эту закономерность иллюстрирует кратер Карсуэлл (см. рис. 3).

Исходя из высказанного предположения об импактной природе бассейна Атабаска по-иному представляются некоторые особенности его геологического строения. В первую очередь, это касается кор выветривания архей-раннепротерозойских пород, развитых в бассейне повсеместно. По данным Г.А.Шмонова и В.Н.Тихонова [13], коры выветривания характеризуются латеритным профилем и представлены в гнейсах и кристаллических сланцах «гематитизированной, обогащенной каолинитом зоной (красный слой), переходящей ниже в зеленую зону, сложенную в основном иллитом и хлоритом. Продукты выветривания, называемые реголитом (реже латеритом), обладают повышенной пористостью и проницаемостью. Мощность их колеблется от первых метров до 50 м, лишь по зонам разломов процессы выветривания достигали глубины 200 м от палеоповерхности».

Согласно имеющимся представлениям [8, 13 и др.], в среднем протерозое рассматриваемый регион был приподнят, и породы складчатого фундамента были частично эродированы. Эрозионная поверхность при общем равнинном строении территории имеет волнистую форму, «параллельно основному тектоническому плану». Однако региональное развитие «кор палеовыветривания» можно связать не с приподнятостью региона, а с импактным событием (импактной дезинтеграцией пород), учитывая, что аналогичные

явления («красный слой») отмечаются в ряде метеоритных структур (F.Krant, B.M.French, 1971 и др.), а сами красноцветы рассматриваются как «индикаторы астероидных атак» (А.Л.Портнов, 1998). Волнистая же форма «эрозионной» поверхности дна депрессии соответствует форме поверхности дна кратера, наблюдаемой во многих сложных астроблемах, в частности в Попигайской (В.Л.Масайтис, 1994 и др.), что связано как с особенностями прохождения ударной волны, так и с выпахивающим действием центробежного донного потока.

Брекчии формации Мартин, развитые в районе Биверлодж, в нескольких километрах к северу от бассейна Атабаска, представлены грубообломочными гранитными породами, переходящими вверх по разрезу в песчаники и алевролиты, с «прослоями субщелочных вулканитов и силлами габбро» [8 и др.]. Все породы окрашены гематитом в бурый цвет и локализованы в «узких приразломных впадинах в складчатом фундаменте». Их мощность достигает 5000 (?) м. С импактной точки зрения подобные образования можно отнести к типу «молассоидов» и рассматривать как аллогенные брекчии коптогенного комплекса, относящиеся к закратерным выбросам. «Субщелочные вулканиты», встречаемые среди них, могут принадлежать к группе зювитов, а «силлы габбро» — к фации тагамитов.

В разрезе бассейна Атабаска можно выделить структурно-литологические комплексы, свойственные известным астроблемам, подобно тому, как это сделано для Урала [6]: цокольный, коптогенный, заполняющий и инъекционный. К цокольному комплексу можно отнести породы архейско-раннепротерозойского основания бассейна. Судя по имеющимся данным [8, 13 и др.], характер деформаций и изменений пород (сложная линейная складчатость, структуры течения, проявления анатексиса и т.д.) соответствует наблюдаемому в линзах подкратерного пластичного течения известных астроблем, в частности Попигайской. Не исключено, что среди мигматитов, пегматитов и гранитоидов, развитых в гнейсах и кристаллических сланцах цоколя, согласно [3], присутствуют продукты импактного анатексиса. Палеоповерхность цокольного комплекса с характерным для нее краснокаменным «реголитом» будет отвечать истинному дну этой гигантской кратерной структуры. Вероятно, к цокольному же комплексу следует отнести породы, выполняющие кольцевую депрессию вокруг гранито-гнейсового ядра структуры Карсуэлл

(песчаники группы Атабаска (?), относительно более молодые алевролиты формации Дуглас, доломиты формации Карсуэлл). Характерна интенсивная деформированность этих пород, что и определяет их принадлежность к цокольному комплексу.

Согласно [4, 8 и др.], названные породы в кольцевой синклинали структуры Карсуэлл смяты в сложные изоклинальные складки, оси которых погружаются к центру структуры, т.е. сама синклиналь опрокинута в направлении от центра. «Брекчирование, складкообразование, а местами и переворачивание осадочных слоев указывают на общее радиальное сжатие синклинали» [4, с. 125]. С внешней же стороны «их развитие ограничивается кольцевым сбросом диаметром около 40 км», за которым развиты «горизонтально залегающие породы группы Атабаска» [8, с. 52]. Описанный кольцевой сброс фактически является взбросом с амплитудой более 1000 м, по которому породы ядра и кольцевой синклинали структуры Карсуэлл совместно были выведены на поверхность. Из этого следует, что породы, выполняющие кольцевую синклиналь (формации Атабаска, Дуглас, Карсуэлл), принадлежат не к верхним, а к самым нижним слоям группы Атабаска, а возможно, и к верхним слоям раннепротерозойского основания.

К *коптогенному комплексу* можно отнести большую часть объема пород группы Атабаска, находящихся за пределами указанного кольцевого сброса структуры Карсуэлл. Они, вероятно, представляют собой продукты импактной дезинтеграции и плавления пород цоколя. В нижней части это линзы полосчатых, «фрагментированных» пород, переслаивающихся с «изверженной брекчией» [14], к которой частично, вероятно, принадлежат типичные для района «брекчии Клафф», по данным [13] представленные «диоритами», по [8] — дайкообразными и трубчатыми телами дацитового и риодацитового состава, а фактически, вероятно, являющиеся застывшим импактным расплавом соответствующего состава. Примечательно, что эти породы значительно богаче калием и магнием и беднее кремнием и натрием, чем кристаллические породы [14], что характерно именно для ударных расплавов [3 и др.]. По своим особенностям эта часть разреза может быть сопоставлена со «спекшейся толщей» (В.Л.Масайтис, 1984) Попигайского метеоритного кратера.

Верхнюю часть разреза группы Атабаска можно сопоставить с образованиями взрывного облака, как правило, имеющими субгори-

зонтальное залегание. По-видимому, к этой же фации можно отнести и «молассоиды» формации Мартин. Монотонные кварцевые песчаники группы Атабаска аналогичны коптокластитам известных (Попигайская) астроблем, а наблюдаемые в них силлы и дайки диабазов и габбро-диабазов — фации тагамитов, внедрение которых в относительно более поздние накопления взрывного облака происходило под собственной тяжестью этих накоплений. О вероятной принадлежности пород группы Атабаска к коптогенному комплексу говорит и подверженность их краснокаменным изменениям: на многих выходах песчаников наблюдается несогласное со слоистостью окрашивание за счет гематита, базальные конгломераты также интенсивно гематитизированы. Это можно связать с изменениями указанных пород при более поздних геологических процессах.

К *заполняющему комплексу* бассейна Атабаска можно отнести четвертичные образования района, которые, согласно данным [13 и др.], связаны с деятельностью ледника в плейстоценовую эпоху. Среди них выделяются моренные глины, песчано-гравийные образования эскеров, оз, друмлинов и более молодые озерные и болотные отложения и «каменные моря». Отмечается, что состав коренных пород «ледниковых» отложений близок: песчаники группы Атабаска перекрываются песчанистыми отложениями, породы фундамента — глинистыми образованиями. Мощность четвертичных отложений достигает нескольких десятков метров. Не исключено, что к заполняющему комплексу относятся и верхние слои группы Атабаска, однако для их выделения автор не располагает необходимыми данными. В структуре Карсуэлл «ледниковая морена» находится внутри структуры [4] и по составу не отличается от коренных пород. С импактной точки зрения отложения «морены» могут представлять собой не что иное, как продукты местного перемыва и переотложения гетерогенного аллогенного материала коптогенного комплекса гиаблемы Атабаска, геологически конвергентного ледниковым накоплениям.

К *инъекционному комплексу* бассейна (гиаблемы) Атабаска можно отнести дайки диоритов, габбро-норитов, габбро-диабазов, диабазов и других пород, секущих как архейско-раннепротерозойские породы основания структуры, так и образования группы Атабаска.

Следует, вероятно, с осторожностью отнестись к датировкам абсолютного возраста пород бассейна Атабаска. Согласно име-

ющимся определениям [8, 14 и др.], возраст пород этого района составляет (от «старых гранитов» до «брекчий Клафф») 2470—470 млн. лет. Как было показано ранее [6] на основе данных по Верхисетскому массиву (Средний Урал), а также по кратерам Brent (J.V.Hartung, 1971) и Маникуаган (S.H.Wolfe, 1971), значения датировок абсолютного возраста определяются потерями аргона или других изотопов в решетке минералов, подвергшихся ударному метаморфизму различных стадий, и связанным с этим нарушением радиоактивного равновесия. По этим данным, датировки импактного события наиболее сопоставимы с таковыми ударного расплава, хотя и они, по мнению автора [6], дают завышенные значения. Для бассейна Атабаска таковыми, очевидно, являются датировки возраста «брекчий Клафф», исходя из которых возраст предполагаемого атабасского импактного события должен составлять менее 470 млн. лет.

Совершенно иной представляется и история тектонических движений района бассейна Атабаска. Согласно общепринятым представлениям [8, 10, 12, 13 и др.], в регионе проявлено не менее четырех эпох складчатости, а в провинции Атабаска широко развиты разрывные нарушения, отличающиеся по времени заложения и характеру перемещений. Так, считается, что в архее — раннем протерозое заложилась система разрывов северо-восточного и широтного направлений с зонами милонитизации и надвигами со значительной амплитудой перемещений. Система позднепротерозойских разрывов объединяет сбросы и взбросы меридионального и северо-западного направлений. Наиболее развиты северо-восточные разрывы, согласные со складчатостью. Возникновение структуры Карсуэлл предполагается в раннем палеозое (470 млн. лет [8]), причем отмечается, что она сильно осложнена кольцевыми, дуговыми и радиальными разрывами.

С импактной точки зрения появление структуры Карсуэлл и вместе с ней всего бассейна Атабаска было геологически мгновенным и одноактным. Если на образование Попигайского кратера диаметром 100 км потребовалось около 70 с [2], то на образование кратера, соизмеримого с Атабасским (диаметр 225—250 км), потребовалось бы порядка 2—3 мин. Именно за это время должна была сформироваться сложнейшая система разрывов, свойственная бассейну Атабаска. Высказанное предположение экспериментально обосновано: как показал Ю.В.Миллер (1982), в условиях одноактных статических нагрузок

могут возникать сложнейшие структурные ансамбли, в которых традиционно может быть выделено множество этапов деформации.

Рассматривая с тех же позиций другие подобные структуры, западную часть бассейна Атабаска со структурой Карсуэлл в ее центре по морфологическим особенностям можно сопоставить с гиаблемой Мексиканского залива (Мексиканская структура) [5—7], в центральной части которой располагается космогенная структура Чиксулюб [15]. Данная структура диаметром около 300 км целиком вписывается в контур центрального поднятия Мексиканской структуры, являясь одним из основных элементов ее центральной симметрии. Это служит независимым подтверждением космогенной природы как Мексиканской, так и других кольцевых структур Мексикано-Карибского региона [7]. Аналогичное сходство со строением бассейна Атабаска имеют структуры Уральского, Западно-Сибирского, Казахстанского и Среднеазиатского регионов. Есть основания считать эти структуры (Западно-Сибирская, Казахстанская, Балхашская) космогенными [5, 6 и др.]. Наиболее близка по строению к западной части бассейна Атабаска Западно-Сибирская структура с Пякупурским центральным поднятием. Более сложной по сравнению с бассейном Атабаска выглядит Казахстанская структура с ее «сдвоенным» центральным поднятием, представленным Ишимской (Кокчетавской) и Джезказганской космогенными [5 и др.] структурами.

Приведенное сравнение важно с практической точки зрения, в частности, для Урала. Как отмечалось [6], Урал представляет собой краевую часть Западно-Сибирской и Казахстанской гиаблем и по своему положению может сопоставляться с северной периферией бассейна Атабаска, для которой характерен жильный тип месторождений урана (Гуннар, Эйс-Фей, Шарлевуа-Лейк [8], см. рис. 1). По аналогии месторождения и проявления горно-складчатого Урала можно также отнести к жильному типу и предположить возможность нахождения месторождений урана типа «несогласия» в краевой части Западно-Сибирской впадины, в ближнем Зауралье. Они могут быть приурочены к поверхности кристаллического фундамента (цокольный комплекс), перекрытой палеозойскими и мезозойскими (коптогенный комплекс) образованиями.

Не исключено, что пояс месторождений урана гидрогенного (долинного) типа в верхнеюрских осадках, протягивающийся по юго-западной и южной периферии Западно-

Сибирской впадины [9], в определенной мере связан с первичными концентрациями урана типа «несогласия».

Известно, что Среднеазиатский и Казахстанский регионы также выделяются своей насыщенностью урановыми объектами различных типов. Предположение о космогенной природе главных кольцевых структур этих регионов [5, 6 и др.] позволяет рассматривать природу уранового оруденения в парагенетической связи с ними. Можно полагать, что среди известных урановых объектов Казахстана и Средней Азии присутствуют и объекты типа «несогласия». Наряду с этим, можно ожидать открытия новых объектов данного типа на участках, где это несогласие проявлено на доступных для изучения глубинах.

Автор благодарит начальника партии АО «Зеленогорская экспедиция» концерна «Геологоразведка» Ю.Н.Крупину за помощь в подготовке публикации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бүш В.А. Проблема кольцевых структур Земли // Итоги науки и техники. Сер. общая геология. М., 1986. Т. 22.
2. Вишневский С.А. Зювиты Попигайской астроблемы: некоторые парадоксы и мнимо-вторичные взаимоотношения. — Новосибирск, 1992. (Препринт / ИГиГ СО АН, № 7).
3. Вишневский С.А., Поспелова Л.Н. Импактный анатексис на примере ударно-метаморфизованных гнейсов Попигайской астроблемы // Космическое вещество и Земля. — Новосибирск: Наука, 1986. С. 117—131.
4. Денс М.Р. Внеземное происхождение Канадских кратеров // Взрывные кратеры на Земле и планетах. М.: Мир, 1968. С. 105—129.
5. Зейлик Б.С. О происхождении дугообразных и кольцевых структур на Земле и других планетах (Ударно-взрывная тектоника): Обзор. Сер. Общая и региональная геология и геокартирование. — М.: ВИЭМС, 1978.
6. Кузовков Г.Н. Ударно-взрывная гипотеза происхождения Урала (Приложение механизма ударно-взрывного процесса к объяснению геологических явлений). — Екатеринбург: УГГГА, 1988.
7. Кузовков Г.Н. Космогенная структура Чиксулюб (Юкатан, Мексика) — независимое подтверждение ударно-взрывной природы кольцевых структур Мексикано-Карибского региона // Уральский геологический журнал. 1998. № 6. С. 53—57.
8. Лавров Н.П., Смирнов А.О., Шумилин Л.В. Зарубежные месторождения урана. — М.: Недра, 1983.
9. Лучинин И.Л. Перспективы ураноносности Уральского региона // Отечественная геология. 1995. № 9. С. 30—42.
10. Материалы по геологии урановых месторождений зарубежных стран / Г.В.Пакульник, А.О.Смирнов. — М.: Мингео СССР, 1981. Вып. 26.
11. Малош Г. Образование ударных кратеров: геологический процесс. — М.: Мир, 1994.
12. Тишкин А.И., Тарханов Л.В., Стрельцов В.А. Урановые месторождения древних щитов. — М.: Недра, 1990.
13. Урановые месторождения типа «несогласия» Канады и Австралии / Г.А.Шмонов, В.Н.Тихонов. Обзор. — М.: Концерн «Геологоразведка», 1986.
14. Fish R. Amok Aiming for Production of Cluff-Lake in Late 1977 // Can. Min. J. 1975. Vol. 96. № 10. P. 74—77.
15. Sharpton V.L., Marin L.E. The Cretaceous-Tertiary Impact Crater and the Cosmic Projectile That Produced It // Near-Earth Objects. New York: The New York Academy of Sciences, 1997. P. 353—380.

УДК 553.411 (071)

© В.С.Зубков, 2001

МАНТИЙНАЯ УГЛЕВОДОРОДНО-НЕОРГАНИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОБРАЗОВАНИЯ ЗОЛОТЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ КАРЛИНСКОГО ТИПА

В.С.Зубков (Институт геохимии им. А.П.Виноградова СО РАН)

Рассматривается модель образования месторождений золота карлинского типа за счет рудоносного мантийного углеводородно-неорганического флюида (УНФ). В основу модели положены термодинамическое обоснование и геохимические факты сосуществования тяжелых углеводородов (УВ) в верхней мантии и аргументированное предположение о присутствии в ней тяжелых элементоорганических соединений (ЭОС) в газообразной форме. В мантийном флюиде ЭОС, очевидно, сосуществуют с неорганическими металлокомплексами. Поднимаясь по зонам глубинных разломов, рудоносный УНФ конденсируется с последовательным образованием золотоносных углеводородных и гидротермальных растворов, из которых формируются месторождения данного типа.

В дискуссии по карлинскому типу месторождений золота один из ключевых вопросов — их происхождение, что в случае правильной интерпретации позволяет скорректировать стратегию поиска и разведки такого типа объектов. В статье [9] критически рассмотрены гипотезы генезиса месторождений золота карлинского типа.

Одна из первых моделей рассматривает связь этих месторождений с процессами магматизма исходя из пространственного совмещения рудных тел и некоторых мезозойских интрузий [11, G.V.Arehart et al., 1993]. Однако на месторождениях карлинского типа не обнаружено температурной и геохимической зональности, связанной с рудоносными интрузиями, как, например, на месторождениях порфирирового типа. В джаспероидах, ассоциирующих с магматическими образованиями, отмечается дефицит основных металлов. Изучаемые месторождения распространены в районах, где отсутствуют интрузии.

Другая модель происхождения месторождений карлинского типа рассматривает возможность их образования в процессе регионального метаморфизма. Считается, что магматическая деятельность предшествовала растяжению коры, обеспечивала достаточное поступление тепла для генерации флюидов (H_2O , CO_2) и извлечения металлов из метасадочных пород (F.Seedorff, 1991). Проис-

хождение достаточного количества воды за счет реакций дегазации и значения легких δD рудных флюидов являются главными проблемами этой модели. Кроме того, отсутствуют доказательства среднетретичного метаморфизма [9].

Предложена также модель амагматического происхождения месторождений карлинского типа за счет растяжения земной коры, сопровождаемого подъемом геобаротермы и увеличением проницаемости пород. По зонам высокой проницаемости фильтруются метеорные воды, нагреваются, превращаются в Si- и S-содержащие растворы, извлекающие металлы из пород земной коры. Действительно, изотопные данные указывают на участие метеорных вод в гидротермальных растворах [9]. Однако не исключено, что поднимающийся по глубинным разломам мантийный флюид, превратившийся в гидротермальный раствор, смешивался в верхней части земной коры с метеорными водами. Кроме того, предлагаемая модель не объясняет, по нашему мнению, причины образования специфической ассоциации рудных элементов (Au-Hg-As-Sb-Tl-Ba), а также широкого участия углеродистых метасоматитов* в формировании месторождений золота карлинского типа.

Как видим, в поисках истины идет обычный процесс перебора вариантов генезиса месторождений. В последнее время проведена перепроверка и подтверждены выводы Э.Б.Чекалюка об устойчивости тяжелых УВ в верхней мантии в рамках систем C—H [2, 5] и C—H—N—O—S [3]. Это дает основание предполагать, что мантийные УВ растворы

*Углеродистые метасоматиты и их зональность впервые рассмотрены П.Ф.Иванкиным с соавторами в работах 1982—1998 гг. — *Ред.*

K_p Ba, Sr, Nb, Ta, La между водным флюидом и клинопироксеном, гранатом больше единицы при 900—1200°C и 30—57 кбар [14]. Таким образом, геохимические и экспериментальные данные указывают на возможность существования рудоносного мантийного флюида, состоящего из смеси ЭОС и неорганических металлокомплексов в газообразной форме.

Исходя из закономерностей преобразования УВ флюида в ходе его движения по геобаротерме можно представить на качественном уровне два сценария подъема рудоносного УНФ. Согласно первому сценарию, УНФ поднимается в равновесных условиях. Коренное изменение состава этого флюида произойдет в узкой зоне астеносферы, где за счет распада тяжелых ЭОС отсаживается значительное количество твердого углерода. Например, соединение $(C_{20}H_{41})Hg$ превратится в диметилртуть $(CH_3)_2Hg$, CH_4 и графит. Вновь сформированный рудоносный УНФ поднимается по зонам глубинных разломов. В ловушках земной коры накапливаются УВ и легкие ЭОС, а в трещинных зонах локализуется гидротермальный раствор в результате конденсации паров воды и растворения в ней металлокомплексов и различных газов (CO_2 , H_2S , CH_3 и др.).

По второму сценарию происходит квази-неравновесный подъем рудоносного УНФ в верхней мантии. Он проходит энергетический барьер [5] в узкой зоне астеносферы, лишь частично разлагаясь и постепенно сбрасывая твердый углерод. Газообразные тяжелые ЭОС по мере снижения T и P последовательно конденсируются в зонах глубинных разломов в соответствии с критическими температурами. Неорганический флюид начинает конденсироваться несколько позднее, чем самые тяжелые ЭОС, так как критическая температура у воды ниже, чем у тяжелых ЭОС. Таким образом формируется вертикальная зональность в распределении рудонафтидных и гидротермальных образований. Этот сценарий подъема рудоносного УНФ может иметь непосредственное отношение к карлинскому типу месторождений золота в случае локализации флюида в зонах глубинных разломов в карбонатно-терригенных породах.

В штате Невада (США) пояс месторождений карлинского типа протягивается в северо-северо-западном направлении почти на 1000 км. Он по оси рассекает третичную вулканическую провинцию Бассейнов и Хребтов. Месторождения золота находятся в эрозионных окнах, вскрывающих лежащий бок надвига Робертс-Маунтинс. Учитывая

приуроченность пояса к разрывным структурам глубокой проницаемости, можно предположить, что рудоносный флюид поступал из верхней мантии. Рассмотрим геологическое строение и состав руд эталонного Карлинского месторождения. По надвигу Робертс-Маунтинс кремнистые и углистые сланцы формации Винити (O_2) надвинуты на плитчатые илистые известняки формации Робертс-Маунтинс (S_1) и согласно залегающие на них средне-тонкослоистые известняки формации Попович (D). В поперечном разрезе Главного рудного тела осадочные породы O_2 сброшены по более позднему крутому северо-восточному разлому (рис. 2) [7, 11]. Согласно [11], среди неокисленных руд месторождения по минеральному и химическому составам выделяются пять типов (между которыми могут быть постепенные переходы): углеродистый (15—20%), пиритовый (5—10%), мышьяковистый (5—10%), нормальный (60%) и кремнистый (около 5%). В статье [12] приводится фотография карьера, на которой видно, что углеродистые руды слагают нижнюю его часть, захватывая и накладываясь на осадочные породы всех формаций. Авторы отмечают, что останцы темно-серого цвета встречаются в формации Робертс-Маунтинс там, где гидротермальная минерализация сохранилась от окисления.

Изучение шлифов показало, что углеродистое вещество ($0, n-n\%$) имеет миграционную природу. Большая часть его в битуминозной форме образует микровкрапленность в интерстициальном глинистом материале, а также в трещинах среди осадочных пород, баритовых жилах и зальбандах кварцевых прожилков. Оно анизотропно и рентгено-аморфно [7]. Кроме рассеянных зерен аморфного углерода, в углеродистых рудах содержатся небольшие прожилки и прослойки углеводородов [11]. По данным [12], в состав углеродистого вещества входит несколько компонентов. Обработка углеродистых материалов органическими растворителями (ацетон, бензол, хлороформ) привела к извлечению 129 г/т высокомолекулярных УВ. Они покрывают поверхность активированного углеродного материала. Гуминовая кислота, обнаруженная по инфракрасному спектру, была экстрагирована при нагревании руды в однонормальном растворе $NaOH$. Цианидными растворами разлагалось и извлекалось золото, не связанное с углеродистым веществом, в котором затем определялись концентрации этого металла. На графике $C_{орг} - (Au_{орг}/Au_{общее} \cdot 100)$ (рис. 3) видно, что

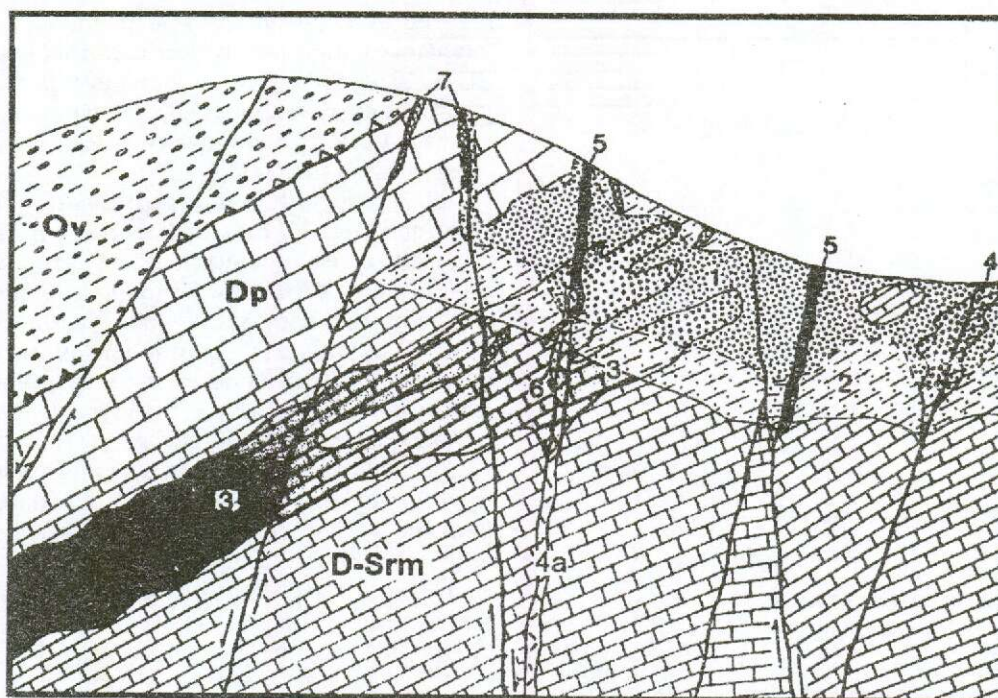


Рис. 2. Схематический меридиональный разрез через главную рудную зону и холм Поповича (золоторудное месторождение Карлин, США) [11]:

формации: Винити (Ov), Попович (Dp), Робертс-Маунтинс (D-Srm); 1 — зона выщелачивания; 2 — зона позднего гипергенного изменения, протягивающаяся от поверхности до и ниже зон кислотного выщелачивания; 3 — главная рудная зона, включающая нижние неокисленные руды (темно-серое) и верхние окисленные (светло-серое); 4 — джаспероидные тела; 4а — дайка, внедрившаяся вдоль разлома; 5 — баритовые жилы; 6 — кварцевые жилы; 7 — кальцитовые жилы

при $C_{орг} > 0,3\%$ большая часть золота связана с органическим веществом. Возможно, золото-органические соединения представлены хелатами. В углеродистом веществе присутствует фрамбоидальный пирит в виде микросфер (до 10 мкм), иногда покрытых золотом [12]. В этом веществе зафиксированы редкие зерна реальгара, аурипигмента, сфалерита, молибденита, халькопирита, лорандита ($TiAsS_2$) и карлинита (Tl_2S). В углеродистых рудах концентрируются, г/т: Au 5, Ag 2, As 480, Sb 60, Hg 20, Zn 100, Mo 50, W 30, Ba 500, V 700, Ni 100, Cr 70, Cu 70 и другие элементы [11].

На Карлинском месторождении гипсометрически выше углеродистых метасоматитов формировались гидротермальные. В последних золото — тонкодисперсное (0,0л мкм). Зерна пирита, которые являются основным носителем и концентратором золота, имеют небольшие размеры (до 200 мкм). Среди других сульфидов и сульфосолей встречаются арсенипирит, реальгар, аурипигмент, теннатит, христит ($TlHgAsS_3$), вейсбергит ($TlSbS_2$). В кремнистых рудах отмечаются высокие кон-

центрации, г/т: Au 23, Ag 1, As 385, Sb 40, Hg 55, Cu 70. Во флюидных включениях из минералов руд карлинского типа распространены H_2O , CO_2 , H_2S [8, 11]. *PT*-условия гидротермального рудообразования оцениваются в 160—250°C и 0,3—0,8 кбар. Время рудоотложения — между 40—20 млн. лет [9].

На основании изложенного фактического материала попытаемся установить, возможно ли образование месторождений карлинского типа из мантийного УНФ. Прежде всего, следует еще раз указать на связь этих месторождений с крупными разрывными нарушениями глубинного заложения. По ним, возможно, поднимался мантийный металлоносный УНФ. Связь с интрузивными телами носит, очевидно, парагенетический характер, т.е. параллельно формируются с участием флюидов магматические очаги. Не случайно, крутопадающие серии разрывов северо-западного простирания выполнены дайками лампрофиров и монзонитов (Н.К.Курбанов, 2000). Углеродистые руды образовались, скорее всего, из металлосодержащих углеводо-

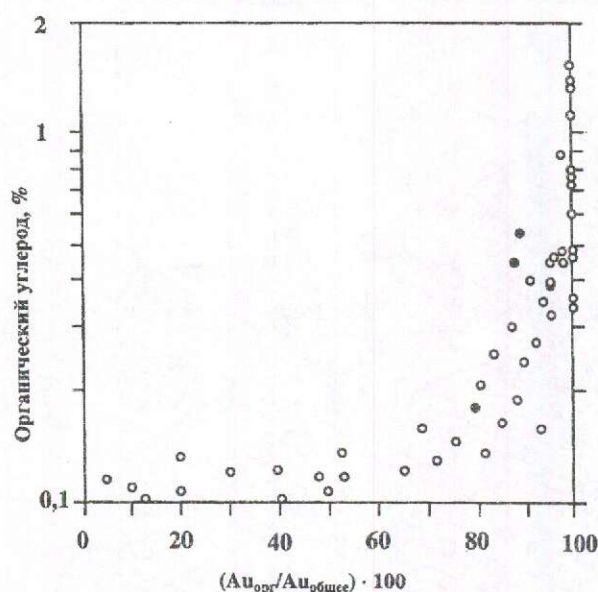


Рис. 3. Влияние общего содержания органического углерода на экстракцию из раствора золото-содержащих комплексов [12]:

массовое содержание органического углерода нанесено относительно процентного содержания общего золота, ассоциирующего химически с органическим материалом; незаполненные кружки — содержание общего золота в неокисленных углеродистых породах, заполненные — то же, по данным Д.М.Хаусена и П.Ф.Керра, 1968

родных растворов, представляющих первую ветвь мантийного флюида. Об этом свидетельствуют миграционный характер углеродистого вещества и присутствие в нем в высоких концентрациях токсичных элементов — As, Sb, Hg, Pb, Zn и др. В живом веществе (без воды) кларки микроэлементов значительно ниже, чем в углеродистых метасоматитах: As 0,8, Hg 0,007, V *n*, Ni 1,3, Cu 5,5, Zn 14, Mo 0,27 (Справочник по геохимии нефти и газа, 1998). Традиционные представления только о биогенной природе УВ препятствовали рассмотрению углеродистого вещества на месторождениях карлинского типа под новым углом зрения. Необычная ассоциация элементов в углеродистом веществе, включающая халькофильные и сидерофильные, легко- и тугоплавкие, во многом объясняется способностью углеводородных радикалов присоединять различные химические элементы. Благодаря относительно молодому возрасту образования Карлинского месторождения метастабильное углеродистое ве-

щество еще не полностью распалось. На это указывает наличие в нем золотосодержащих ЭОС. Вместе с тем, с началом разложения углеродистого вещества, очевидно, связано образование сульфидов, в частности фрамбоидального пирита.

Присутствие гидротермальных метасоматитов на Карлинском месторождении подтверждает существование второй ветви мантийного УНФ. Во флюидных включениях гидротермальных минералов находятся H_2O , CO_2 , H_2S и другие газовые компоненты, которые составляют основу второй ветви глубинного флюида. Сходство ассоциаций рудных элементов в углеродистых и гидротермальных метасоматитах свидетельствует о их генетическом родстве — образовании из разных ветвей одного и того же мантийного флюида. Вертикальная зональность в размещении углеродистых и гидротермальных метасоматитов на месторождении подтверждает тезис о последовательном формировании углеводородных и гидротермальных растворов, причем первые из них более высокотемпературные. Как обычно, гидротермальные растворы в верхних горизонтах земной коры смешиваются с метеоритными водами. На основе изложенного можно сформулировать суть предлагаемой модели об углеводородно-неорганическом происхождении месторождений карлинского типа. Мантийный рудоносный УНФ метастабильно поднимается по тектоническим зонам глубинного заложения. В земной коре из него вначале формировались углеводородные, а затем гидротермальные растворы, из которых впоследствии образовались соответствующие золотоносные метасоматиты (рис. 4).

С позиций изложенной модели возникает необходимость более детального исследования состава и структуры углеродистых метасоматитов (в том числе диагностики ЭОС), определения условий их образования и генезиса. О восстановительном характере углеродистых растворов могли бы свидетельствовать самородные и интерметаллические соединения. Происхождение углеродистых метасоматитов может быть выявлено с помощью изучения спектра редких земель, изотопного состава Sm, Nd, S, C, H и других элементов. В гидротермалитах также следует более детально исследовать УВ и ЭОС. Очевидно, что в их составе вследствие дифференциации по температуре будет больше относительно легких углеводородных соединений.

С практической точки зрения представляет интерес изучение в углеродистых мета-

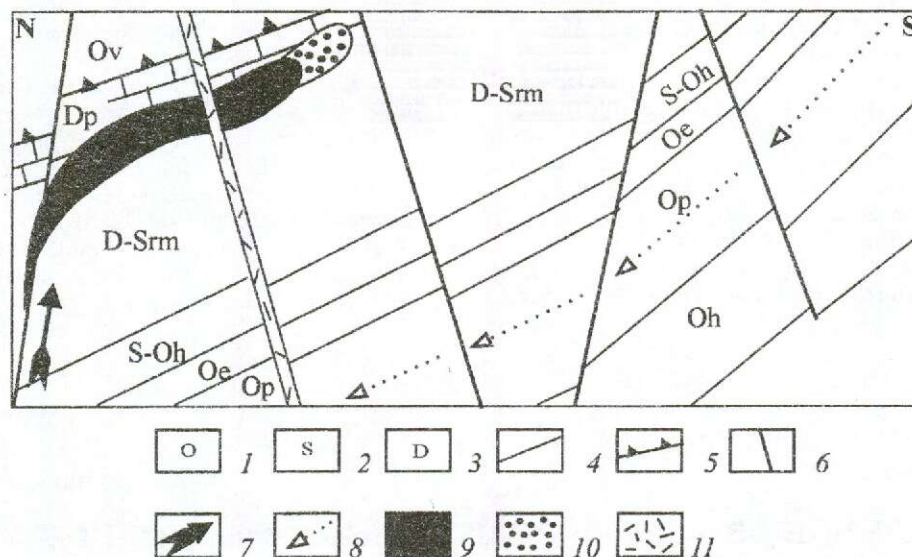


Рис. 4. Схематический разрез Карлинского месторождения с позиций модели его образования из углеводородно-неорганического флюида:

отложения: 1 — ордовика, 2 — силура, 3 — девона; 4 — границы согласного залегания пластов; 5 — надвиг Робертс-Маунтинс; 6 — сбросы; 7 — направление движения мантийных гидротермального и углеводородного растворов; 8 — направление движения метеорных вод; 9 — углеродистые метасоматиты; 10 — гидротермалиты; 11 — дайка; основные геологические границы, по [12]

соматитах месторождений золота карлинского типа более широкого круга элементов, включая платиноиды, U, Th, PЗЭ, Se, Te. Перспективным представляется изучение вертикальной зональности месторождений данного типа. Углеродистые метасоматиты на больших глубинах могут содержать не только золото (которое, несмотря на относительно низкие содержания, выгодно извлекать, учитывая большие размеры рудных тел), но и другие элементы (Pt, U, Th, PЗЭ) в промышленных содержаниях. Иными словами, углеродистые метасоматиты могут быть комплексным, многометальным сырьем. Поиск этих метасоматитов следует проводить глубокими скважинами, поскольку они имеют большую вертикальную протяженность. Следует учитывать, что при незначительном эрозионном срезе углеродистые метасоматиты могут не выходить на дневную поверхность и залегать под гидротермальными рудами. Наоборот, в случае глубокого эрозионного среза гидротермалиты могут быть эродированы и на поверхность выведены только углеродистые метасоматиты.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Буслаева Е.Ю., Новгородова М.И. Элементорорганические соединения в проблеме миграции рудного вещества. — М.: Наука, 1989.
2. Зубков В.С., Бычинский В.А., Карпов И.К., Степанов А.Н. Термодинамическая устойчивость мантийных углеводородов // Геология нефти и газа. 2000. № 2. С. 59—63.
3. Зубков В.С., Карпов И.К., Бычинский В.А. Устойчивы ли тяжелые углеводороды в верхней мантии? // Геодинамика и эволюция Земли: мат-лы к научной конференции РФФИ. Новосибирск, 1996. С. 111—114.
4. Каминский Ф.В., Кулакова И.И., Оглоблина А.И. О полициклических ароматических углеводородах в карбонадо и алмазе // ДАН СССР. 1985. Т. 283. № 4. С. 985—988.
5. Термодинамический критерий метастабильного состояния углеводородов в земной коре и верхней мантии / И.К.Карпов, В.С.Зубков, А.Н.Степанов и др. // Геология и геофизика. 1998. Т. 39. № 11. С. 1518—1528.
6. Томсон И.Н., Полякова О.П., Полохов В.П., Нивин В.А. Условия образования эндогенных «черных сланцев» в Приморье // Геология рудных месторождений. 1993. Т. 35. № 4. С. 344—351.
7. Хаусен Д.М., Керр П.Ф. Месторождение тонкодисперсного золота Карлин, штат Невада // Рудные месторождения США. М., 1973. Т. II. С. 590—624.
8. Cline J. S., Hofstra A.A. Ore-fluid evolution at the Gettchell Carlin-type gold deposit, Nevada, USA // Eur. J. Mineral. 2000. Vol. 12. № 1. P. 195—212.
9. Ilchik R.P., Barton M.D. An amagmatic origin of Carlin-type gold deposits // Econ. Geol. 1977. Vol. 92. № 3. P. 269-288.
10. Klumpp, E., Marko L., Bar G. Reactionen von Kobaltcarbonyl mit Schwefelwasserstoff,

- Mercaptanen und Disulfiden // *Cem. Ber.* 1964. Bd. 97. № 3—4. S. 926—933.
11. Radtke A.S., Rye R.O., Dickson F.W. Geology and stable isotope studies of the Carlin gold deposit, Nevada // *Econ. Geol.* 1980. Vol. 75. № 5. P. 641—672.
 12. Radtke A.S., Scheiner B.J. Studies of hydrothermal gold deposition (I). Carlin gold deposit, Nevada: The role of carbonaceous materials in gold deposition // *Econ. Geol.* 1970. Vol. 65. № 2. P. 87—102.
 13. Schrauder M., Koeberl C., Navon O. Trace element analyses of fluid-bearing diamonds from Jwaneng, Botswana // *Geochim. Cosmochim. Acta.* 1996. Vol. 60. № 23. P. 4711—4724.
 14. Stalder R., Foley S.F., Brey G.P., Horn I. Mineral-aqueous fluid partitioning of trace elements at 900–1200°C and 3,0–5,7 Gpa: New experimental data for garnet, clinopyroxene, and rutile, and implications for mantle metasomatism // *Geochim. Cosmoch. Acta.* 1998. Vol. 62. № 10. P. 1781—1801.
 15. Sugisaki R., Mimura K. Mantle hydrocarbons: Abiotic or biotic? // *Geochim. Cosmoch. Acta.* 1994. Vol. 58. № 11. P. 2527—2542.

УДК 559.42:546.57/.59

© Коллектив авторов, 2001

КРИМИНАЛЬНОЕ ДВИЖЕНИЕ ДРАГОЦЕННЫХ МЕТАЛЛОВ В РАЙОНАХ ИХ ДОБЫЧИ И ВОЗМОЖНОСТИ ЕГО СУЩЕСТВЕННОГО ОГРАНИЧЕНИЯ

Т.С.Тимофеева, Д.Я.Мирталипов, Г.А.Васильев, М.М.Мусаева, А.А.Рахимджанов, Б.Х.Уралов (Государственная пробирная палата Республики Узбекистан)

Государственная пробирная палата Республики Узбекистан разработала методику идентификации специфических мест хищения драгоценных металлов. Метод базируется на нетрадиционном применении изотопной геохимии на основе патента РФ № 2088958. Для практического применения методики необходимо наличие банка данных с объектами сравнения. Метод позволяет установить не только место хищения металла, но и способ его плавки — заводской или кустарный. При этом на конечный результат идентификации не влияют количество металла в пробе и метод его переплавки. Метод может быть также использован при определении природы драгоценных камней — природных или синтетических.

В районах локализации, добычи и переработки драгоценных металлов (золота, серебра и платиноидов) для всего мира характерны теневые (криминальные) хищения на различных стадиях: от мест первичной локализации элементов до конечной техногенной концентрации их в хранилищах и т.д. Аналогичная ситуация сложилась и для драгоценных камней.

Наиболее существенно это проявляется в отношении золота, так как с незапамятных времен оно служило для человека и валютой и материалом для изготовления украшений. Золото похищается в любом виде: будь то природное россыпное, первично-гидротермальное «рудное», примесь в месторождениях других металлов, черновое перерабатывающих предприятий и аффинажных заводов. Нелегально «изымают» золото покрытий

электронных контактов, отходов ювелирного производства. Археологические находки также — источник обогащения отдельных лиц.

В настоящее время перед государствами, золотой запас которых обеспечивает стабильность их существования, стоит первоочередная задача: как можно существеннее и всеми доступными им способами ограничить возможность его хищения. При этом способы могут быть различными, но самый эффективный, по нашему мнению, — возможность выявления мест хищения в каждом конкретном случае в цикле техногенного производства металла. Современный уровень развития фундаментальных наук, в том числе геохимии, и нетрадиционное использование аналитической базы это позволяют сделать.

В Государственной пробирной палате Республики Узбекистан на основе патента

России № 2088958 разработана оригинальная методика. Последняя при наличии соответствующего банка данных, применении высокопрецизионной аппаратуры и нетрадиционных геохимических подходов позволила решить вопрос об идентификации конкретного места хищения металла (или драгоценного камня), причем на конечный результат не влияют количество и метод переплавки металла. Таким нетрадиционным методом является метод изотопной геохимии (Т.С.Тимофеева, 1982).

Обычно изотопные исследования проводятся для датировки геологического возраста отложений или отдельных минералов, гораздо реже в геохимических целях. Более того, в связи с уровнем развития геологических знаний эти исследования в большинстве своем сосредоточены на поверхности Земли. Данные по изотопии глубинных частей нашей планеты единичны. Поэтому особый интерес вызывает изучение поведения химических элементов, слагающих минералы, извлеченные с больших глубин.

Не менее интересно и поведение изотопов в процессе техногенной деятельности человека как с позиции защиты среды его проживания в связи с радиационной опасностью, влиянием вредных примесей, так и с позиции возможной локальной фиксации нестабильных продуктов. Наши исследования показали, что природные вариации соотношений изотопов химических элементов [1, 2] могут быть использованы в каждом конкретном случае для идентификации мест локализации как природных, так и техногенных образований.

В качестве примера приведем такие далекие друг от друга области применения результатов изотопного анализа, как геохимия, стоматология и ювелирное производство. В этих случаях объектом изучения были геохимические особенности химических элементов, слагающих природные минералы из золоторудных ассоциаций, а также сплавы для изготовления зубных протезов и ювелирных изделий, в частности сплав золота, серебра и меди. И если в первом случае задачи стояли чисто геохимические, то во втором — они имели прикладное, практическое значение.

В основу экспериментов были положены результаты изучения особенностей изотопии: а) кварца, полевых шпатов, графита, самородного золота из рудоносных жил по керну Мурунтауской сверхглубокой скважины СГ-10, отобранному от поверхности до забоя в массиве интрузивного тела на глубине 4062 м [3], а также по обнажениям на площади

1. Результаты анализа россыпного самородного золота из месторождения Центральных Кызылкумов на рентгенофлуоресцентном спектрометре SRS-3000

Компоненты	Содержание, %
SiO ₂	13,2
Al ₂ O ₃	2,00
MnO	0,04
MgO	0,61
CaO	35,6
K ₂ O	2,04
TiO ₂	0,24
P ₂ O ₅	0,05
Fe ₂ O ₃	1,88
S	0,95
Cu	0,39
Sr	0,26
Ag	3,69
Ba	2,79
Au	36,5
Pb	0,08

П р и м е ч а н и е. Самородки имеют включения кварца, кальцита, полевых шпатов, гётита.

2. Результаты анализа россыпного самородного золота на рентгенофлуоресцентном спектрометре Spectro X-Test, %

Самородок	Au	Ag	Cu
1	97,6	2,8	Не обн.
2	94,7	6,3	«
3	89,2	12,7	«
4	96,2	4,5	«
5	97,9	2,4	«

карьера М (горизонт 475 м); б) кустарного сплава золота и серебра для изготовления стоматологических зубных коронок, полученного переплавкой природного россыпного золота месторождения Центральных Кызылкумов. В процессе экспериментов комплексно использовались гамма-спектрометры «Plurimat» и «Nokia» для обнаружения нестабильных изотопов; вторично-ионный масс-спектрометр MC-7201M для определения возможных вариаций изотопных отношений; волновой рентгенофлуоресцентный спектрометр SRS-3000 для выявления состава и перечня примесных компонентов. Во всех случаях использовались стандартные методики анализа. Фиксация нестабильных изотопов проводилась на образцах без их предварительного искусственного облучения.

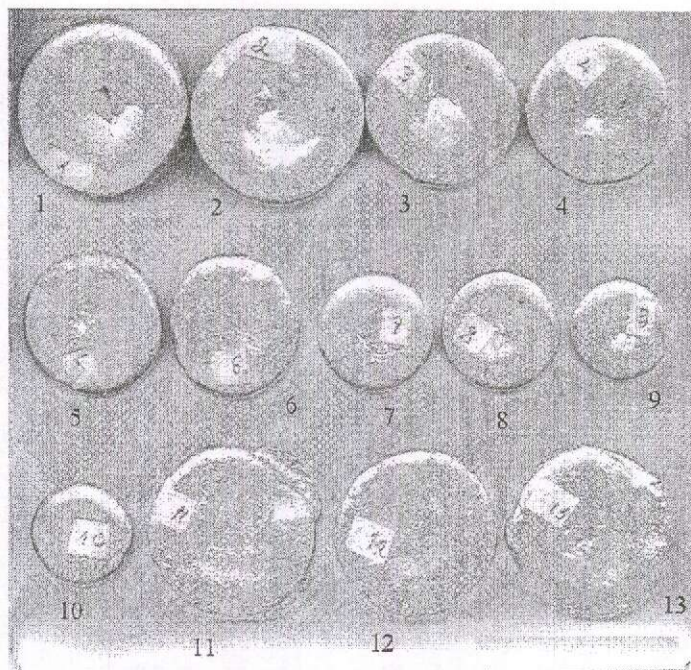


Рис. 1. Форма кустарно изготовленных слитков золота

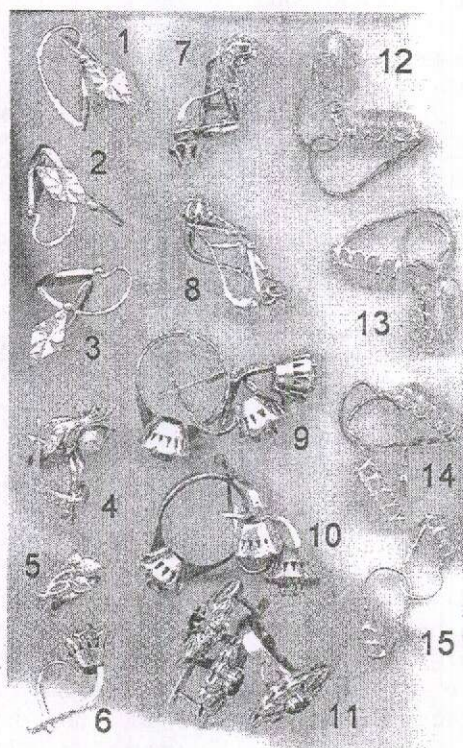


Рис. 2. Кустарно изготовленные «золотые» ювелирные изделия со вставками из контрабандных искусственных корундов

Установлено, что кварц из золотоносных жил (карьер М, горизонт 475 м), самородное золото (взято там же) и кварц из керна (на всех интервалах) имеют близкие соотношения

изотопов кремния, калия и ряда других элементов, что указывает на единый источник их поступления в систему. Кроме того, было изучено самородное золото из зоны окисления

3. Сравнительная характеристика изотопного состава россыпного золота, кустарных корольков и зубных коронок, % от суммы изотопов

Изотоп	28-э золото самородное	36-э золото самородное	28-э королек	28-э зубная коронка
²⁴ Mg	—	90,76	—	—
²⁵ Mg	—	9,11	—	—
²⁶ Mg	—	0,13	—	—
²⁸ Si	95,71	96,32	—	90,68
²⁹ Si	3,78	2,83	—	8,76
³⁰ Si	0,51	0,85	—	0,56
³⁹ K	97,83	97,71	—	98,90
⁴¹ K	2,17	2,29	—	1,10
⁶³ Cu	35,71	31,58	68,81	69,80
⁶⁵ Cu	64,29	68,42	31,19	30,20
⁶⁴ Zn	60,78	68,67	—	36,00
⁶⁶ Zn	13,53	6,33	—	16,00
⁶⁷ Zn	11,28	11,67	—	8,00
⁶⁸ Zn	14,41	7,00	—	40,00
⁷⁰ Zn	0,00	6,33	—	0,00
⁶⁹ Ga	—	53,33	—	69,01
⁷¹ Ga	—	46,67	—	30,99
⁷⁴ Se	3,78	1,37	11,30	13,32
⁷⁶ Se	13,75	0,20	9,63	11,13
⁷⁷ Se	17,18	8,81	9,26	6,00
⁷⁸ Se	15,46	27,79	10,74	6,56
⁸⁰ Se	36,08	56,94	42,59	36,49
⁸² Se	13,75	4,89	16,48	26,50
¹⁰³ Rh	—	100	—	—
¹⁰² Pd	—	4,02	—	—
¹⁰⁴ Pd	—	17,65	—	—
¹⁰⁵ Pd	—	68,91	—	—
¹⁰⁶ Pd	—	3,23	—	—
¹⁰⁸ Pd	—	4,03	—	—
¹¹⁰ Pd	—	2,16	—	—
¹⁰⁷ Ag	52,45	51,53	53,74	53,80
¹⁰⁹ Ag	47,55	48,47	46,26	46,20
¹²¹ Sb	—	70,08	—	—
¹²³ Sb	—	29,92	—	—
¹²⁴ Te	—	1,59	—	—
¹²⁵ Te	—	11,92	—	—
¹²⁶ Te	—	31,32	—	—
¹²⁸ Te	—	39,75	—	—
¹³⁰ Te	—	15,42	—	—
¹⁴⁰ Ce	62,65	62,62	—	—
¹⁴² Ce	37,35	37,38	—	—
¹⁸² W	31,10	25,00	—	—
¹⁸³ W	25,00	17,86	—	—
¹⁸⁴ W	21,34	28,57	—	—
¹⁸⁶ W	22,56	28,57	—	—
²⁰⁴ Pb	1,64	0,00	—	4,47
²⁰⁶ Pb	25,00	29,63	—	17,16
²⁰⁷ Pb	18,30	22,95	—	15,67
²⁰⁸ Pb	55,06	75,93	—	62,70

(обр. 3872) и из золотоносных кварцевых жил карьера М. Для последнего случая отмечен факт близости изотопных соотношений примесных химических элементов, входящих в самородное золото, рудолокализирующего кварца и кварца из интрузивной породы.

Изотопные исследования показали, что соотношения изотопов одних и тех же химических элементов, входящих в образцы, поднятые с различных глубин, и ассоциирующих с различными минералами, близки между собой. Близки они и с собственно самородным золотом объекта Мурунтау. Это свидетельствует не только о едином источнике поступления рудоносных растворов (на что ранее указывал И.Х.Хамрабаев, доказывая связь оруденения с интрузиями), но и о близкодновременной локализации их в виде различных матриц. Данный факт позволяет предположить и близкоднотипный путь эволюции локализованного вещества в последующий период времени [3].

Возможность идентификации предметов техногенной переработки с конкретным природным объектом рассмотрена на примере стоматологических зубных коронок, королек желтого металла явно кустарного изготовления и драгоценного металла в виде самородков россыпного золота из района Центральных Кызылкумов. Все эти предметы обнаружены одновременно в одном месте. Необходимо было доказать тождественность металла природных самородков, кустарно изготовленного королька и кустарной стоматологической зубной коронки, предположительно золотой, а также выяснить, какое место в схеме криминального движения золота в техногенном цикле занимает изучаемый материал. Как сказано ранее, для решения данной задачи применена методика, защищенная патентом РФ [2]. Материал анализировался на вторично-ионном масс-спектрометре MS-7201M для определения изотопных соотношений химических элементов, входящих в состав образцов, волновом рентгенофлуоресцентном спектрометре SRS-3000 для выявления перечня примесных компонентов и приборе Spectro X-Text (Германия) для определения пробы золота (табл. 1, 2).

Наиболее трудно было определить конкретные места природной локализации золота, серебра и других металлов, из которых изготавливались корольки и зубные коронки. Результаты изотопии изучавшегося материала приведены в табл. 3. Полученные анализы и использование банка данных позволили выяснить, что зубная коронка

сделана из металла корольков путем кустарной переплавки природного россыпного золота с добавкой гальванической меди. Стандарты, установленные для медицинского золота, были нарушены: содержание меди в кустарном изделии достигает 20%, что смертельно для человека, на зубы которого будет надет протез. По особенностям изотопии примесных компонентов идентифицировано место хищения золота. Им оказалось месторождение россыпного золота в Центральных Кызылкумах. При изготовлении коронки золото даже не очищалось от посторонних природных примесей (см. табл. 1, 2): полученный сплав содержал такие вредные компоненты, как железо, свинец, цинк.

Природное золото, похищенное с упомянутого объекта, широко используется для изготовления кустарных слитков (рис. 1) и ювелирных изделий (рис. 2). И в данном случае методика идентификации похищенного золота была аналогична вышеописанной. Таким образом, налицо отлаженная цепочка: объект → кустарная переплавка (без очистки) → ювелиры и техники-стоматологи. При этом, как и в случае с медицинской коронкой, при изготовлении ювелирных изделий преднамеренно нарушается соотношение золота — серебро — медь; резко уменьшается количество золота и увеличивается содержание меди вплоть до 35—40% массы сплава. В итоге готовое изделие (как коронка, так и ювелирные украшения) приобретают красновато-медный оттенок. Сплав легко окисляется на воздухе и оставляет на теле человека зеленоватый след. Подобные ювелирные украшения реализуются на базарах. Клейма на них поддельные или отсутствуют. Применение данной методики при изучении монет из драгоценных металлов аналогично.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тимофеева Т.С. Изотопические (нейтронные) связи химических элементов в минералах и рудах природных ассоциаций // *Узбекский геологический журнал*. 1982. № 2. С. 80—89.
2. Тимофеева Т.С., Протодьяконов А.М. Способ определения принадлежности исследуемого образца к конкретной природной минеральной ассоциации и способ анализа вещественного состава природной минеральной ассоциации. 1997 г. Патент РФ № 2088958.
3. Тимофеева Т.С., Лесовой Ю.И., Голованов И.М. Вариации изотопных отношений химических элементов в кварце и калишпате из керна сверхглубокой скважины золоторудного месторождения Мурунтау (Узбекистан) // *Сб. ВИЭМС «Геологическое изучение и использование недр»*. 1998. № 1. С. 9—15.



Экономическая геология в современном обществе (обзор)

И.М.Новожилова (ЦНИГРИ МПР России)

В предверии нового тысячелетия среди геологов всего мира ведутся бурные дискуссии о месте геологии в современном обществе в связи с изменениями, которые произошли в мире за последние 50 лет. Геологов, в том числе и российских, волнуют вопросы: будет ли продолжаться кризис в геологоразведочной деятельности, будет ли востребована профессия геолога в новом веке, каковы перспективы и направления геологической науки. Эти вопросы широко обсуждались на XXXI Международном геологическом конгрессе, а также на других международных форумах. В этой связи представляет интерес статья о роли и перспективах геологии на рубеже веков, опубликованная в издании «Новости общества геологов-экономистов» (Allan P.Juhas and Geoffrey G.Snow «Economic Geologists and the Biological Imperative» // SEG Newsletter July 2000. № 42. P. 22—27). Ниже приводятся основные положения этой статьи.

Развитие экономической геологии в современном мире зависит от общественности, правительств, реагирующих на давление общественности, и горно-рудных компаний. Потребности индустриального общества, все больше превращающегося в информационное и обслуживающее, глобальная экономика, цены на сырье, состояние добывающей промышленности, способы проведения разведочных работ — вот главные факторы, определяющие востребованность экономической геологии.

В развитом мире общество принимает минеральную продукцию как дар, но в то же время рассматривает добычу полезных ископаемых как нечто дополнительное и даже нежелательное, а движение за охрану окружающей среды в последние годы направляет общественное мнение вообще на уничтожение добывающей промышленности.

Правительства, которые ранее (до 70-х годов) поддерживали горно-рудную промышленность, переменили свое отношение на

прямо противоположное. Многим известно, что произошло с Горным Бюро США (прекратило свое существование) и Геологической службой США (каждый десятый сотрудник был уволен). В 1999 г. Британская геологическая служба опубликовала свою новую стратегию, где разведка и добыча полезных ископаемых упоминаются лишь в контексте восстановления окружающей среды. Во многих странах усиливаются процессы государственного регулирования системы недропользования.

Поскольку общества становятся более богатыми, а экономика приобретает информационный и обслуживающий характер, значение *горно-рудной промышленности* как фактора экономики уменьшается. В США за последние 50 лет вклад металлодобывающей промышленности в национальный доход сократился на порядок. Интенсивность использования основных полезных ископаемых снизилась как в составе ВВП, так и на душу населения. Например, в США интенсивность использования стали была самой высокой в 1918 г., а цемента — в 1926 г. В настоящее время потеряли свое значение полиметаллы. Это произошло благодаря применению рециклинга, использованию заменителей, насыщению рынка и колебаниям вкуса покупателей.

Золото — металл, поддерживающий добывающую промышленность в течение последних 20 лет, стал неуклонно терять свою роль в мировой экономике. В 1980 г. мировой золотой запас в 2,4 млрд. унций стоил 1,4 трлн. дол., или 10% мирового валютного фонда. К 1998 г. запас золота в 4,6 млрд. унций стоил 1,3 трлн. дол., составляя лишь 1,8% мирового валютного фонда. Отделив золото от валюты, правительства не только перестали покупать золото, а, наоборот, стали его продавцами, дестабилизировав таким образом золотодобывающую промышленность.

Политика всегда оказывала влияние на разведку и добычу полезных ископаемых, но

особенно сильно это проявилось в последние полвека. В условиях разобщения государств, в период холодной войны, геологоразведочная деятельность интенсивно развивалась в странах свободного мира. В это время произошли некоторые важные события: 1) большое число ученых было привлечено в экономическую геологию, и появились широкие возможности обеспечения их занятости; 2) результаты геологоразведочных работ были настолько успешны, что запасы меди, свинца и цинка удвоились в расчете на душу населения, а железо, бокситы, молибден, уран, свинец, олово и другие полезные ископаемые стали «нечувствительны» к разведке; 3) расширилась сеть образовательных учреждений для удовлетворения растущих потребностей в геологах и горных инженерах; 4) правительственные организации расширили свои функции для обслуживания и регулирования разведки и добычи полезных ископаемых. В это же время возникло движение за охрану окружающей среды, которая стала одним из определяющих факторов, впоследствии повлиявших на развитие добывающей промышленности.

В настоящее время критерием успеха деятельности горно-рудной компании стала не прибыль, а *стоимость акций*. Компании реагируют на это следующими действиями: концентрацией усилий на снижении себестоимости; снижением расходов на разведку и персонал; исключением побочных видов сырья, которые делают компании более уязвимыми к сырьевым циклам.

Кроме того, крупные компании все больше стремятся иметь дело с месторождениями мирового класса. В 1985 г. месторождением золота мирового класса считался объект с запасами 1 млн унций. Сейчас эта цифра достигла 5 млн. унций, так как компании ведут добычу чудовищно быстрыми темпами. Успехи ГРП низвели некоторые гигантские месторождения до уровня обычных.

Сейчас на многие полезные ископаемые предложение превышает спрос, о чем свидетельствуют низкие цены. Вновь освоенные и более эффективные объекты выдают все больше металла на уже насыщенные рынки. Компании своей деятельностью ухудшают ситуацию, поскольку стремятся снизить *себестоимость* путем увеличения мощностей и повышения уровня добычи.

Достижения в *технологии извлечения металлов* также повлияли на увеличение уровня обеспеченности. Новые технологии

привели к снижению себестоимости, повышению уровня добычи и, таким образом, к снижению цен. В 1989 г. на катодных заводах в Чили почти не производилась медь. В 1998 г. 50% чилийской продукции составляла катодная медь. Автоклавная и электролизная технологии в применении к никелю и кобальту могут привести к резкому увеличению производства и запасов этих металлов.

Освоение месторождений в развивающихся странах не отвечает спросу на металлы в них по следующим причинам: темпы роста экономики развивающихся стран не соответствуют предполагаемым прогнозам; развивающиеся страны «перескочили» через период металлоемких технологий (например, от полного отсутствия телефонов к сотовым).

Бум на разведку цветных металлов и золота за последние 50 лет совпал с периодами, когда *цены* на металлы росли быстрее, чем инфляция. Предвестником конца периода интенсивных геологоразведочных работ на полиметаллы в конце 70-х годов было изменение цен на медь в 1973 г. К счастью, падение цен на медь совпало с быстрой эскалацией цен на золото, которое оставалось «спасителем» для геологии еще в течение 20 лет.

За последние 664 года на снижение реальных цен на золото влияли четыре фактора: глобализация, манипуляции правительства, приток нового металла и денежная инфляция. После года Черной Смерти (1348 г.) и больших войн цены на золото повышались в периоды стабильности и роста населения. Но, как известно, стабильность ведет к глобализации и в результате к расширению источников металла, повышению предложения и, следовательно, к снижению цен (1520—1620, 1850—1914 и с 1989 г. по настоящее время). Войны (наполеоновские, первая и вторая мировые, война во Вьетнаме и т.д.) приводили к инфляции валюты, что вызывало снижение цен на золото. В настоящее время цена на золото упала значительно ниже средней реальной цены за последние 400 лет (425 дол./унция).

До первой мировой войны горно-добывающая промышленность носила глобальный характер. Две мировые войны, период депрессии между ними и холодная война со всеми своими проявлениями заставили политических противников сконцентрировать внимание на собственных территориях или территориях альянса. Цена стала играть второстепенную роль по отношению к гарантии обеспеченности сырьем. С распадом лагеря

социализма в 1989 г. мир снова стал открытым, усилились процессы глобализации разведочной и добычной деятельности.

Преобладающим фактором влияния на разведку и добычу полезных ископаемых продолжает оставаться *глобализация*.

Как и другие развитые виды промышленности, горно-добывающая подверглась *консолидации*. За последние пять лет было потрачено более 110 млрд. дол. на слияние и приобретение компаний. Эта консолидация была, вероятно, единственным способом, при котором компании могли сохранить прибыли, поскольку объединенные компании могут закрывать нерентабельные объекты и более рационально контролировать поставки сырья на маргинальном уровне цен. Например, в 2000 г. три компании контролируют половину производства меди в западных странах, а десять добывают около одной трети неэнергетического сырья. По мнению аналитиков, крупные компании будут становиться еще крупнее, как это наблюдается в сфере фармацевтики и телекоммуникаций.

Горно-рудная промышленность стоит перед серьезной проблемой — *способностью привлечь капитал*. В среднем за последние 20 лет реальный возврат на капиталовложения действующих компаний составил только 5%, а норма прибыли сильно отклоняется от средней. Несмотря на то что минеральные ресурсы поддерживают экономику, добывающая деятельность не способствует накоплению богатства. Лишь немногие компании «делают деньги», большинству же это дается с трудом. Поэтому по мере появления новых финансовых инструментов кредиторы стали иметь больше вариантов выбора в мировом масштабе и все менее охотно вкладывают деньги в горно-рудную промышленность.

С течением времени изменился и характер *организации геологоразведочных работ*. На протяжении многих десятилетий существовал комфортный для геологов симбиоз с добывающей промышленностью. При этом крупные компании всегда обеспечивали финансирование ГРР. Однако в начале 90-х годов они стали передоверять разведку более мелким компаниям, а сами предпочли приобретать готовые разведанные объекты. В результате количество геологов, работающих в горно-рудных компаниях, сократилось вдвое.

Многие виды сырья, традиционно поддерживающие статус геолога, потеряли свою привлекательность, а новых заменителей не нашлось. Успехи ГРР в сочетании с новыми

технологиями обогащения, а также свободный доступ практически в любую точку земного шара сделали ряд металлов «нечувствительными» к разведке. Это алюминий, сурьма, мышьяк, бериллий, висмут, кадмий, хром, колумбий, железо, свинец, литий, магний, марганец, ртуть, молибден, тантал, теллур, таллий, олово, вольфрам, ванадий, уран. Геологоразведчики могут рассчитывать лишь на небольшую группу видов сырья: золото, серебро, цинк, медь, никель, кобальт, МПГ и алмазы. Однако *объем продаж* этого сырья не оправдывает существования современного количества геологов и других связанных с ними специалистов.

Численность специалистов и затраты на ГРР характеризовались максимальной величиной в 1982 г. Затем с 1987 г. начался спад. Если в 1997 г. мировой вклад в геологоразведочные работы составлял 5,1 млрд. дол., то в 1999 г. он упал до 2,7 млрд. дол.

Геологи, ранее имевшие постоянное место работы в компаниях и на фирмах, теперь привлекаются в качестве временных подрядчиков или консультантов, и на них смотрят как на сезонников, которых можно брать на работу только тогда, когда возникает пик ценового цикла на те или другие металлы.

Авторы выделяют четыре основные причины растущей невостребованности геологов в современном мире: 1) преобразование общества из индустриального в информационное и обслуживающее; 2) постоянное снижение темпов спроса на металлы; 3) изменение к худшему политики общества и правительств по отношению к ресурсным отраслям; 4) перемена отношения компаний к горному бизнесу — от прежнего стремления обеспечить долгое выживание к быстрому обогащению, как в азартной игре.

Каковы же перспективы для геологов и рекомендации на будущее?

Авторы публикации считают, что только время покажет, как можно приспособиться к реалиям XXI века. Тем не менее, они полагают, что геологам необходимо пересмотреть *отношение к своей профессии*, ее целям и задачам и дают ряд советов:

не стремиться к поискам богатых месторождений, а сосредоточить усилия на объектах с низкими содержаниями и возможностях их рентабельного освоения;

искать возможности применения знаний и опыта в смежных отраслях — экологии, прогнозе и предотвращении чрезвычайных ситуаций, экономике и техническом обеспечении освоения месторождений, гидрологии и т.д.;

выявлять ниши в существующих горно-добывающих производствах, связанные с работами по закладке выработанного пространства, природоохранными мероприятиями, очисткой воды;

создавать небольшие группы или частные фирмы для проведения ГРП на объектах, не представляющих интереса для крупных компаний;

попытаться научиться работать в роли плановиков, научных консультантов, финансовых советников;

искать работу в организациях, занимающихся проблемами землепользования.

Учебные заведения должны прогнозировать потребности в специалистах и тщательно планировать их выпуск, чтобы не допустить перепроизводства.

В целом, несмотря на серьезность проблем, затронутых в рассматриваемой статье, ее авторы не теряют оптимизма и надеются, что специалисты высокой квалификации всегда будут востребованы в горно-добывающей отрасли.

ПОЗДРАВЛЯЕМ С ЮБИЛЕЕМ



24 февраля 2001 г. **Лидия Александровна Николаева** — доктор геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник ЦНИГРИ, автор серии научно-методических разработок в сфере общей и прикладной минералогии — отметила свой юбилей.

Лидия Александровна Николаева работает в ЦНИГРИ с 1950 г. и входит в когорту лидеров отечественной научной школы исследований самородного золота. В течение ряда лет она руководит работами по новому, созданному ею направлению — изучение типоморфизма самородного золота для прогнозирования, поисков и оценки его месторождений.

Л.А.Николаева изучила золото из рудных и россыпных месторождений главнейших золотоносных провинций России и Средней Азии, отдельных месторождений Болгарии, Северной, Центральной и Южной Америки, Африки, Монголии, Афганистана и ряда других стран Азии. На основании этого уникального фактического материала Лидия Александровна впервые выявила конвергенцию признаков самородного золота, выделила совокупность типоморфных особенностей золота, которые могут служить показателями глубинности и стадийности рудного процесса, условий формирования рудных и россыпных месторождений, их формационной и генетической принадлежности, интенсивности и характера метаморфизма руд. В результате была установлена зависимость экзогенных преобразований россыпного золота от физико-химических условий зоны гипергенеза и многократности его изменений в процессе транспортировки, что позволяет оценивать связи в системе россыпи—источники.



Лидия Александровна Николаева — соавтор методических руководств и рекомендаций по минералогическим, геолого-геоморфологическим исследованиям. Принадлежащие ее перу «Методическое руководство по изучению самородного золота при геологоразведочных работах» (1985) и обобщающий труд «Генетические особенности самородного золота как критерии при поисках и оценке руд и россыпей» (1978) стали основой интерпретации признаков самородного золота и применения его типоморфных особенностей в геологической практике. Эти работы успешно использовались при освоении золотых месторождений Ленского района, Бурятии, Урала, Дальнего Востока, Средней Азии и других регионов, а также в криминалистике.

По инициативе Лидии Александровны Николаевой создан банк типоморфных особенностей самородного золота россыпей РФ (1500 россыпей), который послужил основой отображения на картах сведений о конкретных признаках самородного золота и обобщенных данных о рудно-формационных типах источников питания россыпей и их россыпеобразующих потенциалах. Эта информация в концентрированном виде отражена на карте «Экзогенная золотоносность и платиноносность Российской Федерации», выдвинутой на соискание премии Правительства РФ за 2000 г.

Л.А.Николаева опубликовала более 150 работ (из них 5 монографий), главное направление которых — выявление природы типоморфизма самородного золота и геологическая интерпретация результатов минералогических исследований для поисков и оценки месторождений золота. Под научным руководством Лидии Александровны Николаевой защищены 3 кандидатские диссертации, прошли стажировку десятки специалистов-минералогов. Ее научные и производственные достижения и открытия отмечены медалью «За доблестный труд», дипломом ВДНХ и почетными грамотами отрасли, знаками «Отличник разведки недр», «Почетный разведчик недр».

Свой юбилей Лидия Александровна встречает с новыми творческими планами и идеями. Желаем ей здоровья и успехов в осуществлении задуманного.

*Ученый совет ЦНИГРИ
Редколлегия журнала*

ВНИМАНИЮ АВТОРОВ!

При оформлении статей необходимо руководствоваться следующими правилами.

1. Объем статьи не должен превышать 15 страниц машинописного текста, включая аннотацию (1/3 страницы), таблицы и список литературы. Текст печатается на одной стороне листа, сверху (2 см); снизу (2 см), справа (1 см) и слева (3 см) оставляются поля, все страницы нумеруются. В редакцию представляются два экземпляра статьи — распечатка с принтера, а также текст на дискете в форматах Text format (*.rtf) или 6,0/95 (*.doc) с использованием шрифта Times New Roman Cyr. (размер 12, двойной межстрочный интервал); для таблиц — такой же шрифт (размер 9—10, один межстрочный интервал). В отдельные файлы помещаются статья, список литературы, подписи к рисункам. По окончании работ дискеты возвращаются автору. Возможна передача статей по электронной почте: E-mail: tsnigri@pol.ru.

2. Рисунки и другие графические материалы (не более 4) прилагаются к статье в двух экземплярах. На оборотной стороне каждого рисунка карандашом указываются его порядковый номер, фамилия автора и название статьи. Размер оригиналов рисунков не должен превышать формат страницы журнала. Рисунки принимаются на дискетах с распечаткой на бумаге. Каждый рисунок помещается в отдельный файл в одном из следующих форматов: TIFF bitmap (*.tif), Paint Brush (*.pcx), Encapsulated Post Script (*.eps), Corel Draw (*.cdr), Диаграмма Microsoft Excel (*.xls). Графика должна быть связана с текстом и способствовать его сокращению. Оформление и содержание иллюстрационного материала должно обеспечивать его читаемость после возможного уменьшения (плакатный вариант). Подрисуночные подписи печатаются на отдельной странице. Цветные рисунки и фотографии не принимаются. Рисунки, не удовлетворяющие требованиям редакции, возвращаются автору.

3. Математические формулы и химические символы вписываются в текст четко от руки тушью или черными чернилами. Во избежание ошибок следует тщательно писать буквы, имеющие сходные как прописные (подчеркнуть двумя линиями снизу), так и строчные (подчеркнуть сверху) начертания (V, S, O, M, P, Z). Греческие буквы обводятся красным карандашом, латинские — синим (кроме символов химических элементов). Для набора математических формул и химических символов рекомендуется использовать Microsoft Equation 2.0.

4. Точность приведенных цитат заверяется подписью автора на полях рукописи; обязательно указывается источник по списку литературы.

5. Список литературы (не более 15 названий) дается сквозной нумерацией в алфавитном порядке. Иностранная литература помещается после отечественной. Ссылки в тексте на источник из списка литературы приводятся соответствующим порядковым номером в квадратных скобках. В список не следует включать работы, на которые нет ссылок в тексте статьи, а также неопубликованные.

6. Статья подписывается автором (авторами), в конце ее приводятся фамилия, имя и отчество (полностью) автора, место работы, занимаемая должность, ученая степень, адрес и телефон (домашний и служебный).

7. Рукопись представляется с установленными сопровождающими документами руководством организации или лично автором (авторами).



ЦНИГРИ

**ЦЕНТРАЛЬНЫЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫЙ ИНСТИТУТ
ЦВЕТНЫХ И БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ**

ПРОГНОЗ И ОЦЕНКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПЕСКОВ И ПЕСЧАНО-ГРАВИЙНОГО СЫРЬЯ С ПОПУТНЫМ ЗОЛОТОМ

Месторождения песков и песчано-гравийного сырья (ПГС) широко распространены на территории России, в том числе и в районах, не являющихся традиционно золотороссыпными. Обладая громадными запасами строительного сырья, они обычно содержат ряд ценных минералов, в том числе и гравитационно извлекаемое самородное золото, нередко в значительных количествах. Хорошая, как правило, экономическая освоенность районов распространения месторождений строительного сырья, наличие готовой инфраструктуры горно-обогатительных комбинатов, позволяющей относить производственные затраты на стоимость основной продукции, высокий процент извлекаемости золота — все это определяет высокую рентабельность попутного извлечения золота. При этом существенно не нарушается технологическая линия основного производства.

В ЦНИГРИ на основании разработки моделей различных геолого-геоморфологических обстановок, типичных для платформенных областей, создана методика прогноза и оценки, позволяющая среди широко распространенных месторождений песков и ПГС выделять наиболее перспективные для разработки с целью извлечения попутного золота.

Комплекс геологических критериев, разработанный с учетом реконструкции палеогеографических обстановок, позволяет устанавливать определенные типы золотосодержащих формаций, за счет продуктов которых происходило обогащение золотом месторождений песков и ПГС.

Методика изучения и оценки золотоносности месторождений строительного сырья базируется на использовании высокоэффективной технологии отбора и обработки проб с применением комплекса тонких анализов для определения полного содержания золота. Результаты оценочных работ представляются в виде карт, разрезов и таблиц, сопровождаемых объяснительной запиской, в которых отражены пространственное положение прогнозируемых объектов, количественная и качественная характеристика золота, основные закономерности распределения его в рыхлой толще.

Методика опробована на десятках объектов Смоленской, Тверской, Московской, Ивановской и Костромской областей.

Вид реализации — инжиниринг.

Адрес: 113545, Москва, Варшавское шоссе, 129«Б»
Телефон: (095) 313-18-18, 315-43-47, 315-27-56
Факс: (095) 313-18-18
E-mail: tsnigri@pol.ru



ЦНИГРИ

**ЦЕНТРАЛЬНЫЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫЙ ИНСТИТУТ
ЦВЕТНЫХ И БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ**

ТОМОГРАФИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ МЕТОДОВ РАДИОГЕОРАЗВЕДКИ ДЛЯ ПОИСКОВ И ОЦЕНКИ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Технология основана на томографическом восстановлении георазрезов по результатам применения методов радиогоразведки.

Технология включает аппаратурно-методический комплекс радиогоразведки с математическим обеспечением. Реализация технологии позволяет повышать эффективность поисков и оценки месторождений алмазов, золота, цветных, благородных и черных металлов, пьезокварца, угля, нефти и экологических исследований в межскважинных пространствах; получать значительный экономический эффект за счет оптимизации сети бурения и горных выработок.

Программное обеспечение методов радиопросвечивания предназначено для экспрессной, непосредственно в полевых условиях, обработки и полуколичественной интерпретации результатов радиопросвечивания, включая методы томографии.

Реализация программного обеспечения позволяет автоматизировать процесс обработки, интерпретации и изображения результатов радиопросвечивания с помощью компьютера.

Результаты представляются в виде графиков коэффициентов экранирования и геолого-геофизических разрезов, планов.

Вид реализации — продажа специализированных пакетов программ, инжиниринг.

Адрес: 113545, Москва, Варшавское шоссе, 129«Б»
Телефон: (095) 313-18-18, 315-43-47, 315-43-29
Факс: (095) 313-18-18
E-mail: tsnigri@pol.ru