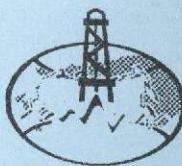


2-й зв.

# РУДЫ И МЕТАЛЛЫ



Au Ag Co  
Zn Cu Fe  
Sn Pt Pb Ni

ЦНИГРИ МПР России

Главный редактор  
И.Ф. Мигачёв



2/2001

ISSN 0869-5997

Постановлением Правительства РФ от 19 марта 2001 года № 230 работе «Экзогенная золотоносность и платиноносность Российской Федерации — комплект карт», выполненной в Центральном научно-исследовательском геологоразведочном институте цветных и благородных металлов (ЦНИГРИ) МПР РФ, присуждена Премия Правительства Российской Федерации в области науки и техники 2000 г.

*Авторский коллектив работы:*

**Дауев Юрий Михайлович**  
**Константинов Михаил Михайлович**  
**Кочнев-Первухов Владимир Ильич**  
**Кривцов Анатолий Иванович**  
**Кузнецов Владимир Вениаминович**  
**Матвеева Елена Вениаминовна**  
**Мигачев Игорь Федорович**  
**Набровенков Олег Сергеевич**  
**Николаева Лидия Александровна**  
**Новиков Владимир Николаевич**  
**Риндзюнская Наталья Михайловна**  
**Ручкин Георгий Владимирович**  
**Черемисина Екатерина Алексеевна**  
**Яблокова Светлана Васильевна**  
**Яцкевич Борис Александрович**

Сердечно поздравляя авторов работы с присуждением премии, желаем им дальнейших творческих успехов в деле приумножения минерально-сырьевых богатств нашего Отечества!

*Редколлегия журнала*

# РУДЫ и МЕТАЛЛЫ



Научно-технический журнал

## 2/2001

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

редактора



### УЧРЕДИТЕЛЬ

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

Академии минеральных ресурсов,  
Фонда им. академика В.И. Смирнова

Москва ЦНИГРИ 2001

2-й кв.

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ  
БИБЛИОТЕКА ЦНИГРИ

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

Сдано в набор 19.02.01 г.  
Подписано в печать 17.04.01 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», 2001

# СОДЕРЖАНИЕ

# CONTENTS

## Недропользование

Зайченко В.Ю.

Классификация объектов интеллектуальной собственности в сфере недропользования и их правовая охрана

7

## Subsurface Use

Zaichenko V.Yu.

Classification of objects of intellectual property and their legal protection in the sphere of the subsurface use

## Прикладная металлогения

Труфанов В.Н., Гамов М.И., Майский Ю.Г., Рылов В.Г., Труфанов А.В.

Перспективы развития минерально-сырьевой базы металлических полезных ископаемых на юге России

19

Зелеников Г.В., Курбанов Н.К., Кучеревский П.Г., Радаева Т.П.

Перспективы золотоносности Припятско-Днепрово-Донецкого авлакогена

26

Кирмасов А.Б.

Структурная позиция «туффизитов» Колчинского поднятия, западный склон Урала

35

Илупин И.П., Ботова М.М., Шавырина М.В.

Новые данные о химическом составе ильменита из кимберлитов Якутии

44

## Applied Metallogeny

Trufanov V.N., Gamov M.I., Maisky Yu.G., Rylov V.G., Trufanov A.V.

Prospects for the development of the mineral base of metallic commodities in South Russia

## Методы и методики прогноза, поисков, оценки и разведки месторождений

Сторожук О.П.

О повышении эффективности поисков и оценки золотого оруденения, связанного с очаговыми скрыто-плутоническими структурами

55

Дубов В.А.

Формационный анализ гравимагнитных карт в целях прогноза рудных месторождений

60

## Methods and Methodology of Prediction, Prospecting, Evaluation and Exploration of Mineral Deposits

Storozhuk O.P.

On increase of efficiency of prospecting and evaluation of gold mineralization associated with focal concealed plutonic structures

Dubov V.A.

Formation analysis of gravimagnetic maps with the aim of forecasting ore deposits

**Аппаратурно-технические средства и технологии геологоразведочных работ**

Минаков В.М., Бровкин В.И., Кутяргин В.И., Новиков В.И., Орьев В.А.

О перспективности способа скважинной гидротехнологии для крупносъёмного отборования изогенных месторождений золота

66

Машкурян В.Н.

Комплексная технология переработки упорных золотосодержащих концентратов

76

**Equipment and Technologies for Geological Prospecting**

Minakov V.M., Brovkin V.I., Kutergin V.I., Novikov V.N., Oriev V.A.

About prospects of borehole hydraulic mining technology for bulk sampling of exogenic gold deposits

**Дискуссии**

Воробьев А.Е

Концепция воспроизводства минеральных ресурсов в литосфере

81

**Discussions**

Vorobьев A.E.

The concept of mineral resources replenishment in the lithosphere

**Новости, информация**

Федоренко Л.В.

Фотоальбом «Таймыр»

88

**News, information**

Fedorenko L.V.

Photoalbum «Taimyr»

Память Ю.Г.Кесовца

89

Memory of Yu.G.Kesovets

## ДЕНЬ ГЕОЛОГА – ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЙ ПРАЗДНИК ЛЮДЕЙ, СОЗДАВШИХ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВУЮ БАЗУ СТРАНЫ

27 марта 2001 г. в Центральном доме журналистов состоялась пресс-конференция Министерства природных ресурсов России, посвященная Дню геолога, на которой был распространен следующий пресс-релиз.

Ежегодно в первое воскресенье апреля геологи России отмечают свой профессиональный праздник — День геолога. Этот государственный праздник был установлен в 1966 г. в знак признания заслуг отечественных геологов в создании мощной минерально-сырьевой базы. Не случайно праздник совпадает с первыми теплыми весенними днями, со временем подготовки и выхода на полевые экспедиционные работы отрядов геологов. День геолога — праздник людей, профессия которых сочетает громадный интеллектуальный и физический труд, романтику и преданность своему делу.

Государственная горно-геологическая служба страны в 2000 г. перешагнула за 300 лет. Она была основана Петром Первым, который в 1700 г. издал указ «Об учреждении Приказа Рудокопных дел». Привлекает внимание то, что Государственная горно-геологическая служба России всего на три года моложе Российского морского флота и на три года старше новой, северной, столицы России — Санкт-Петербурга. Это, безусловно, указывает на то, что для Петра Первого горно-геологическая служба была одним из важнейших приоритетов. Петр Первый, побывав в Западной Европе, пришел к твердому выводу, что Россия сама должна производить все, что она потребляет, а чтобы быть богатым — нужно вывозить как можно больше и ввозить товаров как можно меньше. Гарантию такого развития Петр Первый видел в том, что Россия не уступает другим странам, а превосходит их обилием природных богатств. Этот вывод, с учетом слабой изученности природных ресурсов страны, можно отнести к разряду великих предвидений. Но даже в этой ситуации Петр Первый требовал: «Чтобы во всякой нужде на потребу всему Московскому государству всякого железа наделать и без постороннего, «свейского» железа проняться было можно».

Геологическая служба России в течение 182 лет функционировала и развивалась в составе единой горно-геологической службы страны. Началом ее организационной автономии можно считать 1882 год, когда был создан Российской геологический комитет.

На базе масштабных геологических открытий созданы крупные промышленные центры, освоены целые регионы. Освоение огромных пространств на востоке от Урала, на Крайнем Севере и в других удаленных регионах России, по существу, шло по проложенным геологами «тропам». И в настоящее время экономика этих регионов поддерживается и развивается на базе выявленных геологической службой запасов полезных ископаемых и созданного на их основе минерально-сырьевого комплекса.

Хозяйственное освоение удаленных, труднодоступных регионов, начатое геологической службой России, сыграло важную роль в объединении российских земель в составе единого государства.

Геологическая служба России во все времена опережала запросы времени. В результате экономическое развитие страны, ее обороноспособность никогда не встречали затруднений из-за нехватки минерально-сырьевых ресурсов.

В России выявлено и разведано около 20 тыс. месторождений основных и стратегических видов полезных ископаемых и более 15 тыс. месторождений общераспространенных их видов. Созданная сырьевая база по валовым показателям обеспечивает текущие внутренние и экспортные потребности страны в минеральных ресурсах.

На добычу и разведку полезных ископаемых в России занято около 2 млн. человек, производится не менее 25% ВВП и обеспечивается около 50% выручки от внешней торговли, и это без учета социально-экономического эффекта в смежных отраслях.

К настоящему времени основные запасы ориентированных на экспорт полезных ископаемых залицензированы. В государственном резерве числятся от 5 до 30% запасов этих видов сырья и от 30 до 60% запасов полезных ископаемых, потребляемых в основном на внутреннем рынке.

Однако при наличии крупного ресурсного потенциала в стране формируются узлы напряженности по эффективному обеспечению текущей добычи.

За последние 10 лет добыча минерального сырья в России сократилась почти на четверть, в то время как в мире она выросла на 10—12%.

Возросла себестоимость добычи минерального сырья, хотя пока она остается ниже среднемирового уровня.

Реальные инвестиции в разведку и разработку месторождений незначительны, хотя суммарная инвестиционная емкость проектов составляет не менее 100 млрд. дол. на период до 2005 г.

Истощен поисковый задел, поскольку в последние годы основные объемы геологоразведочных работ были ориентированы на поддержание текущей добычи в районах разрабатываемых месторождений.

Ухудшаются технико-экономические показатели отработки месторождений в традиционных горно-добывающих районах в связи с ростом глубин карьеров, шахт, рудников, обводненности нефтяных залежей, падением пластовых давлений.

Сырьевая база освоенных ранее регионов в значительной степени истощена. Несмотря на значительное сокращение объемов добычи, обеспеченность разведенными запасами снижается из-за более резкого спада объемов геологоразведочных работ и сокращения прироста запасов.

Усиливается отставание России в уровнях потребления минеральных ресурсов в противовес с общемировыми тенденциями прямой зависимости социально-экономического прогресса от объемов потребления минерально-сырьевых ресурсов.

Интенсивность освоения месторождений и использования минерально-сырьевой базы не отвечает реальным возможностям ресурсного потенциала.

Вместе с тем, за годы экономических реформ удалось осуществить перевод геологической службы страны на рыночные рельсы, создать и реализовать механизмы доступа к недрам, лицензионную систему недропользования.

Минерально-сырьевая база страны, созданная многими поколениями геологов, пока остается самодостаточной. Открытие новых месторождений, геологическое изучение суши и шельфа, работы в Мировом океане, хотя и в значительно сокращенных масштабах, продолжаются.

Возникшие трудности на пути изучения, выявления и освоения сырьевого потенциала главным образом находятся в сферах законодательства, налоговой системы и системы государственного регулирования.

Дальнейшее развитие минерально-сырьевой базы ориентируется на целевое ее наращивание с учетом востребованности: сырье нужного качества, в нужное время и в нужном месте.



# НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЕ

УДК 55:347.78

© В.Ю.Зайченко, 2001

## КЛАССИФИКАЦИЯ ОБЪЕКТОВ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ В СФЕРЕ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ И ИХ ПРАВОВАЯ ОХРАНА

**В.Ю.Зайченко (ВНИИгеосистем)**

*Обсуждаются вопросы интеллектуальной собственности в области недропользования и их правовое обеспечение в России.*

В последнее время в официальных документах и научной литературе все чаще используются термины «интеллектуальная деятельность», «интеллектуальная собственность» и др., основой которых является слово «интеллект», что в переводе с латинского (*intellectus*) означает познание, понимание, рассудок, т.е. способность мышления, рационального познания. Тождественные ему по смыслу слова в исторической философии — ум, логос, рассудок, разум. В русском языке аналогом словосочетания «интеллектуальная деятельность» является словосочетание «творческая деятельность», подразумевающее рождение чего-то качественно нового, отличающегося неповторимостью, оригинальностью и общественно-исторической уникальностью [2, 19].

Таким образом, понятие термина «интеллектуальная собственность» можно представить как собственность, создаваемую в процессе творчества, творческого труда, при которых используются рассудок и разум как способность мышления и рационального познания [15].

На основании обобщения имеющихся публикаций и нормативных актов автор задался целью уточнить, что собой представляет данный вид собственности по форме и содержанию не только в широком смысле этого слова, но и в более конкретной области человеческой деятельности — в сфере геологического изучения и использования недр как наиболее научной области общественно-производственных отношений.

Собственность как определенная общественная форма присвоения материальных благ является основным фактором формирования общественно-экономических формаций и общественно-производственных отношений в обществе. Наиболее важная характеристика соб-

ственности — это возможность собственника использовать ее по своему желанию и невозможность ее использования без согласия собственника [3, 15]. Безусловно, в каждой стране существуют свои правила реализации этого права собственника, которые устанавливают определенные пределы осуществления этого права, например, на землю, недра, сооружение различных объектов и т.д. [16]. Собственник должен соблюдать правовые требования, определяемые законом, и подчиняться административным решениям.

Различают три вида собственности: 1) собственность, состоящая из движимых вещей; 2) недвижимая — земля и постоянно находящиеся на ней объекты; 3) интеллектуальная, объектами которой являются творения человеческого разума, человеческого интеллекта. Интеллектуальную собственность можно рассматривать как социальный феномен и одно из ключевых понятий мирового сообщества XX века. Для современной России это сравнительно новое явление.

Интеллектуальная собственность создается в результате интеллектуальной деятельности (творчества) гражданина или юридического лица, а также при создании или приобретении юридическим лицом средств индивидуализации его продукции, работ или услуг. Творчество специфично только для человека, так как всегда предполагает творца — субъекта творческой деятельности. В природе происходит процесс развития, но не творчества [14]. Таким образом, творчество присуще творческой личности и никому другому.

Средства индивидуализации юридического лица — фирменные наименования, товарные знаки, знаки обслуживания и т.д. — тоже продукты творчества, но не юридического лица как субъекта, а отдельных личностей, ко-

торые создали их по заказу (договору). Они могут быть приобретены юридическим лицом у других физических или юридических лиц по френчайзингу.

В Гражданском кодексе Российской Федерации [4] интеллектуальная собственность определяется как исключительное право гражданина или юридического лица на результаты интеллектуальной деятельности и приравненные к ним средства индивидуализации, т.е. этот вид собственности представляется в нематериальной форме. Этим интеллектуальная собственность коренным образом отличается от других видов собственности как объекта гражданских прав, включая вещи, деньги и ценные бумаги, иное имущество, в том числе имущественные права, работы, услуги, информацию, нематериальные блага [4].

Другими словами, можно сказать, что интеллектуальная собственность в отличие от собственности на движимое и недвижимое имущество выражается не в виде прав на материальные объекты творческой деятельности как таковые — информацию на материальных носителях, произведения различного рода, полезные модели, опытные образцы, товарные знаки, фирменные наименования и т.д., а в виде прав на содержащиеся в них реализованные или нереализованные идеи, технические или технологические решения. Типичным примером этого явления может служить ноу-хау, содержащее технические знания, секреты производства, административный, финансовый, коммерческий или иной опыт, применяемый в деятельности данного предприятия, организации (фирмы, компания и т.д.), которые еще не стали всеобщим достоянием. Интеллектуальной собственностью в этом случае является не лист бумаги, чертежи или электронные носители, а информация, содержащаяся в них. Еще более необычны в качестве собственности — гипотезы, открытия и изобретения, главная ценность которых заключается в идее, а не в самом материале, представленном в виде различных носителей с их описанием [2].

Интеллектуальная собственность обычно подразделяется на промышленную собственность и на произведения, охраняемые авторским правом. Конвенция об учреждении Всемирной организации интеллектуальной собственности (ВОИС) при ООН, принятая в Стокгольме 14 июля 1967 г., предусматривает, что объектами права интеллектуальной собственности являются: литературные художественные произведения и научные труды; исполнительская деятельность артистов, фонограммы и радиопередачи; изобретения во всех областях человеческой деятельности; научные

открытия; промышленные образцы; товарные знаки, знаки обслуживания и коммерческие наименования и обозначения; пресечение недобросовестной конкуренции.

К промышленной собственности относятся, прежде всего, изобретения — новые решения технических задач, которые реализованы в полезных моделях, опытных промышленных образцах, а также в экспериментальных установках. Кроме того, к промышленной собственности относятся товарные знаки, знаки обслуживания, коммерческие наименования и обозначения, в том числе и указания на источник происхождения и наименования места происхождения товара, а также защита от недобросовестной конкуренции. Такие объекты промышленной собственности обычно представляют собой знаки, передающие информацию потребителям о предлагаемых на рынке продуктах и услугах и о том, что защита направлена против неправомочного использования этих знаков, которое может вводить в заблуждение потребителей [12].

Безусловно, словосочетание «промышленная собственность» недостаточно точное, поскольку речь идет не только об изобретениях, представляющих интерес для промышленности, но и о товарных знаках, коммерческих наименованиях и т.д., которые представляют интерес и для других отраслей человеческой деятельности, главным образом для торговли. Вместе с тем, выражение «промышленная собственность» приобрело, особенно в европейских языках, значение, которое охватывает не только изобретения, но и другие упомянутые выше объекты и широко используется не только в научных статьях, но и в официальных документах.

К объектам, охраняемым авторским правом, относятся:

произведения как результаты творческого труда в области науки, техники, литературы, искусства, производства, отвечающие признакам, установленным авторским правом;

производные произведения как результаты переработки (преобразования) произведений науки, техники, литературы, искусства, полученные в процессе творческой деятельности (переводы, рефераты, обзоры и т.д.);

составные произведения как результаты обобщения, соединения имеющихся произведений или их частей, представляющие собой законченное целое (справочники, энциклопедии, тезаурусы и т.д.), полученные в процессе творческого труда;

программы для ЭВМ и базы данных, являющиеся результатом творческой деятельности;

топологии интегральных микросхем;  
произведения живописи, скульптуры, графики, дизайна и другие произведения изобразительного искусства;  
изображения (рисунки, эскизы, геологические и другие карты, планы, чертежи и т.д.), выполненные в процессе творческого труда;  
музыкальные и аудиовизуальные произведения;  
объемно-пространственные произведения (скульптура, модель, макет, сооружение и т.д.) [5].

Приведенный перечень может быть дополнен за счет любых других объектов, являющихся результатом творческой деятельности их авторов.

**Классификация.** Геологическое изучение и использование недр — особая область человеческой деятельности, в которой реализуются не только научно-познавательные цели, но и чисто практические по обеспечению народного хозяйства минеральным сырьем, созданию методов прогнозирования и защиты от разрушительных геологических явлений (оползни, сели, землетрясения, цунами и т.д.), а также методов гармоничного существования сообщества людей и окружающей среды (ноосфера).

В этой области используются знания всего спектра наук — естественных, общественных и технических, которые объединены в систему «наука—техника—производство» с ведущей ролью науки. Благодаря этому наиболее распространенный в этой сфере класс некорректных (т.е. не имеющих единственного решения) задач решается достаточно успешно. Для определения объектов интеллектуальной собственности важно выделить те виды деятельности, которые наиболее широко используются в сфере геологического изучения и использования недр и уже в пределах этих видов выделить объекты, создание которых сопряжено с интеллектуальной деятельностью. Это, прежде всего, научная деятельность, которая в Законе Российской Федерации «О науке и государственной научно-технической политике» получила следующее определение [7]: «Научная (научно-исследовательская) деятельность — деятельность, направленная на получение и применение новых знаний, в том числе: фундаментальные научные исследования — экспериментальная или теоретическая деятельность, направленная на получение новых знаний об основных закономерностях строения, функционирования и развития человека, общества, окружающей среды; прикладные научные исследования, направленные преимущественно на применение новых знаний для

достижения практических целей и решения конкретных задач». В нем же в статье 2 дано определение и научно-технической деятельности как деятельности, направленной на получение, применение новых знаний для решения технологических, инженерных, экономических, социальных, гуманитарных и иных проблем, обеспечения функционирования науки, техники и производства как единой системы. К производственной деятельности в экономической науке отнесена деятельность в процессе создания материальных благ на основе использования накопленных знаний [3, 25]. В сфере геологического изучения и использования недр производственная деятельность в общей системе «наука—техника—производство» является весьма наукоемкой, что требует использования всей гаммы накопленных в области науки и техники научных знаний, а следовательно, и творческого их использования для достижения поставленных целей. Вот почему многие результаты производственного труда в этой области обладают признаками объектов интеллектуальной деятельности, перечисленных выше. Это, прежде всего, признаки, определяющие форму и виды интеллектуальной деятельности, правовые признаки — авторское и патентное право, право ноу-хау и др., а также признаки, определяющие интеллектуальную собственность на создаваемые объекты творческого труда. Основным критерием определения интеллектуальной собственности среди перечисленных признаков, позволяющим установить наличие именно этого вида собственности в сфере геологического изучения и использования недр, является документальное подтверждение исключительных прав на создаваемые объекты [19, 21].

Особым видом интеллектуальной деятельности специалистов, занятых в сфере геологического изучения и использования недр, является творчество в области литературы и искусства. Оно возникает в процессе профессионального труда под впечатлением красот окружающей природы, энтузиазма и вдохновения работающих рядом людей. Результаты этого творчества относятся к произведениям литературы и искусства и, несмотря на то, что создаются в основном в нерабочее время, отражают специфику труда геологов, горняков, буровиков, геофизиков и многих работников смежных профессий. По нашему мнению, эти произведения должны занять достойное место в общей классификации объектов интеллектуальной собственности. Они — неотъемлемая составляющая жизни и труда людей, занятых в этой сфере, и, наряду с другими результатата-

**Классификация видов интеллектуальной деятельности и объектов интеллектуальной собственности в сфере геологического изучения и использования недр**

Виды деятельности	Результаты интеллектуальной деятельности	Формы представления результатов интеллектуальной деятельности	Объекты результатов интеллектуальной деятельности		Интеллектуальная собственность (ИС)	Документальное подтверждение исключительных прав на ИС	Акты правовой охраны интеллектуальной собственности в Российской Федерации
			материальные	нематериальные			
Научная	Новые знания	Гипотезы, открытия, теории, концепции, прогнозы, классификации и т.д.	Документированная информация на материальных носителях (бумага, магнитные ленты, магнитные и оптические диски, перфокарты)	Авторское право, право на открытие, на патент, конфиденциальная информация	Исключительное право гражданина или юридического лица на открытия, теории, произведения, концепции и т.д., представленные на материальных носителях	Дипломы или свидетельства об открытии, патенты, свидетельства о регистрации, знаки «комеррайт» и «коммерческая тайна»	Конституция, Гражданский кодекс и законы Российской Федерации
Научно-техническая	Решение прикладных геологических, геофизических, геомеханических, технологических, геодинамических, экологических, экономических и других задач на базе новых знаний	Изобретения, алгоритмы и программы, методики и технологии, конструкторские и технологические решения, кадастры, балансы, геологические и другие карты и разрезы, научные отчеты, справочники, учебники, обзоры, руководства, ГОСТы, ОСТы, полезные модели, опытные образцы	Документированная информация на любых материальных носителях, научно-техническая проработка в объемно-пространственном виде (модели, опытные образцы, испытательные стенды, экспериментальные коллекции и т.д.)	Авторское право, право на изобретения и открытия, патент, промышленную собственность, ноу-хау, товарные знаки, знаки обслуживания и места происхождения товаров	Исключительное право гражданина или юридического лица на результаты творческой деятельности	Дипломы, свидетельства о регистрации, патенты, знаки «копирайт» и «коммерческая тайна»	То же

Виды деятельности	Результаты интеллектуальной деятельности	Формы представления результатов интеллектуальной деятельности	Объекты результатов интеллектуальной деятельности		Интеллектуальная собственность (ИС)	Документальное подтверждение исключительных прав на ИС	Акты правовой охраны интеллектуальной собственности в Российской Федерации
			материальные	нематериальные			
Производственная	Решение производственных геологических, геофизических и геодинамических задач на базе накопленных научных знаний	Геологические отчеты, геологические, геофизические и другие карты и разрезы, планы подсчета запасов полезных ископаемых, оценки технологических и других задач на базе накопленных научных знаний	Документированная информация на лобых материальныхносителях, научно-техническая продукция в объемно-пространственном виде (усовершенствованные образцы аппаратуры и оборудования, коллекторы пород и руд, эталонные скважины и т.д.)	Авторское право, право на открытие изобретений, изобретения, радиоизоторское предложение, патент, товарные знаки и места происхождения товара, ноу-хау	То же	Свидетельства об открытиях, радиоизоторских предложений, дипломы первооткрывателя, патенты, знаки «копирайт» и «коммерческая тайна»	То же
Деятельность в области литературы и искусства	Литературные, художественные, скульптурно-декоративные, аудиовизуальные и другие произведения	Повести, рассказы, стихи, песни, живопись, картины, рисунки, фотокадры, скульптуры, макеты, муляжи, кино-, теле- и видеофильмы и другие произведения	Документированная информация на материальных носителях, объемно-пространственные композиции, фотодокументы, аудиовизуальная продукция	Авторские права на произведения	Изобретательское право гражданина или юридического лица на произведение литературы и искусства	Дипломы, свидетельства, знаки «копирайт»; Ф.И.О. со-зателей на материальных носителях произведений	Конституция Российской Федерации, Закон РФ «Об авторских и смежных правах»

ми научной и производственной деятельности, на наш взгляд, нуждаются в правовой охране.

Обобщение вышеизложенного позволило разработать классификацию видов интеллектуальной деятельности и объектов интеллектуальной собственности в сфере геологического изучения и использования недр (таблица), которая может применяться не только для определения объектов интеллектуальной собственности, но и для установления формальных оснований для признания субъектов, творческим трудом которых она создана, а также для определения возможностей их правовой охраны. В таблицу включены объекты интеллектуальной деятельности, которые прямо не указаны как объекты права в имеющихся законодательных актах Российской Федерации, но по всем признакам к ним относящиеся.

Так, документированная информация об открытиях месторождений полезных ископаемых не включена в перечень объектов, являющихся произведениями, а следовательно, и объектами авторских прав (статья 7 Закона [5]), однако в их число входят географические, геологические и другие карты, планы, эскизы и т.д., относящиеся к географии, топографии и другим наукам. Следовательно, можно считать, что документальное описание этих карт и планов по месторождениям, равно как и по другим объектам геологических, геофизических и других исследований, может относиться к объектам авторских прав, если на оригинале или на экземпляре документов указаны фамилии авторов (автора) (статья 9, пункт 2 Закона [5]).

В случае, если авторы (автор) при открытии месторождения использовали знак «копирайт» для оповещения своих прав на охрану авторского права (статья 9, пункт 1 Закона [5]), интеллектуальной собственностью будет не месторождение как материальный объект, а информация о нем, содержащаяся в картах, планах, эскизах и геологических отчетах, прилагаемых к ним. Более того, косвенным подтверждением авторских прав первооткрывателей и разведчиков является норма Закона РФ «О недрах», которая гласит: «Лица, открывшие и (или) разведавшие имеющее промышленную значимость неизвестное ранее месторождение, а также выявившие дополнительные запасы полезных ископаемых или новое минеральное сырье в ранее известном месторождении, существенно увеличивающие промышленную ценность, имеют право на государственное денежное вознаграждение» (статья 34 Закона [8]). Таким образом, документированная информация о результатах ис-

следований на объектах недропользования, содержащая нечто новое, оригинальное, неповторимое и общественно-исторически уникальное, несомненно, должна быть отнесена к объектам авторского права, а содержащиеся в них сведения к интеллектуальной собственности.

При аналогичном подходе многие результаты творческого труда в сфере геологического использования недр можно будет отнести к интеллектуальной собственности со всеми вытекающими отсюда правовыми последствиями, которые гарантированы Конституцией Российской Федерации. В России уже создана законодательная база правовой охраны интеллектуальной собственности, которая может с успехом использоваться для защиты гражданских прав создателей этого вида собственности [4—10, 12, 23, 24].

Знания, опыт, открытия, идеи, информация и т.д. превращаются в важную движущую силу современного мира, что способствует расширению объектов собственности и выделению интеллектуальной собственности в самостоятельный вид, который требует специального экономического, юридического, социологического анализа применительно к конкретной сфере человеческой деятельности.

В условиях рыночной экономики исключительные права на продукты творчества давно стали товаром, который можно и нужно отчуждать в товарно-денежной форме. Результаты интеллектуального труда стали прибыльным товаром, который можно продать в форме знаний, научных разработок, программ для ЭВМ, информации и т.д. с большой выгодой для собственников. Доход, полученный от реализации этих продуктов, является движущей силой научно-технического прогресса в общественном развитии.

Таким образом, развитие рынка научно-технической продукции и интеллектуальных услуг во многом определяет становление современных общественных формаций. Однако в рыночных условиях одновременно возникает актуальная задача охраны результатов интеллектуальной деятельности, что требует разработки как базовых понятий, так и законодательных норм, регулирующих взаимоотношения между субъектами правоотношений в различных сферах человеческой деятельности. Настоящая статья — первая попытка систематизации этих вопросов в сфере геологического изучения и использования недр.

**Правовая охрана интеллектуальной собственности.** Охрана интеллектуальной собственности предусмотрена в Конституции Российской Федерации, Гражданском кодексе

РФ, а также в ряде законодательных актов Российской Федерации.

Статья 44, пункт 1 Конституции Российской Федерации гласит: «Каждому гарантируется свобода литературного, художественного, научного, технического и других видов творчества, преподавания. Интеллектуальная собственность охраняется законом» [18]. Гражданский кодекс Российской Федерации в статье 138 конкретизирует понятие интеллектуальной собственности и порядок ее использования: «В случаях и в порядке, установленных настоящим Кодексом и другими законами, признается исключительное право (интеллектуальная собственность) гражданина или юридического лица на результаты интеллектуальной деятельности и приравненные к ним средства индивидуализации юридического лица, индивидуализации продукции, выполненных работ и услуг (фирменное наименование, товарный знак, знак обслуживания и т.п.). Использование результатов интеллектуальной деятельности и средств индивидуализации, которые являются объектом исключительных прав, может осуществляться третьими лицами только с согласия правообладателя» [4].

Другим законом Российской Федерации, устанавливающим порядок охраны исключительных прав на отдельные виды интеллектуальной собственности, является Закон РФ «Об информации, информатизации и охране информации», который регулирует отношения, возникающие при: формировании и использовании информационных ресурсов на основе создания, сбора, обработки, накопления, хранения, поиска, распространения и предоставления потребителю документированной информации; создании и использовании информационных технологий и средств их обеспечения; защите информации, прав субъектов, участвующих в информационных процессах и информатизации [6]. Этот закон не затрагивает отношений, регулируемых законом Российской Федерации «Об авторском праве и смежных правах». Последний регулирует отношения, возникающие в связи с созданием и использованием произведений науки, литературы и искусства (авторское право); фонограмм, исполнений, постановок, передач организаций эфирного или кабельного вещания (смежные права) [5]. Закон РФ «Об авторском праве и смежных правах» определяет сферы действия авторского права, объекты авторского права, возникновение авторского права, личные неимущественные права и имущественные права авторов, порядок использования объектов авторского права и ряд других основополагающих норм в области авторского пра-

ва. В области геологического изучения и использования недр основными законами, определяющими собственника геологической информации о недрах, а также порядок и условия ее использования, служат Законы Российской Федерации «О недрах» и «О соглашениях о разделе продукции» [8, 11].

В России действует ряд других законодательных актов, регулирующих отношения, возникающие при создании и использовании конкретных объектов интеллектуальной собственности — изобретений, программ для ЭВМ и баз данных, полезных моделей, промышленных образцов, товарных знаков и т.д. Уже разработана достаточно обширная законодательная база, регулирующая отношения при создании и использовании интеллектуальной собственности, применение которой по мере углубления рыночных отношений будет возрастать.

Учитывая, что объекты интеллектуальной собственности и исключительные права их создателей (интеллектуальная собственность) неразрывно связаны между собой, последующее изложение построено с учетом этих связей.

*Охрана авторских и смежных прав (копирайт).* Копирайтом охраняются следующие объекты интеллектуальной собственности.

Произведения и их виды. К произведениям относятся результаты творческого труда в области науки, техники, производства, отвечающие признакам, установленным авторским правом, а именно: наличие авторства, новизна, оригинальность, общественно-историческая значимость.

Перечень объектов, относящихся к произведениям в сфере геологического изучения недр, приведен в таблице и в работе [13].

По правовому режиму выполнения произведения и их виды могут быть: служебными, созданными в порядке служебных обязанностей по заданию работодателя; личными, созданными по личной инициативе автора; коллективными, созданными по инициативе группы разработчиков (авторов).

Копирайтом охраняется выражение авторской идеи, изложенной в произведении, а не сама идея. Выражение авторской идеи должно быть представлено на материальном носителе, только тогда оно будет защищаться от несанкционированного использования в любой форме согласно закону. Наглядным примером данного положения в сфере геологического изучения недр может служить право первооткрывателей на открытие месторождений полезных ископаемых. Авторы открытия не могут претендовать на месторождение как материальный объект, тем более, что недра и

находящиеся в них полезные ископаемые принадлежат государству, но могут претендовать на авторство содержания документированной информации об этом месторождении (карты, разрезы, подсчетные планы и т.д.), которые являются результатами их интеллектуального труда.

Подобные объекты в сфере недропользования до сих пор не рассматривались как объекты интеллектуальной собственности в силу того, что при социализме результаты творческого труда принадлежали государству, т.е. являлись государственной собственностью. В новых условиях хозяйствования пора устранить этот пробел, тем более, что законодательная база в России для этого имеется.

Произведения могут быть опубликованными или не опубликованными. Их правовая охрана не зависит от их качества или ценности, плохи или хороши они в эстетическом плане, отвечают ли цели, для которой предназначены.

В России произведения различного рода находятся под охраной Закона РФ «Об авторском и смежных правах» [5]. Согласно закону, автору в отношении его произведения принадлежат следующие личные неимущественные права: право авторства (признание автором произведения); право использовать или разрешать использовать произведение под подлинным именем автора, псевдонимом или без обозначения имени (право на имя); право на обнародование произведения в любой форме; право на защиту произведения, включая его название, от всякого искажения авторского текста. Именно эти права находятся под охраной вышеуказанного Закона.

При использовании произведений законом предусмотрены:

исключительные права автора на использование его произведения в любой форме и любым способом. Это означает право осуществлять или разрешать в отношении произведения следующие действия: воспроизводить, распространять экземпляры любым способом, импортировать экземпляры в целях распространения, публично показывать или исполнять, сообщать для всеобщего сведения, переводить, переделывать, аранжировать или другим образом перерабатывать произведение (статья 16, пункты 1, 2 Закона [5]);

авторское право на произведение, созданное в порядке выполнения служебных обязанностей или служебного задания работодателя (служебное произведение) (статья 14, пункт 1 Закона [5]);

исключительные права на использование произведения принадлежат лицу, с которым автор состоит в трудовых отношениях (работо-

дателю), если в договоре между ним и автором не предусмотрено иное (статья 14, пункт 2 Закона [5]).

Эти положения имеют принципиальное значение для определения прав создателей интеллектуальной собственности в сфере геологического изучения и использования недр, так как исполнители работ в этой области в подавляющем большинстве случаев ведут исследования за счет средств работодателей.

В более полном объеме нормы права создателей объектов авторских прав изложены в Законе РФ «Об авторском и смежных правах» [5]. Завершая рассмотрение объектов интеллектуальной деятельности в виде произведений, необходимо отметить, что их правовая охрана достаточно хорошо обеспечена российским законодательством.

Программы для ЭВМ и базы данных. В связи с бурным развитием компьютеризации всех сфер деятельности в обществе сфера геологического изучения и использования недр не стала исключением, а, наоборот, представляет одну из передовых областей, где широко используются разнообразные электронно-вычислительные системы от регистрационных до аналитически-обрабатывающих большие массивы разнородной информации. В связи с этим происходит бурное развитие процессов создания системного и специального программного обеспечения вычислительной техники для решения как геолого-геофизических задач, так и задач по управлению производством.

Правовая охрана программ для ЭВМ и баз данных обеспечивается Законом РФ «О правовой охране программ для электронных вычислительных машин и баз данных» [9]. Программы для ЭВМ и базы данных относятся к объектам авторского права: программы рассматриваются как произведения, а базы данных как сборники. Авторское право распространяется на любые программы для ЭВМ и базы данных, как выпущенные, так и не выпущенные в свет, представленные в объективной форме, независимо от их материального носителя, назначения и достоинства, являющиеся результатом творческой деятельности авторов [22]. Творческий характер деятельности авторов предполагается до тех пор, пока не доказано обратное (статья 3, пункты 1 и 2 Закона [9]).

Правовая охрана не распространяется на идеи и принципы, лежащие в основе программ для ЭВМ или базы данных, или какого-либо их элемента, в том числе на идеи и принципы организации интерфейса и алгоритма, а также на языки программирования (статья 3, пункт 5 Закона [9]). Авторское право на программы для

ЭВМ и базы данных не связано с правом собственности на их материальный носитель. Любая передача прав на материальный носитель не влечет за собой передачи каких-либо авторских прав на программы для ЭВМ и базы данных (статья 3, пункт 6 Закона [9]). В целом указанный закон достаточно хорошо обеспечивает правовую охрану рассматриваемых объектов интеллектуальной собственности.

**Топологии интегральных микросхем.** Этот вид объектов интеллектуальной собственности не характерен для сферы геологического изучения и использования недр, однако в ряде продвинутых в научном плане опытно-конструкторских бюро и научных организациях, они могут создаваться. В связи с этим отметим лишь, что авторское право создателей топологий интегральных микросхем охраняется Законом РФ «О правовой охране топологий интегральных микросхем» [10].

**Геологическая информация.** В сфере геологического изучения и использования недр создается достаточно много видов документированной информации, которые могут обладать признаками интеллектуальной собственности и по главному критерию относиться к таким объектам и не обладать подобными признаками, а следовательно, и не относиться к ним [1].

Главный признак отнесения результатов деятельности индивидуумов к объектам интеллектуальной собственности — правовое признание исключительных прав на эти объекты, а следовательно, и наличие правовой охраны.

Согласно Закону РФ «Об информации, информатизации и защите информации», «защищать подлежит любая документированная информация, неправомерное обращение с которой может нанести ущерб ее собственнику, владельцу, пользователю или иному лицу» (статья 21 Закона [6]), а собственник геологической информации, а также условия ее охраны определяются согласно статье 27 Закона РФ «О недрах» [8].

Документированная геологическая информация, относимая к объектам интеллектуальной собственности, имеет правовую охрану, представленную в разделах «Произведения и их виды» и «Охрана промышленной собственности» настоящей статьи.

**Охрана промышленной собственности.** Понятие промышленной собственности иногда неправильно отождествляют с движимой и недвижимой собственностью, используемой в промышленном производстве. Однако промышленная собственность — это вид интеллектуальной собственности, к объектам которой относятся творения человеческого разума.

Парижская конвенция (1967 г.) предусматривает, что объектами охраны являются: изобретения; полезные модели; промышленные образцы; товарные знаки; знаки обслуживания; фирменные наименования; указания на источник; наименование места происхождения товара и пресечения недобросовестной конкуренции.

**Изобретения, полезные модели, промышленные образцы.** Перечисленные объекты, как правило, охраняются патентами или свидетельствами, которые обеспечивают их юридическую защиту. Имущественные, а также связанные с ними личные неимущественные отношения, возникающие в связи с созданием, правовой охраной и использованием объектов промышленной собственности, регулируются Патентным законом Российской Федерации [20].

К изобретениям относятся разработки, содержащие определенный уровень изобретательского творчества, новизну и промышленную применяемость. Объектами изобретения могут быть устройство, способ, вещество, штамм микроорганизма, культуры клеток растений и животных, а также применение известного ранее устройства, способа, вещества, штамма по новому назначению (статья 4, пункт 2 Закона [20]).

Не признаются патентоспособными изобретениями научные теории и математические методы; методы организации и управления хозяйством; условные обозначения, расписания, правила; методы управления умственными операциями; алгоритмы и программы для вычислительных машин; проекты и схемы планировки сооружений, зданий и т.д.; решения, касающиеся только внешнего вида изделий; топологии интегральных микросхем; сорта растений и породы животных; решения, противоречащие общественным интересам, принципам гуманности и морали (статья 4, пункт 3 Закона [20]). Интеллектуальная собственность (неимущественные права) охраняется патентами, удостоверяющими приоритет авторства изобретения и исключительное право на его использование, действующими в течение 20 лет, считая с даты поступления заявки в Патентное ведомство.

К полезным моделям относится конструкторское выполнение средств производства и предметов потребления, а также их составных частей, если оно является новым и промышленно применимым (статья 5, пункт 1 Закона [20]). Не признаются полезными моделями объекты, перечисленные выше в статье 4, пункте 3 Закона [20]. Правовая охрана полезным моделям предоставляется согласно свидетельству на полезную модель, выдаваемому Па-

тентным ведомством сроком на пять лет со дня поступления заявки. Срок действия свидетельства может быть продлен по ходатайству правообладателя, но не более чем на три года (статья 3, пункт 8 Закона [20]).

К промышленным образцам относится художественно-конструкторское решение изделия, определяющее его внешний вид. Промышленному образцу предоставляется правовая охрана, если он является новым, оригинальным и промышленно применимым. Соответствие изделия промышленному образцу подтверждается патентом, выданным Патентным ведомством на срок 10 лет. По ходатайству правообладателя действие патента продлевается, но не более чем на пять лет (статья 3, пункт 3 Закона [20]). Правовая охрана промышленных образцов осуществляется в соответствии с нормами Патентного закона Российской Федерации.

Задача, которую обеспечивает патент, означает, что любой, кто пожелает использовать изобретение, полезную модель или промышленный образец, должен получить разрешение у патентообладателя на его использование. Права на защиту и соответствующий механизм не оговариваются в документе, называемом патентом. Они отражены в Патентном законе Российской Федерации [20]. Права, обычно называемые исключительными правами на использование, как правило, включают: право на изготовление, использование, продажу и импорт продукта, в котором реализовано изобретение (в случае наличия патента на изобретение продукта); право на использование способа, который основан на изобретении, а также право на изготовление, использование, продажу и импорт продуктов, изготовленных данным способом (в случае наличия патента на изобретение способа). Использование запатентованного изобретения, полезной модели или промышленного образца без разрешения патентовладельца является противозаконным актом и может быть обжаловано в суде.

**Техническая информация.** К технической информации относятся документы, содержащие новые технические или технологические решения, отличающиеся новизной, оригинальностью и пригодностью для промышленного использования. Если техническая информация прилагается к патенту или свидетельству на изобретение, полезные модели или промышленные образцы (детальное описание, чертежи, формулы изобретения и т.д.), то она охраняется патентом. Если техническая информация является самостоятельным объектом творческой деятельности в области науки, техники и производства (описание рецеп-

туры буровых растворов, регламента работ, технологии отдельных операций и т.д.), то она рассматривается как объект авторского права, охрана которой осуществляется в соответствии с нормами Закона РФ «Об авторском праве и смежных правах» [5].

**Секреты производства (ноу-хау).** В процессе труда могут возникать секреты производства, к которым относятся технические и технологические знания, административный, финансовый, коммерческий и иной опыт, используемый в деятельности предприятия, организации, но которые еще не стали всеобщим достоянием и являются служебной или коммерческой тайной. Различают три вида ноу-хау: неотделимые от конкретного индивидуума (физического лица), в том числе индивидуальные навыки и умения; неотделимые от конкретного предприятия (юридического лица), в том числе технологии, основанные на традициях и предполагающие необычайно высокую культуру производства; отделимые в общем случае от предприятия или индивидуума, в том числе сознательно скрываемые технические сведения, чертежи, рисунки, сохраняемые в секрете патентоспособные результаты и т.д.

Объектами интеллектуальной собственности могут быть ноу-хау только третьего вида, которые можно объективизировать и считать продуктами возможного потребления. Ноу-хау могут быть выражены в форме технической информации или в объемно-пространственном виде (модели, образцы продукции и т.д.), в которых использованы секреты производства. Если ноу-хау включены в патентную документацию, то они находятся под охраной Патентного закона Российской Федерации [20]. Ноу-хау, содержащиеся в документах предприятия или организации, владелец должен содержать в режиме конфиденциальной информации. В этом случае они будут находиться под охраной Гражданского кодекса РФ (статья 139) и Закона РФ «Об информации, информатизации и защите информации» (статья 21) [4, 6].

**Товарный знак и знак обслуживания.** Товарный знак и знак обслуживания (далее товарный знак) — это обозначения, дающие возможность отличать соответственно товары и услуги одних юридических или физических лиц от однородных товаров или услуг других юридических или физических лиц. Товарный знак может стать объектом интеллектуальной собственности только при его регистрации в Патентном ведомстве Российской Федерации в соответствии с Законом РФ «О товарных знаках, знаках обслуживания и наим-

менованиях мест происхождения товаров» [12]. Правовая охрана товарного знака предоставляется на основании его регистрации.

Необходимо отметить, что в сфере геологического изучения и использования недр вопросу регистрации товарных знаков не уделяется должного внимания; такие аббревиатуры как ЦНИГРИ, ВИРГ и другие, кроме знаков индивидуализации юридического лица, давно стали товарным знаком продукции, работ и услуг этих организаций, однако они не имеют правового подтверждения.

**Наименование места происхождения товара.** Наименование места происхождения товара — это название страны, населенного пункта, местности или другого географического объекта, используемого для обозначения товара, особые свойства которого исключительно или главным образом определяются характерными для данного географического объекта природными или людскими факторами, например: магнитометр М-27, «Геологоразведка», г. Санкт-Петербург; инклинометр ИТ-200, Геофизприбор, г. Киев.

Правовая охрана наименования места происхождения товара как интеллектуальной собственности наступает только при его регистрации в Патентном ведомстве Российской Федерации в соответствии с Законом РФ «О товарных знаках, знаках обслуживания и наименованиях мест происхождения товаров» [12]. Прекращение подобной правовой охраны может наступить в связи с исчезновением характерных для данного географического объекта признаков, условий и невозможностью производства товара с указанными в Реестре свойствами (статья 42, пункт 2 Закона [12]).

**Недобросовестная конкуренция.** Одним из элементов промышленной собственности является право на пресечение недобросовестной конкуренции, т.е. таких актов конкуренции, которые противоречат честной промышленной или торговой практике. Спектр деятельности, которую можно назвать нечестной конкуренцией, достаточно широк.

Парижская конвенция (1967 г.) определяет как недобросовестную конкуренцию следующие три ее вида: 1) все действия, ведущие к тому, что потребитель может принять предприятие, товары, промышленную или коммерческую деятельность данной фирмы за предприятие, товары, промышленную или коммерческую деятельность конкурента; 2) ложные заявления в ходе коммерческой деятельности, дискредитирующие предприятие, товары, промышленную или коммерческую деятельность конкурента; 3) использование в ходе коммерческой деятельности указаний или обо-

значений, которые вводят в заблуждение относительно природы, способа изготовления, характеристик, пригодности для определенных целей или количества товаров.

Существуют еще 12 видов деятельности, которые определяются как недобросовестная конкуренция. Они приведены в комментариях к Типовому закону по товарным знакам, фирменным наименованиям и актам недобросовестной конкуренции, разработанному ВОИС для входящих в нее стран. В России специального закона о недобросовестной конкуренции пока нет, однако это не значит, что неправомерные действия конкурентов по отношению к правообладателям интеллектуальной собственности не могут быть пресечены. Все вышеупомянутые законы Российской Федерации, касающиеся объектов авторских прав и промышленной собственности, содержат положения о порядке защиты прав правообладателей, которые могут быть использованы при установлении фактов недобросовестной конкуренции в суде.

В сфере геологического изучения и использования недр еще недостаточно развита практика правовой борьбы с недобросовестной конкуренцией, однако дальнейшее развитие рыночных отношений потребует использования юридических знаний в этой области.

**Ответственность за нарушение прав правообладателей интеллектуальной собственности.** Лица, допустившие нарушение прав правообладателей интеллектуальной собственности, согласно законодательству Российской Федерации, несут административную и уголовную ответственность.

В Патентном законе РФ указано, что: «Присвоение авторства, принуждение к соавторству, незаконное разглашение сведений об объекте промышленной собственности влечут за собой уголовную ответственность в соответствии с законодательством Российской Федерации» (статья 132).

В Уголовном кодексе Российской Федерации имеются статьи, предусматривающие наказание виновных за нарушения авторских (статья 146), изобретательских и патентных прав (статья 147).

В Гражданском кодексе Российской Федерации предусмотрено положение о возмещении убытков за разглашение коммерческой тайны, которое было допущено должностными или другими лицами (статья 139, пункт 2).

Административная ответственность наступает, если нарушения по своему характеру не влекут за собой в соответствии с действующим законодательством уголовной ответственности [17].

Таким образом, можно констатировать, что в российском законодательстве предусмотрены достаточно жесткие меры, направленные на пресечение нарушений прав правообладателей интеллектуальной собственности.

Институт интеллектуальной собственности в сфере геологического изучения и использования недр далеко не изучен и существуют достаточно большие пробелы в законодательстве Российской Федерации по авторскому и патентному правам особенно в части конкретизации объектов, относящихся к объектам права в различных областях интеллектуальной деятельности. Однако имеющаяся законодательная база в России, а также международный опыт в области правовых отношений при создании и использовании интеллектуальной собственности позволяют обеспечивать достаточно высокий уровень охраны результатов творческой деятельности на рынке продукции, работ и услуг в России. Эти правовые возможности должны быть более полно использованы для реализации заинтересованности творческих личностей, государства и частных компаний в развитии научно-технического прогресса в одной из важнейших областей деятельности, обеспечивающей минерально-сырьевую безопасность России — в сфере геологического изучения и использования недр.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бачило И.Л. Информация как предмет правоотношений // Научно-техническая информация. Сер. 1. Организация и методика информационной работы. М., 1997. № 9.
2. Бачило И.Л. Институты интеллектуальной собственности и информация // Проблемно-тематический сборник «Интеллектуальная собственность: современные правовые проблемы». М., 1998.
3. Большая советская энциклопедия. — М.: Советская энциклопедия, 1975.
4. Гражданский кодекс Российской Федерации, части I и II (полный текст). — М.: Изд-во «АКАЛИС», 1996.
5. Закон РФ «Об авторском праве и смежных правах» от 9 июля 1993 г. № 5352-1.
6. Закон РФ «Об информации, информатизации и защите информации» от 20 февраля 1995 г. № 24-93.
7. Закон РФ «О науке и государственной научно-технической политике» от 23 августа 1996 г. № 127-ФЗ.
8. Закон РФ «О недрах» от 3 марта 1995 г. № 27-93.
9. Закон РФ «О правовой охране программ для электронных вычислительных машин и баз данных» от 23 сентября 1992 г. № 3524-1.
10. Закон РФ «О правовой охране топологий интегральных микросхем» от 23 сентября 1992 г. № 3526-1.
11. Закон РФ «О соглашениях о разделе продукции» от 30 декабря 1995 г. № 225-ФЗ.
12. Закон РФ «О товарных знаках обслуживания и наименованиях мест происхождения товара» от 23 сентября 1992 г. № 3520-1.
13. Имущественные и авторские права на научно-техническую продукцию. Методические рекомендации. (Второе издание). — М.: Геоинформмарк, 1999.
14. Интеллектуальная собственность. Основные материалы. Пер. с англ. Ч. 1. — Новосибирск: ВО «Наука», 1993.
15. Интеллектуальная собственность. Терминологический словарь. — М.: Ин-т проблем комплексного освоения недр РАН, 1996.
16. Интеллектуальная собственность: современные правовые проблемы // Проблемно-тематический сборник. М., 1998.
17. Комментарий к Кодексу РСФСР об административных правонарушениях. — М.: Проспект, 1997.
18. Конституция Российской Федерации. Коммерсант. — М: Юридическая литература, 1994.
19. Нематериальные активы интеллектуальной деятельности. Методические рекомендации. — М.: Геоинформмарк, 1999.
20. Патентный закон РФ от 23 сентября 1992 г. № 3517-1.
21. Постановление Правительства Российской Федерации от 2 сентября 1999 г. № 982 «Об использовании результатов научно-технической деятельности».
22. Правила регистрации договоров на программы для электронных вычислительных машин, базы данных и топологии интегральных микросхем. Утверждены Роспатентом от 31 декабря 1998 г. № 245 // Бюл. нормативных актов ФОИВ № 3, 5 февраля 1999 г.
23. Указ Президента Российской Федерации от 22 июля 1998 г. № 863 «О государственной политике по вовлечению в хозяйственный оборот результатов научно-технической деятельности и объектов интеллектуальной собственности в сфере науки и технологий» // Собрание законодательства РФ. 1998. № 30.
24. Указ Президента Российской Федерации «О правовой защите результатов научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ военного, специального и двойного назначения» от 14 мая 1998 г. № 556.
25. Экономика и право // Энциклопедический словарь Габлера. М., 1998.



# ПРИКЛАДНАЯ МЕТАЛЛОГЕНИЯ

УДК 553.078

© Коллектив авторов, 2001

## ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ НА ЮГЕ РОССИИ

**В.Н.Труфанов, М.И.Гамов, Ю.Г.Майский, В.Г.Рылов, А.В.Труфанов  
(ГЕОТЕХЦЕНТР-ЮГ Ростовского государственного университета)**

На основании проведенного металлогенического анализа показано, что юг Русской платформы – один из наиболее перспективных регионов России для выявления промышленных скоплений высокодисперсных руд цветных, редких и благородных металлов. Это обусловлено благоприятным сочетанием геотектонических, литолого-формационных и термобарогеохимических факторов мобилизации, транспортировки и локализации рудных компонентов.

В последние годы в связи с новыми геополитическими и экономическими условиями в Российской Федерации кардинальным образом изменяется отношение геологической службы страны к перспективам обнаружения на территории европейской части России крупных месторождений цветных, редких и благородных металлов, новых и нетрадиционных видов горно-рудного минерального сырья. На фоне коренной перестройки и реструктуризации предприятий угольной промышленности наблюдается выраженная тенденция пересмотра перспектив ряда регионов Русской платформы и переходных областей в отношении открытия здесь новых источников титана, алмазов, золота, полиметаллических высокодисперсных руд, нефтегазового энергетического сырья, сопровождающихся нередко масштабными проявлениями металлоносных расолов.

Сейчас уже не вызывает сомнения тот факт, что бытующее представление о высокой и достаточной геологической и минерагенической изученности европейской части России весьма далеко от истинного положения дел в этой области [3, 12]. В полной мере это относится и к территории Юга России, геологическое строение которой и накопленный к настоящему времени фактический материал однозначно свидетельствуют о возможности открытия здесь промышленных месторождений титановых и железных руд, золоторудного, полиметаллического и редкометального минерального сырья.

В геотектоническом плане Юг России включает южное погружение Воронежской антеклизы, восточный склон Украинского щита, представленный Ростовским (Азовским) выступом кристаллического фундамента, юго-восточную часть Днепрово-Донецкого авлакогена, сложенного многокилометровыми толщами преимущественно каменноугольных угленосных формаций, сменяющегося к югу глубоко погруженной областью раздробленного докембрийского фундамента (Манычская система глубинных разломов), перекрытого слабо дислоцированными девонскими и каменноугольными отложениями Скифской плиты (Сальский прогиб, Южно-Ергенинский и Восточно-Ергенинский валы), которые, в свою очередь, перекрываются маломощным чехлом мезозойско-кайнозойских прибрежных, морских и континентальных фаций. Далее на территории Предкавказья расположены Азово-Кубанский и Терско-Кумский предгорные прогибы, разделенные Минераловодским выступом и Ставропольским сводом. Такая сложная в геотектоническом плане территория весьма слабо изучена в металлогеническом отношении.

Анализ литературных и фондовых материалов показывает, что металлические полезные ископаемые, в частности рудопроявления черных, цветных, редких и благородных металлов, на протяжении более чем 150-летней истории геологического изучения региона исследовались в ограниченных объемах. В дореволюционное время геологическое изучение

проводилось фактически только в связи с разведкой и эксплуатацией полиметаллических месторождений Садона, а также мелких месторождений железных руд в Сулинском районе, а в советский период включало поисково-разведочные работы на медноколчеданные руды Урупского типа, вольфрам-молибденовое оруденение Тырныаузского и Кти-Гебердинского типов, ртутное оруденение Северо-Западного Кавказа, колчеданно-полиметаллическое оруденение Дагестана типа Кизил-Дере, свинцово-цинковое оруденение Ингушетии и Северной Осетии. Отдельные поисковые работы велись на золотое оруденение в верховьях р. Лабы, на ильменит-цирконовые россыпи в морских и аллювиальных отложениях Ставропольского свода, Приазовья, долинах рек Аюта, Грушевка, Кадамовка, Тузлов, в ряде районов Волгоградской области, а также на медно-никелевое оруденение в кристаллическом фундаменте южного склона Воронежской антиклизы и золото-серебряное оруденение в пределах Ростовского выступа кристаллического фундамента и юго-восточного обрамления Восточного Донбасса [2, 9, 11].

Перспективы опоискованных участков на руды и россыпи были признаны в свое время отрицательными, хотя такие выводы вряд ли можно считать достаточно обоснованными, так как в настоящее время получены новые сведения, требующие существенного пересмотра сложившихся представлений о металлогении данной территории [4, 10, 14]. Так, в результате работ последних лет на территории Восточного Донбасса в терригенно-углеродистых породах карбона обнаружены многочисленные гидротермально-метасоматические проявления цветных, редких и благородных металлов, среди которых выделено несколько перспективных площадей (Керчикская, Чернореченская, Карамовская, Грушевская, Галутинская и др.) с прогнозными ресурсами от 50 до 100 т золота. Прогнозные ресурсы серебра можно оценить в 500—1000 т, а свинца, цинка и ртути — в первые десятки-сотни тысяч тонн [15, 16].

Линзовидные рудные тела и штокверковые рудоносные зоны контролируются здесь системой поперечных (субмеридиональных) тектонических нарушений, сопряженных с глубинным Персиановским надвигом субширотного простирания, и приурочены к гипабиссальным проявлениям позднепермских — раннемеловых андезитобазальтов и трахиандезитов, сопровождающихся сериями внутрипластиных силлов. Последние, в свою очередь, рвутся жилами и дайками лампрофиров, представленных мончикитами и керсантитами. Вмещающие породы — каменноугольные уг-

леродсодержащие сланцы, песчаники и известняки свиты  $C_2^5-C_3^1$  — подверглись интенсивному гидротермально-метасоматическому изменению и превращены в кварц-серicit-карбонат-хлоритовые флюидизиты, мощность которых варьирует от 200—250 до 800—1000 м, а глубина развития по геофизическим данным достигает нескольких километров. В экзоконтактовых зонах интрузивных тел песчаники превращены в кварцевые флюидизиты, прослои известняков — в пирит-пирротин-гранатовые скарны, а углистые прослои замещены массивными халькопирит-пирит-пирротиновыми рудами.

В рудных телах и минерализованных зонах присутствуют в повышенных количествах Cu, Pb, As, W, Mo, Li, Sb, Zn, Bi, Hg, Cd. Собственно благороднометальная минерализация с содержаниями Au от десятых долей до 2,5 г/т (участками до 150 г/т) связана с более поздними стадиями гидротермального процесса и ассоциирует с галенитом, сфалеритом и арсенопиритом.

Особого внимания заслуживает специфическая высокодисперсная форма выделения золота в составе рудных минеральных ассоциаций, что характерно для аналогичного оруденения в черносланцевых формациях крупнейших золоторудных месторождений Казахстана и Средней Азии [7]. Учитывая факт открытия ранее аналогичных объектов в соседнем Украинском Донбассе (Бобриковская площадь), а также новые представления о флюидодинамическом режиме и рудоносности Донецкого авлакогена [3, 13], можно утверждать, что золото-полиметаллический пояс оруденения протягивается по крайней мере на 200—250 км вдоль южного и северного обрамления Восточного Донбасса с прогнозными ресурсами цветных и благородных металлов, на порядок превышающими приведенные выше значения.

Другая генетическая разновидность золото-полиметаллического оруденения на Юге России — многочисленные рудопроявления, обнаруженные в древнем докембрийском кристаллическом фундаменте вдоль южного борта Донецкого авлакогена. Здесь они приурочены к горизонтам песчаников и конгломератов синявской серии позднего протерозоя, залегающих на глубинах 520—1050 м [5, 6].

Наиболее перспективным представляется участок площадью в 30—40 км<sup>2</sup>, расположенный в верхнем течении р. Темерник и Сухой Чалтырь, на границе Мясниковского района и г. Ростов-на-Дону. В золотоносной серии кристаллических пород темерницкой свиты общей мощностью 250—300 м установлено до 19 перс-

**Содержания рудогенных элементов-примесей в породах кристаллического фундамента Ростовского выступа [8, 18]**

Возраст пород, название и индекс свит	$\Sigma Cu+Zn+Pb$ , г/т		$\Sigma Ni, Co, V, Cr, Zr,$ Ga, Be, Sc, Y, Yb, г/т		Au, мг/т		Ag, мг/т	
	1	2	1	2	1	2	1	2
Архей	71	350	393	4813	6	50	70	180
Ранний протерозой								
Подрудная, PR <sub>1</sub> p <sub>1</sub>	38	280	261	1459	4	30	65	150
Подрудная, PR <sub>1</sub> p <sub>2</sub>	36	260	280	1198	6	120	85	200
Рудная, PR <sub>1</sub> r <sub>1</sub>	71	450	284	1520	8	250	120	360
Рудная, PR <sub>1</sub> r <sub>2</sub>	76	230	263	848	10	300	150	550
Средний протерозой								
Синявская серия:								
чалтырская, PR <sub>2</sub> c <sup>v</sup>	23	410	193	1048	30	700	120	850
хавальская, PR <sub>2</sub> h <sup>v</sup>	36	914	188	816	2	80	160	700
чадринская, PR <sub>2</sub> cd <sup>v</sup>	13	550	177	419	2	30	50	200
темерницкая, PR <sub>2</sub> t <sup>v</sup>	275	101 603	356	780	230	2400	1430	53 000

П р и м е ч а н и е. 1 — среднее, 2 — максимальное содержание.

пективных горизонтов мощностью от 1 до 20 м, в которых анализы на золото показывают его содержания 0,5—2,4 г/т (таблица). Последняя цифра отвечает промышленным концентрациям благородного металла для аналогичных стратиформных месторождений.

При оценке перспектив возможных месторождений золота этого типа необходимо учитывать также, что руда в них комплексная: помимо золота, породы обогащены самородным серебром (до 53 г/т) и медью (до 1000 г/т). При их попутной добыче значительно возрастает общая цена полиметаллических руд и, следовательно, рентабельность эксплуатации таких месторождений.

Данных для оценки прогнозных ресурсов золота, серебра и меди на Чалтырском участке недостаточно из-за слабой изученности этих проявлений. Однако если принять, что общая мощность золотоносных горизонтов составляет 100—110 м, а площадь их развития равна всего 5 км<sup>2</sup>, то при среднем содержании Au 0,5 г/т прогнозные ресурсы его определяются в первые сотни тонн, а серебра при среднем содержании 10 г/т — в 2—3 тыс. т. Возможные ресурсы меди таким же образом оцениваются в 1—1,5 млн. т.

Если учесть, что Чалтырский участок как типовой объект аналогичен подобным объектам в кристаллическом фундаменте Юга России, то общие ресурсы золота и других металлов в этом регионе следует считать весьма значительными. Большая глубина отработки возможных коренных стратиформных месторождений (500—1000 м) не должна быть эконо-

мическим и технологическим препятствием для высокой рентабельности их эксплуатации при условии использования новых геотехнологических методов подземного выщелачивания полезных компонентов.

Результаты проведенных нами минералогических, геохимических и термобарогеохимических исследований наряду с общегеологическими данными показывают, что древние месторождения цветных и благородных металлов в кристаллическом фундаменте Юга России могут оказаться аналогичными всемирно известному месторождению золота Витватерсранд (ЮАР), которое дает до 80% всего добываемого в мире золота.

В пользу этого вывода свидетельствуют следующие факты.

Во-первых, общая схема эволюции литофациальных условий формирования докембрийских протолитов юга Русской платформы, явившихся эдуктами для последующих процессов регионального метаморфизма и рудообразования, зеркально отображает подобные палеолитологические реконструкции, предпринятые в отношении докембрийских метаморфитов Южно-Африканской платформы, в которых локализованы рудные тела Витватерсранда. В частности, как и в нашем случае, промышленное золото-полиметаллическое оруденение этого месторождения контролируется пачками и прослоями конгломератов мощностью от нескольких сантиметров до 3 м, причем общая мощность золотоносной серии пород достигает 50 м при средних содержаниях золота от 1—3 до 10 г/т [8].

Во-вторых, золотоносная серия пород Витватерсранда, протягивающаяся на 350 км при ширине 25—100 км, в геодинамическом плане характеризуется принадлежностью к переходной зоне между относительно стабильным кратоном Калахари, составляющим ядро Трансваальского щита, и подвижной областью Юго-Восточного побережья Южной Африки, подвергшейся интенсивным процессам тектономагматической активизации, что обусловило развитие глубинных рудообразующих флюидных систем, в значительной степени ответственных за формирование золоторудных месторождений.

Аналогичная геодинамическая ситуация прослеживается и в пределах южной части Русской платформы, где Азовский выступ кристаллического фундамента с отмеченными выше золоторудными проявлениями с юга граничит с интенсивно раздробленными блоками Скифской плиты, являющейся переходной областью между Украинским щитом и мегантиклиниорием Большого Кавказа, а с севера — с рифтовой системой Донецкого авлакогена, имеющего несомненно глубинные связи с подкоровыми источниками рудообразующих флюидов.

В-третьих, обращает на себя внимание весьма характерная геохимическая эволюция рудообразующих сидерофильных, халькофильных и благородных элементов-примесей, прослеживаемая по результатам массовых анализов в разрезе докембрийских пород юга Русской платформы, которая в основных чертах повторяет известные закономерности миграции и накопления рудогенных металлов, установленных для месторождений Витватерсранда (рисунок).

Из приведенных на рисунке данных следует, что в серии пород Азовского выступа от архея до чадринской свиты среднего протерозоя закономерно снижается содержание Ni, Co, Cr, V, редких и редкоземельных элементов с последующим незначительным увеличением их количества в рудоносных породах темерницкой свиты. Вариации содержаний халькофильных элементов, золота и серебра в этой же серии пород подчинены более сложной флуктуационной закономерности, но в темерницкой серии они также увеличиваются на один-два порядка, достигая промышленных значений. Общий тренд изменения концентраций этих элементов синхронно вздымается по параболической кривой в направлении от более древних архейских до среднепротерозойских пород. Очевидно, что и в первом и во втором случаях действовал четко выраженный механизм мобилизации рудогенных элементов-примесей

из более древних метаморфитов с последующим их накоплением в верхних горизонтах метаморфической толщи кристаллических пород в полном соответствии с известным правилом Шнейдерхена.

Логично предположить, что выявленные в настоящее время аномальные концентрации цветных, редких и благородных металлов в темерницкой свите Азовского выступа кристаллического фундамента, как и описанные выше золоторудные проявления Керчикского типа, возникли при мобилизации элементов-примесей и их многократном концентрировании под воздействием глубинных флюидных систем.

Имеющиеся сведения по термобарогеохимии процессов рудообразования в докембрийских метаморфитах юга Русской платформы и палеозойских комплексах угленосных формаций Восточного Донбасса косвенно подтверждают этот вывод. Так, по опубликованным ранее данным, а также результатам работ, проведенных нами в последнее время, в метаморфических комплексах Приазовья, кристаллических сланцах, гнейсах и мигматитах устанавливается не менее пяти систем флюидных включений с характерными температурами декриппитации в интервалах 80—100, 200—250, 350—425, 550—600 и 700—750°C. В редкometальных пегматоидных и кварцево-полиметаллических жилах присутствуют аналогичные системы флюидных включений. При этом максимальные значения F-показателя активности рудообразующих флюидов продуктивных стадий (200—250 и 350—425°C) коррелируются с суммарными содержаниями рудных компонентов, что, несомненно, свидетельствует об их активном влиянии на процессы мобилизации рудного вещества.

Перспективы рудоносности равнинной части Юга России не исчерпываются указанными типами рудопроявлений Донецкого авлакогена и кристаллического фундамента. Существуют разрозненные и слабо исследованные факты обнаружения тонкодисперсного (супертонкого) золота в современных и древних (погребенных) русловых отложениях р. Дон и его притоков, где необходимо проведение специальных литогеохимических, шлиховых и геотехнологических работ для выбора схем его извлечения.

Возможно также выявление нетрадиционных источников золота и серебра в песчано-гравийных и глауконитовых породах, широко распространенных в пределах Краснодарского и Ставропольского краев, Ростовской области и ряда республик Северного Кавказа, в древних корах выветривания, развивающих-

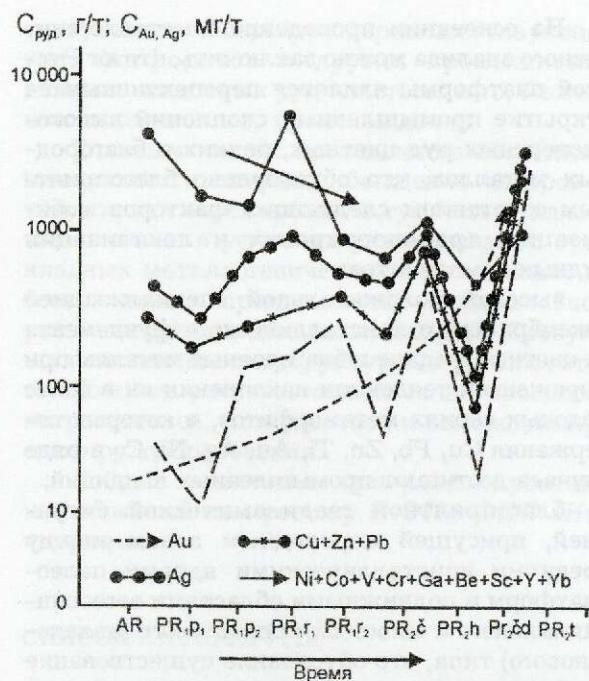


График изменения содержаний цветных, редких и благородных металлов в рудоносных горизонтах докембрийских метаморфитов Приазовья

ся по золотоносным породам фундамента и каменноугольного чехла. Опыт изучения подобных объектов (месторождения ПГС в Краснодарском крае, Адыгеи, Кабардино-Балкарии и Карачаево-Черкесии, комбинаты нерудных материалов в Волгоградской и Воронежской областях, район КМА и др.) показывает, что содержания Au в таких отложениях находятся в пределах 0,2—0,5 г/м<sup>3</sup>, а прогнозные ресурсы могут быть весьма значительными [4].

В циркон-гранат-рутиловых россыпях Волго-Иловлинского междуречья Волгоградской области содержание Au составляет 150—220 мг/м<sup>3</sup>, Ag — до 2,5 г/м<sup>3</sup>, циркона — 8—9 кг/м<sup>3</sup>, рутила — 10—12 кг/м<sup>3</sup>. На 1 т титана и циркона приходится 100 г золота [12]. Не исключено, что аналогичные содержания благородных и редких металлов присутствуют и в подобных палеороссыпях Ростовской области и Ставропольского края. Особый интерес в этом отношении представляет Бешпагирское месторождение рутил-ильменит-цирконовых руд, в которых, кроме рутил-цирконовых минералов, вполне вероятны промышленные содержания благородных металлов.

Имеются данные о наличии золота до первых сотен миллиграмм на 1 м<sup>3</sup> и серебра до десятков грамм на 1 м<sup>3</sup> в кварц-глауконитовых песках верхнего плиоцена [18]. Подсчитанные запасы глауконитового сырья только на

Аютинском месторождении составляют 800 тыс. м<sup>3</sup> [1]. Поэтому прогнозные ресурсы Au в нем можно оценить в 200—250 кг, Ag — в 8—10 т. В Ростовской области известны и другие аналогичные месторождения глауконитов (Крюковское, Журавское и др.), которые также необходимо оценить как возможные источники благородных металлов.

Значительные перспективы намечаются в отношении открытия на Юге России промышленных титановых, вольфрамовых, циркониевых, никель-молибден-cobальтовых, ртутных и других редкometальных месторождений. Наряду с известными, но недостаточно изученными россыпными проявлениями циркона и ильменита на севере и юго-востоке Ростовской области, а также аналогичными россыпями в Ставропольском крае, особый интерес представляют коренные стратиформные рутиловые и рутил-ильменитовые тонкодисперсные руды, связанные с мощными пластами каменноугольных песчаников, аргиллитов и алевролитов в Миллеровском, Каменском, Тацинском, Сулино-Садкинском и Песчанокопском районах [17]. В этих породах, по нашим данным, содержание оксидов титана и циркония достигает 10—15 кг/м<sup>3</sup>, а прогнозируемые ресурсы могут оказаться весьма значительными (сотни тысяч — миллионы тонн) в связи с широким распространением этих пород в зонах флюидодинамической активизации.

Специфическая высокодисперсная форма выделения рудных минералов, характерная для этих нетрадиционных типов месторождений, несомненно, заслуживает в дальнейшем более детального изучения. Наиболее серьезное препятствие для освоения этих возможных месторождений — большие глубины залегания пластов (300—500 м) — может быть преодолено в связи с разработкой новых технологий скважинно-гидравлической добычи тонкодисперсного рутила и циркона.

Практический интерес представляют также коренные титановые рудопроявления в Неклиновском районе (Малокомаровское месторождение и ряд более мелких объектов), в рудах которых содержание оксида титана находится в пределах 9—14%, а прогнозные ресурсы оцениваются в 6—8 млн. т. Недостаточно изученными остаются магматические медно-никелевые рудопроявления в Верхне-Донском районе с содержаниями Ni 0,2—0,8% и Cu 0,1—0,35%, прогнозные ресурсы которых составляют 50—60 тыс. т в интервале глубин 400—800 м [16].

Весьма интересные данные получены в последние годы о промышленных концентрациях цветных, редких и благородных металлов в

угольных пластах Восточного Донбасса, где определены аномально высокие содержания W (1,4—1,8 кг/т угля или 6—12 кг/т золы), Hg, Sc, Zn, Ge, которые значительно превышают кларковые концентрации данных элементов и в ряде случаев соответствуют промышленным кондициям. В прожилках и линзовидных телах сульфидов железа (преимущественно пирит и марказит), широко развитых в зонах флюидизации угольных пластов, выявлены высокие концентрации золота (до 10—12 г/т), которые установлены также в шламовых отходах углеобогатительных фабрик.

Очевидна необходимость постановки и проведения специальных поисково-оценочных работ на редкометальное и золоторудное сырье в Сулино-Садкинском геологическом-промышленном районе.

Наконец, следует отметить возможность открытия в кристаллическом фундаменте Юга России богатых месторождений железных руд — аналогов Латоновского месторождения железистых кварцитов типа КМА в Матвеево-Курганском районе, в которых содержание оксидов железа достигает 40—50%, а прогнозные ресурсы оцениваются в 3,6 млрд. т на глубинах до 1000 м [13]. Другим промышленно-генетическим типом естественно легированных железных руд могут стать недостаточно изученные мощные пластины железистых хлоритов, сидеритов и гидрогематитов, открытые в свое время И.А.Шамраем с сотрудниками в пределах вала Карпинского. В них средние содержания Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> — от 40 до 45%, а прогнозные ресурсы могут составлять более 350 млн. т.

Таким образом, существуют реальные предпосылки открытия в пределах равнинной части Юга России крупных промышленных месторождений золота, цветных и редких металлов в кристаллическом фундаменте и черносланцевых высокоуглеродистых отложениях среднего палеозоя. Возможно также их попутное извлечение из нетрадиционных видов минерального сырья (продукты угледобычи, карьеры ПГС и иных строительных материалов, глауконитовые и фосфоритовые пески и др.). Значительные перспективы намечаются в отношении открытия богатых титановых и железорудных месторождений, не исключены возможности наращивания минерально-сырьевой базы Ni, Co, W, Hg и других стратегически важных металлов. Однако имеющийся научный задел для их изучения и комплексного использования в значительной мере устарел и нуждается в принципиально новых подходах к металлогенетическому районированию территории и разработке эффективных методик прогнозирования и поисков скрытого оруденения.

На основании проведенного металлогенетического анализа можно заключить, что юг Русской платформы является перспективным на открытие промышленных скоплений высокодисперсных руд цветных, редких и благородных металлов, что обусловлено благоприятным сочетанием следующих факторов мобилизации, транспортировки и локализации рудных компонентов:

высокой положительной специализацией докембрийского кристаллического фундамента на цветные, редкие и благородные металлы при выраженной тенденции накопления их в более молодых сериях метаморфитов, в которых содержания Cu, Pb, Zn, Ti, Au, Ag, Ni, Co в ряде случаев достигают промышленных кондиций;

благоприятной геодинамической ситуацией, присущей переходным зонам между древними кристаллическими ядрами палеоплатформ и подвижными областями эвгесинклинального и миогеосинклинального (авлакогенового) типа, что обусловило существование глубинных разломов земной коры и развитие не менее пяти типов рудогенерирующих флюидных систем с широким диапазоном физико-химических параметров;

наличием мощного чехла терригенно-осадочных и слабо метаморфизованных пород фанерозоя с высокими содержаниями углеродистого материала в разных формах его проявления (от нефтегазовых скоплений до угольных пластов и черносланцевых формаций), что явилось мощным региональным геохимическим фактором первичной концентрации рудных компонентов, поступающих из кристаллического фундамента (и, возможно, из верхней мантии) при формировании и функционировании отмеченных выше флюидодинамических систем;

высокими флюктуациями энергетических параметров рудогенеза, приуроченными к межформационным и внутриформационным латеральным тектоническим срывам, что обусловило возникновение специфических термодинамических барьеров локализации рудного вещества и предопределило высокодисперсную минеральную и субминеральную (кластерную) форму выделения цветных, редких и благородных металлов;

благоприятными высококонтрастными литофикационными условиями формирования мезозойско-кайнозойских отложений осадочного чехла, характеризовавшимися существованием мощной сети палеоречных долин, прибрежно-морских областей и барьерных рифов, определенные сочетания которых способствовали накоплению аллювиальных и прибрежно-морских россыпей циркона, ильменита, ру-

тила, золото- и серебросодержащих глауконитов, фосфоритов и других промышленно важных осадочных руд кластогенного, биогенного и хемогенного происхождения.

Главным итогом проведенного исследования является твердое убеждение авторов в том, что эти перспективы могут быть реализованы только в условиях развертывания прикладных металлогенических исследований на основе новых представлений о масштабном развитии флюидодинамических рудообразующих систем на всех структурных уровнях этого сложного региона, тесной связи процессов петрогенезиса, метасоматоза и высокодисперсного рудообразования.

*Работа выполнена при финансировании исследований по проекту К-0871 ФЦП «Интеграция».*

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аютинское месторождение глауконитовых песков в бассейне Нижнего Дона / Ю.Я.Кацнельсон, В.А.Лихачев, Г.В.Зелеников и др. // Проблемы геологии и геэкологии Юга России. Новочеркаск, 1997. С. 106—110.
2. Баранов И.Я., Василенко В.Н. Геологическое строение и особенности медно-никелевых рудопроявлений юго-восточной части Воронежской антеклизы // Геология территории Нижнего Дона и техника геологоразведочных работ. Ростов-на-Дону, 1970. С. 159—165.
3. Горжевский Д.И., Донец А.И. Роль авлакогенов Восточно-Европейской платформы (ВЕП) в формировании и размещении месторождений полезных ископаемых // Руды и металлы. 1996. № 6. С. 13—24.
4. Грановская Н.В. Морфология и генетические особенности золота Керчикского рудопроявления // Проблемы геологии, оценки и прогноза полезных ископаемых юга России. Новочеркаск, 1995. С. 45—47.
5. Зайцев А.В., Закруткин В.В., Кулиш Е.А. Рудоносность метаморфических комплексов восточного склона Украинского щита // Геологический журнал. 1989. № 5. С. 88—96.
6. Закруткин В.В., Кулиш Е.А. Докембрий Ростовского выступа // Геохимия, природа протолитов, металлогенез. Киев, 1994.
7. Иванкин П.Ф., Назарова Н.И. Методика изучения рудоносных структур в терригенных толщах. — М.: Недра, 1988.
8. Козеренко В.Н. Эндогенная металлогенез. — М.: Недра, 1981.
9. Литолого-структурные условия локализации цветных и благородных металлов на Керчикском рудопроявлении / Н.А.Терещенко, В.А.Лихачев, Г.В.Зелеников, Ю.А.Кузнецов // Геологическое строение и полезные ископаемые Ростовской области. Ростов-на-Дону, 1987. С. 90—95.
10. Неваленный Ю.В. Тектоно-магматические факторы и зональность рудной минерализации в Восточном Донбассе // Зап. ВМО. 1992. № 4.
11. Основные геологические результаты за 1968 г. и дальнейшее направление геологоразведочных работ в Ростовской области / Т.В.Чернявский, В.А.Двуреченский, В.А.Соколов, А.И.Муравьев // Геология территории Нижнего Дона. Ростов-на-Дону, 1970. С. 3—11.
12. Потенциал рудоносности Восточно-Европейской платформы // Руды и металлы. 1997. № 4. С. 49—59.
13. Ресурсный потенциал и геотехнологические аспекты освоения новых видов металлических полезных ископаемых Ростовской области / В.Н.Труфанов, М.И.Гамов, Н.В.Грановская и др. // Геология и минерально-сырьевая база Ростовской области. Ростов-на-Дону, 2000. С. 13—25.
14. Труфанов В.Н., Мещанинов Ф.В., Труфанов А.В. О перспективах освоения новых и нетрадиционных видов минерального сырья Юга России // Изв. вузов. Северо-Кавказский регион. Естеств. науки. 1998. № 4. С. 95—98.
15. Ульянов П.П., Лихачев В.А. Состояние минерально-сырьевой базы Ростовской области и перспективы ее развития // Проблемы геологии, полезных ископаемых и экологии Юга России и Кавказа. Новочеркаск, 1999. С. 5—11.
16. Ульянов П.П., Лихачев В.А. Минерально-сырьевая база Ростовской области // Геология и минерально-сырьевая база Ростовской области. Ростов-на-Дону, 2000. С. 5—13.
17. Шамрай И.А., Беляев В.К. Некоторые закономерности распределения редких акцессорных элементов в каменноугольных породах восточной части Большого Донбасса // Мат-лы. по минералогии и петрографии Нижнего Дона и Северного Кавказа. Ростов-на-Дону, 1970. С. 18—26.
18. Ясырев А.П., Рожков И.О., Никитин Н.М. Новые данные о золотоносности осадочных толщ центральной части Русской платформы // Докл. АН СССР. 1976. Т. 173. № 4—6.

УДК 553.411.072

© Коллектив авторов, 2001

## ПЕРСПЕКТИВЫ ЗОЛОТОНОСНОСТИ ПРИПЯТСКО-ДНЕПРОВО-ДОНЕЦКОГО АВЛАКОГЕНА

**Г.В.Зеленщиков (ГУГП «Южгеология»), Н.К.Курбанов, П.Г.Кучеревский  
(ЦНИГРИ МПР России), Т.П.Радаева (Ростовская РЭ)**

*Рассмотрены геоструктурные позиции, особенности строения и металлогенез золота авлакогенов Лавразийского, Австралийского и Африканского континентов. Показаны потенциальные перспективы выявления промышленных руд золота в геологических условиях Припятско-Днепрово-Донецкого авлакогена, связанные с длительными процессами накопления и перераспределения рудообразующего вещества.*

Исходя из мировой практики изучения металлоносности чехлов платформ различных континентов среди потенциальных золотоносных структур чехла Восточно-Европейской платформы (ВЕП) перспективными следует считать, прежде всего, авлакогены, среди которых отчетливо выделяются три типа: «входящие» (или «проникающие»), «сквозные» и «внутренние» [3]. При этом примеры авлакогенов большинства континентов показывают, что чаще золотоносность приурочена к структурам «входящего» типа, которые пространственно и генетически связаны с сопредельными геосинклинальными подвижными поясами.

Рассматриваемый Припятско-Днепрово-Донецкий авлакоген, наряду с другими в северном и северо-западном обрамлении ВЕП, наиболее перспективен. На территории его Донецкого сегмента уже более полувека ведутся поисково-оценочные работы на золото, до сих пор не приведшие к практическим результатам. В этой связи, прежде чем перейти к обсуждению перспектив золотоносности Припятско-Днепрово-Донецкого авлакогена, остановимся на характеристике аналогичных структур в других регионах земной коры с известными, нередко крупными, полиметаллическими и благороднометальными месторождениями.

Окраинные авлакогены «входящего» типа, связанные с геосинклинальными подвижными поясами через окраинно-континентальные теллассоиды, весьма типичны, прежде всего, для Лавразийской группы платформ (Восточно-Европейская, Сибирская, Китайская, Северо-Американская); значительное сходство в геотектонической позиции имеют и ряд авлакогенов Западно-Европейской платформы. Существенна роль авлакогенов «входящего» типа для Австралийского континента, древ-

них (архей-протерозойских) платформ Южной Африки и Индии.

Для целого ряда перечисленных геоструктур характерен значительный металлогенический потенциал. Так, известны уникальные по масштабам месторождения полиметаллов (Маунт-Айза и др.) и золота (Олимпик-Дам) в авлакогенах Австралии. Металлоносные чернозеленцевые структурно-формационные комплексы (СФК) с многочисленными золоторудными месторождениями в перикратонных геосинклинальных прогибах с ответвлениями авлакогенов «входящего» типа выявлены в Северо-Американской, Канадской и Южно-Китайской платформах [9–12]. Характерна золотоносность и для внутриконтинентальных авлакогенов «сквозного» (Яньшань-Тайхан) и «входящего» (Пхеннам, Баян-Обо, Лулян-Суппер и др.) типов Северо-Китайского тектонического домена [11, 12].

Среди золотоносных авлакогенов «входящего» типа Северо-Американской платформы можно отметить ответвляющиеся от миогеосинклинального прогиба Белт-Персел авлакогены Унита, Биг-Сноу, Монтана и др., а также серии грабенообразных рифтогенных прогибов Рио-Гранде, особенно богатые золоторудными месторождениями (Колорадский рудный пояс — Алиса, Чек-Крик, Эмпайр и др.). Особое место среди золотоносных окраинно-континентальных впадин с «входящими» типами авлакогенов занимают древние докембрийские рифты на границе с Канадским щитом — Блек-Хилс, Нипигонская впадина с месторождениями Леч, Санд-Ривер и др. [5, 8].

Наиболее важными чертами строения золотоносных авлакогенов платформ различных континентов, существенно влиявшими на металлогенез и особенно на состав, позицию, генетическую природу и строение месторожде-

ний золота, с нашей точки зрения, являются следующие:

пространственная и генетическая связь авлакогенов с обрамляющими стабильные платформы подвижными поясами через окраинно-континентальные телассоиды или передовые прогибы;

определенные связи как с кристаллическим фундаментом, так и чехлом платформ, выражавшиеся в унаследованности более поздних рифтогенных впадин архей-протерозойского основания с их ультрабазит-мафитовыми до андезитобазальтов СФК и смене их вслед за стабилизацией глубоководными турбидитами, углеродистыми вулканогенно-терригенными, реже карбонатно-терригенными СФК, выполнявшими более обширные надрифтогенные троги;

завершение компенсации авлакогенов карбонатно-песчано-глинистыми, часто угленосными отложениями синеклиз;

разнотипная сингенетическая золотая минерализация в стратифицированных горизонтах, состоящая из вкрапленности золотосодержащих сульфидов (пириита, арсенопирита) на различных уровнях разреза — от рифтогенной и троговой до синеклиз, совместных с чехлом платформ.

Не менее характерно завершение каждого из этапов стабилизации (постпротерозойский, ранне- и позднефанерозойский и др.) стадией тектономагматической активизации (ТМА), сопровождавшейся внедрением интрузий, субинтрузий и даек различного состава, игравших существенную роль в металлогении — как рудноносные, рудогенерирующие, так и регенерирующие и рудообразующие. При этом состав интрузивов этапа тектономагматической активизации часто адекватен не только вулканогенным фациям, выполнившим авлакогены в различное время, но обусловлен также процессами палингенного плавления пород кристаллической рамы архея — протерозоя. Интрузии контролируются глубинными разломами как конседиментационного заложения (продольными, ограничивающими авлакогены), так и сериями поперечных разломов, расчленяющих (в участках поперечных поднятий) авлакогены на отдельные сегменты и нередко далеко проникающих в пределы рамы. Особенно интенсивной концентрации штоки, дайки и более крупные интрузии (до гипабиссальных плутонов) достигают в узлах пересечений поперечных разломов с ограничивающими продольными.

Рассматривая в целом геоструктурные позиции и особенности строения авлакогенов «входящего» типа, необходимо подчеркнуть, что их тесная связь часто через окраинно-кра-

тонные телассоиды с геосинклинальными подвижными поясами земной коры во многом предопределила не только особенности магматизма, осадконакопления и складчато-разрывной тектоники, но и рудно-формационное разнообразие известных в их пределах золоторудных месторождений.

Из вышеперечисленных авлакогенов Лавразийского, Австралийского и Африканского континентов в пределах семи локализуется промышленное золотое оруденение, относящееся к золото-сульфидно-углеродистому семейству, включающему три ведущих рудно-формационных (и геолого-промышленных) типа руд: золото-сульфидный (вкрапленные, прожилково-вкрапленные), золото-сульфидно-кварцевый (прожилково-вкрапленные, прожилково-линейно-штокверковые), золото-кварцевый (жильные, штокверковые). Это авлакогены «входящего» типа Биг-Сноу (Центральная Монтана, США), Стюарт (Южная Австралия), Осло (Южная Норвегия) и серия подобных золотоносных авлакогенов — Гуйчжоуский и Пхенномский пояса соответственно в Южном и Северном Китае, Донецкий сегмент Припятско-Днепрово-Донецкого авлакогена ВЕП и палеорифты «внутреннего» типа — Катума (Танзания) и Луангве (Замбия). Все перечисленные структуры характеризуются полициклическим развитием обычно с четко выраженной инверсией в конце каждого цикла и соответственно полициклической золотой металлогенией, обусловленной в подавляющем большинстве случаев процессами регенерации и ремобилизации как сульфидов, так и золота, серебра, иногда платиноидов в результате внедрения интрузий последующих этапов тектономагматической активизации.

Так, в Пхенномском металлогеническом поясе формировались регенерированные золото-кварцевые и золото-сульфидно-кварцевые месторождения, связанные не только с гранитоидами мезозойского этапа ТМА, но и с позднерифейскими гранодиорит-граносиенитовыми гибридными интрузиями гидротермально-осадочных золото-сульфидных месторождений и рудопроявлений (Ончмин и др.). При этом выявленные здесь плитообразные и линзовидные стратиформные залежи располагаются на значительном удалении от позднерифейских интрузий в терригенных породах раннего фанерозоя (O—S). Они регенерированы мезозойскими гранитоидными массивами в неправильные тела kontaktово-метасоматических образований. Над массивами возникают куполовидные складки, а по их периферии отмечаются кольцеобразные рудоносные пояса со стратиформными типами руд. Подобные

типы золоторудных месторождений (Ята, Гетантг, Санчей и др.) в последнее время установлены и в Гуйчжоуском поясе обрамления платформы Янцзы в Южном Китае. По условиям формирования и составу руд они весьма сходны с золото-сульфидными месторождениями карлинского типа [3, 11].

**Авлакоген Биг-Сноу**, заложившийся в R<sub>1</sub>, претерпевший две регенерации в C<sub>1</sub> и K и выполненный толщиной (до 12 км) глубоководных карбонатно-терригенных и мелководных пестроцветных отложений с потоками шаровых базальтовых и андезитовых лав в верхах серии Белт, содержит три сближенных уровня рассеянно-вкрапленной золото-сульфидной минерализации, прорванные рифейскими интрузиями гранитоидов.

В меловое время (стадия ларамийской орогении) при накоплении терригенных осадков с потоками вулканитов риолит-базальтового комплекса сформировалось инверсионное асимметричное валообразное поднятие Биг-Сноу, контролируемое разломом фундамента и прорванное многочисленными мелкими интрузиями щелочных пород (диориты, монzonиты, сиениты). В пределах поднятия локализуются три мелких месторождения, представленные двумя геолого-промышленными типами руд: стратiformные залежи прожилково-вкрапленной золото-сульфидной и регенерированной жильной золото-кварцевой формаций — Литл-Роки-Маунтинс, Морисвилл и Хелена-Ласт-Чанс.

Если в рассмотренных выше авлакогенах с полициклическим развитием главная инверсия с четко выраженной складчатостью происходила в поздние циклы их развития, то в авлакогенах Стюарт и Осло она приурочена к раннему циклу. С поздним циклом связана активизация авлакогенов с вторичной, наложенной, скорее всего, регенерированной золотой минерализацией.

**Авлакоген Стюарт** заложился в R<sub>2</sub> и претерпел активизацию в O—D<sub>2</sub>. В позднем рифее заполнился основными вулканитами, образованиями морской терригенной и трапповой формаций. В дальнейшем в результате деформаций сжатия породы были слабо метаморфизованы и незначительно дислоцированы. На востоке авлакоген ограничен разломом Торренс [5, 8]. Выявленное здесь очень крупное (Cu 11,2 млн. т, Au 270 т, U<sub>3</sub>O<sub>8</sub> 360 тыс. т, Ag 2700 т) комплексное уран-золото-медное месторождение Олимпик-Дам приурочено к толще пород, состоящей из вулканитов, тонкообломочных осадочных отложений и гематитизированных брекчий гранитов. Рудоконтролирующей структурой является грабен шириной около 4 км, ограниченный с

флангами гранитоидами AR—PR<sub>1</sub> фундамента. Вертикальный размах оруденения превышает 650 м. На месторождении развиты два типа руд: уран-медные с незначительными содержаниями золота и золотые с изменяющимися содержаниями меди и незначительным содержанием урана. Выделяются также богатые более ранние стратифицированные линзовидные рудные тела и крупные минерализованные зоны с низкими содержаниями полезных компонентов (Au, Ag, Cu). Над широко развитыми сульфидными (борнит-халькопирит-пиритовыми) стратiformными залежами фиксируется более молодая регенерированная жильная халькозин-борнитовая минерализация. Жильно-прожилковые руды обогащены Cu, Au, Ag и As. Мощность рудных залежей более 170 м. Рудоносные брекции подвергались интенсивной гидротермальной переработке с последующими эпигенетическими регенерационными преобразованиями. Предполагается, что сульфидное стратiformное оруденение сингенетично формированию грабена и связано с местной вулканической активностью.

**Авлакогены Катума и Луангва** (Африканская платформа), приуроченные к протяженным (сотни километров) сегментам Убендийского и Ирумидского архейских гранулитовых поясов, заложились в раннем рифее. В мезозое они представляли собой типичные грабены, ограниченные мощными глубинными разломами (сбросами).

**Авлакоген Катума** — типичная палеорифтовая структура, в которой в R<sub>1-2</sub> происходит отложение осадочной серии Укинга (в настоящее время кварцито-сланцевая толща). В R<sub>3</sub>—V образуются новые грабеновые структуры (Икулу и Карема), наложенные на более древний авлакоген Катума [10], выполненные амфиболитами и кристаллическими сланцами и прорванные гранитоидами, связанными с зонами активизации грабенов и позднепалеозойскими интрузиями основного состава и сиенитами.

В металлогенической зоне Катума-Мланда, простирающейся в северо-западном направлении на 200 км, сосредоточены золото-полиметаллические (Cu-Pb-Ag-Au) месторождения, которые контролируются грабеном Икулу. Золото-полиметаллические месторождения контролируются зонами надвигов с мощными кварц-серicitовыми метасоматитами. В последних широко развиты раздробленные блоки сингенетических руд с остатками ранней золото-пирит-(арсенопиритовой) вкрапленности и регенерированные кварц-серитовые золотоносные жилы, насыщенные переотложенной вкрапленностью, прожилка-

ми и гнездами сульфидов (галенит, халькопирит, пирит). Предполагаются позднерифейский возраст оруденения и тесная связь сульфидных золото-полиметаллических залежей с метавулканогенно-терригенными породами, глубинными разломами и рудообразующими интрузиями основного состава [10].

**Авлакоген Луангва** был регенерирован и сейчас представляет собой Р—J<sub>1</sub> узкий грабен, ограниченный наклонными сбросами. В авлакогене выявлены семь регенерированных месторождений золото-кварцевой и золото-сульфидно-кварцевой формаций золото-сульфидно-углеродистого семейства (Дунробин, Чайнда, Чумбве, Чаквенга, Сесаре, Сестра-Вест и Дарг) и множество рудопроявлений. Все они приурочены к позднепротерозойским разломам линеамента Мвенбесхи, телам син- и послескладчатых позднерифейских гранитоидов и площадям развития метавулканических пород основного и среднего состава PR<sub>1</sub>, обогащенных в горизонтах фтанитов остатками ранней сингенетической золото-сульфидной минерализации. Рудные тела представлены системами секущих золотоносных кварцевых жил протяженностью до 0,5—2 км. Мощность жил до 2 м, содержания золота 5—8 г/т (до 32 г/т).

Резюмируя изложенное, можно выделить ряд региональных закономерностей размещения месторождений золота в пределах авлакогенов.

Золоторудные и золото-полиметаллические месторождения в авлакогенах «входящего» типа локализуются на нескольких вертикальных уровнях разреза — от ранних докембрийских амфибол-зеленосланцевых комплексов до верхних слабо метаморфизованных аргиллитовых (до нижних ступеней зеленосланцевой фации), где преимущественно развиты отложения карбонатно-терригенного часто углеродистого комплекса. На всех уровнях ранней, средней и поздней стадий становления авлакогена промышленная концентрация, за исключением ранней стадии, связана с регенерированными золотыми рудами соответствующих этапов инверсий ТМА.

Золоторудные месторождения авлакогенов «внутреннего» типа локализуются преимущественно в основании высокометаморфизованных (зеленосланцевая и амфиболитовая фации) вулканогенно-осадочных комплексов осевых зон и прибрежных структур, будучи связанными преимущественно с ранними стадиями их формирования; в ряде случаев ранние месторождения регенерированы при внедрении интрузий поздних этапов ТМА.

Все золоторудные и золото-полиметаллические месторождения приурочены к центр-

альным (приосевым) валообразным поднятиям или размещены вблизи бортов грабенообразных прогибов, где продольные структуры осложнены поперечными линейными поднятиями и разломами, вмещающими дайки и малые интрузии субщелочного и щелочного состава.

Месторождения золота и полиметаллов локализуются в поперечных сегментах авлакогенов, тесно связанных с сопредельными окраинно-континентальными телассоидами и подвижными поясами, и практически не проявлены в сегментах, далеко проникающих в тело платформы.

К определению геологической позиции и промышленной значимости коренных руд золота Припятско-Днепрово-Донецкого авлакогена на протяжении прошедших 50—70 лет возвращались неоднократно. Начиная с конца 20-х — начала 30-х годов золоторудные проявления в этом регионе изучались практически постоянно, однако не получали конкретной оценки.

Припятско-Днепрово-Донецкий авлакоген «входящего» типа (или «проникающего», по Р.М.Ковейн и К.Наншэнг) генетически и структурно через известный вал Карпинского как инверсионная структура на продолжении Донецкого сегмента связан с Прикаспийским телассоидом (окраинно-континентальным прогибом), где на субокеаническом основании залегает мощная (более 10 км) толща осадочных пород. В чехле платформы Припятско-Днепрово-Донецкий авлакоген представляет собой палеорифт — «щелевидный апофиз» прикаспийского телассоида протяженностью более 1500 км и шириной 70—170 км (рис. 1). Выраждается он в северо-западном направлении (в Припятском сегменте), что сопровождается уменьшением глубины кристаллического фундамента до 1—2 км (над Брединско-Люевским выступом). К юго-востоку рифтогенный авлакоген имеет уже отчетливо выраженное двухъярусное строение. Нижний ярус сложен протерозойскими ультрабазит-базитовыми вулканитами, ассоциирующими с глубоководными турбидитами, верхний — верхнедевонско-каменноугольными карбонатно-терригенными и терригенными, в верхах угленосными, комплексами с горизонтами недифференцированных вулканитов основного состава.

Тектоническое строение авлакогена определяется ограничивающими (вкрест простирания) долгоживущими магмарудоподводящими глубинными разломами и системами узких поперечных выступов фундамента, осложненными субпараллельными эшелонированными (в узком пространстве) в плане и по вертикали ступенчатыми сбросами. Указанные попереч-

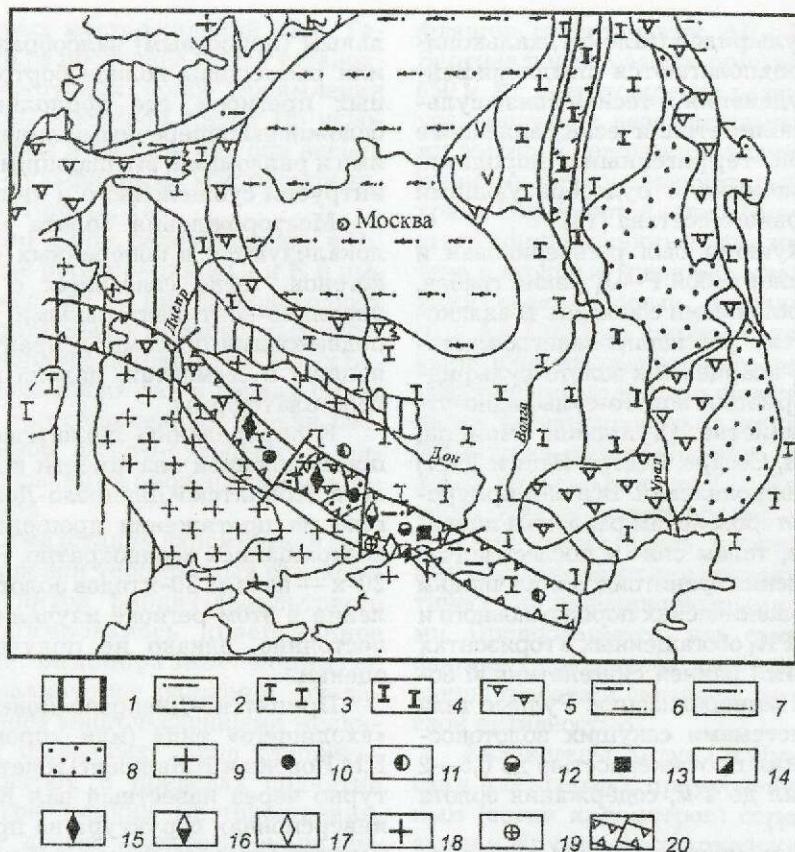


Рис. 1. Геотектоническая позиция и рудоносность Припятско-Днепрово-Донецкого авлакогена «входящего» типа на Восточно-Европейской платформе:

геологические формации: 1 — терригенная континентально-морская ( $D_{2-3}$ ), 2 — терригенно-карбонатная ( $D_3-P_1$ ), 3 — терригенно-карбонатная углеродистая (доманиковая) ( $D_3$ ), 4 — сульфатно-галогененно-терригенно-карбонатная ( $D_2-P_1$ ), 5 — сульфатно-галогенная (P), 6 — песчано-глинистая боксит-угленосная, 7 — карбонатно-терригенная паралическая угленосная ( $C_1-P_2$ ), 8 — терригенная пестроцветная (P); 9 — выступы кристаллического основания ВЕП (AR—PR<sub>1-2</sub>); месторождения: 10 — газонефтяные, 11 — серебро-свинцово-цинковые, 12 — медистых песчаников, 13 — золото-кварцево-сульфидные, 14 — алмазоносные кимберлиты, 15 — природных битумов, 16 — ртутные, 17 — редкометальные карбонатиты, 18 — битум-карбонат-сульфидные, 19 — флюоритовые; 20 — границы (разломные зоны) авлакогена, расчлененного поперечными разломами и поднятиями на сегменты

ные структуры северо-северо-восточного про-стирания расчленяют рифтогенный авлакоген на три крупных (первого порядка) сегмента (с востока на запад): Донецкий, с океаническим типом основания, связанным с формированием глубинного астенолита, вызвавшего деструкцию и базификацию коры; Днепровский и Припятский — с вырожденными чертами рифтов.

Согласно имеющимся геолого-геофизическим данным, в истории развития рассматриваемого рифтогенного авлакогена [2] выделяются четыре стадии:

1) ранне(?)—среднепротерозойская — дробление кристаллического основания, зарождение астеносферного очага (или линейного ман-

тийного плюма) и выплавка ультрамафит-магнитовой магмы;

2) первая рифтовая (поздний протерозой — ранний палеозой) — разрастание линейного грабена, развитие субпараллельных глубинных разломов-ограничителей и андезит-базальтового, базальтового магматизма, накопление углеродистых турбидитов с вкраплениями и сгустками золотоносных сульфидов; в O—S стабилизация;

3) вторая рифтовая среднепалеозойская ( $D-C_1$ ) после стабилизации и последующих вертикальных движений — рифтогенное осадконакопление в более обширном троге — линейном грабене, компенсированном длительным углеродисто-терригенным, карбонат-

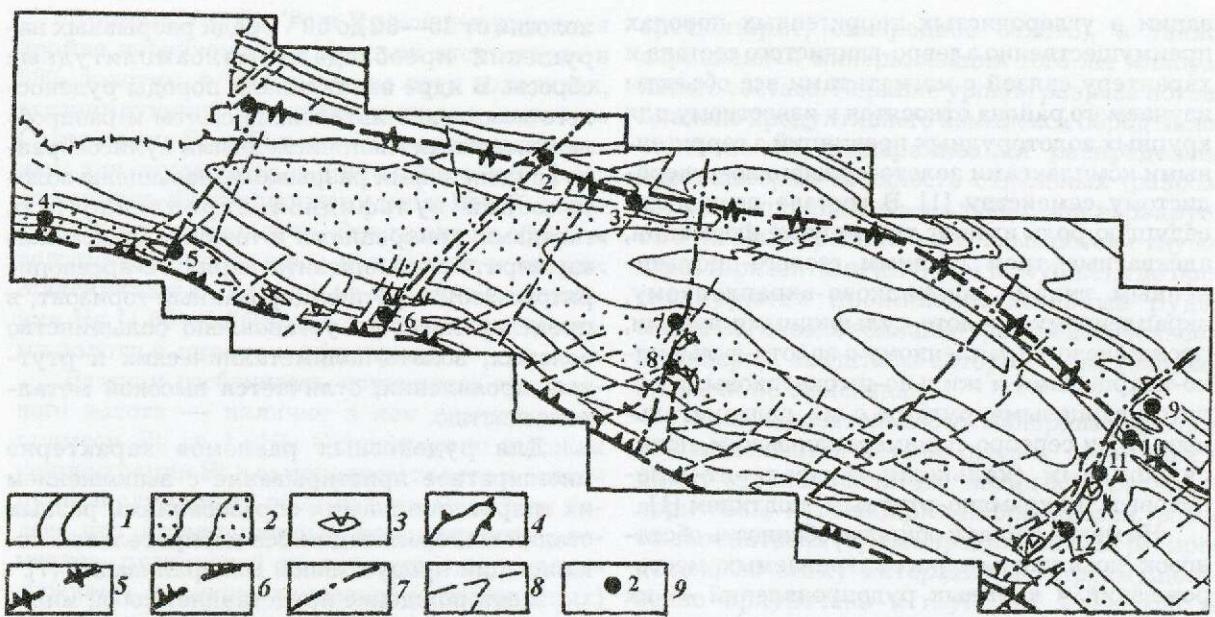


Рис. 2. Проявления золоторудной минерализации в структурах Юго-Восточного Донбасса (Ростовская область):

углеродистые терригенно-карбонатные нижне-среднекаменноугольные отложения: 1 — с окологларковыми концентрациями рудогенерирующих элементов, 2 — геохимически специализированные на золото и другие рудогенные элементы; 3 — интрузивные рудогенерирующие (рудорегенерирующие) образования этапа ТМА; 4 — предполагаемые глубинные очаги интрузивных комплексов; тектонические рудоконтролирующие элементы: 5 — взбросо-надвиги с узкими зонами рассланцевания, 6 — сбросо-сдвиги, по-видимому, конседиментационного заложения, 7 — осевые зоны рудовмещающих и рудораспределяющих поперечных поднятий, 8 — зоны разрывных нарушений, нередко образующие структуры «разбитой тарелки»; 9 — рудопроявления золота

но-терригенным осадконакоплением и довольно мощным щелочно-базальтовым вулканизмом при высокой степени переработки утолщенной коры; в осадочных комплексах стадии в ассоциации с вулканитами среди более высокоглиноземистых алевро-аргиллитов нередко отмечаются стратифицированные горизонты повышенной металлоносности (Au, As, Ag и др.), вкрапленники и конкреции золотоносного пирита, халькопирита (реже арсенопирита);

4) синеклизная ( $C_2-P$ ) — формирование пологих впадин преимущественно в Припятском и Днепровском сегментах и интракратонной инверсионной складчатости (P) в Донецком сегменте с развитием в его пределах узких локальных линейных впадин; линейных и брахиформных складок, осложненных соскладчательными, субсогласными осевыми зонами, взбросами и взбросо-надвигами и сериями поперечных ступенчатых сбросов, сбросо-сдвигов, часто серийно эшелонированных в областях резких undulations осей субширотных складок. Количество, глубинность и длительность развития подобного рода разрывов существенно

возрастают в участках относительно узких поперечных поднятий, ограничивающих рассматриваемые поперечные сегменты авлакогена.

В завершение краткой характеристики Припятско-Днепрово-Донецкого авлакогена отметим, что каждая из выделенных стадий (или этапов) его становления сопровождалась внедрением интрузивных и дайковых фаций, адекватных по составу вулканогенным составляющим разреза. Становление авлакогена происходило в течение двух этапов (P—T и J—K) тектономагматической активизации.

Напомним, что все известные проявления и месторождения золота в пределах авлакогена обнаружены лишь в его Донецком сегменте, наиболее тесно связанном с обрамляющим ВЕП подвижным поясом (рис. 2). Рассмотрим Бобриковское, Остробугорское, Михайловское, Керчикское и Чернореченское проявления, охватывающие все известное разнообразие морфоструктурных и вещественных типов золотого оруденения. Подчеркнем, что по вещественному составу, морфологии, среде локали-

зации в углеродистых терригенных породах преимущественно алевро-глинистого состава и характеру связей с магматитами все объекты изучаемого района относятся к известному для крупных золоторудных провинций с терригенными комплексами золото-сульфидно-углеродистому семейству [1]. В составе последнего ведущую роль играют три рудные формации, адекватные трем главным геолого-промышленным типам: прожилково-вкрашенному, вкрашенному с золото-сульфидными рудами, прожилково-вкрашенному с золото-сульфидно-кварцевыми и жильно-штокверковыми золото-кварцевыми рудами с их редкометальным (W) и серебро-полиметаллическим, полисульфидным (халькопирит-сфалерит-галенитовым и сурьмяно-ртутным) подтипов [1].

Не менее важная общая особенность обстановок локализации рассматриваемых месторождений и крупных рудопроявлений — их приуроченность к двум стратиграфическим рудоносным горизонтам нижнего и среднего карбона, отличающихся от подстилающих и перекрывающих терригенных пород более интенсивной концентрацией вкрапленности, конкреций, сгустков и прослойков сульфидов (преимущественно пирита, реже халькопирита и арсенопирита) и высоким содержанием платиноидов, сурьмы, ртути, свинца, цинка и др.

*Бобриковское месторождение* выявлено в 30-х годах в Нагольном кряже складчатого Донбасса, известном как регион многочисленных серебро-полиметаллических и золотых точек минерализации, пространственно связанных с флишидной формацией нижнего карбона ( $C_1^4—C_1^5$ ) и терригенными фациями застойного заливно-морского бассейна. В составе рудоконтролирующего комплекса пород преобладают алевролиты, преобразованные на стадии катагенеза и раннего метагенеза. Углеродистое вещество присутствует в породах в дисперсном состоянии, реже в виде включений растительного детрита (метаморфизованного до антрацита). Оно ассоциирует преимущественно с породами стратиграфического горизонта, геохимически специализированными на золото и другие металлы, а также содержащими вкрапленность золотоносных сульфидов.

Месторождение приурочено к одноименной линейно-брахиразломной антиклинали второго порядка, развитой в сводовой части Главной антиклинали Донбасса в области максимального воздымания ее шарнира, обусловленного поперечным Ровенецким поднятием. Складка наклонная, асимметричная, осевая поверхность круто наклонена к северу под углом 80—85°. Углы падения крыльев в целом

пологие от 25—30 до 50°. Среди разрывных нарушений преобладают малоамплитудные сбросы. В ядре антиклинали породы рудоносного комплекса интенсивно смяты и раздроблены мелкими многочисленными кулисообразно сочлененными разрывами, насыщены золотоносной сульфидной вкрапленностью, гнездами, конкрециями и тонкими прослойками пирита-мельникита наряду с арсенопиритом. Этот стратифицированный горизонт, в пределах которого установлено большинство золотых, золото-полиметаллических и ртутных проявлений, отличается высокой металлоносностью.

Для рудоносных разломов характерно многократное приоткрывание с выполнением их гидротермальными образованиями разных стадий минерализации без избирательной локализации продуктивной минерализации [7].

Месторождение представляет собой минерализованную зону, в которой сконцентрированы кварц-сульфидные прожилки, жилы, вкрапленность полисульфидного вещества, охватывающую область максимально тектонизированных ( нарушенных мелкой складчатостью, трещиноватостью и др.) песчано-алевролитовых отложений, морфологически близкую линейному штокверку. Минерализованная зона выходит на современную поверхность и до глубины 300 м имеет сложную форму в по-перечных сечениях при субвертикальном столбообразном залегании (документально прослежена до глубины 3300 м). Максимумы золотоносности в пределах штокверковой зоны связаны с сульфидно-кварцевыми жилами («стержневые») мощностью до 0,5—1,2 м, ориентированными чаще всего субмеридионально. Характерно, что по падению зоны уровень содержаний золота остается выдержаным до глубины 1000 м.

Концентрация серебра, главной примеси самородного золота, колеблется в широких пределах — от 14,63 до 44,97% и свидетельствует о наличии двух ведущих минеральных форм — собственно самородного золота и электрума. Распределение этих минералов на месторождении обусловлено стадийностью рудного процесса. Самородное золото выделяется преимущественно в раннюю стадию и связано с кварц-арсенопирит-пиритовой минеральной ассоциацией, а электrum — с более поздней кварц-карбонат-галенит-сфалеритовой. Кроме серебра, в самородном золоте и электруме обнаружены примеси Fe, Hg, Sb, Te, Pt, реже As. Полное отсутствие примеси Cu во всех изученных выделениях золота необходимо учитывать при решении генетических вопросов.

Примесь As, Sb, Te и Hg концентрируется крайне неравномерно. Мышьяк отсутствует в 58% золотин, в том числе во всех золотинах, ассоциирующих с арсенопиритом и пиритом. Содержание Sb и Te в золоте оказалось типичным для оруденения данного золото-сульфидного рудно-формационного типа. В 40% золотин Hg не установлена. Это главным образом золотины, заключенные в галените и кварце. Максимальные, аномально высокие содержания Hg (1,05—1,76%) свойственны самородному золоту в пирите и сфалерите.

Важная особенность изученного самородного золота — наличие в нем значительной примеси Pt до 1,41%. Относительно высокая концентрация Pt в самородном золоте и электруме заслуживает особого внимания. Тем более, что промышленные концентрации элементов платиновой группы широко распространены в черносланцевых (углеродистых) осадочных формациях Казахстана, Кузнецкого Алатау, Восточного Саяна, Сибирской платформы, авлакогенах Южного Китая, Австралии. Оригинальные данные в сочетании с опубликованными материалами по объектам-прототипам позволяют прогнозировать перспективное комплексное золото-сульфидное платиносодержащее оруденение, представленное как собственно прожилково-вкрашенными золото-сульфидными рудами, так и углеродистыми алевро-песчаниками с вкрапленностью пирита, углеродисто-кремнистыми сланцами с пиритом, метасоматитами стадии кислотного выщелачивания — лиственитами апосланцевыми и березитами по песчаникам.

*Остробугорское месторождение*, как и Бобриковское, выявлено в Нагольном кряже. Золото добывалось с конца XIX в. шахтным способом. В 1959—1963 гг. золото-полиметаллическая жильно-прожилковая минерализация прослежена с поверхности (канавами и шурфами) и бурением на глубину более 500 м. Месторождение приурочено к куполообразному поднятию (Остробугорскому), расположенному в сводовой части южной ветви Главной антиклинали Донбасса. Южнее и севернее крылья поднятия нарушены системой сбросов, характеризующихся малой горизонтальной протяженностью, при амплитудах смещения пород до 100 м и более. Структура месторождения осложнена мелкой складчатостью (зоны смятия) и разрывными нарушениями.

С областью наибольшей тектонической проработки нижнекаменноугольных песчано-сланцевых отложений (стратифицированный рудоносный горизонт) связана сеть секущих жил, прожилков кварц-сульфидного состава (пирит, пирротин, сфалерит, галенит,

арсенопирит, самородное золото), а также вкрашенная минерализация того же минерального состава. Верхние уровни разреза потенциально продуктивного комплекса пород мало-золотоносны, минерализация распределена неравномерно. Мощность отдельных (разрозненных) прожилково-жильных зон варьирует от 1 до 7 м. Перспективы связываются с глубокими горизонтами (от 500 м и глубже), где прогнозируются прожилково-жильные руды, морфологически близкие рассредоточенному штокверку, масштабы которого к настоящему времени не выяснены.

В последовательности минералообразования выделяются четыре стадии: пиритовая и пирит-арсенопиритовая, кварц-анкерит-сфалеритовая, халькопирит-пирротиновая, золото-галенитовая [6]. Самородное золото распределено по всему интервалу, но преимущественно приурочено к глубинам 400—1200 м. Визуально устанавливаемые выделения золота локализованы в кварце, а микроскопические — в трещинах в перекристаллизованных сульфидах. Химический анализ показал в самородном золоте примесь Ag (до 14,7%).

*Михайловское рудопроявление* находится в Ольховатско-Волынцевской антиклинали Главного антиклиниория Донбасса, расположенной между Никитовским ртутным месторождением и Нагольчанским рудным узлом. Оно локализуется в северо-западной переклиниали складки среди песчано-глинистых, обычно содержащих углеродистое вещество, отложений среднего карбона. Золоторудная минерализация контролируется зоной круто-падающих сколовых трещин в осевой части антиклинали, образуя залежи сложной формы. В их центральной части, обогащенной сульфидами, присутствуют желваки, линзы, полосы массивного пирита и марказита, а по периферии преобладает вкрашенность этих минералов. В контурах залежей широко распространены поперечные прожилки анкерит-кварцевого состава с небольшим количеством буланжерита, сфалерита, дисульфидов железа, арсенопиритом, а также более поздние жилки диккита с киноварью и халькопиритом.

Повышенные содержания Au обусловлены его тонкодисперсными включениями в пирите и марказите, в которых оно установлено в количестве 9,7—31 г/т при отсутствии видимого золота в минерализованных породах. Золото-сульфидная минерализация ассоциирует с повышенными концентрациями мышьяка (чаще >1%). Между As и Au существует тесная положительная корреляционная связь, вероятно, за счет присутствия преобладающих ко-

личество этих компонентов в дисульфидах железа.

*Керчикское рудопроявление* локализовано в песчаниках и глинистых сланцах каменской свиты среднего карбона (стратифицированный рудоносный горизонт, сходный с нижним — Бобриковский уровень), содержащих редкие прослои известняков и углистых отложений и перекрытых глауконитовыми песками палеогена и неогена. Палеозойские отложения прорваны дайками андезитов, трахиандезитов, андезитобазальтов среднеюрского возраста, а также более молодыми дайковыми телами лампрофиров (предположительно раннемеловыми). Наибольшая концентрация магматитов сосредоточена в пределах выделяемой здесь осевой зоны поперечного поднятия, которое осложнено сближенными эшелонированными разломами, входящими в систему региональных нарушений, расчленяющих Донецкий поперечный сегмент на серию более частных преимущественно магмо- и рудоносных поперечных структур (см. рис. 2).

Терригенные отложения в поле развития субинтрузивных тел преобразованы метасоматическими процессами (окварцевание, серicitизация, карбонатизация, хлоритизация и др.). Представляющая наибольший практический интерес золото-полисульфидно-кварцевая минерализация развита в форме сложных систем прожилков и вкрапленности с наложением на метасоматически преобразованные породы. Эта система образует линейную зону крупнообъемного штокверка.

Результаты проведенной нами предварительной оценки прогнозных ресурсов золота до небольших глубин 150—200 м свидетельствуют о возможности выявления здесь золоторудного месторождения среднего масштаба. При этом следует оговориться, что запасы руд флангов и более глубоких горизонтов могут быть и большими. Вполне вероятна также и возможность обнаружения прожилково-вкрапленных золото-сульфидно-кварцевых руд с высокими концентрациями свободного высокопробного золота (особенно интересны в этом отношении участки сочетания разнотипной в морфоструктурном отношении минерализации).

*Чернореченское рудопроявление* сравнительно мало изучено. Геологические особенности, по-видимому, во многом близки изученным на Керчике. Золоторудная прожилково-вкрапленная минерализация (содержание Au около 8 г/т) развита в терригенных отложениях среднего карбона и приурочена к зонам тектонической и метасоматической проработки в экзо- и эндоконтактах штокообразного

тела андезитодациотов. Минерализованные зоны в плане и по надвижу не оконтурены. Прогнозные ресурсы рудопроявления могут составлять десятки тонн. Положительный момент в случае переоценки рудопроявления — сравнительно небольшая (относительно Керчикского объекта) мощность перекрывающих мезокайнозойских отложений, представленных здесь главным образом четвертичным аллювием.

По результатам ГСР-200, ГСР-50, кроме отмеченных выше рудопроявлений, интересны по геологической позиции и возможным масштабам коренных, а также гипертензных руд золота малоисследованные проявления и точки минерализации (см. рис. 2). Южная Керчикская, Страховская и Центральная перспективные площади расположены южнее Керчикского и Чернореченского рудопроявлений, на южном продолжении поперечных структур, связанных с мезозойской тектономагматической активизацией и имеющих здесь важное рудоконтролирующее значение. Галутинская, Грушевская, Киреево-Кадамовская перспективные площади (установлены промышленные содержания золота) расположены в зонах пересечения Главной антиклинали Донбасса с Керчикским и Аютинским поперечными поднятиями в тектонически преобразованных терригенных отложениях нижнего и среднего карбона. Барило-Крепинская, Болдыревская, Аютинская площади с проявленной в их пределах прожилково-жильной полисульфидной минерализацией в тектонизированных комплексах терригенно-карбонатных отложений благоприятны для локализации золото-полиметаллических руд.

Анализ всей имеющейся информации по геологическим особенностям наиболее полно изученных золоторудных проявлений складчатого Донбасса, как нам представляется, позволяет объяснить наблюдаемую здесь тесную пространственную связь золотосодержащей минерализации с тектонизированными терригенными отложениями нижнего — среднего карбона участием в рудогенезе гидротермальных растворов метаморфогенного происхождения. Процессы регенерации и связанное с ними перераспределение рудообразующих компонентов в потенциально продуктивных углеродистых терригенно-карбонатных толщах карбона при возможном привносе как рудогенных, так и петрогенных элементов из глубокозалегающих метаморфизованных терригенных и вулканогенно-терригенных отложений (до каменноугольных комплексов), с нашей точки зрения, давали начало формированию как вкрапленных золото-сульфидных, так

и прожилково-жильных золото-полисульфидно-кварцевых руд рассматриваемого региона. По нашему мнению, именно такие процессы приводили к формированию высокопродуктивных крупнообъемных руд золота в терригенных комплексах известных золотоносных провинций авлакогенных структур мира (в Китае, США, Австралии и др.), а также золоторудных регионов Средней Азии, Восточного Казахстана, Енисейского кряжа, Чукотки и др.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Курбанов Н.К., Вихтер Б.Я., Кучеревский П.Г. Методика прогноза и поисков золоторудных месторождений в углеродисто-терригенных комплексах // Прогнозирование и поиски месторождений золота. М., 1989. С. 26—126.
2. Литолого-структурные условия локализации цветных и благородных металлов на Керчикском рудопроявлении / Н.А. Терещенко, В.А. Лихачев, Г.В. Зеленников, Ю.А. Кузанцов // Геологическое строение и полезные ископаемые Ростовской области. Ростов-на-Дону, 1987. С. 90—95.
3. Месторождения вкрашенных золотых руд, недавно открытых в КНР / К.Г. Киннхем, Р.П. Ашлей и др. // Экон. геология. 1988. 83(7). С. 1462—1467.
4. Мигачев И.Ф., Кальниченко С.С., Романчук А.И. Перспективы золотоносности Восточно-Европей-
- ской платформы // Отечественная геология. 1995. № 3. С. 53—57.
5. Наншенг К., Ковейн Р.М. Богатые никелем, молибденом, платиноидами и золотом вкрашенные руды в китайских черных сланцах авлакогенов, размыщение о возможных аналогах в США // Mineralium Deposita. 1991. Vol. 26. P. 83—88.
6. Панов Б.С., Никольский И.Л. К минералогии Островобуторского золоторудного месторождения в Донбассе // Геология рудных месторождений. 1972. Т. XIV. № 1. С. 119—125.
7. Резников А.И. Некоторые вопросы геологии и оценки месторождений золота в Нагольном кряже // Геологический журнал. 1993. № 5. С. 138—142.
8. Фэнг Р., Аберкромби Х.Д. Рассеянная золото-серебро-медная минерализация в древних авлакогенах (Северо-Восточная Альберта) // Исследования геологической службы Канады. 1994. С. 121—132.
9. Чань-цинь. Новые данные по геотектонике Китая // 27 МГК. Тектоника Азии. Докл. Т. 5. М., 1984.
10. Шер С.Д. Металлогенез золота (Северная Америка, Австралия и Океания). — М.: Недра, 1974.
11. Gulde to the metallogenic map of endogenic ore deposits of China 1:4 000 000 Beijing / Chuo-gou, R.Wenrui et al. // Econ. Geol. 1987. P. 73.
12. Turnbull R.B., Morteani G. Gold metallogeny in the Sino-Korean platform (examples from Hebei province, № E China) // Econ. Geol. 1999. 73(4). P. 1277.

УДК 551.243 (470.5)

© А.Б.Кирмасов, 2001

## СТРУКТУРНАЯ ПОЗИЦИЯ «ТУФФИЗИТОВ» КОЛЧИМСКОГО ПОДНЯТИЯ, ЗАПАДНЫЙ СКЛОН УРАЛА

**А.Б.Кирмасов (ЦНИГРИ МПР России)**

*Рассмотрены тектоническое строение и история развития Колчимского поднятия. На основе структурных исследований показано, что размещение «туффизитов» поднятия во многих случаях определяется тектоническими факторами.*

При изучении первоисточников алмазов для россыпей Урала в последние десятилетия преобладает точка зрения о их кимберлитовой природе. Некоторые разнотечения касаются лишь вопроса о местоположении кимберлитов — в непосредственной близости к россыпям или на значительном удалении от них. В последние годы сформировалась новая гипотеза о связи алмазоносности Урала с так называемыми «туффизитами» — первоначально магматическими образованиями, преобразованными при постмагматических метасоматических процессах [11, 13—15]. На современном эрозионном срезе, в расчистках и карьерах эти

породы представлены глинами и суглинками различных окрасок и текстур (в том числе флюидальных). По данным сторонников новой гипотезы, они представляют собой измененные вулканиты — вулканические пеплы, лавы, туфы [13—15].

Как показывают данные большинства исследователей, алмазы из россыпей Урала однозначно связаны с породами щелочно-ультраосновного ряда (кимберлитами или лампритами) [8, 9 и др.], а сведения об алмазоносности «туффизитов» [15] (далее без кавычек) пока нельзя считать достоверными. Возможная полигенная природа этих образова-

ний, рассматривающихся рядом исследователей в качестве возможного первоисточника коренных алмазов для россыпей Урала и даже нового генетического типа алмазоносных пород, предполагает обсуждение широкого круга вопросов, в том числе тектонического строения территории.

Складчатая структура Западного Урала формировалась на жестком основании, сложенном раннедокембрийскими комплексами окраины Восточно-Европейской платформы. Мощный комплекс рифейских отложений накапливался в обстановке перикратонного опускания в прибрежно-морских условиях. В течение всего рифея на территории Пермского Предуралья существовал бассейн с прибрежно-морским осадконакоплением (сублитораль — шельф). Развитие бассейна происходило на фоне слабых проявлений магматизма субщелочного состава; в пределах Полюдово-Колчимского поднятия вулканогенные породы отмечены в виде редких прослоев туфов в разрезе рассольненской свиты [2].

Рифейские отложения Урала интерпретируются как образования пассивной континентальной окраины океанического бассейна, заложившегося вдоль восточной окраины Восточно-Европейской платформы [12] (более детально эта модель разработана для Тимана [10]). Вместе с тем, проявление коллизионных тектонических процессов байкальского цикла на территории западного склона Урала было весьма слабым при отсутствии типоморфных коллизионных признаков. На изучаемой территории к молассовым (молассоидным) комплексам традиционно относят образования чуровчинской, ильявижской и кочешорской свит. Слабое проявление коллизионных процессов — главный аргумент сторонников развития на Урале поздневендского эпиплатформенного орогенеза, возникшего в результате предрифтового подъема земной коры [5].

Новый крупный этап тектонического развития Урала отражает заложение в конце кембрия — ордовике палеоокеанического бассейна [12]. Судя по небольшим мощностям отложений, чередованию в разрезе шельфовых, прибрежно-морских и континентальных фаций, перерывам в осадконакоплении [2], в раннем — среднем палеозое территория Колчимского поднятия являлась областью перехода от западной пассивной окраины Палеоуральского бассейна к Восточно-Европейской платформе.

В конце силура — раннем девоне отмечается тектоническая перестройка, вероятно, связанная с «частными» коллизионными событиями при столкновении зрелых островодужных систем в восточной части Уральского бас-

сейна [12]. Среднедевонские отложения несогласно залегают на силурийских и отвечают наиболее важному с поисковой точки зрения тектоническому этапу, в течение которого формировались терригенные отложения такатинской свиты, обычно рассматривающиеся в качестве основного промежуточного алмазоносного коллектора (наряду с колчимской свитой, находки алмазов в которой более редки). Происходит пенепленизация рельефа, образование мощных кор выветривания, сопровождаемое карстообразованием в карбонатных породах силура [1]. Такатинская свита представлена континентальными фациями в нижней части разреза, а в верхней — лагунными и прибрежно-морскими. Во время ее формирования на территории Пермского Предуралья была аллювиальная равнина, перемещение обломочного материала осуществлялось вдоль Тимана к юго-востоку [1, 2].

С конца девона (фаменский век) в пределах Урала фиксируется начало коллизионных событий, связанных с закрытием палеоокеанического бассейна. До московского века среднего карбона коллизия имеет «мягкий» характер, сменяясь в среднем карбоне — ранней перми «жесткой» коллизией [12]. На позднеколлизионной стадии образуется Предуральский краевой прогиб. В конце палеозоя на всей территории Урала орогенические движения приводят к складчато-надвиговым деформациям палеозойских отложений Западного Урала. На этой стадии происходят движения также по фронтальному взбросо-надвигу в западном обрамлении рифеид.

Процессы постколлизионного рассеянного рифтогенеза (растяжение) проявляются на Урале на рубеже палеозоя и триаса [6, 12]. Вероятно, что растяжение литосферы началось уже в поздней перми, главным образом на прилегающей части Восточно-Европейской платформы [16]. На территории Полюдово-Колчимского поднятия магматические образования этого этапа отсутствуют, и в условиях новообразованного расчлененного рельефа преобладают процессы сноса.

В геологическом строении Колчимского поднятия (рис. 1) участвуют отложения рифейско-кембрийского, палеозойского и мезозайско-кайнозойского комплексов, отвечающих главным этапам тектонического развития территории. В рифейско-кембрийский терригенно-карбонатный комплекс входят рассольненская, деминская, низъянская, усть-чуровчинская свиты верхнего рифея, чуровчинская и ильявижская свиты венда и кочешорская свита венд-кембрийского (?) возраста. Разрез палеозоя западного склона Урала начинается с

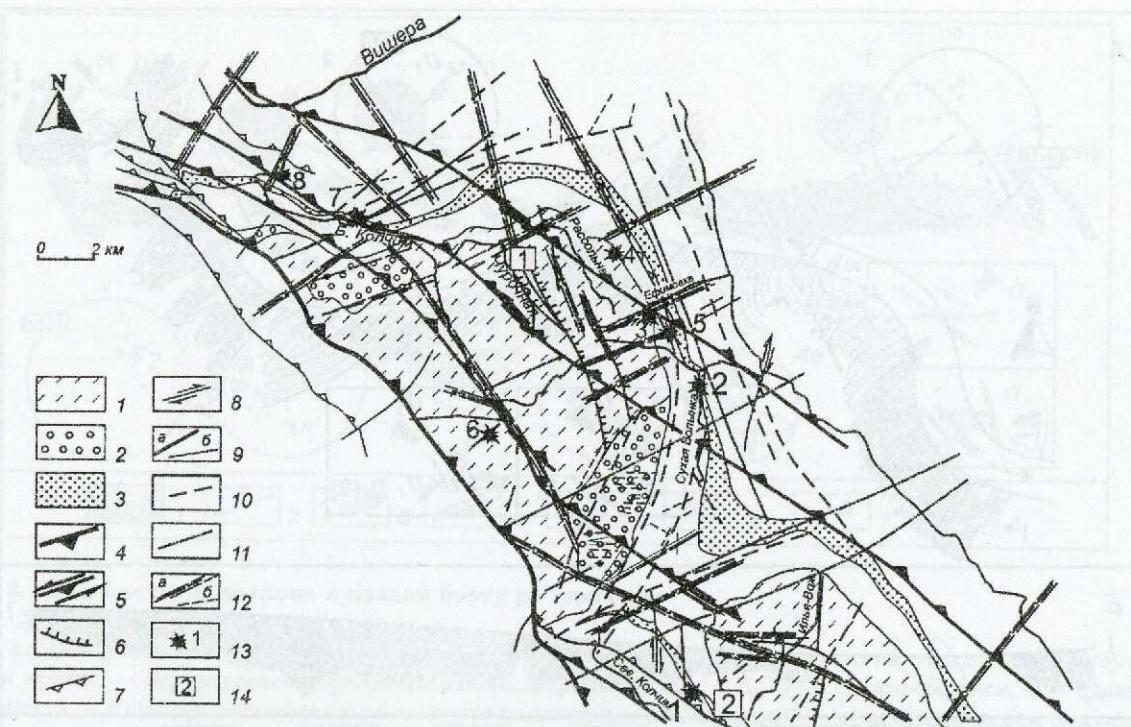


Рис. 1. Тектоническая схема Колчимского поднятия, по данным А.М.Чумакова, 1996, с упрощением:

1 — позднедокембрийские образования; 2 — ордовикские конгломераты; 3 — среднедевонские песчаники такатинской свиты; 4 — главный фронтальный надвиг; 5 — позднебайкальские сдвиги-надвиги и сдвиги-взбросы; 6 — позднебайкальские взбросы; герцинские разломы: 7 — взбросо-надвиги, 8 — сдвиги; 9 — прочие разрывы предположительно байкальского (а) и герцинского (б) возраста; 10 — разрывы в раннедокембрийском кристаллическом фундаменте, отраженные в строении осадочного чехла; 11 — зона секущих поперечных разломов; 12 — зоны брекчирования (а) и трещиноватости (б) пород; 13 — участки «туффизитообразования» (1 — Илья-Вож, 2 — Сухая Волынка, 3 — Дресвянка, 4 — Рассольная, 5 — Ишковский карьер, 6 — линия 178, 7 — Большеколчимский карьер, 8 — Елизаветинский участок); 14 — участки структурных исследований (1 — р. Чурочная, 2 — р. Илья-Вож)

конгломератов и песчаников полюдовской свиты верхнего ордовика, залегающих с резким угловым несогласием на отложениях рифейско-кембрийского комплекса. Выше разрез наращивается доломитами и известняками колчимской свиты силура, на которых с угловым несогласием залегают кварцевые песчаники с линзами гравелитов и конгломератов такатинской свиты среднего девона. Верхнедевонско-каменноугольные терригенно-карбонатные и преимущественно терригенные пермские отложения сменяются мезозойско-кайнозойским комплексом, представленным различными генетическими типами пород (элювиальными, делювиальными, карстовыми, аллювиальными и ледниковыми), перекрывающими позднедокембрийские и палеозойские образования.

В пределах Колчимской и Тулымпарминской антиклинальных структур слабо проявлен позднерифейский субщелочной и щелоч-

ной вулканизм. В верхней части рассольненской свиты известны маломощные пачки вулканических брекчий и туфов смешанного состава [3] и эсексит-диабазы вишерского комплекса венд-кембрийского (?) возраста [2].

Колчимское поднятие сформировано двумя сопряженными антиклинальными структурами — Колчимской и Тулым-Парминской, ядра которых сложены позднедокембрийскими породами. С юго-запада антиклинали срезаны крупным взбросо-надвигом. Крылья структур сложены палеозойскими отложениями и осложнены более мелкими пликативными дислокациями и разрывными нарушениями.

Тектоническая структура Колчимского поднятия сформировалась в течение двух главных коллизионных этапов: в конце рифея — венде (?) и в перми. Детальные структурные исследования на небольших участках (см. рис. 1) были проведены для выяснения возможного участия тектонических процессов в образова-

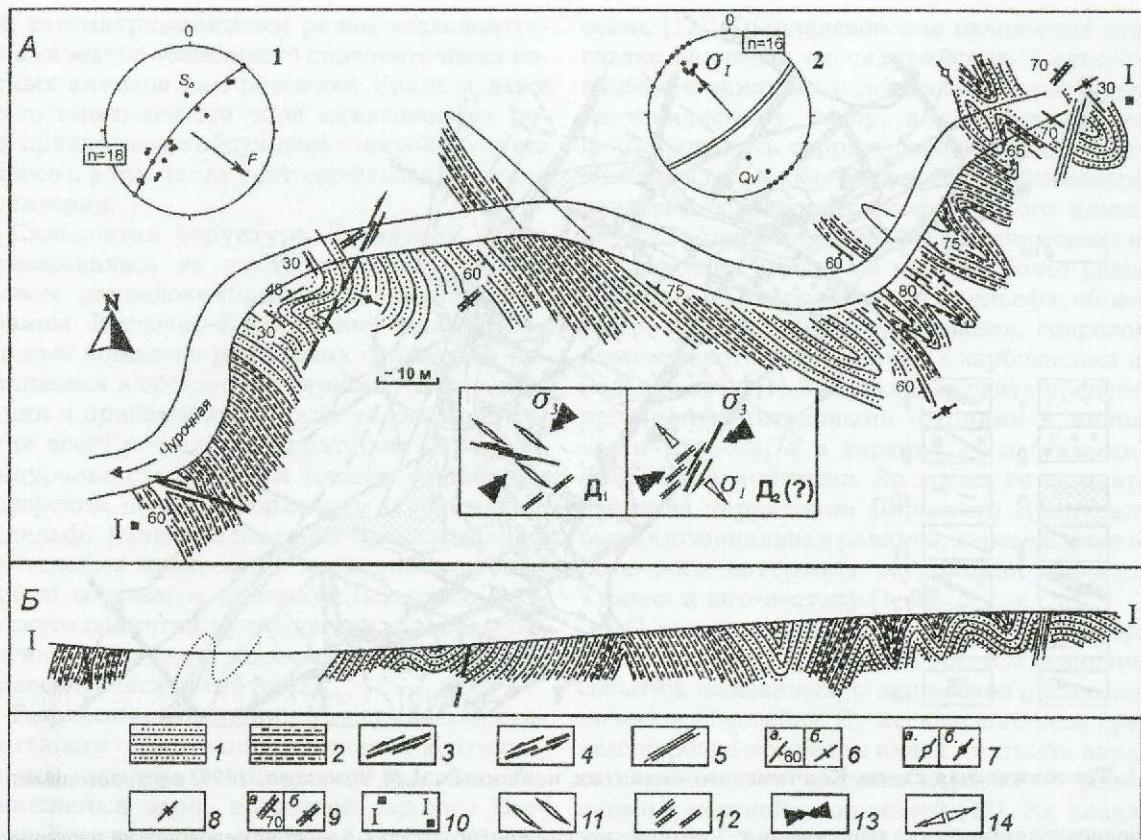


Рис. 2. Структура терригенных отложений чурочинской свиты, р. Чурочная (A — план, B — разрез);

1 — песчаники; 2 — алевролиты и алевропелиты; сдвиги: 3 — достоверные, 4 — предполагаемые; 5 — зона трещиноватости; 6 — элементы залегания слоистости (а — наклонное, б — вертикальное); 7 — ядра антиклинальных (а) и синклинальных (б) складок; 8 — элементы залегания отдельности; 9 — элементы залегания кварцевых жил (а — наклонное, б — вертикальное); 10 — линия разреза; на врезке показаны структурные парагенезы этапов деформации  $D_1$  и  $D_2$  (?); 11 — складки, 12 — кварцевые жилы; ориентировка осей: 13 — сжатия, 14 — растяжения; на сферических диаграммах в проекции на верхнюю полусферу показаны ориентировки структурных элементов (n — число замеров): слоистости (1) и кварцевых жил (2)

нии туффизитов и (или) их размещении. Методические подходы, используемые при проведении структурного парагенетического анализа, детально изложены в работе [7].

В среднем течении р. Чурочная в размытом плотике отработанного драгой участка наблюдается переслаивание песчаников и алевролитов чурочинской свиты. Отдельные выходы позволяют реконструировать складчатый разрез свиты в виде серии сопряженных антиклинальных и синклинальных складок (рис. 2). Углы падения на крыльях достигают  $80^{\circ}$ , шарниры антиклиналей симметрично погружаются в периклинальных замыканиях. Полюса слоистости образуют на сферической диаграмме 1 (см. рис. 2) пояс с общим северо-западным погружением шарниров складок. Складчатая структура чурочинской свиты формировалась в механической обстановке СВ-ЮЗ сжатия

(см. рис. 2, этап деформации  $D_1$ ). Левосторонние сдвиги, выраженные пластичными срываами в сланцевой части разреза, генетически связаны с пликативными деформациями. По данным петротектонического анализа в пачках переслаивания алевролитов и черных филлитовидных сланцев развиты складки шарнирного изгиба, в песчаниках — складки изгиба со скольжением. На круtyх крыльях складок в алевролитах наблюдается проникающий межзерновой кливаж. В обстановке СВ-ЮЗ сжатия, по-видимому, возникли и многочисленные кварцевые жилы, имеющие «волокнистый» габитус. Кварцевые жилы и редкие кливажные зоны растворения образуют деформационно-химические структурные парагенезы [4]. Ориентировка оси растяжения, восстановленная по кварцевым жилам, не соответствует простиранию шарниров складок, что может

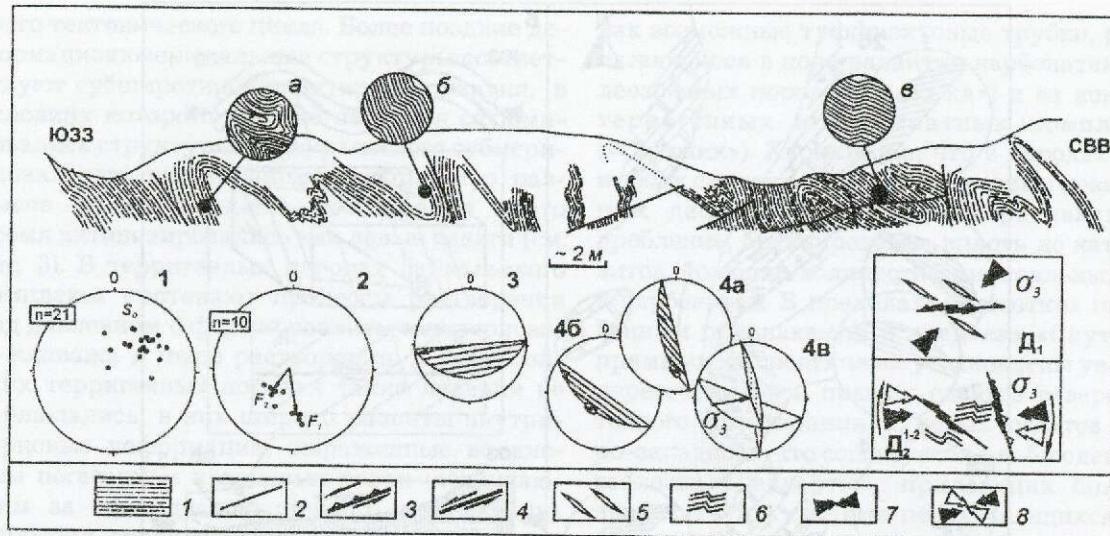


Рис. 3. Строение зоны разлома в правом борту р. Чурочная:

1 — рассланцованные алевропелиты; 2 — разрывы; на врезках а, б, в — морфология складок; на прямоугольной врезке — структурные парагенезы этапов деформации D<sub>1</sub> и D<sub>2</sub>; 3 — сдвиги-надвиги, 4 — сдвиги; складки: 5 — с субгоризонтальными, 6 — круто падающими шарнирами; 7 — ориентировка оси сжатия; 8 — вращение оси сжатия на этапе D<sub>2</sub>; на сферических диаграммах в проекции на верхнюю полусферу показаны ориентировки структурных элементов (n — число замеров): слоистости (1), складок (2), разрывов (3, 4а, 4б), кливажа плойчатости (4в)

свидетельствовать об образовании кварцевых жил на более поздних стадиях этапа деформации D<sub>1</sub> или на деформационном этапе D<sub>2</sub> (?) в парагенезе с зонами «хрупких» правых сдвигов.

Ниже по течению р. Чурочная в ее правом борту в зоне разрыва чурочинская свита представлена сильно рассланцованными алевролитами и филлитовидными сланцами (рис. 3). Поверхности слоистости (сланцеватости) падают к северо-востоку, в меньшей степени к северу (см. рис. 3, диаграмма 1). Шарниры мелких складок также ориентированы в двух направлениях и погружаются к северо-северо-западу и северо-востоку (см. рис. 3, диаграмма 2). Помимо этих структур отмечаются малоамплитудные сколовые разрывы с различной ориентировкой смеcителей и направлением перемещения по ним (см. рис. 3, диаграммы 3, 4а, 4б). Макркливаж плойчатости и кинк-зоны в тех же породах указывают на ЮЗЗ-СВВ ориентировку палеосжатия. Генетическая интерпретация свидетельствует о возможном образовании данного сочетания структур в течение двух деформационных этапов. На первом этапе D<sub>1</sub> в обстановке СВ-ЮЗ сжатия (см. рис. 3) формируется общая складчатая структура пород (см. северо-восточный максимум полюсов слоистости на диаграмме 1). Возможно, что на этом же этапе происходили сдвиги-надвиговые перемещения по полого падающим к северу

разрывам: направление смещения указывает на коаксиальный (соосный) характер деформации при образовании разрывов и складок. На втором этапе деформации D<sub>2</sub> могли сформироваться сколы сдвигово-надвиговой кинематики северо-западного простирия, совпадающие по ориентировке со слоистостью. Механическая обстановка, восстановленная по ориентировке сколов, соответствует субширотному (СЗЗ-ЮВВ?) сжатию. В этих условиях субширотного сжатия формировались кинк-зоны и макркливаж плойчатости.

На водосливе с драги 119 (лето 2000 г.) на участке Илья-Вож наблюдается следующий структурный разрез. На протяжении 50 м вдоль водослива обнажаются моноклинально падающие к юго-западу терригенно-карбонатные породы каменноугольного возраста, среди которых присутствует прослой битуминозных пород мощностью около 5 м, трактуемых геологами «Гекарты» как возможные туффизиты (рис. 4). Данный фрагмент разреза принадлежит северо-восточному крылу крупной синклинали (см. рис. 4, диаграмма 1), осложненной серией мелких разрывов, сопровождающихся тектоническим брекчированием и катаклизом пород. Ориентировка мелких складок в зоне разрыва указывает на левосдвиговую составляющую перемещения по межслоевому срыву. В различных литотипах пород отмечены разноориентированные зеркала скольжения (см.

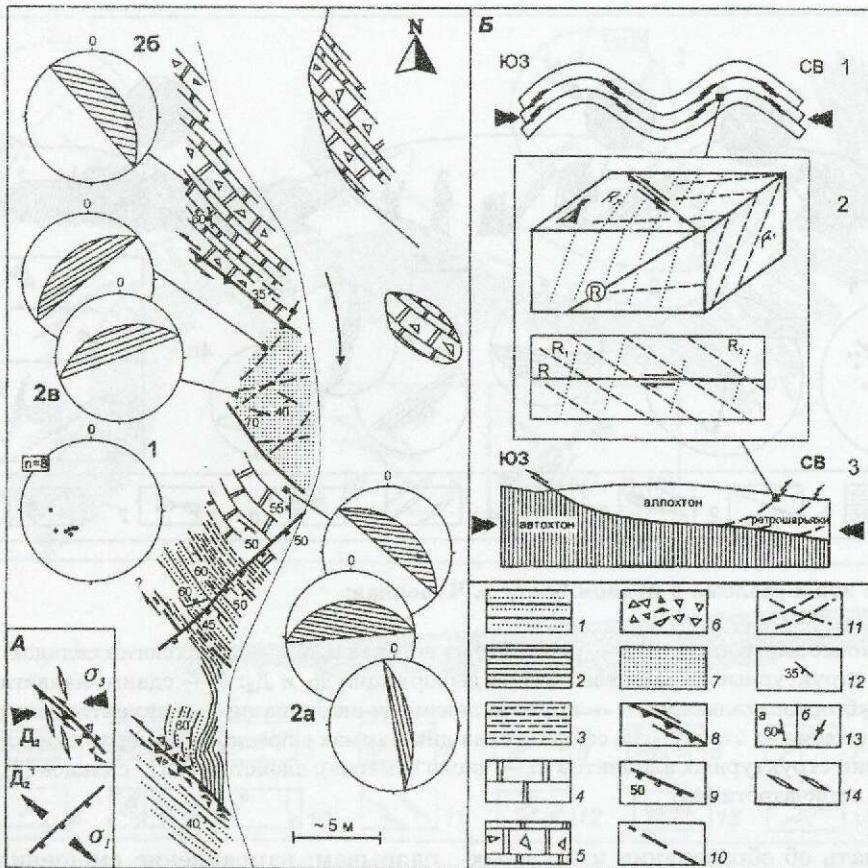


Рис. 4. Структурная позиция битуминозных туффизитов участка Илья-Вож:

1 — песчаники; 2 — углистые алевролиты и аргиллиты; 3 — рассланцованные аргиллиты; 4 — доломиты; 5 — пачка переслаивания среднеслоистых брекчированных и тонкослоистых доломитов; 6 — гематитизированные тектонические брекции; 7 — битуминозные туффизиты; 8 — сдвиги-надвиги; 9 — сбросы и угол падения сместителя; 10 — прочие разрывы; 11 — зеркала скольжения в туффизитах; 12 — элементы залегания слоистости; 13 — элементы залегания отдельности (трещиноватости); 14 — складки (на врезке А); А — этапы деформаций  $D_2$ ,  $D_2^1$  и соответствующие им структуры;  $\sigma_3$ ,  $\sigma_1$  — ориентировка осей сжатия и растяжения соответственно; Б — возможная генетическая интерпретация наблюдаемого парагенеза структур; на сферических диаграммах в равноугольной проекции на верхнюю полусферу показаны ориентировки структурных элементов (1 — слоистость, 2 — зеркала скольжения в доломитах юго-западного (2а) и северо-восточного (2б) блоков, в туффизитах (2в) и ориентировка штриховки на плоскостях, стрелка соответствует направлению перемещения

рис. 4, диаграммы 2а—2в). Обратная по отношению к общеуральской вергентность надвига могла образоваться в результате формирования в теле крупного аллохтона тыловых надвигов — ретронадвигов (см. рис. 4, врезка Б-3) или, что более вероятно, является результатом образования складок при изгибе со скольжением (см. рис. 4, врезка Б-1). В любом случае все системы зеркал скольжения закономерно образуют систему хрупких сколов Риделя, связанную со сдвигово-надвиговым характером смещения по главной поверхности разрыва (см. рис. 4, врезка Б-2), и формируются в обстановке субширотного «уральского» сжатия (см. рис. 4, врезка А, этап  $D_2$ ). Сбросовые сколовые

трещины северо-восточного простирания образовались на более позднем деформационном этапе.

В региональном масштабе структурообразование характеризуется взаимодействием структурных неоднородностей различных уровней. Фрагментарность наблюдений не позволяет достаточно полно описать этапность структурообразования. Тем не менее при всей неоднозначности генетической интерпретации можно сделать ряд выводов.

Структуры байкальского комплекса образовались в течение двух деформационных этапов. Первый этап соответствует механической обстановке СВ-ЮЗ сжатия в конце байкаль-

ского тектонического цикла. Более поздние деформационные локальные структуры соответствуют субширотной ориентировке сжатия, в условиях которого в конце палеозоя сформировались структуры общеуральского субмеридионального простирания. Большинство разрывов северо-западного простирания в это время активизировалось как левые сдвиги (см. рис. 3). В терригенных породах байкальского комплекса протекают процессы растворения под давлением с формированием межзернового кливажа и швов растворения. В палеозойских терригенных породах такие явления не наблюдались; в них широко развиты внутризерновые деформации, выраженные волнистым погасанием кварцевых зерен (возникающим за счет дислокационного скольжения). Коррозия зерен (результат растворения под давлением) проявлена незначительно. Это, по-видимому, связано с условиями «быстрых» деформаций отложений палеозойского комплекса при более низких температурах по сравнению с позднедокембрийскими. В палеозойских породах развиты субпослойные срывы и надвиги (см. рис. 4); на контактах с выступами байкалид при их облекании характерны лево-сдвиговые структуры.

Структурная позиция туффизитов на участке Илья-Вож (водослив драги 119) определяется их положением в зоне внутриформационного срыва антиуральской вергентности (см. рис. 4). Породы сильно рассланцованны и представлены тектонической «дресвой». Петрографически это мелкозернистые кварц-полевошпатовые песчаники с черным битуминозным поровым заполнителем. Неравномерность заполнения подчеркивается наличием слабо пропитанных овощных фрагментов, разделенных участками, в которых соотношение заполнителя и обломочного материала можно охарактеризовать как базальное. Терригенные породы широко распространены в изученном фрагменте разреза. Избирательную пропитку их углеводородами можно объяснить тектоническим дроблением (катализом) в зоне разрыва. На этапе герцинского тектогенеза эти породы (битуминозные песчаники) участвовали в структурообразовании как сложившийся литотип в терригенно-карбонатном разрезе, на что указывают ориентировки зеркал скольжения в туффизитах на фоне общего субпослойного рассланцевания (см. рис. 4). Возможно, что их происхождение связано с миграцией органического вещества из битуминозных органогенных доломитов карбона.

На участке Илья-Вож были изучены также объекты «Малютка» и «Спутник» (рис. 5), рассматриваемые сотрудниками «Геокарты»

как возможные туффизитовые трубки, расположющиеся в поле развития карбонатных палеозойских пород («Малютка») и на контакте терригенных и карбонатных комплексов («Спутник»). Характерно, что в породах рамы в обоих случаях наблюдаются следы повышенных деформационных преобразований — дробление, брекчирование вплоть до катализитов, большое количество минеральных жил в карбонатах. В пределах «Малютки» по косвенным признакам, а в пределах «Спутника» прямыми наблюдениями установлены узловые пересечения зон правых сдвигов северо-восточного простирания и левых сдвигов северо-западного (что согласуется с наблюдениями геологов «Геокарты», придающих большое значение этой системе пересекающихся разрывных нарушений [13, 15]). Формирование сопряженных сдвигов происходило в обстановке субширотного сжатия, связанного, как было показано выше, с позднепалеозойскими коллизионными событиями. Таким образом, можно говорить о прямой связи размещения туффизитов и тектонических деформаций на этом участке.

Изученные объекты располагаются в зоне Илья-Вожского разлома, сопровождающегося метасоматическими преобразованиями пород и низкотемпературной гидротермальной минерализацией. Взаимосвязь этих процессов и предполагаемого магматизма не очевидна, и для окончательного решения вопроса необходимо детальное изучение вещественного состава глинистой массы туффизитов. Если не привлекать «туффизитовую» гипотезу, то для объектов, подобных «Малютке» и «Спутнику», естественным объяснением может быть преобразование пород вдоль тектонических нарушений и особенно в узлах их пересечения с формированием линейных кор выветривания или проседания с переотложением продуктов химического выветривания в локальные депрессии.

На участках Дресвянка и в пределах Рассольненской депрессии (см. рис. 1) туффизиты приурочены к зоне контакта кочешорской свиты венда — кембрия (?) и палеозойских отложений, который рассматривается как тектонический [11]. Это подтверждается и нашими наблюдениями (рис. 6): элювиально измененные глинизованные терригенные породы базальной пачки силура «прилегают» к поверхности контакта с крутопадающими складчатыми породами венда, и, вероятно, такие соотношения действительно могут рассматриваться как зоны межформационных надвигов (срывов).

Таким образом, намечается определенная взаимосвязь между размещением туффизитов

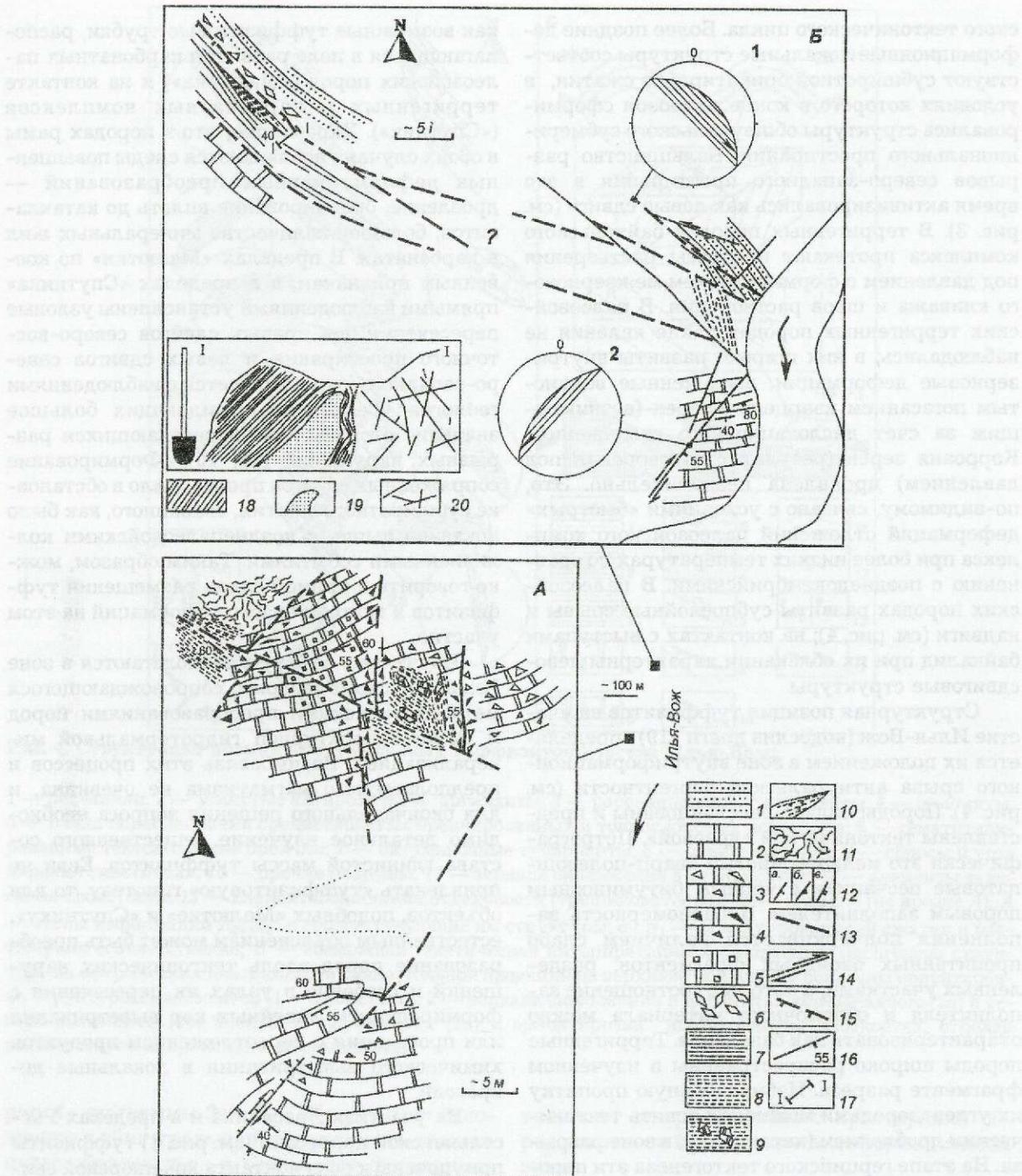


Рис. 5. Структурные схемы строения объектов «Малютка» (А) и «Спутник» (Б), р. Илья-Вож:

1 — песчаники; 2 — доломиты; 3 — брекчированные доломиты; 4 — брекчированные ожелезненные доломиты; 5 — сильно выветрелые «глинизированные» доломиты; 6 — тектонические брекчи; 7 — полосчатые лимонитизированные суглинки и супеси; 8 — черные глины; 9 — черные глины с глыбами битуминозных доломитов; 10 — черные глины с марказитовыми конкрециями; 11 — контрастно-полосчатые суглинки; 12 — элементы залегания слоистости (а), полосчатости в глинах (б), отдельности (в); 13 — разрывы; 14 — сдвиги; 15 — взбросы; 16 — трещины с зеркалами скольжения (цифрами дан угол падения смесителя); 17 — линия разреза; на разрезе I-I показана расчистка через объект «Спутник»: 18 — лимонитизированные карбонатные полосчатые суглинки с прослойками супесей; 19 — туффизиты (черные глины с марказитом); 20 — брекчированные ожелезненные песчаники

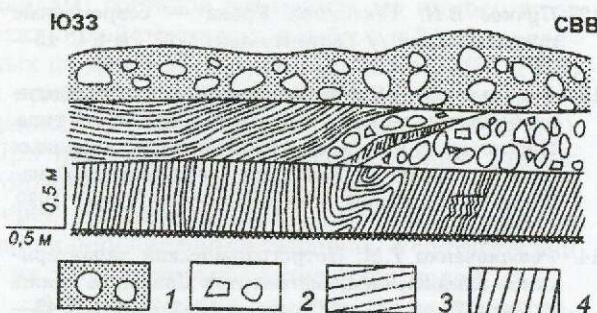


Рис. 6. Тектонические (?) взаимоотношения кочешорской свиты и элювиально измененных песчаников колчимской (?) свиты, Рассольинская депрессия:

1 — техногенные свалы; туффизиты (элювий по терригенным породам колчимской (?) свиты); 2 — конглобрекции с обломками выветрелых песчаников с супесчанным заполнителем; 3 — супеси и супесчаные глиники; 4 — выветрелые глинистые сланцы кочешорской свиты с зоной ожелезнения в зоне контакта

и тектоническими структурами. Локализация туффизитов в участках пересечения диагональных разрывов (сколов) с большой вероятностью позволяет судить о постгерцинском их возрасте, а в зонах базальных надвигов в основании палеозойского комплекса рассматривать туффизиты как образования кор выветривания (линейные коры постгерцинского возраста; деформированные коры выветривания, сформировавшиеся по рифейским породам в конце байкальского этапа). Широкое развитие надвигов имеет отрицательное поисковое значение: измененные в коре выветривания магматиты вместе с вмещающими породами могли быть деформированы в зонах разрывных нарушений и существенно смещены по ним.

По мнению сотрудников ГФУП «Геокарта — Пермь», размещение туффизитов контролируется пересечением глубинных разломов северо-западного простирания и разломов северо-восточного простирания, интерпретируемых как структуры незавершенного эмбрионального рифта [13, 15], возникшие на этапе мезозойско-кайнозойской активизации. По нашим данным, сопряженные сколы северо-восточного и северо-западного простирания формировались в обстановке субширотного сжатия на герцинском коллизионном этапе.

Важно подчеркнуть, что развитие территории Западного Урала в режиме пассивной континентальной окраины в течение позднего докембрия и, вероятно, палеозоя не исключает возможного присутствия магматитов щелочно-ультраосновного ряда, в том числе кимбер-

литов или лампроитов (аналогичные обстановки в рифеях отмечаются для Среднего Тимана, в свекофенское время — для кимберлитового поля Куопио в Финляндии). Предполагаемый возраст магматитов по аналогии со Средним Тиманом может соответствовать: венд-ранне-палеозойскому (пикриты Четласа), среднепалеозойскому (Умбинское поле), юрскому (лампроитоподобные породы гряды Чернышева и Хортесского комплекса Приполярного Урала). Для территории Колчимского поднятия в большинстве случаев этапы предполагаемого магматизма совпадают с этапами воздымания территории, сопровождающегося образованием кор выветривания. Впоследствии измененные в коре выветривания магматиты могли быть вовлечены в складчато-разрывные дислокации, сопровождаемые метасоматическими процессами в зонах крупных разрывных нарушений.

Предварительные результаты проведенных в пределах Колчимского поднятия структурных исследований показывают, что вопрос о закономерностях размещения туффизитов, несомненно, имеет тектоническое решение, но однозначно связать зоны разрывных нарушений и узлы их пересечений с типом объекта (линейными корами выветривания, карстовыми воронками, низкотемпературными метасоматитами в зонах разломов, туффизитовыми трубками) можно только на основе детального изучения вещественного состава с определением степени участия эндогенной составляющей в этих образованиях. Таким образом, определение генетической природы туффизитов должно иметь, прежде всего, петрологическое (или литологическое) обоснование.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Беккер Ю.Р., Бекасова И.Б., Ишков А.А. Алмазоносные россыпи в девонских отложениях Северного Урала // Литология и полезные ископаемые. 1970. № 4. С. 65—75.
- Геология и палеогеография западного склона Урала / Ю.А. Смирнов, Н.Г. Боровко, Н.П. Вербицкая и др. — Л.: Недра, 1977.
- Гринсон А.С., Лукъянова Л.И., Погорелов Ю.И. К вопросу о происхождении и размещении первоисточников алмазов на западном склоне Урала // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1975. № 1. С. 24—30.
- Деформационно-химические парагенезы и структурно-метаморфическая зональность / М.А. Гончаров, В.Г. Талицкий, В.А. Галкин и др. // Геотектоника. 1995. № 2. С. 49—60.
- Иванов С.Н., Русин А.И. Поздненеандский этап тектонического развития Урала // Геотектоника. 2000. № 3. С. 21—32.
- Кирмасов А.Б. Структурная позиция мезозойских трубок щелочно-ультраосновных пород гряды Чернышева, Республика Коми // Руды и металлы. 2000. № 2. С. 50—57.

7. Кирмасов А.Б., Талицкий В.Г., Божко Н.А. Структурная эволюция Келянно-Иракиндинской зоны (восточная часть Байкало-Муйского пояса) в позднем докембрии — раннем палеозое // Геотектоника. 2000. № 1. С. 61—78.
8. Малахов И.А. Состав и типоморфизм барофильных минералов в разновозрастных терригенных толщах Красновишерского района на Северном Урале и проблема алмазоносности туффизитов // Магматические и метаморфические образования Урала и их металлогенез. Екатеринбург, 2000. С. 304—333.
9. Новая гипотеза гляциального формирования алмазоносных россыпей Урала / В.К.Гаранин, Г.М.Гонзага, Дж.Е.Г.Кампсис и др. // Вестн. МГУ. Сер. 4. Геол. 2000. № 5. С. 51—54.
10. Оловянишиников В.Г. Верхний докембрий Тимана и полуострова Канин. — Екатеринбург: УрО РАН, 1998.
11. О новом типе коренных источников алмазов на Урале / А.Я.Рыбальченко, В.Я.Колобянин, Л.И.Лукьянова и др. // ДАН. 1997. Т. 353. № 1. С. 90—93.
12. Пучков В.Н. Тектоника Урала — современные представления // Геотектоника. 1997. № 4. С. 42—61.
13. Рыбальченко А.Я. Модель алмазоносных флюидизатно-эксплозивных структур Уральского типа. Прогнозирование и поиски коренных алмазных месторождений // Тез. докл. Международной научно-практической конференции. Судак, 1999. С. 158—163.
14. Рыбальченко Т.М. Петрографическая характеристика алмазоносных магматитов Полюдова кряжа // Вест. Перм. ун-та. Геология. 1997. Вып. 4. С. 43—51.
15. Субвуликанические эксплозивные породы Урала — возможные коренные источники алмазных россыпей / Л.И.Лукьянова, В.В.Жуков, В.А.Кириллов и др. // Региональная геология и металлогенез. 2000. № 12. С. 134—157.
16. Чувашов Б.И. Палеотектоника Уральского подвижного пояса и его обрамления в поздней перми // ДАН. 1999. Т. 369. № 3. С. 361—364.

УДК 549.641.23:552.323.6 (571.56)

© И.П.Илупин, М.М.Ботова, М.В.Шавырина, 2001

## НОВЫЕ ДАННЫЕ О ХИМИЧЕСКОМ СОСТАВЕ ИЛЬМЕНИТА ИЗ КИМБЕРЛИТОВ ЯКУТИИ

**И.П.Илупин, М.М.Ботова, М.В.Шавырина (ЦНИГРИ МПР России)**

Проанализированы (микрозонд ЦНИГРИ) ильмениты из большинства кимберлитовых тел Далдыно-Алакитского района. Приведены средние (по трубкам, дайкам) содержания минералообразующих компонентов. Рассмотрены причины расхождения оценок состава ильменита (по трубкам). Разные содержания хрома в ильменитах из отдельных участков трубок Зарница и Дальняя (брекчия) совместно с другими признаками свидетельствуют о сложном строении этих тел. Неоднородность Далдыно-Алакитского района подтверждается, наряду с другими показателями, сведениями об особенностях химического состава ильменита.

Ильменит (пикроильменит) — один из важнейших индикаторных минералов кимберлитов, изучению которого уделяется большое внимание. В ряде публикаций приведены сведения о химическом составе ильменита — как результаты анализа отдельных образцов, так и средние значения для кимберлитовых трубок. Вместе с тем, разные авторы иногда приводят совершенно несопоставимые данные. Так, средние содержания  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  в ильменитах из трубок Ну, погоди и Саратовская (Далдынское поле) в работе [5] соответственно 0,67 и 0,73% (подсчитано по данным метода ИНАА), а в работе [8] — 1,63 и 1,26%. Обработка результатов выполненных нами анализов, дополнен-

ная изучением литературных данных, позволила оценить причины этих расхождений, а также получить дополнительные сведения о сложном строении отдельных трубок и реальных различиях между ильменитами из отдельных фрагментов кимберлитовых полей.

Причинами отмеченных расхождений могут быть: аналитические ошибки; изучение зерен ильменита разного размера; изучение ильменита из разных частей (участков, блоков) кимберлитовых трубок. Рассмотрим этот материал на примере Далдыно-Алакитского района (объединяющего Далдынское и Алакит-Мархинское поля) Якутской кимберлитовой провинции. Сводка средних (по трубкам,

дайкам) составов ильменита из кимберлитов этих полей приведена в табл. 1 и 2, составленных по данным авторов (микрозонд ЦНИГРИ) с привлечением результатов анализа, приведенных в работе [2] (микрозонд ИФЗ РАН). При подсчете средних использованы данные только для относительно крупных (более 1 мм) зерен ильменита. Кимберлитовые трубы и дайки перечислены в таблицах в соответствии с их расположением в пределах полей.

**Аналитические ошибки.** Один из примеров вероятного влияния ошибок анализа на результаты приведен в работе [6]. Сопоставлены содержания хрома в ильменитах по данным [6] (метод ИНАА) и [11] (химический анализ) из трубок Искорка, Удачная, Сытыканской. Во всех трех случаях методом ИНАА получены более высокие значения — соответственно 0,32 против 0,16; 0,70 против 0,45; 1,28 против 1,01%.

Несколько примеров вероятных аналитических ошибок рассмотрены в работе [4]. Резко занижено (на 1—2 порядка по сравнению с «нормальными» значениями) содержание ванадия в серии образцов ильменита, проанализированных Ю.В.Шевченко и Б.М.Туркевичем (Институт геологии полезных ископаемых, г. Львов). Занижено содержание хрома в ильменитах из трубы Сытыканской (те же аналитики), завышено — магния в ильмените из трубы Искорка (данные Н.А.Курылевой и др.).

Наконец, в табл. 3 приведены данные для ильменита из трубок Далдынского поля. Во всех случаях в работе [8] показаны более высокие средние содержания магния и хрома в ильменитах по сравнению с данными ИГГ СО АН (г. Новосибирск). Не исключено, что и здесь расхождения объясняются ошибками одной из лабораторий.

**Размер зерен.** Наиболее высокие содержания хрома выявляются обычно у ильменита, образующего в кимберлитах относительно мелкие зерна (желваки), что впервые отмечено в работе [3]. Эта закономерность подтверждена в ходе изучения многих десятков зерен ильменита (рис. 1 — материалы И.П.Илунина, В.М.Кулигина, Г.Ч.Витоженца). В пределах Алакит-Мархинского поля выделяются своеобразные фрагменты — группа трубы НИИГА и группа трубы Искорка [6]. На рис. 1 видно, что приуроченность наиболее высоких концентраций хрома к зернам малого размера справедлива как для образцов из этих групп, так и для образцов основной части поля. Сходная картина получена для ильменитов Далдынского поля. Здесь наиболее богаты хромом ильмениты групп трубок Малютка+Дайковая+Соседняя и Осенняя+Зимняя; трубы этих двух групп выделяются на фоне других трубок

Далдынского поля незначительными размерами выделений ильменита.

Авторы работы [1], изучив ильмениты из трубы Зарница, установили отсутствие зависимости состава ильменита от размера зерен. На рис. 1 [1] (график «хром-магний») видно, что в целом отсутствие связи подтверждается, однако две фигуративные точки, отвечающие наиболее высоким концентрациям хрома (примерно 1,83 и 1,95% Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), принадлежат самым мелким зернам; самое высокое значение для остальной группы зерен — около 1,43%. Большинство точек образуют на графике три компактных поля с содержаниями Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> примерно 0,4—0,5; 0,7—0,9 и 1,0—1,3%.

В работе [8] для ильменита из трубы Москвичка (Алакит-Мархинское поле) показан закономерный рост среднего содержания Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> с уменьшением размера материала от +2 мм к -2+1 и далее к -1+0,5 (1,64—1,95—2,93%). Однако в ильмените фракции -0,5 мм содержание Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> низкое (1,42%).

Нами изучены преимущественно относительно крупные зерна ильменита — от 2 до 8 мм (по длинной оси). Проанализированы также немногочисленные мелкие зерна — 0,25—0,6 мм. Результаты анализа зерен разного размера на хром сопоставлены в табл. 4. Концентрация хрома в мелких зернах оказалась (в этой выборке) в среднем в 1,78 раза выше, чем в крупных. Зерна с содержанием более 0,9% Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> среди крупных составляют 18,8% (13 из 69), а среди мелких 58,8% (10 из 17). В двух мелких зернах найдено более 4% Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, тогда как в группе крупных максимальное значение 1,41%.

Для мелких зерен ильменита (0,1—0,3 мм, очень редко крупнее — до 1 мм), встречающихся в кимберлитах в виде включений в гранате, также характерны высокие концентрации хрома. Н.В.Соболевым с соавторами [10] для включений ильменита в зональном гранате из трубы Мир приведены значения от 4,11 до 10,7% Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и отмечено, что хромистость ильменита весьма высокая по сравнению с хромистостью обычных пикроильменитов из кимберлитов. В работе [7] для ильменитов — включений в гранатах из трубок Мамбо, Угадайка, Мастиахская, Осенняя и Иксовая (Далдынское поле) — приведены соответственно содержания 5,88; 1,55; 1,11; 4,26 и 0,59% Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. По-видимому, следует сделать вывод о близких условиях кристаллизации мелких высокохромистых мономинеральных зерен ильменита и зерен, присутствующих в виде включений в гранате.

Упомянутое выше расхождение оценок для ильменитов из двух трубок Далдынского поля обусловлено, скорее всего, изучением

## I. Химический состав ильменита из кимберлитов Далдынского поля

Трубка (дайка)	n	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	MgO	Сумма
Северо-запад Далдынского поля								
Удачная-западная	14	48,30	0,589	0,91	38,81	0,238	9,47	98,317
Удачная-восточная	25	48,52	0,554	0,81	38,41	0,268	9,80	98,362
Северо-восток Далдынского поля								
Любимая, шурф 92 (px)	8	49,37	0,719	0,70	36,72	0,264	10,82	98,593
Любимая, шурф 95 (px)	8	48,10	0,681	0,81	38,78	0,265	9,72	98,356
Волжанка (px)	4	49,06	0,672	0,87	36,33	0,262	11,23	98,424
Студенческая (px)	4	47,92	0,602	0,76	39,20	0,240	9,78	98,502
Полярная	5	49,05	0,620	0,76	35,66	0,290	12,09	98,470
Фестивальная	11	48,86	0,614	0,67	37,81	0,223	10,21	98,387
Соседняя	4	46,60	0,635	1,86	39,62	0,240	9,34	98,295
Дайковая-трубка	4	46,90	0,645	2,31	38,64	0,242	9,58	98,317
Дайковая-дайка	2	46,88	0,620	1,19	39,76	0,200	9,62	98,270
Малютка	9	45,97	0,608	2,34	40,00	0,260	9,11	98,288
Иксовая, шурф 7 (px)	8	47,43	0,614	1,04	39,99	0,262	9,00	98,336
Иксовая, шурф 8 (px)	4	49,31	0,718	0,57	37,52	0,175	10,11	98,403
Аргыс (px)	4	48,14	0,602	0,94	39,34	0,238	9,07	98,330
Электра (px)	8	48,70	0,684	0,76	38,18	0,226	9,96	98,510
Им. Попугаевой (px)	8	47,81	0,748	0,92	38,95	0,224	9,79	98,442
Зарница	107	48,35	0,644	0,85	38,45	0,227	10,02	98,541
Невидимка	16	48,61	0,619	0,81	37,75	0,268	10,36	98,417
Летняя (px)	12	47,61	0,654	1,67	38,41	0,249	9,90	98,493
Зимняя	8	46,51	0,634	1,84	39,70	0,230	9,42	98,334
Осенняя	7	47,01	0,659	1,36	39,11	0,229	9,96	98,328
Прогнозная (px)	8	49,02	0,662	0,75	37,03	0,262	10,80	98,524
Мастахская-восточная (px)	6	48,47	0,697	0,97	37,59	0,282	10,36	98,369
Мастахская-западная (px)	8	48,77	0,664	0,72	38,21	0,291	9,78	98,415
Эндир (px)	8	49,28	0,654	0,78	36,73	0,259	10,92	98,623
Эврика (px)	12	48,83	0,629	0,72	38,17	0,251	9,82	98,420
Аэромагнитная	7	50,07	0,662	0,73	35,91	0,268	11,21	98,850
Овал (px)	8	50,01	0,698	0,91	35,76	0,219	11,15	98,747
Рот-Фронт	8	48,02	0,554	1,21	38,38	0,256	9,84	98,260
Центр Далдынского поля и трубка Украинская								
Якутская-основная	10	49,82	0,641	0,73	36,82	0,249	10,55	98,810
Якутская-западная (px)	6	48,98	0,607	0,72	38,00	0,262	9,97	98,539
Ильменитовая (px)	8	50,91	0,634	0,72	35,02	0,231	11,37	98,885
Академическая	9	48,29	0,622	1,10	38,44	0,270	10,05	98,772
Аэросъемочная	16	49,03	0,627	0,98	37,22	0,256	10,43	98,543
Украинская-основная	34	47,89	0,607	1,22	39,01	0,248	9,66	98,635
Украинская, шурф 7 (px)	8	48,33	0,632	1,12	38,44	0,220	9,88	98,622
Юго-восток Далдынского поля								
Молодежная	17	51,85	0,636	0,67	33,47	0,248	12,04	98,914
Ленинградская-централь-ная	12	51,37	0,569	0,66	33,27	0,274	12,12	98,263
Ленинградская (px)	12	50,72	0,593	0,62	34,62	0,268	11,48	98,301
Дайка Геофизическая (px)	10	50,45	0,653	0,76	35,12	0,228	11,48	98,091
Геофизическая, брекчия	8	51,42	0,731	0,83	33,35	0,244	12,22	98,795
Геофизическая, массивный кимберлит	8	51,09	0,659	0,70	33,90	0,249	11,83	98,428
Долгожданная	12	50,04	0,543	0,74	35,82	0,300	11,97	98,513
Нюрбинская (px)	10	49,46	0,640	0,81	36,66	0,277	10,76	98,607

Трубка (дайка)	<i>n</i>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	MgO	Сумма
<i>Юг и юго-запад Далдынского поля</i>								
Жила 70 (рх)	7	50,95	0,759	0,76	34,45	0,281	11,38	98,580
Дальняя, брекчия	44	50,56	0,659	0,80	35,07	0,259	11,31	98,658
Дальняя, массивный кимберлит	16	51,21	0,500	0,69	34,54	0,266	11,53	98,736
Саратовская (рх)	10	52,02	0,731	0,81	32,82	0,232	12,20	98,813
Угадайка	8	50,77	0,684	0,76	34,90	0,265	11,19	98,569
Ну, погоди (рх)	12	50,91	0,688	0,98	34,15	0,258	11,70	98,686
Мамбо	12	50,68	0,643	0,73	34,74	0,248	11,59	98,631
Загадочная (рх)	8	50,02	0,639	0,88	35,12	0,308	11,60	98,567

П р и м е ч а н и е. «рх» — рыхлые (слабомагнитные) кимберлиты. Дополнительно использованы результаты частичного анализа (Cr и Mg) трех образцов из основной части трубки Якутская. В трубке Ленинградская рыхлым кимберлитом сложены восточная и западная части.

выделений ильменита разного размера. В работах И.П.Илунина [5, 6] даны результаты анализа относительно крупных зерен. Только такие желваки (как правило, не менее 4 мм) можно анализировать методом ИНАА, поскольку требуется определенная навеска. При этом необходимо удалять периферические части желвака для избавления от вторичных образований. Возникает вопрос: можно ли считать представительными для трубок результаты анализа крупных зерен?

Количественные соотношения зерен ильменита разного размера в образцах кимберлитов некоторых трубок Далдынского поля показаны на рис. 2. Гистограммы построены на основании массовых замеров выделений (желваков, зерен) ильменита на поверхности штупфов кимберлита с помощью окулярной линейки микроскопа МБС-1. Средний размер каждого зерна принимался как среднее геометрическое из его размеров по длинной и короткой осям. Чаше других встречаются самые мелкие зерна ( $\sqrt{d_1 \cdot d_2} < 1$  мм), на долю которых приходится до 75% от общего числа измеренных выделений.

Однако несмотря на резкое количественное преобладание мелких (менее 1 мм) зерен, их площадь (на поверхности штупфа) составляет лишь от 3 до 20% от общей площади всех измеренных выделений ильменита. Видимо, эту долю можно принять за объемный процент выделений соответствующего размера. Конечно, крупные желваки имеют и больший размер в третьем измерении (перпендикулярно поверхности штупфа), но если мы будем мысленно «снимать» («резать») слои породы, чтобы выявить третье измерение крупных желваков, то, несомненно, обнаружим новые мелкие зерна.

Учитывая незначительную роль «мелочи» в общей массе ильменита, можно утверждать, что изучение крупных выделений дает вполне приемлемую картину химического состава ильменита. Поправка на мелкие зерна (в тех случаях, когда мелкие зерна заметно богаче хромом по сравнению с крупными) лишь ненамного повышает среднее содержание хрома, поскольку зерна размером более 1 мм составляют по объему от 80 до 97% всего ильменита, находящегося в данной трубке.

Сложное строение трубок. Даже при идеальной работе аналитиков и при изучении зерен ильменита одинаковой размерности различия в оценках химического состава ильменита возможны по той причине, что ильменит из разных частей (участков, блоков, разновидностей) трубок может заметно различаться по составу. К сожалению, на эту «деталь» исследователи обычно не обращают внимания. В публикациях указывается лишь название трубки, из которой отобран ильменит для анализа; очевидно, при этом подразумевается, что ильменит в пределах трубки одинаков по составу. Возможно, такое представление подкрепляется, в частности, опубликованными данными по трубке Дальняя [9]. В пределах трубки выделены брекчия и массивный кимберлит. По данным представительных выборок ильменита (соответственно 232 и 210 образцов) в работе [9] показаны практически совпадающие средние данные — 0,74 и 0,72% Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; 11,70 и 12,05% MgO (см. табл. 3).

В ходе выполненного нами изучения ильменитов выявлены отчетливые различия (по содержанию хрома, магния) между образцами из разных частей некоторых трубок Далдынского поля. Из кимберлитов Алакит-Мархинского поля проанализировано небольшое число

## 2. Химический состав ильменита из кимберлитов Алакит-Мархинского поля

Трубка (дайка)	<i>n</i>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	MgO	Сумма
<i>Группа трубки НИИГА</i>								
НИИГА	11	47,42	0,430	1,21	39,25	0,271	9,13	97,711
Маршрутная	7*	47,88	0,477	0,89	39,21	0,304	9,23	97,991
Радиогеодезическая	4	47,59	0,448	1,02	39,48	0,312	9,30	98,150
Талисман	4	47,02	0,458	1,30	40,20	0,280	8,28	97,538
<i>Группа трубки Искорка</i>								
Искорка-трубка	4	50,72	0,428	0,61	36,53	0,305	10,00	98,593
Искорка-апофиза	6*	47,86	0,390	0,49	40,81	0,307	8,74	98,597
Коллективная	6	50,41	0,530	0,30	37,58	0,250	9,72	98,790
Светлая	5	49,79	0,344	0,34	37,60	0,326	9,37	97,770
<i>Север основной части Алакит-Мархинского поля</i>								
Начальная	4	46,58	0,365	3,69	37,40	0,318	9,39	97,743
Смежная	11	46,46	0,298	4,33	38,44	0,282	9,12	98,930
Москвичка	2	50,11	0,705	1,30	34,00	0,390	12,20	98,705
Олимпийская	4	49,92	0,672	2,10	34,54	0,288	11,22	98,740
Сытыканская	8	49,20	0,539	1,28	37,16	0,286	10,15	98,615
Дружба	9	49,31	0,628	2,30	35,82	0,304	10,20	98,562
<i>Центр основной части Алакит-Мархинского поля</i>								
Комсомольская	10	50,01	0,584	1,44	35,50	0,246	10,79	98,570
Юность	5	50,79	0,642	0,79	33,97	0,244	11,83	98,266
Восток	5	47,57	0,470	2,12	37,99	0,242	9,78	98,172
Юбилейная	8**	49,36	0,626	2,36	34,74	0,280	11,34	98,706
Озерная	3	49,38	0,537	1,14	35,93	0,287	10,99	98,264
<i>Юг основной части Алакит-Мархинского поля</i>								
Лира	6	46,52	0,562	0,84	41,60	0,190	8,14	97,852
Заря	7	48,58	0,561	1,49	37,69	0,230	9,80	98,351
Подтрапповая	4	48,32	0,560	2,06	37,67	0,222	9,81	98,642
Байтахская	8	48,55	0,426	0,89	39,08	0,252	9,22	98,418
Файнштейновская	4	48,78	0,580	2,47	36,06	0,212	10,18	98,282
Кылахская	9	48,31	0,577	2,43	36,93	0,299	9,98	98,526
Краснопресненская	8	46,21	0,542	0,90	40,76	0,251	9,39	98,053

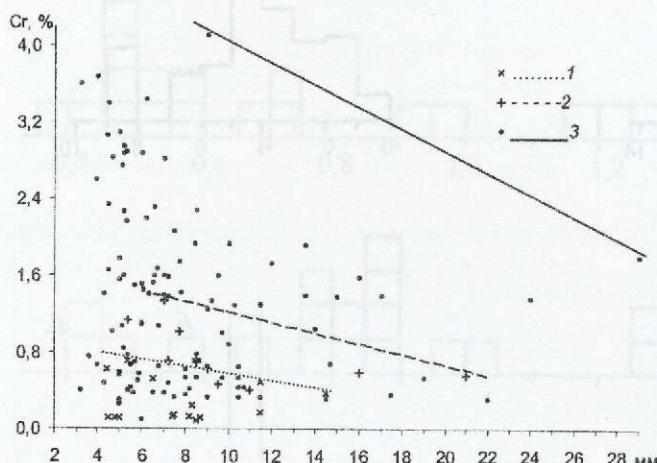
\* Дополнительно использованы результаты частичного анализа (Cr и Mg) трех образцов из трубки Маршрутная и двух из Искорки-апофизы.

\*\* В том числе три образца по данным К.Н.Никишова с соавторами.

**3. Массовые содержания хрома и магния в ильменитах из некоторых кимберлитовых трубок Далдынинского поля, по данным разных авторов, %**

Трубка	$\text{Cr}_2\text{O}_3$ (число образцов)			$\text{MgO}$		
Мамбо	0,73 (12)	1,56 (136)	2,03 (51)	11,59	9,58	11,74
Угадайка	0,76 (8)	0,80 (150)	1,33 (37)	11,19	10,86	12,01
Дальняя, брекчия	0,80 (44)	0,74 (232)	0,94 (50)	11,31	11,70	11,88
Дальняя, массивная разновидность	0,69 (16)	0,72 (210)	1,13 (57)	11,53	12,05	12,41

Примечание. 1-я, 4-я графы — данные авторов (размер зерен ильменита 2—8 мм). 2-я, 5-я — данные ИГГ СО АН СССР (г. Новосибирск): для разновидностей трубки Дальняя — из работы [9]; для трубок Мамбо и Угадайка — материалы А.Н.Амшинского и И.П.Илупина (размер зерен 0,5—1 мм). 3-я, 6-я — данные из работы [8] (размер зерен 0,5—2 мм). Число определений магния равно числу определений хрома в соответствующей лаборатории.



**Рис. 1. Размер (по длинной оси) желваков ильменита из кимберлитов Ала-кит-Мархинского поля и содержание в них хрома, по данным ИНАА:**

фигуративные точки отвечают отдельным образцам, прямые линии ограничивают сверху поля точек: 1 — из группы трубки Искорка, 2 — из группы трубки НИИГА, 3 — из основной части Ала-кит-Мархинского поля

**4. Массовое содержание  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  в зернах ильменита различного размера из некоторых кимберлитовых трубок Далдынинского поля, %**

Трубка	Зерна размером 2–8 мм			Зерна размером 0,25–0,6 мм	
	n	$\bar{x}$	мин. — макс.	n	$\text{Cr}_2\text{O}_3$ в отдельных зернах
Мамбо	12	0,73	0,41—1,12	4	0,68; 0,76; 0,86; 1,16
Угадайка	8	0,76	0,35—1,05	1	1,04
Саратовская	10	0,81	0,38—1,41	3	0,69; 0,89; 1,29
Нюрбинская	10	0,81	0,74—0,91	3	0,92; 0,96; 4,56
Геофизическая, брекчия	8	0,83	0,65—1,10	1	0,96
Якутская-западная	6	0,72	0,52—0,82	1	1,00
Эндири	8	0,78	0,52—1,08	2	0,43; 5,24
Аэромагнитная	7	0,73	0,45—1,13	2	0,47; 1,43
Всего	69	0,77	0,35—1,41	17	$\bar{x} = 1,37$ (от 0,43 до 5,24)

зерен ильменита; вероятно, при более детальном изучении и в этом поле удастся найти различия между фрагментами некоторых трубок.

На рис. 3 показаны содержания хрома в ильменитах из разных участков (выработок)

трубки Зарница. Нетрудно заметить, что отдельные значения группируются примерно в тех же интервалах, что и в работе [1]. Различия выражены в преобладании зерен то одной, то другой группы. Так, «низкохромистые» зерна

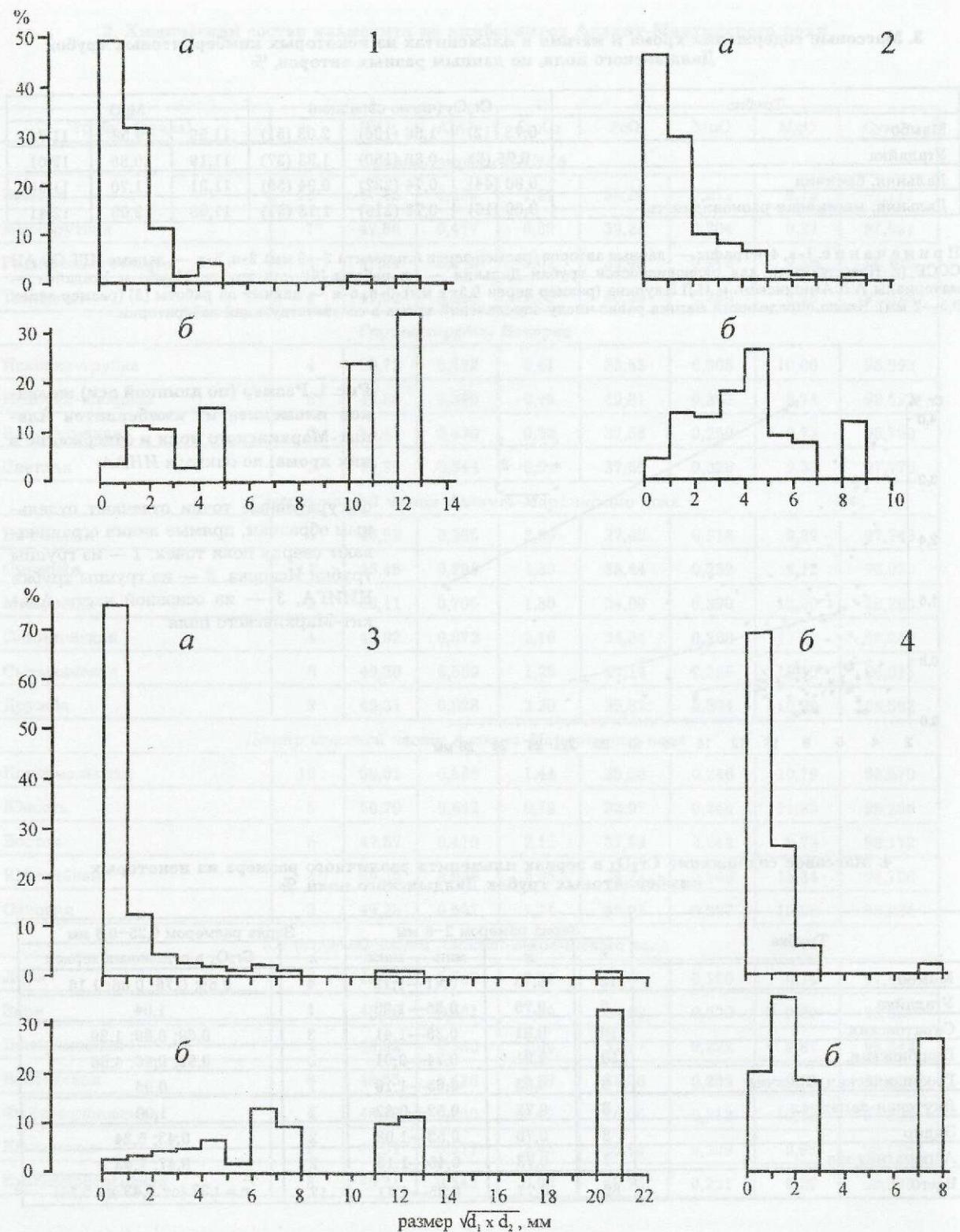


Рис. 2. Частота встречаемости зерен ильменита разного размера (а) и занимаемая ими площадь по отношению к общей площади выделений ильменита (б), измеренных на поверхности штуков:

1 — трубка Дальняя, скв. 6, глубина 85 м,  $n=73$ ; 2 — трубка Саратовская, шурф 13,  $n=137$ ; 3 — трубка Овал, шурфы 78 и 79,  $n=212$ ; 4 — трубка Любимая, шурф 91,  $n=127$

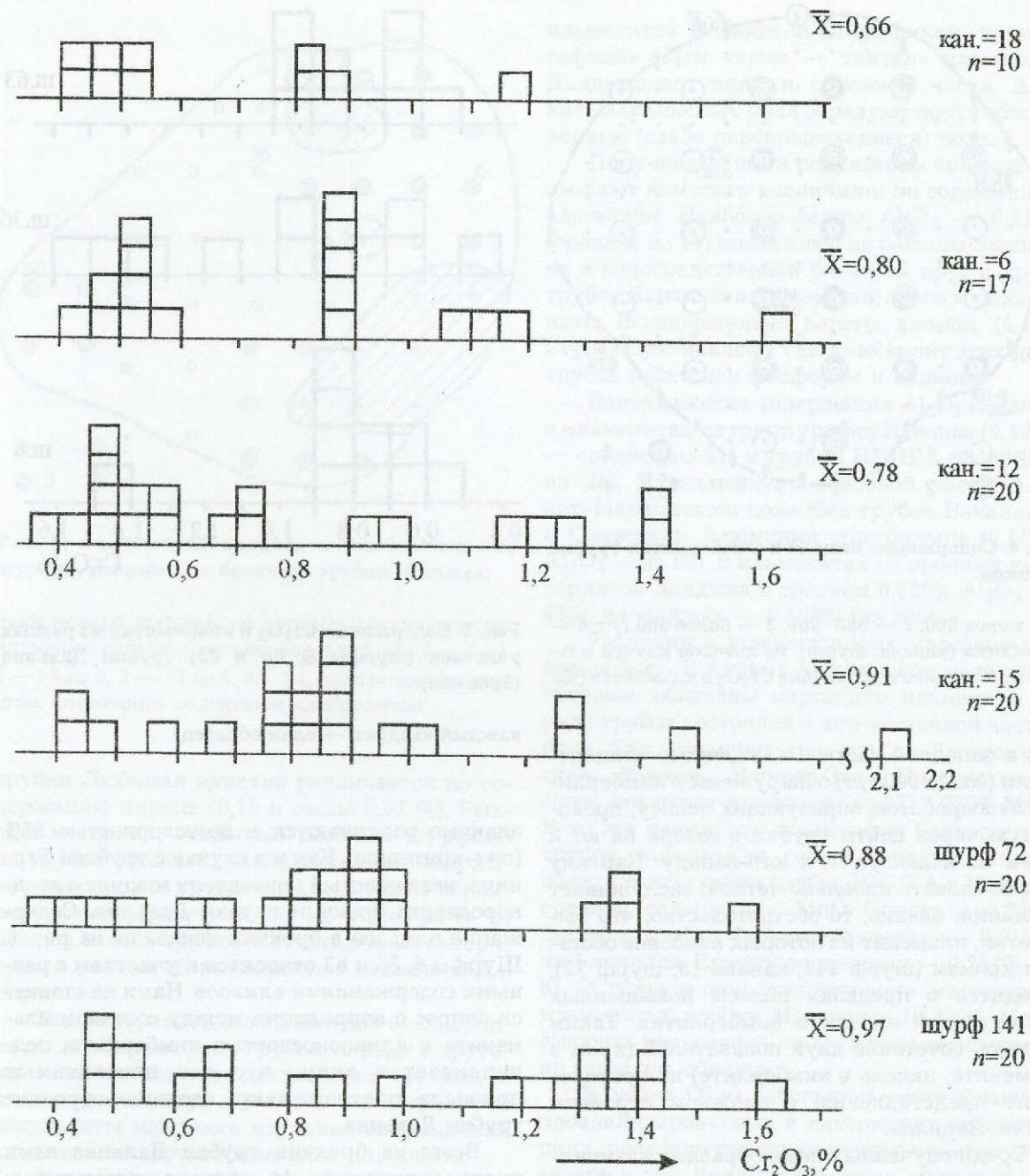


Рис. 3. Содержания  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  в ильменитах из разных участков трубы Зарница:

каждый квадрат — один образец

играют повышенную роль в выборках из канав 6, 12, 18, «среднехромистые» — в выборках из шурфа 72 и канавы 15, «высокохромистые» — в выборке из шурфа 141.

Ранее для выявления неоднородности трубы Зарница И.П.Илупиным были подготовлены образцы кимберлита из шурfov, расположенных по квадратной сетке  $80 \times 80$  м. Об-

разцы проанализированы на никель (в один прием) в химической лаборатории ВНИИЯГГ (аналитики С.И.Угарова и С.И.Соколова). Результаты представлены на рис. 4; здесь же показаны выработки, из которых отобран ильменит для анализа. Образцы кимберлита, обедненные никелем (менее 800 г/т), приурочены к восточной части трубы, а также к двум точ-

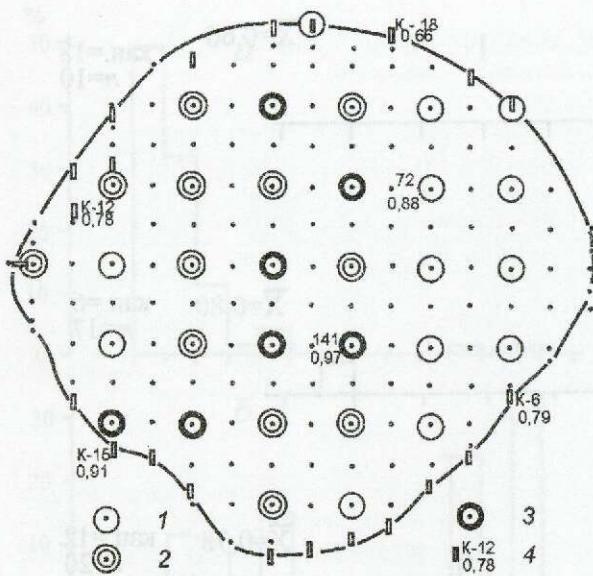


Рис. 4. Содержания никеля в кимберлитах трубы Зарница:  
1 — менее 800, 2 — 800–900, 3 — более 900 г/т; 4 — выработка (канава, шурф), из которой изучен ильменит, и среднее содержание  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  в ильмените (%)

1 — менее 800, 2 — 800–900, 3 — более 900 г/т; 4 — выработка (канава, шурф), из которой изучен ильменит, и среднее содержание  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  в ильмените (%)

кам в западной части. Повышенные концентрации (более 900 г/т) обнаружены в кимберлитах из выработок, образующих полосу, проходящую через центр трубы с севера на юг и затем изгибающуюся к юго-западу. Картина нельзя назвать идеально четкой; заслуживает внимания, однако, то обстоятельство, что выработки, ильменит из которых наиболее обогащен хромом (шурф 141, канава 15; шурф 72), находятся в пределах полосы повышенных концентраций никеля в кимберлитах. Таким образом, сочетание двух показателей (хром в ильмените, никель в кимберлите) не противоречит представлению о сложном строении трубы Зарница.

Среди изученных нами образцов ильменита в трубке Зарница встречен желвак с более высоким содержанием  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  (2,11%) по сравнению с максимальным (около 1,95%), показанным в работе [1], хотя общее число изученных зерен у нас значительно меньше (107 против 440). Вероятно, обогащенный хромом образец взят из того участка трубы, который не был изучен авторами работы [1].

Не менее интересны данные об ильменитах из разных частей трубы Дальняя (рис. 5). Показаны содержания хрома в ильменитах из трех шурфов, вскрывших брекцию, т.е. ту разновидность (блок) трубы, которая рассматривалась как единое целое [9, 12]. Средние содержания хрома в выборках из шурфов 36 и 63

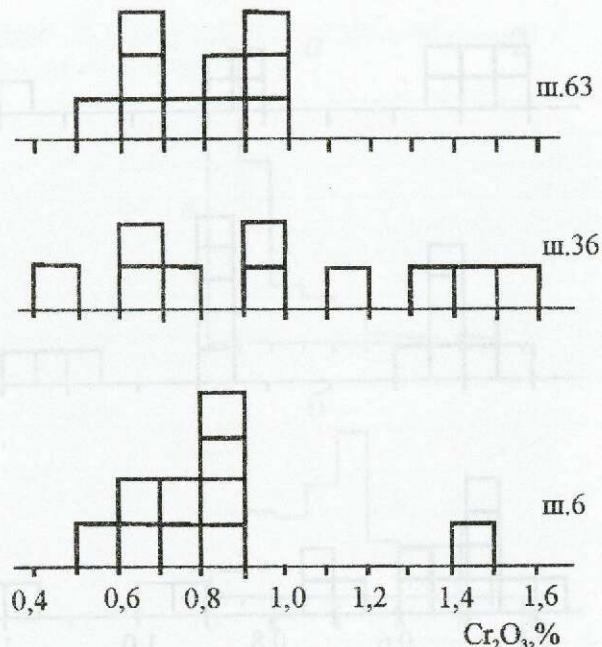


Рис. 5. Содержания  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  в ильменитах из разных участков (шурфы 6, 36 и 63) трубы Дальняя (брекция):

каждый квадрат — один образец

значимо различаются с достоверностью 95% (по  $t$ -критерию). Как и в случае с трубкой Зарница, независимый показатель говорит о неоднородности брекции трубы Дальняя. Содержания алмазов в брекции показаны на рис. 6. Шурфы 6, 36 и 63 относятся к участкам с различными содержаниями алмазов. Нами не ставится вопрос о корреляции между составом ильменита и алмазоносностью кимберлита; подчеркивается лишь, что два независимых признака подтверждают сложное строение трубы Дальняя.

Всего из брекции трубы Дальняя нами проанализировано 44 образца ильменитов; среднее арифметическое содержание  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  по этим образцам (0,80%) выше, чем среднее по 232 образцам (0,74% [9]). Различия объясняются, вероятно, тем, что в нашу выборку входят образцы ильменита из участка (шурф 36), где этот минерал обогащен хромом.

В табл. 1, помимо традиционно выделяемых разновидностей (брекция и массивный кимберлит), приведены средние данные по ильменитам из разных частей еще трех трубок Далдынского поля — Любимая, Иксовая, Мастахская. Представление о сложном строении этих трубок также подтверждается другими показателями. Кимберлит разных участков

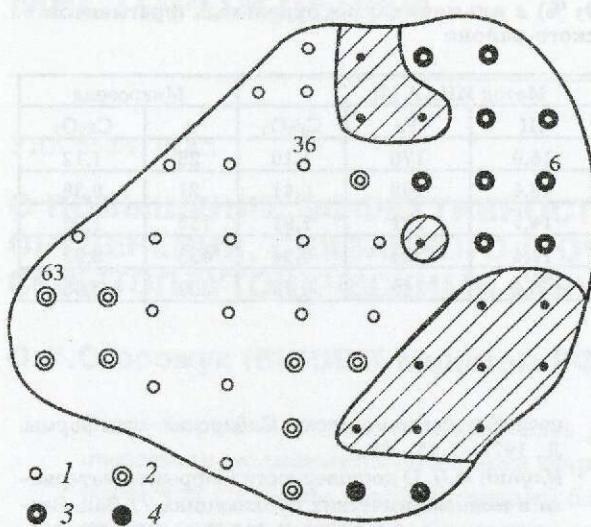


Рис. 6. Содержания алмазов в кимберлитах из шурфов, вскрывших брекчию трубки Дальняя:

даны номера шурfov, из которых анализировался ильменит; содержания алмазов в усл. ед.: 1 — 1—2, 2 — >2 до 3, 3 — >3 до 4, 4 — >4; заштрихованы участки, сложенные массивным кимберлитом

трубки Любимая заметно различается по содержанию пиропа (0,12 и около 0,01 %). Рыхлый материал, вскрытый разными шурфами на трубке Иксовая, отличается по содержанию диопсида и хромдиопсида, а также обломков метаморфических пород. Кимберлит из разных частей трубки Мастахская характеризуется разной обогащенностью ильменитом и пиропом.

Таким образом, для выявления неоднородности кимберлитовых трубок, наряду с другими показателями вещественного состава, в ряде случаев могут с успехом использоваться результаты массового изучения особенностей химического состава желваков ильменита.

**Ильмениты отдельных фрагментов Далдыно-Алакитского района.** Различия между ильменитами из отдельных частей Далдыно-Алакитского района даны в работе [6] (метод ИНАА). Позднее данные по большему числу образцов приведены в работе [2]. Средние содержания гафния, tantalа и хрома показаны в табл. 5. Здесь же представлены средние содержания хрома по нашим данным. Сведения о содержании хрома практически совпадают. Наиболее бедны хромом ильмениты группы трубки Искорка, наиболее богаты ильмениты основной части Алакит-Мархинского поля. Содержания гафния и tantalа в ильменитах Далдына в среднем несколько выше, чем в

ильменитах Алакита, и на графиках «хром — гафний» [6] и «хром — tantal» ильмениты Далдынского поля и основной части Алакит-Мархинского поля образуют почти обособленные (слабо перекрывающиеся) поля.

Полученные нами результаты анализа позволяют наметить различия и по содержанию алюминия. Наиболее бедны  $\text{Al}_2\text{O}_3$  — 0,316% (среднее из 15) ильмениты из расположенных в непосредственной близости друг к другу трубок Начальная и Смежная; здесь же ильмениты исключительно богаты хромом (4,16%  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ). Оригинален и сам кимберлит этих двух трубок (обогащен фосфором и калием).

Более высокие содержания  $\text{Al}_2\text{O}_3$  найдены в ильменитах из групп трубки Искорка (0,426% — среднее из 21) и трубки НИИГА (0,450% — из 26). В ильменитах основной части Алакит-Мархинского поля (без трубок Начальная и Смежная) алюминия еще больше (0,569%  $\text{Al}_2\text{O}_3$  — из 89). В ильменитах из прочных кимберлитов Далдына в среднем 0,622%  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (из 433), из рыхлых — 0,663% (из 209).

Различия в концентрациях марганца менее четкие. В Алакит-Мархинском поле относительно обеднены марганцем ильмениты из ряда трубок восточной и юго-восточной частей поля. Так, ильмениты из трубок Комсомольская, Юность, Восток, Заря, Подтраховая, Лира содержат в среднем (из 37) 0,230%  $\text{MnO}$ . В то же время для ильменитов большинства трубок западной и северо-западной частей поля, а также групп трубок НИИГА и Искорка средние содержания  $\text{MnO}$  близки к 0,290% (лишь в трубке Файнштейновская — 0,212% из 4 и трубке Краснопресненская — 0,251% из 8). О повышенной концентрации марганца в ильменитах трубки Москвичка (0,390%  $\text{MnO}$ ) говорить рискованно, так как проанализировано всего два образца.

В работе [3] на небольшом числе образцов, проанализированных в химических лабораториях, показано различие между ильменитами севера и юга Далдынского поля, а именно повышенное содержание магния на юге. С накоплением аналитических данных эти различия несколько сгладились, но тенденция сохранилась. По нашим данным, в ильменитах юга Далдынского поля содержится в среднем (из 206) 11,56%  $\text{MgO}$ , а в ильменитах центра (включая трубку Украинская) и севера — 10,06% (из 436).

Содержание магния в ильменитах Алакит-Мархинского поля также позволяет наметить признаки зональности. Повышенные содержания  $\text{MgO}$  установлены в ильменитах из трубок Комсомольская+Юность+Юбилейная+Озерная (11,18% из 26) и трубок Друж-

**5. Содержания гафния, тантала (г/т) и хрома ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$  %) в ильменитах из отдельных фрагментов Далдыно-Алакитского района**

Группа кимберлитовых тел	Метод ИНАА [2]				Микрозонд	
	n	Hf	Ta	$\text{Cr}_2\text{O}_3$	n	$\text{Cr}_2\text{O}_3$
Группа трубки НИИГА	12	16,0	176	1,10	26	1,12
Группа трубки Искорка	15	18,4	198	0,41	21	0,38
Основная часть Алакит-Мархинского поля	116	14,7	211	1,97	115	1,96
Далдынское поле, прочные кимберлиты	126	17,4	224	0,94	433	0,93
Далдынское поле, рыхлые кимберлиты	88	18,4	240	0,79	209	0,86

П р и м е ч а н и е. Хром — по данным двух методов анализа.

ба+Сытыканская+Олимпийская+Москвичка (10,53% из 23). В северной и южной частях поля ильмениты беднее MgO: 8,97% (из 26) в группе трубки НИИГА; 9,28% (из 21) в группе трубки Искорка; 9,19% (из 15) в группе трубок Начальная+Смежная; 9,50% (из 38) в трубках Лира+Заря+Подтраповая+Байтахская+Файнштейновская+Кылахская; 9,39% (из 8) в трубке Краснопресненская. Нарушает общую картину ильменит из трубки Восток, находящийся в центре поля — 9,78% MgO (из 5).

Из сказанного следует, что особенности химического состава ильменита могут использоваться для районирования площадей развития кимберлитовых тел.

Считаем своим приятным долгом поблагодарить Т.И.Колесникову и И.В.Дьячкову, оказавших помочь при подготовке образцов к анализу.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Амшинский А.Н., Погиленко Н.П. Особенности состава пикроильменитов из кимберлитовой трубки Зарница (Якутия) // Геология и геофизика. 1983. № 11. С. 116—119.
- Геншафт Ю.С., Илупин И.П., Кулгигин В.М., Виттоженц Г.Ч. Типоморфизм ильменитов глубинных магматических пород // Состав и свойства глубинных пород земной коры и верхней мантии платформ. М., 1983. С. 95—190.
- Илупин И.П. Некоторые особенности химического состава ильменита из кимберлитов // Кимберлитовый вулканализм и перспективы коренной алмазо-
- носности северо-востока Сибирской платформы. Л., 1971. С. 85—89.
- Илупин И.П. О достоверности цифрового материала в минералогических публикациях // Зап. Всесоюзн. минер. об-ва. 1989. Ч. 118. Вып. 5. С. 120—125.
- Илупин И.П. Новые данные о хромдиопсиде из кимберлитов Якутии // Отечественная геология. 1996. № 12. С. 15—20.
- Илупин И.П., Кулгигин В.М., Раковский Э.Е. Особенности химического состава ильменита как отражение специфики глубинных магматических очагов // Физико-химические исследования продуктов глубинного магматизма. М., 1982. С. 158—171.
- Илупин И.П., Цыганов В.А., Сандромирская С.М. Новые данные о составе гранатов и пироксенов из кимберлитов Якутии // Исследования высокобарических минералов. М., 1987. С. 69—93.
- Костровицкий С.И., Гаранин В.К. Об изменчивости состава пикроильменита в кимберлита // Геология промежуточных коллекторов алмазов: Тез. докл. Иркутск, 1991. С. 140—143.
- Родионов А.С., Погиленко Н.П., Соболев Н.В. Сравнительная характеристика главнейших минералов концентрата двух разновидностей кимберлита трубки Дальняя (Якутия) // Геология и геофизика. 1984. № 5. С. 38—50.
- Соболев Н.В., Харьков А.Д., Лаврентьев Ю.Г., Постолова Л.И. Зональный гранат с включениями хромшипинелида и ильменита из кимберлита трубки «Мир» // Геология и геофизика. 1975. № 5. С. 124—128.
- Францессон Е.В. Петрология кимберлитов. — М.: Недра, 1968.
- Харьков А.Д., Зинчук Н.Н., Крючков А.И. Коренные месторождения алмазов мира. — М.: ОАО «Издательство «Недра», 1998.

# МЕТОДЫ И МЕТОДИКИ ПРОГНОЗА, ПОИСКОВ, ОЦЕНКИ И РАЗВЕДКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ



УДК 553.41.078.2

© О.П.Сторожук, 2001

## О ПОВЫШЕНИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОИСКОВ И ОЦЕНКИ ЗОЛОТОГО ОРУДЕНЕНИЯ, СВЯЗАННОГО С ОЧАГОВЫМИ СКРЫТОПЛУТОНИЧЕСКИМИ СТРУКТУРАМИ

О.П.Сторожук (ВНИИХТ Минатом РФ)

*Рассмотрена парагенетическая связь рудных полей и месторождений золота с очаговыми магмогеотектоническими структурами как элементами рудно-магматической системы, продуцирующей благородные, цветные, редкие, редкоземельные и черные металлы. Приведены рекомендации для надежного выделения и опоискования рудоносных очаговых магмогеотектонических структур.*

В работе использованы материалы автора, полученные при составлении Минерагенической карты и Карты прогноза эндогенного золотого оруденения Центрально-Украинской зоны линеаментов м-ба 1:200 000 в 1992—1996 гг. на площади более 22 000 км<sup>2</sup>. Результаты съемки апробированы и одобрены в 1997 г. в ГГП «Геопрогноз» и Государственном комитете Украины по геологии и использованию недр. Кроме того, были привлечены материалы отечественных и зарубежных исследователей по Евразии и Северной Америке.

Основная цель поисковых и оценочных работ — выявление промышленно значимых золоторудных объектов в максимально сжатые сроки и с наименьшими материальными затратами. Во многом это достигается с помощью всестороннего анализа имеющихся геологических, геохимических, геофизических и геоморфологических материалов, а также аэрокосмоснимков по объекту работ. При этом акцент делается на решении трех главных задач, характеризующих рудообразующую систему [5] и определяющих стратегию дальнейших поисков и оценки золоторудного объекта, в такой последовательности: 1) определение возможных рудогенерирующих очагов (источников оруденения); 2) установление дренирующих систем, транспортирующих рудные растворы; 3) выявление областей разгрузки рудного вещества, связанной с экранирующей способностью вмещающих пород (структурные ловушки) и с их физико-химическими свойствами (геохимические барьера, пористые или трещиноватые коллекторы и т.д.).

Успешная реализация этих задач предполагает оптимально практический подход к решению вопроса о перспективности той или

иной изучаемой территории, поскольку отсутствие рудогенерирующих очагов свидетельствует о малой вероятности формирования концентрированного золотого оруденения. Точно так же отсутствие путей транспортировки или областей разгрузки с благоприятными физико-химическими условиями осаждения рудного вещества позволяет практически безошибочно отбраковать бесперспективные площади. В то же время при изучении рудного объекта было бы неправильно давать ему отрицательную оценку, если не решена хотя бы одна из трех вышеперечисленных задач. Выделение рудогенерирующих очаговых структур, путей предполагаемой транспортировки и областей разгрузки рудного вещества дает возможность геологоразведочные работы ранней стадии сосредоточить на локальных наиболее перспективных площадях и в кратчайшие сроки получить необходимую информацию о степени золотоносности участка.

К числу важнейших источников рудного вещества можно отнести плутонии и их глубинные магматические камеры [12, 14], рассматриваемые в качестве очаговых магмогеотектонических структур [7, 9, 16]. Следовательно, анализ благоприятных условий формирования гидротермального золотого оруденения изучаемого района работ должен начинаться с выявления конкретных очаговых магмогеотектонических рудогенерирующих структур. Из всего фактического материала, накопленного предшественниками, следует целенаправленно использовать лишь ту информацию, которая освещает металлогеническую специализацию эндогенного режима рудообразования, пространственные закономерности размещения золотого оруденения и его парагенетическую

связь с очаговыми магмотектоническими структурами района.

Анализ отечественного и зарубежного опыта показал, что сравнительно небольшие по площади ( $20-25 \text{ км}^2$ ) очаговые структуры центрального типа определяют размещение рудных полей, уникальных по запасам золота. Например, подобная структура диаметром 5–6 км контролирует рудное поле Поркьюпайн (Канада) с запасами золота более 1500 т [10, 17]. Очевидно, что промышленный интерес могут представлять и более мелкие (диаметром от первых сотен метров до первых километров) специализированные на золото магмотектонические очаговые структуры. Глубинную основу этих структур составляют плутоны, часто невскрытые эрозией и являющиеся элементами рудно-магматической системы [12], производящей благородные, цветные, редкие, редкоземельные и черные металлы.

Специфические морфологические особенности очаговых магмотектонических структур, наличие в них системы каркасных разрывов, как правило, рудоконтролирующих, позволяют резко сузить фронт геологоразведочных работ и сосредоточить их на локальных площадях. Таким образом, есть возможность на первом этапе поискования объекта целенаправленно опробовать самые перспективные из намеченных участки с благоприятными условиями локализации концентрированного золотого оруденения и получить необходимую информацию об интенсивности рудогенерирующего очага в целом. По результатам опробования определяется степень золотоносности данных перспективных участков. Оперативная информация используется либо для необходимой корректировки геологоразведочных работ на поисковых участках, либо для решения вопроса о целесообразности их дальнейшего проведения. При этом объективность выводов обосновывается определением рудогенерирующей активности изучаемой очаговой структуры в благоприятной области разгрузки рудного вещества.

Важно отметить, что на начальном этапе поискование проводится на площади рудогенерирующих очаговых магмотектонических структур, специализированных на золото. Это обусловлено высокой проницаемостью данных структур для миграции золотоносных растворов, а также наибольшей интенсивностью гидротерм, способных формировать богатые руды. В дальнейшем по мере накопления геологической информации не исключена возможность выхода геологоразведочных работ на фланги перспективных участков.

Две другие важнейшие задачи быстрой оценки объекта, связанные с установлением транспортирующих систем золоторудных растворов и выявлением областей их концентрированной разгрузки, вытекают из решения первой. Это объясняется тем, что в большинстве случаев каналы миграции рудных растворов и рудные ловушки (коллекторы) находятся внутри очаговых магмотектонических структур, процесс становления которых в земной коре весьма сложен, разнообразен и расстинут во времени. В результате формируются полихронные вскрытые и невскрытые эрозией многофазные интрузивно-купольные и депрессионные кальдерообразные структуры центрального типа [3], а также вулканокупольные и вулканодепрессионные сооружения. Их общая особенность — наличие систем каркасных разрывов [15], т.е. закономерное сочетание концентрических и радиальных разломов, образующихся в момент становления данных структур. Система каркасных разрывов служит каналами миграции рудных растворов, возникающих в результате развития эндогенных, а также, вследствие длительной эволюции остаточного магматического очага, нередко мантийных процессов [7]. Как правило, для транспортировки рудных растворов наиболее проницаемы периферические (внешний обвод) и ядерные части очаговых структур [13]. Здесь же формируются и области концентрированной разгрузки рудного вещества.

В пределах очаговых магмотектонических структур к числу перспективных объектов поискования относятся система каркасных разрывов и узлов их пересечения, более крупные тектонические нарушения, пересекающие данные структуры в целом [4, 9], а также смежные с разломами участки литологически благоприятных пород — карбонатного и углеродистого состава; интенсивно зеленокаменно измененных; повышенно-трещиноватых и пористых; с экранирующими и сорбирующими свойствами. В большинстве случаев к таким участкам приурочены наиболее сильные поисковые сигналы (аномалии) на золото или его элементы-спутники (серебро, мышьяк, сурьма, ртуть, медь, висмут и др.), полученные при проведении лихихимического и шлихового опробования, а также горно-буровых работ (поверхностные и подземные горные выработки, скважины). Нередко относительно крупные очаговые структуры осложнены более мелкими структурами того же типа (сателлитами), расположенными обычно вдоль их внешнего контура, реже — близ ядерной части. Подобные очаговые структуры высоких порядков благоприятны для локализации концентрированного золотого оруденения [3], особенно в

участках их сочленения с материнской структурой, а также с линейными зонами наложенных тектонических нарушений.

Источниками рудного вещества в пределах очаговых магмотектонических структур являются, по-видимому, коровые и глубинные (возможно, мантийные) магматические камеры. Их геологическое развитие может протекать в течение нескольких геологических эпох и сопровождаться пульсационными инъекциями в земную кору магматического вещества и выделениями гидротермально-пневматолитовых растворов [12]. Поэтому очаговые структуры часто представляют собой изометричные в плане интрузии центрального типа (вскрытые и невскрытые эрозией) сложного петрографического состава, нередко концентрически-зонального строения, а также вулканотектонические постройки. Установлен широкий спектр их металлоносности: железо (апатит-магнетитовые руды), хром, цветные и редкие металлы, редкие земли (карбонатиты), благородные металлы [3, 7, 16]. В качестве примеров можно привести несколько известных промышленных золоторудных месторождений различных минеральных типов, связанных с очаговыми магмотектоническими структурами [8]: Карамкенское, Дукатское, Агинское (золото-серебряные), Майское и Олимпиадинское (золото-мышьяковисто-сульфидные), Мурунтауское, Кочкарское, Комсомольское (золото-сульфидно-кварцевые).

Морфологические типы рудных тел в очаговых структурах весьма разнообразны и зависят от условий локализации рудного вещества. В дренирующих системах рудные тела тяготеют к линейным зонам рассланцевания пород и зонам радиально-кольцевой трещиноватости. В этом случае они обычно образуют субпараллельные и радиальные свиты золотоносных жил, прожилковые зоны, линзовидные тела, вкрапленные руды; на контактах каналов миграции гидротерм с благоприятными по физико-химическим свойствам вмещающими породами возникают рудные залежи и линзы; в надынтрузивно-купольных пространствах формируются мегаштокверки и линейные штокверки.

По возрасту золотое оруденение занимает различные позиции относительно времени становления очаговых магмотектонических структур, с которыми оно парагенетически связано. Так, для месторождений золото-серебряного типа характерен относительно короткий промежуток времени формирования оруденения, близкий к становлению самих вулканотектоническихrudогенерирующих структур, а для большинства месторождений золото-сульфидного и золото-кварцевого ти-

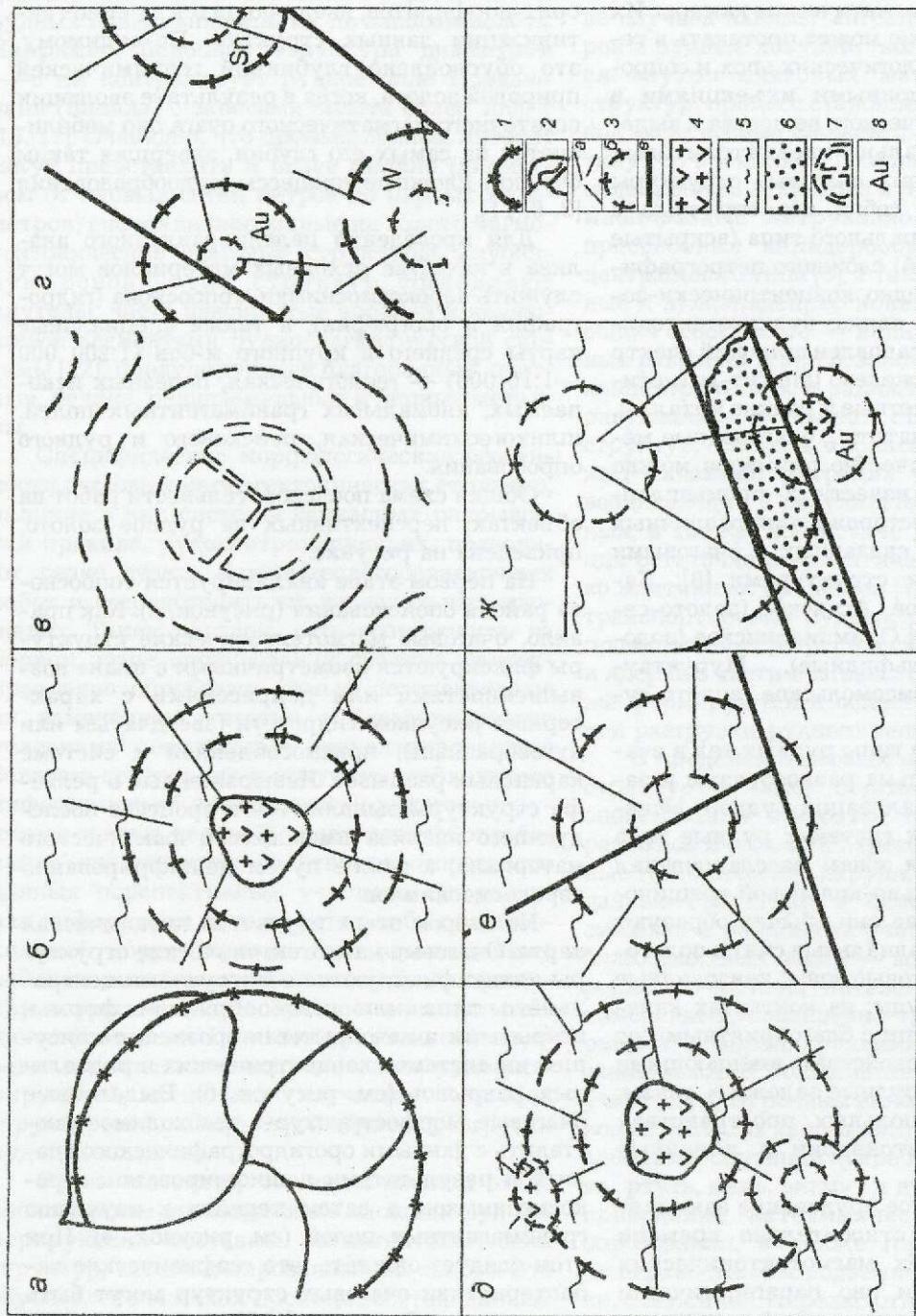
пов оруденение носит наложенный характер и связано с более поздними этапами развития очаговых магмотектонических структур. Как правило, продуктивное золотое оруденение близко по возрасту фациям дополнительных интрузий аплитов, кварцевых порфиров и диорит-порфириотов, внедряющихся в период активизации данных структур. По-видимому, это обусловлено глубинной геохимической природой золота, когда в результате эволюции остаточного магматического очага оно мобилизуется из самых его глубин, завершая таким образом сложные процессы рудообразования [2, 6, 11].

Для проведения целенаправленного анализа в качестве исходных материалов могут служить аэрокосмоснимки, топососнова (гидро-графия и орография), а также специальные карты среднего и крупного м-бов (1:200 000 — 1:10 000) — геологическая, полезных ископаемых, аномальных гравимагнитных полей, шлихогеохимическая, поискового и рудного опробования.

Общая схема последовательности работ на объектах, перспективных на рудное золото, приведена на рисунке.

На первом этапе анализируется топосно-ва района опоискования (рисунок, а). Как правило, очаговые магмотектонические структуры фиксируются изометричными в плане воз-вышеностями или депрессиями с характерным рисунком гидросети (звездчатым или дугообразным), приспособленной к системе каркасных разрывов. Невыраженные в рельефе структуры выявляются в процессе последующего анализа имеющегося фактического материала, а также путем дешифрирования аэрокосмоснимков.

На втором этапе изучается геологическая карта. Очаговые магмотектонические структуры идентифицируются с интрузиями центрального типа или штокобразной формы, вскрытymi и невскрытыми эрозией, с присущей им системой концентрических и радиальных разрывов (см. рисунок, б). Выделенные очаговые морфоструктуры необходимо сопоставить с данными орогидрографического анализа и результатами дешифрирования аэрокосмоснимков, а затем перейти к изучению гравимагнитных полей (см. рисунок, в). При этом следует ожидать, что геофизические характеристики очаговых структур могут быть весьма разнообразными [1, 7] в зависимости от петрографического состава слагающих их пород, а также от степени наложенных преобразований (метаморфизм, метасоматоз, выветривание и др.). Часто отмечается, что сходные по своей эндогенной природе очаговые структуры отличаются друг от друга тем, что одна



Общая схема ускоренных поисков и оценки объектов, перспективных на рудное золото:

*a* — ортодиаграмма, *b* — морфоструктуры, изометричные в плане, с радиально-концентрическими системой разрывов; *c* — концентрически-зональные гравимагнитные поля; *d* — металлогеническая специализация очаговых структур на золото; *e* — очаговые магнитотектонические структуры-сателлиты; *f* — скопление линейных разломов; *ж* — локальный перспективный участок — часть сектора очаговой структуры; *1* — границы морфоструктур, выраженные в реальном масштабе; *2* — разрывы (*a* — радиальные, *b* — концентрические, *в* — линейные); *4* — магматические породы ядра очаговой морфоструктуры; *5* — вмещающие породы; *6* — рудные коллекторы (породы легкопроницаемые, химически активные); *7* — изолинии геофизических полей; *8* — металлогеническая специализация на Au, Sn, W

из них хорошо выражена в отрицательных, а другая в положительных гравитационных и магнитных полях. Однако общая особенность многообразных очаговых структур — концентрически-зональный характер геофизических полей. Причем в центральных частях очаговых морфоструктур обычно четко проявлены нарушения корреляции интенсивности полей из-за развития радиальных тектонических нарушений. Полученные итоговые результаты увязываются с уже выявленными морфоструктурами. Затем на поисковой карте выделяются наиболее надежно обоснованные.

Дальнейший анализ связан с определением металлогенической специализации очаговых магмотектонических структур (см. рисунок, 2). Для этой цели имеющиеся поисковые данные (результаты литохимического, шлихового, штрафного и рудного опробования) сопоставляются с пространственным размещением очаговых структур. По выявленным парагенетическим связям можно судить о металлогенической направленности рудного процесса. Далее выделяются благоприятные структурные факторы локализации золотого оруденения, связанные с возможными каналами миграции продуктивных растворов (см. рисунок, 6). Ими могут служить радиально-концентрические разломы материнской очаговой структуры, а также морфоструктуры-сателлиты более высоких порядков. Дренирующая система становится более эффективной, если она осложнена дорудными или синрудными линейными разломами, пересекающими очаговые структуры (см. рисунок, 6). Наконец, конкретная локальная площадь для первоочередного поисковования выбирается в той части очаговой морфоструктуры, где оптимальные условия миграции золотоносных растворов сочетаются с благоприятными коллекторскими свойствами вмещающих пород (см. рисунок, ж). Как правило, это весьма небольшие по площади участки (до 1 км<sup>2</sup>) с максимальным по интенсивности поисковым сигналом на золото или его элементы-спутники. При этом надежно прогнозируются «слепые» рудные тела. В геологическом плане такие участки обычно крайне неоднородного строения, а в геофизических полях представлены градиентными зонами.

Магмотектонические очаговые структуры широко развиты как в платформенных, так и в складчатых областях материковой коры, являясь своеобразными индикаторами и концентриаторами оруденения. Однако в основном они представляют собой скрытоплутонические структуры с аномально высокой металлогенической характеристикой. Вследствие этого очаговые структуры весьма перспективны для поисков месторождений полезных ископае-

мых. Изложенные рекомендации направлены на достоверное их выделение.

Предлагаемый подход позволяет пересмотреть перспективы на уже выявленных объектах. В случае, когда последние пространственно связаны с подобными структурами, важно определить закономерности размещения известных рудных тел по отношению к перечисленным благоприятным рудоконтролирующими и рудолокализующими факторам. С помощью такого анализа выясняются полнота опробования прогнозируемых участков локализации богатых руд на объекте, а следовательно, надежность и обоснованность его прогнозной оценки.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Байсарович М.Н., Трегубенко В.И., Насад А.Г. Глубинные геоэлектрические исследования литосферы Украины // Тез. докл. Международной конференции «Глубинное строение литосферы и нетрадиционное использование недр Земли». Киев, 1996.
- Бородаевская М.Б., Рожков И.С. Месторождения золота. Рудные месторождения СССР. — М.: Недра, 1978. Т. 3.
- Волков А.В., Сидоров А.А. Особенности золото-оловянных и золото-вольфрамовых рудных узлов Чукотки // Руды и металлы. 1999. № 1. С. 30—32.
- Вольфсон Ф.И., Яковлев П.Д. Структуры рудных полей и месторождений. — М.: Недра, 1975.
- Криевцов А.И. Моделирование рудных месторождений: основные направления. Геонауки в СССР. — М.: Недра, 1992.
- Матвеенко В.Т. Золото. Геологическое строение СССР. — М.: Недра, 1968. Т. 4.
- Металлогенез орогенов / И.Н. Томсон, В.С. Кравцов, Н.Т. Кочнева и др. — М.: Недра, 1992.
- Многофакторные поисковые модели золоторудных месторождений / Отв. ред. М.М. Константинов, В.А. Нарсеев. — М.-Л., 1989.
- Невский В.А., Фролов А.А. Структуры рудных месторождений кольцевого типа. — М.: Недра, 1985.
- Некрасов Е.М. Зарубежные эндогенные месторождения золота. — М.: Недра, 1988.
- Петровская Н.В. Самородное золото. — М.: Наука, 1973.
- Покалов В.Т. Рудномагматические системы гидротермальных месторождений. — М.: Недра, 1992.
- Прогнозирование и поиски месторождений золота / В.А. Нарсеев, Н.К. Курбанов, М.М. Константинов и др. — М.: ЦНИГРИ, 1989.
- Рудоносность и геологические формации структур земной коры / Под ред. Д.В. Рундквиста. — Л.: Недра, 1981.
- Соловьев В.В. Структуры центрального типа территории СССР по данным геолого-морфологического анализа // Объяснительная записка к Карте морфоструктур центрального типа территории СССР м-ба 1:10 000 000. Л., 1978.
- Томсон И.Н. Металлогенез рудных районов. — М.: Недра, 1988.
- Шер С.Д. Металлогенез золота. — М.: Недра, 1972. Т. 1.

УДК 551.24+553.3 (571.54/55)

© В.А.Дубов, 2001

## ФОРМАЦИОННЫЙ АНАЛИЗ ГРАВИМАГНИТНЫХ КАРТ В ЦЕЛЯХ ПРОГНОЗА РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

**В.А.Дубов (Российский университет дружбы народов)**

Предлагается новый формационный способ целевой интерпретации гравимагнитных карт, заключающийся в вычислении меры отклонения распределения напряженности поля от нормального в пределах скользящего окна. Рудным ситуациям соответствует эксцессивное распределение аномальных гравитационного и магнитного полей.

Высокая геокартированная эффективность изучения земной поверхности среднемасштабными гравимагнитными съемками позволяет отвести интерпретации карт гравитационного и магнитного полей важную роль в комплексе исследований при прогнозе месторождений полезных ископаемых. Значительные принципиальные возможности прогноза на их основе обусловлены тем, что формирование рудоносных структур происходит в связи с петроплотностной перестройкой локальных частей земной коры, а в рудообразующих геохимических процессах важную роль играют оксиды железа — главные носители ферромагнетизма.

При использовании геофизических карт для прогноза рудных месторождений различных типов традиционен модельный подход с выявлением в результате интерпретации различных геоструктурных элементов, представляющих модели оруденелых сред. Эффективность такого подхода невысока, так как в общем случае она определяется не только возможностями геофизических методов, но в большей степени полнотой и объективностью принятых на настоящий момент геологических моделей объектов прогноза.

Как частный случай модельного подхода к интерпретации геофизических данных при прогнозе оруденения можно рассматривать расшифровку отдельных аномалий, обусловленных, как правило, не конкретными рудными телами, но наблюдающихся в связи со статистически значимым количеством эталонных объектов прогноза. По некоторым регионам имеются примеры блестящей реализации такого подхода. Так, по замеченной пространственной ассоциации положительных магнитных аномалий и площадей медного оруденения Южной Австралии бурением в контурах подобной положительной магнитной аномалии обнаружено уникальное по запасам золото-медное месторождение Олимпик-Дам. Ана-

логичным образом при заверке бурением положительной магнитной аномалии выявлена основная часть уникального по содержанию золота Балейского месторождения в Забайкалье.

Для прогноза рудных месторождений нами предлагается принципиально новый способ анализа гравимагнитных карт, позволяющий миновать стадию уточнения геологического строения и сравнения отдельных частей прогнозируемой площади с эталонными. Этот анализ предусматривает выделение локальных рудоперспективных участков по аномальности статистических характеристик распределения напряженности поля в их пределах, а не тех или иных геоструктурных элементов. За характеристику аномальности распределения, отвечающего задаче прогноза оруденения, принимается мера отклонения распределения от нормального, выражаясь через коэффициенты асимметрии и эксцесса. Выбор именно этих характеристик аномальности распределения определяется их соответствием понятийной сути месторождения как аномального, крайне эксцессивного проявления геологических (геохимических) процессов, нарушающего их нормальный ход. Предполагается, что обстановка оруденения соответствует эксцессивное проявление геологических, а следовательно, и петрофизических комплексов, формирующее участки эксцессивного распределения аномальных гравитационного и магнитного полей.

Таким образом, при предлагаемом подходе к интерпретации гравимагнитных полей выделяются локальные участки аномального (эксцессивного) распределения напряженности поля, которое рассматривается как необходимое, хотя и недостаточное, условие наличия рудоносности участка.

Выделить по гравимагнитным данным перспективные участки — значит, выделить места аномальных характеристик распределения

значений напряженности поля, определяемых суперпозицией многих разнознаковых и с разным радиусом автокорреляции аномалий. Суть анализа гравимагнитных карт сводится не к выделению отдельных аномалий, а к учету взаимоотношения всех значений напряженности поля, формирующих эти, находящиеся в естественном соотношении друг с другом, аномалии (в пределах скользящего по площади исследований окна).

Очевидно, что моду распределения в пределах выбранного окна будут формировать значения напряженности, относящиеся к аномалиям с большим радиусом автокорреляции. Значения напряженности аномалий, отражающие локальную особенность ситуации, будут определять аномальность распределения и, в первую очередь, его асимметричность или эксцессивность.

Одновременный учет всего связываемого с локальной площадью комплекса аномалий имеет аналогию в рудно-формационном анализе, заключающемся в учете естественных комплексов парагенетически связанных во времени и пространстве горных пород и ассоциирующих с ними месторождений. Поэтому предлагаемый подход именуется нами формационной интерпретацией геофизических данных.

Из анализа распределения напряженности магнитного и гравитационного полей по скользящему окну в пределах многих рудных провинций следует, что коэффициенты асимметрии и эксцесса принимают положительные и отрицательные значения, образуя площадные аномалии. Положительные значения эксцесса представляют наибольший интерес, поскольку само определение эксцесса как меры избыточности наиболее близко понятию месторождения. Площади с положительными значениями эксцесса занимают обычно не более 20% исследованных нами площадей рудных провинций. Положительно эксцессивное распределение напряженности геофизического поля соответствует либо участкам площадей со значениями горизонтального градиента близкими к нулевым, либо фоновым значениям поля, возмущенного локальными аномалиями. В последнем случае распределение значений напряженности поля в пределах площади оруденения будет асимметричным и положительно эксцессивным [2].

Накопленный при изучении известных рудных районов опыт геофизических работ, сопоставление геофизических и геологических карт свидетельствуют о том, что рудным полям или узлам конкретных месторождений полезных ископаемых чаще всего сопутствует

группа гравитационных или магнитных аномалий разного знака, что вызвано их парагенетическими связями. Благодаря этим парагенетическим связям наблюдается, как показано на примере Восточного Забайкалья и Южного Верхоянья, конгруэнтность морфологии геохимического, магнитного и гравитационного полей [1, 4].

Классический пример ассоциируемости рудоносной обстановки и геофизических аномалий представляют стратиформные рудные месторождения. В пределах рудных полей этого типа сочетаются отрицательные гравитационные аномалии, связанные с впадинами — аккумуляторами металлоносных осадков, и положительные, связанные с участками внутренних поднятий, к которым и приурочены месторождения.

Районы медно-никелевого оруденения характеризуются генетически благоприятным сочетанием повышенно-плотных базитовых интрузий и пониженно-плотных углеродистых осадочных образований (Печенгская серия Колского полуострова, Тунгусская серия Норильского рудного района). Очевидно, что такой совокупности соответствует ассоциация положительных и отрицательных аномалий.

Ассоциируемость разнотипных аномалий гравитационного поля в связи с рудоносными площадями проиллюстрирована на примере Охотско-Чукотского вулканогенного пояса, в пределах которого известен ряд промышленных золото-серебряных месторождений. Районы золото-серебряного оруденения и месторождения в них контролируются группой аномалий гравитационного поля различных радиусов автокорреляции. Во-первых, это мощная зона повышенных горизонтальных градиентов силы тяжести, соответствующая зоне глубинного разлома, во-вторых, — положительная гравитационная аномалия, осложняющая зону повышенных горизонтальных градиентов. Непосредственно рудное поле месторождений контролируется локальной отрицательной аномалией, отвечающей небольшой интрузии кислого состава. Очевидно, что такого рода типичные аномальные ассоциации, в разной степени проявленные и изученные, должны существовать в связи с месторождениями и других минеральных типов.

Многим месторождениям также свойствен и комплекс магнитных аномалий. Так, железорудные месторождения, приуроченные к железистым кварцитам, характеризуются парой главных магнитных аномалий — положительной и отрицательной одновременно. Положительная аномалия связана с «первичными» железистыми кварцитами, отрицательная — с

маритизированными разностями, т.е. собственно с железной рудой.

Большинству скарновых месторождений соответствуют две аномалии магнитного поля одновременно — положительная, отвечающая магнетитам скарнов, и отрицательная — скоплениям сульфидной и иной немагнитной рудной минерализации, формирующемся в среде магнитных скарнов.

Практически все формационные типы месторождений золота, как показано нами ранее, отличаются повышенной намагниченностью геологических образований на нижнерудных срезах гидротермально измененных пород. Таким образом, в связи с любым месторождением золота можно ожидать закономерную ассоциацию как минимум двух магнитных аномалий. На золото-серебряных и кассiterит-кварцевых месторождениях одновременно фиксируются отрицательные магнитные аномалии, связанные с гидротермально измененными породами, и положительные — с сопутствующими рудоносной структуре дайками базальтов.

Медно-никелевые, платиновые и хромитовые месторождения в ультраосновных породах характеризуются комплексом магнитных аномалий. Во-первых, это положительные аномалии, отвечающие магнитным базитам, во-вторых, — отрицательные, связанные непосредственно с оруденением. Рядом с горизонтом (пластом) хромитовой или платиновой руды в расслоенных интрузиях обычно располагается «магнетитовый» пласт (горизонт), формирующийся за счет магнетита, кристаллизующегося из магматического расплава раньше рудной минерализации (Бушвельдский массив в ЮАР, Панско-Федоровские массивы Кольского полуострова и т.п.).

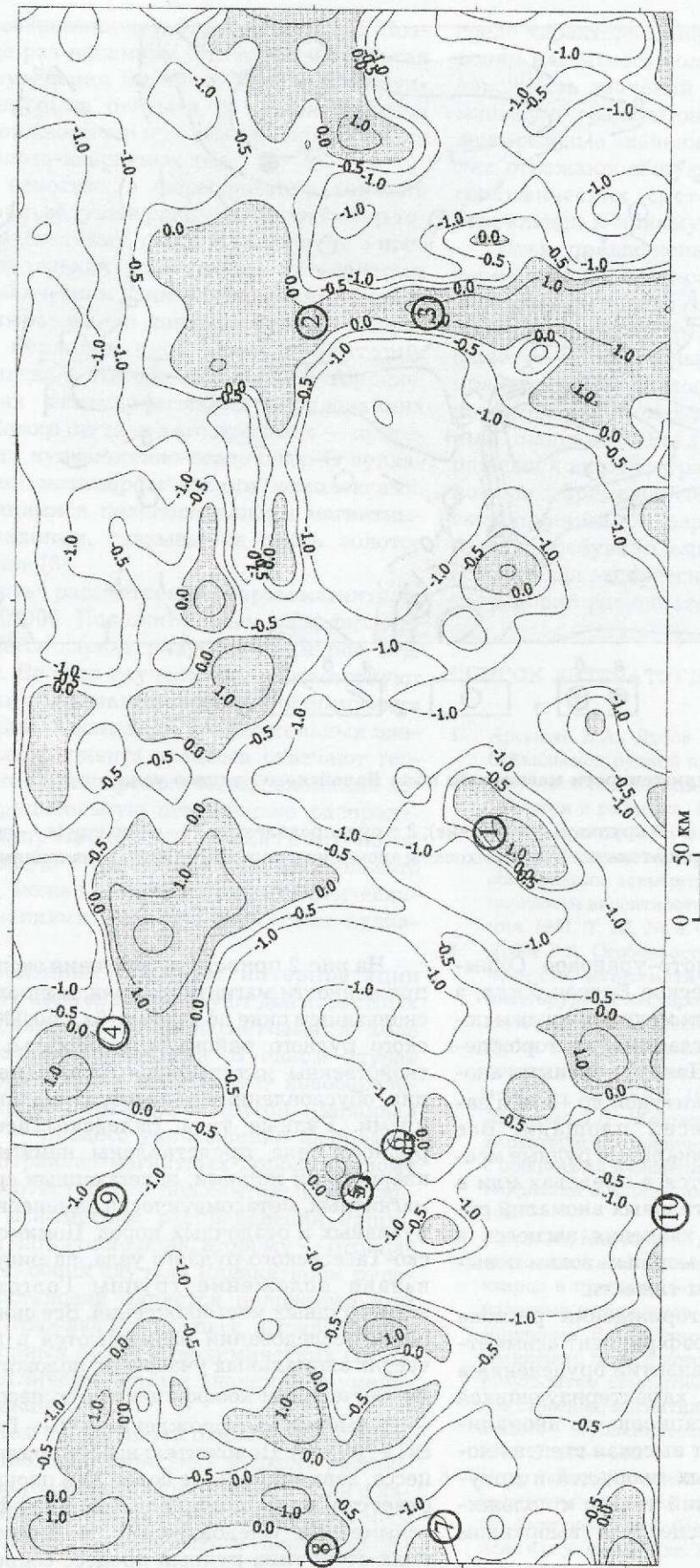
Обстановка оруденения отчетливо проявляется не только геофизической аномальностью, но и особенностями распределения физических свойств гидротермально измененных пород, прежде всего, их плотности и магнитности. Так, в изученных гранодиоритовых массивах Центрального Казахстана над оруденельными зонами картируются зоны эпидотизации, серicitизации, окварцевания, хлоритизации. В измененных разностях гранитоидов по сравнению с неизмененными возрастают коэффициенты асимметрии распределения остаточного намагничения и магнитной восприимчивости [5]. Для метасоматитов золото-серебряных месторождений, вмещающих рудные тела, типичен максимальный коэффициент эксцесса выборок значений остаточного намагничения. В разрезах золото-кварцевых месторождений терригенных геосинклиналей отмечаются пиротинизированные пачки песчаников, находя-

щиеся обычно вне контакта с кварцево-жильным оруденением, но вблизи последнего. Выборки значений магнитных свойств вблизи кварцево-рудных жил характеризуются высокими положительными значениями эксцесса, а вдали от них — близнuleвыми. На золото-кварцевом месторождении Советское (Енисейский кряж) коэффициент эксцесса выборок значений магнитных свойств рудовмещающих сланцев прямо коррелирует с золотопродуктивностью соответствующих частей разреза [3].

В результате процесса метасоматоза физические свойства пород рудовмещающих структур выравниваются и породы становятся более однородными. Коэффициент эксцесса плотности метасоматитов возрастает с ростом их однородности. При анализе плотности кварца и кварцевых песков, образующихся за счет выветривания коренных кристаллических пород, максимальный коэффициент эксцесса устанавливается для наиболее чистых песков [6]. Таким образом, показатели распределения выборок значений физических свойств не только являются индикатором метасоматических изменений пород, но могут количественно отражать степень рудоносности геологических разрезов. Одновременно они служат петрофизическими обоснованием предложенного подхода к интерпретации гравимагнитных данных в целях прогноза месторождений.

Предлагаемая методика формационной интерпретации опробована нами применительно к анализу магнитных карт м-ба 1:50 000 по золоторудным районам Яно-Колымской складчатой области, Забайкалья, Енисейского кряжа, Западного Узбекистана, Западной Африки и гравиметрических карт м-бов 1:200 000 — 1:5 000 000 по Забайкалью, Яно-Колымской складчатой области, Южной Африке, Австралии и другим регионам. Опытным путем были подобраны размеры скользящего окна и составлены программы счета характеристик распределения напряженности поля в скользящем окне.

На рис. 1 приведена карта эксцесса гравитационного поля Южной Австралии, вычисленного в скользящем окне по карте м-ба 1:5 000 000 с сечением изолиний 5 мГл. Для исследуемой территории характерны группы линейно вытянутых положительных и отрицательных аномалий гравитационного поля с ориентированной длинной осью преимущественно в субмеридиональном и северо-западном направлениях при амплитуде аномалий в десятки миллигал. В пределах этой части Австралийской платформы в протерозойских зелено-каменных поясах выявлены уникальные



**Рис. 1. Карта экцесса гравитационного поля Южной Австралии:**

месторождения: 1 — свинцово-цинковое Брокен-Хилл, 2 — цинк-серебряное Элура, 3 — то же, Кобар, 4 — урановое Беверли, 5 — свинцово-Белтана-Аруча, 6 — то же, Ораларина, 7 — медно-рудное Маунт-Гансон, 8 — медно-рудное Роксби-Даунс, 9 — Угольное, 10 — железно-рудное Мокард; зонгирихованы аномалии с положительными значениями эксцесса

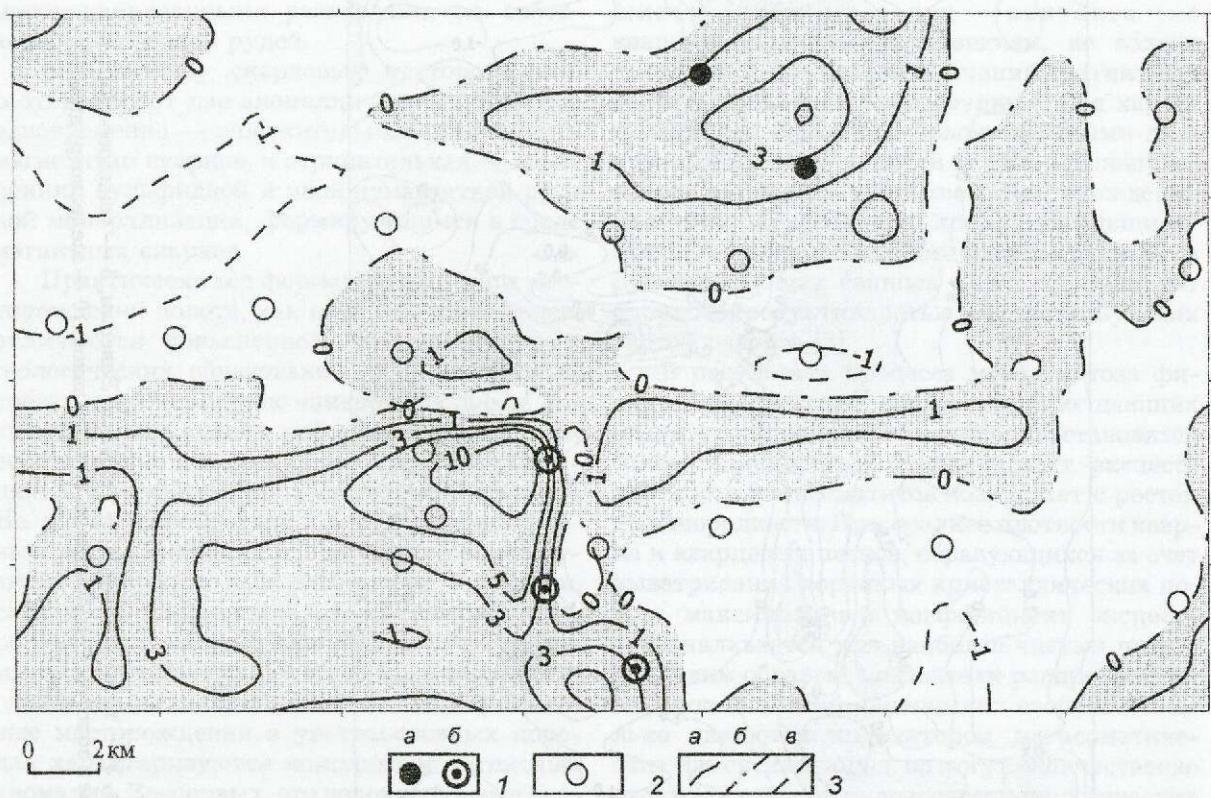


Рис. 2. Карта эксцесса напряженности магнитного поля Балейского рудного узла:

1 — месторождения золота (а — крупные, б — мелкие); 2 — рудопроявления; 3 — изолинии (а — положительные, б — нулевые, в — отрицательные); заштрихованы аномалии с положительными значениями эксцесса

месторождения — золото-урановое Олимпик-Дэм, полиметаллическое Брокен-Хилл, а также несколько крупных медно-рудных и полиметаллических. Все главные месторождения вынесены на карту. Положительными аномалиями эксцесса с амплитудой до +5 мГл занято не более 20% всей площади. Все известные крупные и уникальные рудные месторождения располагаются в пределах или в краевых частях положительных аномалий эксцесса. Отрицательные значения эксцесса в основном соответствуют мощным зонам повышенных градиентов силы тяжести.

Поскольку все месторождения региона имеют отрицательный коэффициент асимметрии, можно говорить о развитии оруденения в зеленокаменных поясах, характеризующихся положительными гравитационными аномалиями. Из рисунка следуют высокая степень локализации перспективных площадей и приуроченность месторождений только к положительным аномалиям эксцесса в выбранном скользящем окне.

На рис. 2 приведены значения эксцесса напряженности магнитного поля, вычисленные в скользящем окне по карте м-ба 1:50 000 Балейского рудного района в Забайкалье. Району свойственны интенсивные магнитные аномалии, обусловленные разнообразными гранитоидами. Рудные тела Балейско-Тасеевского рудного узла представлены немагнитными кварцевыми жилами, залегающими среди немагнитных, метасоматически измененных интрузивных и осадочных пород. Помимо Балейско-Тасеевского рудного узла, на рисунке показано положение группы Голготайских золоторудных месторождений. Все они на площади исследований размещаются в краевых частях аномальных участков с положительными значениями коэффициента эксцесса (до +4 — Балейское месторождение, +11 — Голготайская группа). Положительным аномалиям эксцесса, занимающим не более 25% площади, соответствует положительный коэффициент асимметрии. Следовательно, на месторождениях этого типа рудный процесс сопровожда-

ется новообразованием ферромагнетиков. Поэтому еще раз напомним, что наиболее богатая часть оруденения Балейско-Тасеевского рудного узла была открыта по положительной магнитной аномалии при немагнитности собственно золото-кварцевых тел.

Как известно, в формировании золотого оруденения ведущая роль отводится базальтоидному магматизму, продукты которого в процессе оруденения подвержены интенсивным метасоматическим преобразованиям. Подобные преобразования широко развиты в породах на исследованной нами территории Юго-Западного Нигера в Западной Африке: архейских метаморфических образованиях Либерийского щита, а в его прогибах — протерозойских вулканогенно-осадочных. С вулканическими метаморфическими комплексами, отмечающимися положительными магнитными аномалиями, связывается здесь золотое оруденение [8].

Масштаб рассмотренной карты магнитного поля 1:50 000. Положительным коэффициентом эксцесса характеризуется примерно 20% площади. Во всех случаях ему соответствуют аномалии отрицательного коэффициента асимметрии. Аномалиям положительных значений коэффициента эксцесса отвечают геохимические и минералогические аномалии золота. Отрицательную асимметрию распределения напряженности магнитного поля, совпадающую с аномалиями положительного эксцесса, можно объяснить метасоматическими изменениями первично-магнитных вулканитов.

Приведенные примеры интерпретации магнитного поля иллюстрируют два известных типа проявления ферромагнетизма в ходе формирования оруденения. В одном случае (Балей) оруденению сопутствует новообразование ферромагнетиков, в другом (Западная Африка) — процесс уничтожения ферромагнетиков первично-магнитных пород. Первому случаю соответствует положительный коэффициент асимметрии распределения напряженности магнитного поля, второму — отрицательный. В обоих случаях индикатором рудносной обстановки является положительный эксцесс, отражающий процесс выравнивания свойств горных пород в геохимических системах — увеличение малых значений и уменьшение больших.

С учетом изложенного отметим качественное сходство характеристики эксцесса распределения напряженности магнитного поля с характеристикой энтропии последнего. Для месторождений по отношению к окружающей

среде характерно минимальное значение энтропии магнитного поля, т.е. максимальная однородность значений его напряженности при минимуме градиентов [7]. Таким образом, положительные значения эксцесса в рудных полях отражают общую тенденцию в развитии геохимических систем, выражющуюся в стремлении к минимуму их энтропии.

Итак, предложенный подход к интерпретации в целях прогноза гравимагнитных карт обоснован не только геологическими особенностями рудоносных сред, но и общими законами физики. Накопленный опыт говорит о его практической ценности, заключающейся в значительной локализации рудоперспективных площадей. Реализация формационного подхода к анализу гравимагнитных материалов при современной оснащенности геологических организаций персональными компьютерами не требует больших затрат и может стать основой для экспрессной оценки рудоносности территорий разной степени освоенности.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Арсеньев В.А., Дубов В.А. Позиция Восточно-Забайкальской рудной провинции в структурах геофизического и геохимического полей // Изв. вузов. Геология и разведка. 1995. № 2. С. 45—51.
2. Всехсвятская И.С., Сергеенко Н.П., Юдович Л.А. Статистическая модель геофизических процессов, обладающих асимметрией и эксцессом функции плотности вероятности // Геомагнетизм и аэрономия. 1971. Т. XI. № 5. С. 78—82.
3. Дубов В.А. Особенности распределения намагниченности метасоматически измененных пород на золоторудных месторождениях // Изв. вузов. Геология и разведка. 1995. № 2. С. 34—39.
4. Дубов В.А. Геофизические критерии экспрессной оценки продуктивности золотокварцевого оруденения. — М.: РУДН, 1999.
5. Жоголева Л.П., Жоголев И.Т. Связь статистических характеристик физических свойств горных пород с процессами изменения пород // Вопросы рудной геофизики в Казахстане. Алма-Ата, 1966. С. 160—166.
6. Кац М.Я., Кац М.М. О динамике изменения статистических характеристик плотности терригенного кварца в процессе седиментации // Литология и полезные ископаемые. 1969. № 4. С. 24—30.
7. Кортунов В.А., Петрищевский А. Структура магнитного поля золоторудного месторождения по результатам статистического анализа // Глубинное строение, магматизм и металлогенез Тихоокеанских вулканических поясов. Владивосток, 1976. С. 446—448.
8. Нуух Халим. Региональные геологические закономерности положения золотого оруденения в районе Липтако-Гурма (Западный Нигер) // Новые идеи в науках о Земле. Тез. докл. М., 1999. С. 16—18.

# АППАРАТУРНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА И ТЕХНОЛОГИИ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ



УДК 622.342

© Коллектив авторов, 2001

## О ПЕРСПЕКТИВНОСТИ СПОСОБА СКВАЖИННОЙ ГИДРОТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ КРУПНООБЪЕМНОГО ОПРОБОВАНИЯ ЭКЗОГЕННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЗОЛОТА

**В.М.Минаков, В.И.Бровкин, В.И.Куторгин, В.Н.Новиков, В.А.Орьев**  
**(ЦНИГРИ МПР России)**

Показано, что традиционные горные способы получения крупнообъемных проб ограничены технологическими условиями. Применение способа скважинной гидротехнологии (СГТ) позволит упростить и ускорить технологический процесс и свести к минимуму экологический ущерб окружающей среде. Разработаны требования к процессу крупнообъемного опробования методом СГТ с учетом наиболее полного извлечения породы и металла, а также допустимых объемов извлечения породы. Указаны конкретные объекты, перспективные для опробования этим методом.

В России до сих пор традиционно преобладает добыча золота из экзогенных месторождений, причем объем полученного полезного компонента из них в последние годы достигал 60—75% от общего количества добываемого металла. Однако качественная характеристика этих месторождений постоянно ухудшается, среднее содержание золота в наиболее перспективных из них сократилось на 30%, значительно усложнились геолого-технические условия их залегания. Тем не менее в современных экономических условиях интерес к россыпям, имеющим лучшие технико-экономические показатели по сравнению с коренными месторождениями, все же возрос.

С конца 60-х — начала 70-х годов в практику геологоразведочных работ стало внедряться крупнообъемное опробование. Оно широко применялось на предприятиях «Северовостокзолото» в Магаданской области и особенно в Якутии, где стало доминирующим при поисках и разведке россыпей золота. Интерес геологоразведчиков к данному виду опробования объяснялся значительным ухудшением качественных показателей разведываемых россыпей и, как следствие, несоответствием разведочных средств (как правило, это были скважины ударно-канатного бурения) природным особенностям ряда крупных месторождений. Это приводило обычно к их недооценке и пропуску. Так, россыпь Ольchan и террасу Адычи в Якутии, Берелех (ниже Холодного) в Магаданской

области только после постановки крупнообъемного опробования (на Ольchanе — из пунктирных траншей, а по Адыче и Берелеху — из подземных сечений, пунктирных на Адыче и сплошных на Берелехе) удалось правильно оценить и ввести в эксплуатацию. До этого эти объекты много лет безуспешно разведывались ударно-канатным бурением.

В начале 80-х годов вышли методические руководства, в которых нашли отражение теоретическое обоснование и практические рекомендации по применению крупнообъемного опробования при поисках и разведке россыпей золота. Пробы повышенного объема необходимы для достоверной оценки объектов с крупным металлом (минимальный объем групповой пробы доходит до 100 м<sup>3</sup> и более). Объекты неоднородного строения, относящиеся к россыпям II—III структурных групп, оцениваются точечными выработками (точечным опробованием), а к россыпям IV—V структурных групп — с помощью линейных выработок (линейного опробования). Расстояние между точками на порядок превышает линейный размер пробы. К точечным выработкам относятся буровые скважины любого диаметра, шурфы, шурфы с камерами или короткими (1—2 м) рассечками, борозды, в том числе пройденные в траншеях и подземных сечениях, копушки. При линейном опробовании удлиненные пробы размещены в линию непрерывно или «пунктирно», т.е. с промежутками, соизмеримыми с длиной пробы. К

линейным выработкам относятся траншеи (сплошные и пунктирные) и подземные сечения (также сплошные и пунктирные), пройденные из вертикальных или наклонных шахт (или шурфов большого сечения). Для оценки россыпей IV—V структурных групп с мелким металлом обязательна проходка линейных выработок (линейного опробования), не требующая в принципе отбора большеобъемных проб.

До настоящего времени при проведении крупнообъемного опробования обычно применяют шурфы с камерами или рассечками, а также траншеи и подземные сечения. При этом, если объем проб из шурfov можно легко регулировать параметрами камер или рассечек, то из подземных сечений и особенно траншей (преимущественно бульдозерных) грунт для промывки, учитывая конструкцию и крупность металла в пробах, извлекается в значительно больших количествах, что приводит к загрязнению окружающей среды. К тому же все эти выработки пройти качественно можно только в необводненных отложениях, а подземные сечения — практически только в мерзлоте.

Использование способа СГТ для крупнообъемного опробования при оценке и разработке экзогенных месторождений золота позволит упростить и ускорить технологический процесс и свести к минимуму экологический ущерб окружающей среде. Его применение рационально на объектах с редкой сетью поисковых буровых скважин, по которым можно составить представление о разрезе рыхлых отложений и горно-геологических условиях применения СГТ.

Учитывая технические возможности СГТ, применение этого способа рационально на объектах с мощностью рыхлых отложений более 10 м. При наличии колонковых или ударно-канатных скважин необходимо проведение заверочных работ. При этом границы пласта уточняются послойным опробованием подводящей скважины, а содержания золота — валовым опробованием методом СГТ. На глубокозалегающих (до 50 м) объектах требуется проведение поисково-оценочных детализационных работ. На месторождениях II—III структурных групп с крупным металлом правильная оценка зависит от крупнообъемного опробования из точечных выработок. Объекты IV—V структурных групп с пластом повышенной мощности опробуются из линейных выработок.

Разнообразие геолого-технических характеристик экзогенных месторождений золота предопределяет необходимость разработки требований к процессу крупнообъемного опробования, обеспечивающих качественный отбор

проб, слагающих продуктивную толщу. Выделено три типа продуктивных пластов: 1) рыхлые породы, имеющие плывунные свойства (наиболее благоприятные для СГТ); 2) породы, разрушение которых достигается при гидромеханическом воздействии (применение СГТ возможно); 3) прочные породы, требующие предварительного механического дробления (наименее благоприятные для СГТ).

Сложность и недостаточная изученность гидромеханического разрушения пород в настоящее время позволяют лишь ориентировочно определять потребный напор жидкости с последующим уточнением его опытным путем в производственных условиях. При этом обобщающим параметром для рыхлых грунтов являются коэффициент сцепления и сопротивление сдвигу, которые зависят от гранулометрического состава пород.

Одно из важных требований к процессу крупнообъемного опробования — наиболее полное извлечение породы и металла. Выбор расчетного размера поднимаемых золотин может производиться с учетом наиболее часто встречающихся классов их крупности. Для россыпного золота характерны частицы размером от 0,1 до 10 мм. При разведке россыпей золота и платиноидов установлено, что вероятность встречи золотин крупнее 10 мм очень мала и их не следует принимать в качестве расчетных. Золотины размером от 8 до 10 мм встречаются достаточно часто и составляют 99,3% накопленного выхода металла. Поэтому указанный размер золотин принят за оптимальный при расчете параметров восходящего потока жидкости.

Использование скважинной гидротехнологии на вскрывающих выработках диаметром 400 мм позволяет извлекать на поверхность частицы пород крупностью до 80—100 мм, что обеспечивает подъем практически всего объема размываемых пород, кроме мелких валунов. В соответствии с крупностью золотин 8—10 мм и их объемной массой 2,5—16 г/см<sup>3</sup> рассчитана критическая скорость восходящего потока пульпы во всасывающей линии рабочего снаряда, которая должна быть не менее 1,6 м/с.

По глубине залегания продуктивного пласта месторождения подразделены на четыре группы: мелкозалегающие — до 10 м; средней глубины — до 25 м; глубокозалегающие — до 50 м; погребенные — более 50 м.

Анализ мощностей продуктивных пластов показал, что в россыпях они составляют в основном 1—1,5 м и не превышают 3—5 м. Глубина залегания продуктивных кор выветривания может превышать несколько десятков

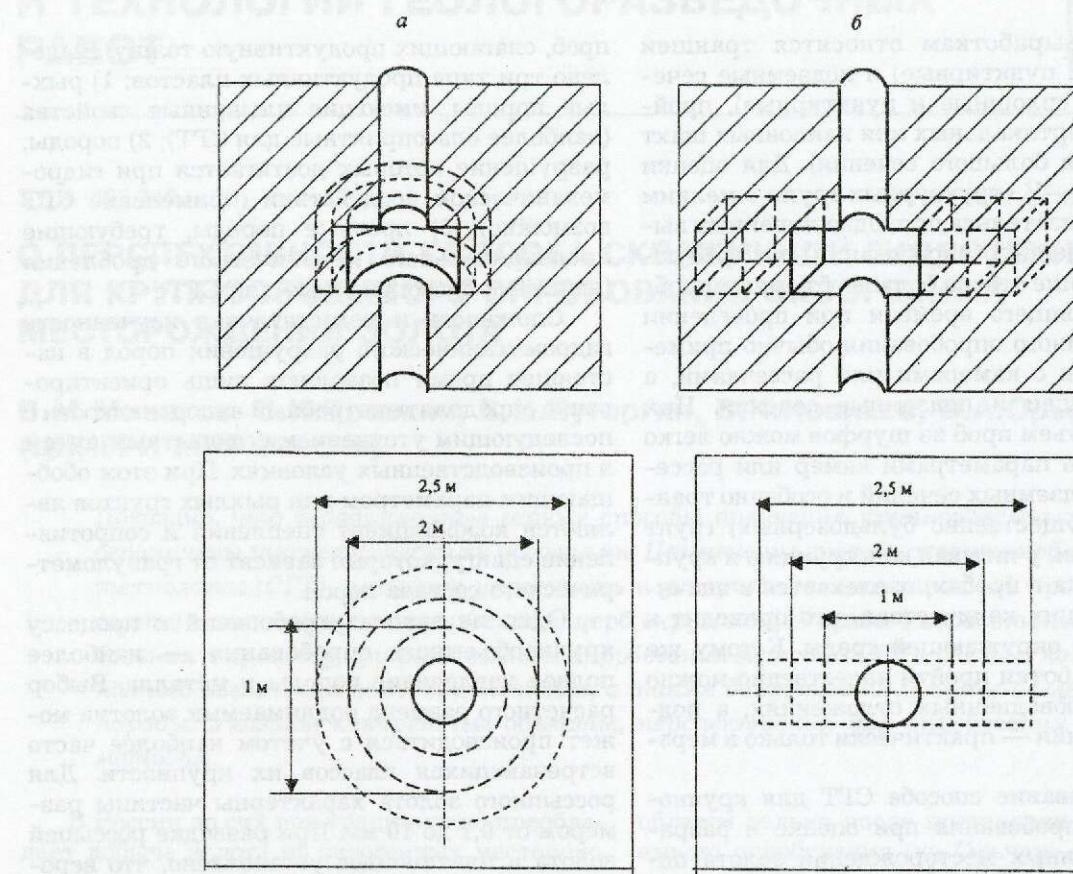


Рис. 1. Схема опробования:

а — круговой размыв; б — щелевой размыв

метров, достигая в корах линейно-трещинного типа 150 м. В пределах одного месторождения мощность песков весьма непостоянна и может значительно изменяться, что необходимо учитывать при проектировании крупнообъемного опробования.

Ширина россыпей в среднем 40—100 м, но нередко достигает нескольких сотен метров и даже километра. Для практических целей, связанных с выбором расстояния между выработками и точками перебазирования техники, более важно знать ширину струй, обогащенных полезными минералами. В промышленных россыпях она изменяется от 5 до 200 м, в среднем составляя 20—60 м.

Важный показатель, определяющий целесообразность и возможность применения скважинной гидротехнологии для получения крупнообъемных проб, — допустимые объемы извлечения породы. Этот показатель связан с безопасностью работ, так как в процессе отбора проб возможно образование воронок провала. Предполагается, что при точечном опробовании происходит круговой размыв, а при лин-

нейном — только щелевой по линии вскрытия простирации россыпи (рис. 1). В обоих случаях пробы отбираются по всей мощности продуктивного пласта с интервалами 0,5 или 1 м. Расположение скважин по разведочной линии при щелевом размыве представлено на рис. 2.

Допустимые объемы извлекаемой породы из пласта различной мощности при точечном и линейном опробовании не должны превышать определенной величины (табл. 1).

Так, при глубине скважины 10 м извлекаемый объем не должен превышать  $16 \text{ м}^3$ , что соответствует мощности пласта 2 м при радиусе размыва 1,5 м или мощности пласта 3 м при радиусе размыва 1 м. Исходя из варианта с максимальными параметрами можно рассчитать минимальную глубину скважины, при которой не будут образовываться воронки провала.

Выбор способа опробования и расчет необходимых объемов выработок скважинной гидротехнологии проводятся в такой последовательности (рис. 3). После анализа предварительной поисковой информации, полученной по скважинам малого диаметра, в первую очередь

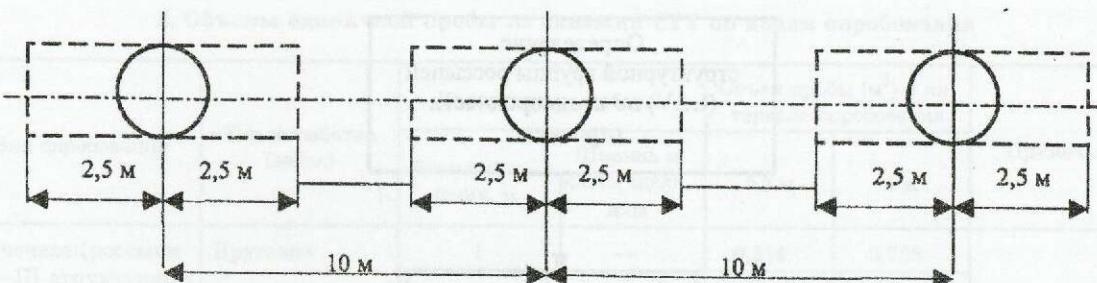


Рис. 2. Расположение скважин по разведочной линии

1. Допустимые объемы извлекаемой породы  $V$  при различной мощности пласта

Мощность пласта, м	$V$ ( $\text{м}^3$ ) при радиусах размыка (м)				
	0,5	1	1,5	2	2,5
0,5	0,4/0,12*	1,6/0,25	3,5/0,4	6,3/0,5	9,8/0,6
1	0,8/0,25	3,1/1	7,1/1,5	12,6/2	19,6/2,5
1,5	1,2/0,8	4,7/1,5	10,6/2,2	18,8/3	29,4/3,8
2	1,6/1	6,3/2	14,1/3	25,1/4	39,2/5,0
2,5	2/1,2	7,8/2,5	17,7/3,8	31,4/5	49,1/6,2
3	2,4/1,5	9,4/3	21,2/4,5	37,7/6	58,9/7,5

\*В числителе — точечное опробование, в знаменателе — линейное.

определяется сама возможность применения на объекте выработок СГТ. Затем выясняется структурная группа россыпи и, как следствие, необходимый вид опробования, а также по крупности металла — минимальный объем групповой пробы. Все это позволяет, с учетом мощности пласта и ширины россыпи, подобрать необходимые минимальные параметры забойной камеры.

Расчет минимального объема групповой пробы ведется исходя из крупности металла по формуле И.М.Адельсона:

$$V = \frac{d \cdot 100}{C \cdot n}, \quad (1)$$

где:  $d$  — средняя масса частиц «критического» класса крупности, мг;  $C$  — минимальное содержание металла в выработке, принятное для оконтуривания россыпи в плане,  $\text{мг}/\text{м}^3$ ;  $n$  — накопленный выход частиц «критического» класса крупности, %.

На рекомендованных объектах преобладает металл крупностью чаще всего до 1—2, реже 3 мм;  $C$  принимается за  $100 \text{ мг}/\text{м}^3$ , а достоверность, равная накопленному выходу частиц «критического» класса крупности ( $n$ ), — 85%. Таким образом, минимальный объем групповой пробы по формуле (1) будет соот-

ветственно равен  $0,02, 0,1$  и  $0,5 \text{ м}^3$ . Этот объем должен быть набран по нескольким выработкам в поперечном сечении россыпи.

Целесообразность применения в конкретных условиях забоев различных типов и параметров позволяет предварительно остановиться на следующих вариантах: 1) круговой забой диаметром 1, 2 и 2,5 м; 2) щелевой забой с поперечным сечением (ширинахвысота)  $0,5 \times 0,5, 0,5 \times 1 \text{ м}$  и протяженностью 1, 2, 2,5 и 5 м.

Высота единичной пробы (уходка) принимается в зависимости от мощности опробуемого пласта: 0,5 м при маломощных пластах (до 3 м) и 1 м при пластах повышенной мощности (более 3 м). Геометрия и объемы единичной пробы ( $V_{\text{пр}}$ ) при различных условиях приведены в табл. 2 (прямой расчет).

Для всех вариантов забоев суммарные объемы (по скважине и ширине россыпи) рассчитываются по следующим формулам.

Объем по скважине:

$$V_{\text{скв}} = \frac{H}{h} \cdot V_{\text{пр}}, \quad (2)$$

где:  $H$  — мощность опробуемого пласта песков, м;  $h$  — принятая высота забоя (уходки), м;  $V_{\text{пр}}$  — объем частной пробы,  $\text{м}^3$ .

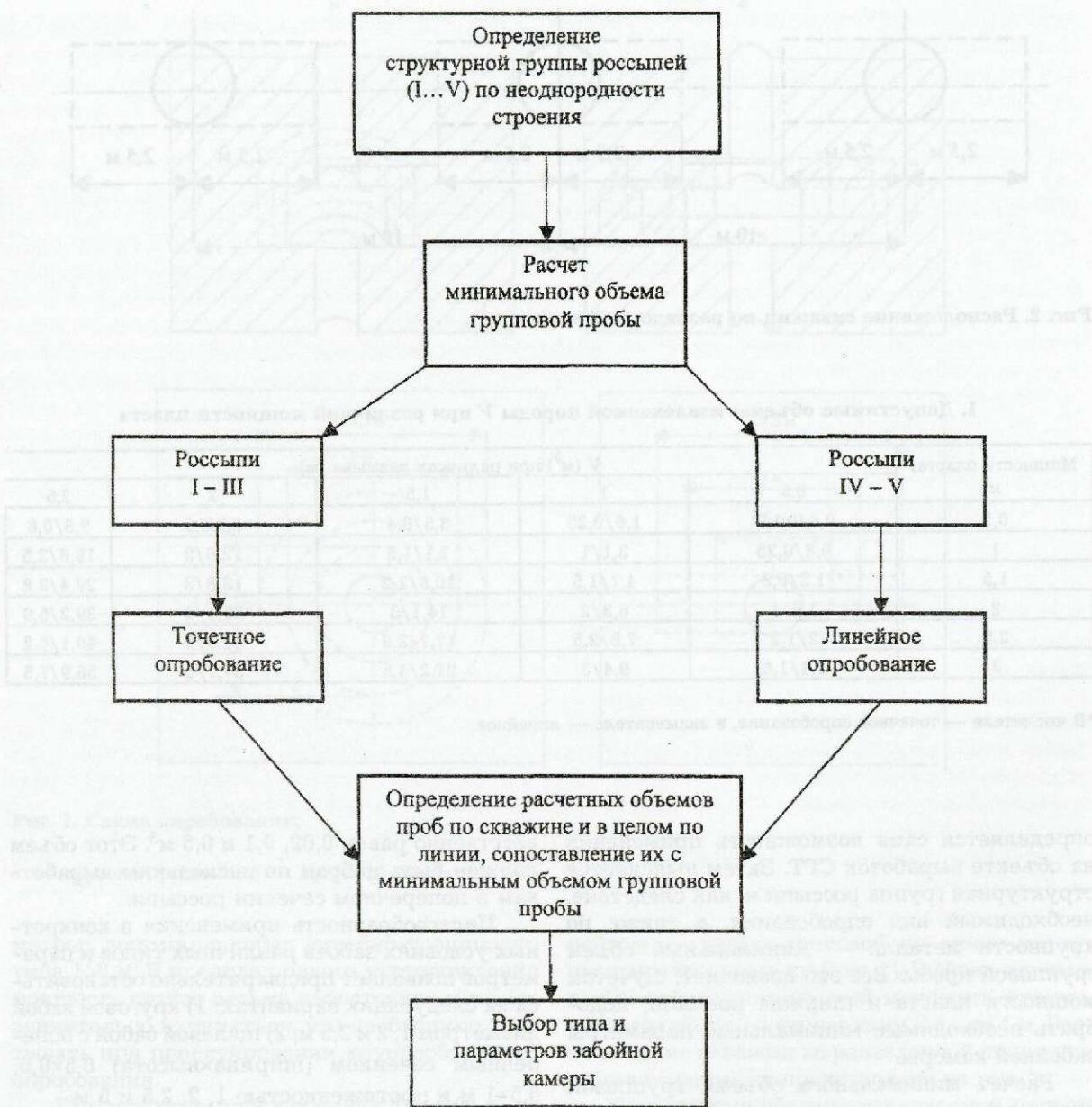


Рис. 3. Схема выбора способа опробования и расчета объемов выработок СГТ

Объем по линии (пунктирные пробы):

$$V_{\text{лии}} = V_{\text{скв}} \cdot \frac{A}{l}, \quad (3)$$

где:  $A$  — ширина опробуемой россыпи, м;  
 $l$  — расстояние между подводящими скважинами по линии, м.

Как видно из расчетов, даже одна выработка с минимальными параметрами забоя обеспечивает необходимый объем групповой пробы для россыпей с крупностью металла

«критического» класса до 3 мм. Однако для достоверной оценки содержаний по сечению россыпи требуется не менее трех выработок, расположенных по разведочной линии. Поэтому реальные объемы опробования будут выше. Они зависят от ширины россыпи и шага между выработками, т.е. от количества выработок по разведочной линии и рассчитываются по формуле (3).

Под пробой в гидроопробовании понимается разрушенная порода различного гранулометрического состава, извлеченная в пульпо-

## 2. Объемы единичной пробы из скважин СГТ по видам опробования

Вид опробования	Тип выработки (забоя)	Параметры выработки		Объем пробы ( $\text{м}^3$ ) в интервале опробования		Примечание
		Диаметр сечения, м	Ширина и длина щели, м×м	0,5 м	1 м	
Точечное (rossыпи II—III структурных групп)	Круговой	1	—	0,314	0,785	Линейные пробы прерывистые (пунктирные) по скважинам через 10 м
		2	—	1,256	3,14	
		2,5	—	1,962	4,906	
	Щелевой	—	0,5×1	0,250	0,5	
		—	0,5×2	0,5	1	
		—	0,5×2,5	0,625	1,25	
Линейное (rossыпи IV—V структурных групп)	Щелевой	—	0,5×5	1,25	2,5	Линейные пробы прерывистые (пунктирные) по скважинам через 10 м

образном состоянии с опробуемой глубины и обеспечивающая заданные характеристики среднего содержания ценного компонента. Априори можно сказать, что чем больше объем пробы, тем с большей точностью в ней определяется среднее содержание металла и тем большая абсолютная погрешность возникает при измерении линейных размеров выработки. Минимальный объем пробы обусловливается максимальной допустимой ошибкой его определения, т.е. той технической точностью, которую обеспечивают средства измерения. Достоверность опробования, помимо многочисленных факторов, связанных с величиной пробы, полнотой извлечения опробуемого материала и т.д., определяется достоверностью и надежностью измерения объема пробы, который она занимала в целике.

Процесс скважинного гидроопробования должен сопровождаться геофизическими работами в целях экспрессного определения размеров, формы и объема выработок по составляющим пробу породам, извлеченным на поверхность; определения пространственного положения формируемой выработки.

При крупнообъемном опробовании геофизическая аппаратура должна обладать следующими основными свойствами: возможностью оперативного измерения объемов формируемых выработок; диапазоном рабочих расстояний замеров от 0,5 до 2,5 м от оси технологической скважины; возможностью проведения

оперативной оценки размеров выработки непосредственно во время технологического процесса; иметь максимально простое или автоматизированное управление.

Перспективы использования способа скважинной гидродобычи для крупнообъемного опробования экзогенных месторождений золота определяются наличием весьма широкой и промышленно значимой группы объектов — реальных и прогнозируемых месторождений различных геолого-промышленных и морфогенетических типов, горно-геологические параметры и особенности строения которых полностью соответствуют необходимым условиям эффективного применения данной геотехнологии. Типизация россыпей золота и золотоносных кор выветривания, осуществленная с учетом технико-технологических требований, показала, что в каждой из основных генетических групп россыпей имеются промышленные типы месторождений, пригодные и перспективные для применения скважинной гидротехнологии для их крупнообъемного опробования.

По горно-геологическим условиям применения крупнообъемного опробования методами СГТ все экзогенные месторождения золота можно подразделить на две основные промышленно-генетические группы: 1) золотоносные коры выветривания с сопровождающими их россыпями сложных, чаще всего гетерогенных, типов; 2) собственно золотороссыпные различ-

ных морфогенетических типов с относительно простым или усложненным строением.

Вопрос о перспективности применения методов СГТ для разведки большой и промышленно значимой группы техногенных россыпей, для которых именно крупнообъемное опробование является нередко единственным способом их достоверной оценки, особенно на объектах с крупным металлом, на данном, по существу предварительном, этапе методических работ предлагается оставить открытым. Очевидно, что для некоторых видов техногенных россыпей (например остаточно-целиковых, нижних частей разрезов дражно-отвальных комплексов) применение крупнообъемного опробования методами СГТ в принципе вполне возможно. Однако с учетом специфики и сложности геологического строения техногенных россыпей представляется целесообразным вернуться к этой проблеме позднее, после опытно-промышленного подтверждения пригодности скважинной геотехнологии для крупнообъемного опробования россыпей основных геолого-промышленных типов.

При крупнообъемном опробовании золотоносных кор выветривания и сопутствующих им россыпей методом СГТ промышленное значение имеют только остаточные россыпи кор химического выветривания по зонам золото-кварц-сульфидного оруденения. На территории Российской Федерации они представлены в основном глинистыми корами выветривания неполного профиля линейно-трещинного, kontaktово-карстового, карстового и линейно-площадного морфогенетических типов.

Глубина залегания продуктивных тел (косые, висячие пласты и залежи сложной формы, обычно наследующие морфологию рудных тел) в корах любых типов может превышать несколько десятков метров, достигая в корах линейно-трещинного типа 100—400 м. По составу продуктивные отложения (руды) могут быть глинистыми, песчано-глинистыми, щебнисто-глинистыми и содержать значительное количество мелкого и тонкодисперсного золота (МТЗ), а также связанного.

В зависимости от характера соотношений различных форм золота, обуславливающих различные технологические схемы переработки, выделяются три основных геолого-технологических типа руд остаточных золотоносных кор выветривания: 1) глинистые с тонким, тонкодисперсным и связанным золотом, не извлекаемым гравитационными аппаратами (тонкодисперсное от 40 до 90%, связанное до 10—20%), переработка которых целесообразна по рудной схеме (применение СГТ целесообразно для оценки содержаний гравитационно-

го свободного золота); 2) глинистые и песчано-глинистые преимущественно со свободным золотом гравитационных классов крупности (60—70% и более), переработка которых даже при низких содержаниях (порядка 100—500 мг/м<sup>3</sup>) рентабельна по гравитационной схеме (наиболее перспективные для применения СГТ); 3) щебнисто-глинистые, в глинистой составляющей которых преобладает свободное золото, улавливаемое гравитационными аппаратами (применение СГТ возможно).

Следует подчеркнуть, что строение кор выветривания может резко меняться по профилю и падению, в связи с чем даже в пределах одного месторождения могут быть развиты руды всех перечисленных, а также и иных более сложных геолого-технологических типов. По ряду показателей золотоносные коры выветривания, особенно представленные песчано-глинистыми, дресвяно-глинистыми породами и маршаллитами с высоким содержанием гравитационного золота, могут считаться наиболее перспективными объектами для применения метода СГТ с целью их крупнообъемного опробования. Этому способствует ряд факторов: устойчивость пород кровли, почти полное отсутствие крупнообломочной составляющей в продуктивных породах и, как следствие, весьма высокая степень достоверности в определении как формы и размера забойной камеры, так и объема пробы, что должно гарантировать высокое качество опробования.

Применение СГТ для крупнообъемного опробования золотоносных россыпей традиционных типов наиболее перспективно для их трех ведущих геолого-промышленных типов: 1) аллювиальные глубоко- и среднезалегающие (погребенные долинные, террасовые, тальвеговые и др.); 2) гетерогенные толщи аккумуляции прибрежных частей впадин, зон тектонических уступов, грабен-долин (ложковые, веерные, террасоувальные и др.); 3) аллювиально-карстовые в днищах долин.

Аллювиальные россыпи (россыпи речных долин низких, средних и высоких порядков) образуют наиболее важный в промышленном отношении тип россыпных месторождений золота и платиноидов. Обычно они характеризуются наличием четко выраженного продуктивного пласта, чаще всего приуроченного к нижним горизонтам аллювиальных отложений различного возраста и плотику — верхней части подстилающих горных пород, в большей или меньшей степени разрушенных процессами выветривания. Весьма часто продуктивный горизонт выделяется и в толще рыхлых отложений, образуя висячие, надплотиковые, пласты.

## 3. Типы экзогенных месторождений золота, перспективные для крупнобъемного опробования способом СГТ

Генетические группы	Промышленные типы	Морфогенетические типы, подтипы, группы типов	Типовые объекты (месторождения, россыпи)	Особенности геологического строения и условий залегания
Элловиальные и зало-виально-склоновые	Остаточные россыпи кор химического выветривания по золото-кварц-сульфидным рудам	Линейно-трещинные, контактово-карстовые, карсто-вые линейно-пластичные, совмещенные	Егорьевское (Салаир), Михайловское, Светлинское и Еленинское (Южный Урал)	Пластовые и линзовидные залежи субгоризонтальным и наклонным (до крутого падения) залеганием; продуктивные отложения — глинистые, песчано- и дресвино-глинистые; глубина залегания 10—100 м и более; мощность пласта 1—20 м и более; подстилающие породы — глинистые об разования, маршиаллиты, известняки; породы кровли устойчивы
Флювиальные	Аллювиальные (долин низких, средних и высоких порядков)	Глубоко- и средне-зalегающие погребенные долинные, террасовые и иных типов	Чаагайское (Чукотка), руч. Болотный (Кольмский район), Балбанью — участки (Урал), руч. Ледяной (Корякия)	Пласты и линзовидные залежи мощностью 0,5—2,5 м, продуктивные отложения — галечники мелк- и среднеблочечные песчано-глинистые с содержанием фракции +80 мм не более 10—15%, талы и пластитномерзлые; глубина залегания 10—100 м и более; подстилающие породы — глинистые и щебнисто-глинистые, коренные породы слабогрениковаты, породы кровли обычно слабо устойчивы
Смешанного генезиса (тектонические)	Продловиально-аллювиально-склоновые	Гетерогенных толщ аккумуляции в зонах тектонических уступов, бортах впадин, грабен-долин (ложковые, веерные и др.)	Древнекуранахское (Саха-Якутия), р. Нагума (Приамурье)	Пласты и линзовидные залежи сложного строения повышенной мощности (5—20 м и более) с глубиной залегания 10—40 м и более; продуктивные отложения — глинисто-галечные, глинисто-щебнисто-галечные, реже песчано-галечные с содержанием фракции +80 мм не более 10—15%, талы и пластитномерзлые; подстилающие породы — глинистые и щебнисто-глинистые, коренные породы слабогрениковаты; породы кровли обычно устойчивы, реже слабо устойчивы
Аллювиально-карстовые	Карстовые в днищах долин	Северо-Светлинское (Урал), р. Огне (Миллионная Яма)	Лукянниковское (европейская часть России)	Выдержаные преимущественно лестистые и гравийно-песчаные пласти и залежи мощностью от нескольких до десятков метров; глубина залегания 10—50 м
Прибрежно-морские	Комплексные золотосодержащие (титан-циркониевые)	Подводно-дельтовые, донные и др.	Рыбецкое (Чукотка)	Линзовидные глинисто-галечно-гравийные пласти мощностью 0,5—2 м, реже до нескольких метров; глубина залегания 10—50 м и более
	Древних береговых зон на суще	Погребенные гляжевые и бентичевые		

**4. Геологическая характеристика и параметры типовых объектов для крупнообъемного опробования методом СГТ**

Место- рождения	Литология пролук- тивных пород	Гранулометрия породы пласта: выход металла класса 3 мм, %	Крупность золота, мм Средняя по разве- дочным данным	Параметры		Структур- ная группа россыпей по неоднород- ности стро- ения
				Про- мыистость песков (руд)	Ширина, м Мощность пласта, м	
<i>Золотоносные коры выветривания и сопутствующие им россыпи</i>						
Егорьевское, Лапинская зона	Слюдисто-кварце- вые раковые поро- ды	94—98 (95)*	0,36 МТЗ	-1,0 Среднепро- мыистые	20—160 1,6—22,5	12,1—40,2 337
Михайлов- ское (Суун- дукский участок)	Гидрослюдисто-ка- олинитовые глины и маршаллиты	92—95 (93)*	0,67 МТЗ	-2,0 Весьма труднопро- мыистые	40—236 1—30 и более	0—30 Нет данных
Беленинская россыпь	То же	82—97 (94)*	0,21 МТЗ	-2,0 Среднепро- мыистые	40—300 2—30	0—30 Нет данных
Средне-Ча- пинское	Галечники глини- стированные с вы- ветрелой галькой	83—96 (87)*	0,58 МТЗ	-2,0 Трудно- промышлен- истые	1300—1700 Средняя 2,6	10—40 192
<i>Россыпи</i>						
Чаинская	Галечники песча- но-глинистые	+50 мм — 5 -50+3 — 30 -3 — 65	Нет данных	-2,0 Промыви- стые	30—200 0,4—6,4	54—126 5920
Чукчинская	Пески глинистые галечно-травяные	-100+16 мм — 16 -16+0,1 — 24 -0,1 — 72	— МТЗ	-2,0 То же	40—100 17—29,5	Средняя 15
Древнеку- ранахская	Галечники глини- стированные с вы- ветрелой галькой	-3 мм — 70—80	0,24 МТЗ	-2,0 Весьма труднопро- мыистые	500—1400 Средняя 41,8	0—20 123
Северо- Светлинская	Галечники песчано- глинистые отло- жения	-100+16 мм — 16 -16+0,1 — 29 -0,1 — 55	— МТЗ	-2,0 Трудно- промыш- истые	45—1020 2—45	0—30 240
р. Огн- (Миллион- ная Яма)	Галечники средне- и крупнобломоч- ные песчано-глини- стые	+100 мм — 2 -100+2 — 53 -2 — 45	Нет данных	-3,0 Промыви- стые	40—318 0,5—23	0—25 299
						767

\* В скобках — среднее значение.

Аллювиальные россыпи отличаются большим разнообразием морфогенетических типов: русловые, пойменные, террасовые, долинные, водораздельные, а также ложковые, террасоувальные, веерные (конусы выноса), аллювиально-карстовые гетерогенного происхождения. Значительная часть из них — мелкозалегающие (до 8—10 м) и только поэтому не показаны для применения способа СГТ.

Возможность применения СГТ для крупнообъемного опробования аллювиальных россыпей может значительно ограничиваться также гранулометрическим составом продуктивных отложений (например, крупногалечные валунистые породы или слабоустойчивые галечники без глинистого заполнителя) и характером плотика. Благоприятен для СГТ «мягкий» (глинисто-дресвяный, дресвяный) или нетрещиноватый скальный плотик с ровной поверхностью, но поскольку часто значительная часть запасов приурочена именно к верхней сильно трещиноватой части коренных пород, применение СГТ для опробования в таких случаях вряд ли целесообразно.

Наиболее подходящими для применения СГТ оказались средне- и глубокозалегающие древние прибрежно-морские россыпи (табл. 3), а также россыпи насыщения (I—III группы по неоднородности строения) и рассеяния (IV и V группы по неоднородности строения), формирующиеся в пределах эрозионно-структурных депрессий, наложенных межгорных и внутригорных впадин, морфоструктур слабого пульсационного и инверсионного воздымания с низкогорным пeneplенизированным, денудационно-аккумулятивным и аккумулятивным рельефом.

В число типовых объектов данной группы, перспективных для применения СГТ, включены, в частности, богатые глубокозалегающие долинные россыпи, отработка которых подземным способом была остановлена по горно-техническим условиям (в основном из-за обрушения кровли в связи с наличием высокотемпературных, «вязких» многолетнемерзлых пород). Это, например, Чаанайская россыпь в Чаунской низменности Центральной Чукотки (табл. 4), а также россыпь руч. Болотный в пределах Малык-Сиенской впадины Сусуманского района Магаданской области.

К россыпям смешанного происхождения (гетерогенным) принято относить нерасщлененные и гетерогенные по генезису россыпи толщ аккумуляции, представляющие собой перемещенные склоновыми процессами или переотложенные временными водотоками продукты золотоносных кор химического вы-

ветривания, накапливающиеся у подножий склонов, в прибрежных частях грабен-долин, впадин и предгорных равнин, а также в карстовых полостях. Обычно это многопластовые залежи сложного линзовидно-слоистого строения, отличающиеся повышенной мощностью продуктивных горизонтов (десятки метров), чередованием в разрезе несортированных и сортированных отложений различного возраста (от юрских до четвертичных), повышенной глинистостью (часто труднопромывистые), низкими содержаниями металла, струйчато-гнездовым и рассеянным характером его концентраций и значительной долей мелкого и тонкодисперсного золота. Так, на месторождении Древний Куранах (Саха-Якутия), частично отрабатываемом по традиционной гравитационной схеме, извлекается всего около 50% Au.

По особенностям формирования, строения и условий залегания в данной группе выделяют два морфогенетических типа россыпей: ложково-веерные и шлейфовые зоны тектонических уступов, карстовые в днищах долин. Последние представляют собой составную часть долинных россыпей и отличаются от вышеописанных толщ склоново-пролювиально-аллювиальной аккумуляции более совершенной гидродинамической сепарацией отложений, выполняющих карстовые полости различной конфигурации до глубины 20—30 м и более (воронки и эрозионно-карстовые депрессии), и более высокими содержаниями гравитационного золота различных классов крупности.

Объекты обоих типов при соответствующих глубинах залегания (более 10 м) и наличии других благоприятных показателей (главным образом по литологии продуктивных толщ) весьма перспективны для применения методов скважинной гидродобычи. Более того, технологические преимущества способа СГТ, обусловленные более высокой полнотой извлечения мелкого и тонкого золота, могут существенно повысить промышленное значение россыпей данного типа, наиболее характерных для структурно-эрэзионных депрессий Урала (россыпи Колчинская, Чуксинская, Северо-Светлинская, возможно, Лангурской группы) и ряда районов Сибири (р. Огне), Забайкалья, Южной Якутии (Древнекуранахская) и Приамурья (р. Нагима).

Таким образом, анализ геологических условий возможного применения способа СГТ для крупнообъемного опробования экзогенных месторождений золота и приведенные характеристики особенностей залегания и параметров ряда типовых объектов позволяют ве-

съма высоко оценить перспективы этого способа для достоверной оценки широкой группы экзогенных месторождений золота и наметить области его применения. Представляется также, что основным требованием к процессу СГТ при использовании для опробования должно быть обеспечение условий, гарантирующих определение геометрии и объема отбираемой пробы в заданных интервалах опробования.

Одним из возможных путей повышения эффективности поисково-оценочных работ на экзогенных типах месторождений золота можно считать применение крупнообъемного опробования методом скважинной гидротехнологии, обеспечивающей получение представительных проб в сложных геолого-технических условиях и значительно снижающей воздействие на экологию окружающей среды.

УДК 622.7:553.41

© В.Н.Машурьян, 2001

## КОМПЛЕКСНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПЕРЕРАБОТКИ УПОРНЫХ ЗОЛОТОСОДЕРЖАЩИХ КОНЦЕНТРАТОВ

**В.Н.Машурьян (ТулНИГП МПР России)**

*Разработана новая комплексная технология переработки сложного упорного золотосодержащего концентрата. Показана высокая эффективность извлечения Sb в сульфидно-щелочной раствор, As в сульфидные возгоны, S в сернистые газы, Au и Ag в смолу и цианистые растворы. После полного вскрытия всех минералов-носителей тонкодисперсного золота извлечение Au и Ag в цианистые растворы и смолу составило соответственно 91,25 и 41,10%. Предложенная комплексная технология может выполняться на агрегатах, применяемых в настоящее время в промышленности с использованием отечественных реагентов.*

В последние 10—15 лет как за рубежом, так и в России выполнено большое количество исследований по изысканию и разработке технологических схем извлечения благородных металлов из упорных золотосодержащих концентратов. Однако до настоящего времени арсенопиритные золотосодержащие концентраты обычно используются только для извлечения золота и серебра. Все остальные составляющие в случае их наличия — As, Sb, S и др. — либо теряются во время обжига, либо остаются в кеках после цианирования, которые складируются на неопределенное время в отвалах. При наличии в рудах и концентратах сурьмы и мышьяка технологические схемы по извлечению благородных металлов и ценных компонентов еще более усложняются. Это объясняется неразработанностью практического комплексного извлечения всех ценных компонентов из упорных золотосодержащих концентратов, характеризующихся многообразием минералов, сложностью их состава и взаимного расположения. Трудоемкость вывода мышьяка и сурьмы из технологического процесса, высокая их токсичность, а также жесткие тре-

бования к содержанию вредных примесей в товарных продуктах привели к ограниченной отработке или даже к полной неосвоенности многих крупных месторождений, содержащих драгоценные металлы (Нежданинское, Майское, Олимпиадинское, Тохтаровское и др.).

Разработка технологической схемы переработки упорных золотосодержащих руд проводилась на весьма сложном, но богатом по содержанию золота Sb-As-Au-содержащем концентрате следующего состава, %: As 8,6; Sb 3,8; Zn 1,99; Pb 1,3; Cu 0,50; Fe<sub>общ</sub> 23,27; S<sub>общ</sub> 23,05; C<sub>опр</sub> 1,6; Au 37,5 г/т; Ag 67,5 г/т; SiO<sub>2</sub> 24,46; CaO 1,34; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 4,40. Минеральный состав флотоконцентрата, рассчитанный по данным химического анализа, представлен такими минералами, %: арсенопирит 18,8, антимонит 5,35, пирит 37, галенит 1,5, сфалерит 2,95, кварц, глинисто-слюдистые минералы, карбонаты, полевые шпаты 34,4. В нем преобладает тонкодисперсное золото, связанное с пиритом, арсенопиритом, буланжеритом, антимонитом и кварцем. Мелкое свободное золото присутствует в подчиненном количестве. Значительная доля кристалликов пирита и связанных с ним

минералов-носителей тонкодисперсного золота в виде тонкой вкрапленности находится в кварце.

Разработка технологического процесса извлечения золота в цианистые растворы и смолу основана на последовательном разложении основных минералов-носителей тонкодисперсного золота. Вначале концентрат доизмельчался до 100% класса -0,044 мм для более полного вскрытия минералов, содержащих тонкодисперсное золото в кварце, затем выделялось Au при разложении антимонита сульфидно-щелочными растворами. При этом применялся метод, описанный в работе [1], но выщелачивание осуществлялось при  $T = 60^{\circ}\text{C}$ , чтобы снизить переход золота в раствор. Выщелачивание проводилось сульфидно-щелочными растворами с добавкой едкого натрия, содержащими 150 г/л сернистого натрия и 2,5 г/л едкого натрия.

При выщелачивании в течение 15 мин в кеках оставалось до 1,35% Sb, при двухчасовом выщелачивании — от 0,25 до 0,50%. В итоге при двухчасовом выщелачивании извлечение Sb в сульфидно-щелочной раствор составило 87,06—92,37%, т.е. с увеличением времени выщелачивания и при повторном использовании маточного раствора повышаются извлечение и содержание в нем сурьмы. После насыщения сурьмой раствора направлялся на электролиз в целях извлечения Sb по методу, приведенному в работе [1].

Для выделения тонкодисперсного золота из арсенопирита, пирита и оставшегося антимонита использовались диссоциирующий и окислительно-сульфатизирующие обжиги кеков, полученных после сульфидно-щелочного выщелачивания. При диссоциирующем обжиге мышьяк, оставшиеся сурьма и сера переводились в возгоны и улавливались в системе газоочистки.

В ходе экспериментов при диссоциирующем обжиге исследуемый материал, затаренный в алундовый тигель, помещался в реторту (рис. 1), которая представляет собой замкнутый цилиндрический сосуд из нержавеющей стали. В верхней части цилиндра находится холодильник, охлаждаемый снаружи водой. Стабилизация давления внутри реторты осуществляется через отверстие в крышке холодильника посредством газоотводной трубы, сообщающейся с сосудом, заполненным щелочным раствором. Реторта с изучаемым материалом помещалась в электропечь, предварительно разогретую до заданной температуры. Использовался интервал температуры, установленный нами ранее с помощью термодинамических расчетов. Показано, что наибольшая

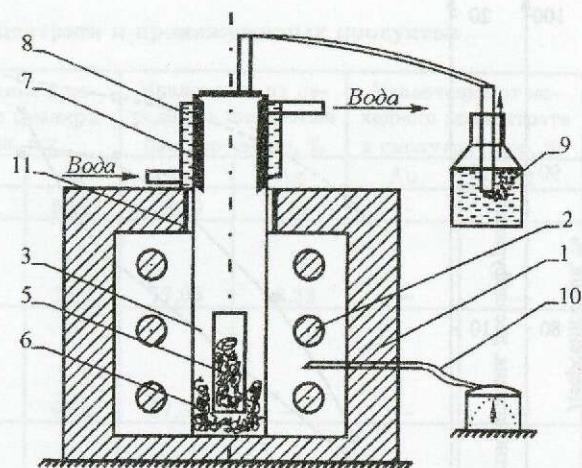


Рис. 1. Лабораторная установка для диссоциирующего обжига:

1 — электропечь; 2 — силитовые нагреватели; 3 — реторта; 4 — холодильник; 5 — обжигаемый материал, затаренный в тигель; 6 — восстановитель (кокс); 7 — сульфидные возгоны; 8 — газоотводная трубка; 9 — щелочной раствор; 10 — термопара; 11 — уплотнительное кольцо

вероятность реакций разложения арсенопирита в присутствии пирита находится в интервале 550—700°C [2].

При диссоциирующем обжиге для снижения активности кислорода и создания слабовосстановительной атмосферы в шихту добавлялось 5—8% коксила, а также внутрь реторт — 3—5% от массы шихты. При этом состав газовой фазы внутри реторт был следующий, %: CO 5,8; CO<sub>2</sub> 4,6; O<sub>2</sub> 16,4; N<sub>2</sub>+сопутствующие 73,2. После окончания опыта с внутренней поверхности холодильника снимались сульфидные возгоны мышьяка, а из реторт убирался тигель с огарком.

Результаты экспериментальных исследований приведены на рис. 2, из которого видно что максимальные деарсенизация, дестибнизация и десульфуризация были достигнуты при  $T = 750^{\circ}\text{C}$  и составили соответственно 96,05, 17 и 19,05%. Содержание мышьяка в возгонах находится в пределах 81—84%. Остаточное содержание As в огарке составило 0,20% после диссоциирующего обжига при  $T = 750^{\circ}\text{C}$  и 0,48% — при  $T = 550^{\circ}\text{C}$ .

Огарок с содержанием серы в пределах 20,02—21,57% направлялся на окислительно-сульфатизирующем обжиг, который производился в атмосферном воздухе в подовой электропечи с горизонтальным расположением электродов под сводом. Согласно [2, 3], ис-

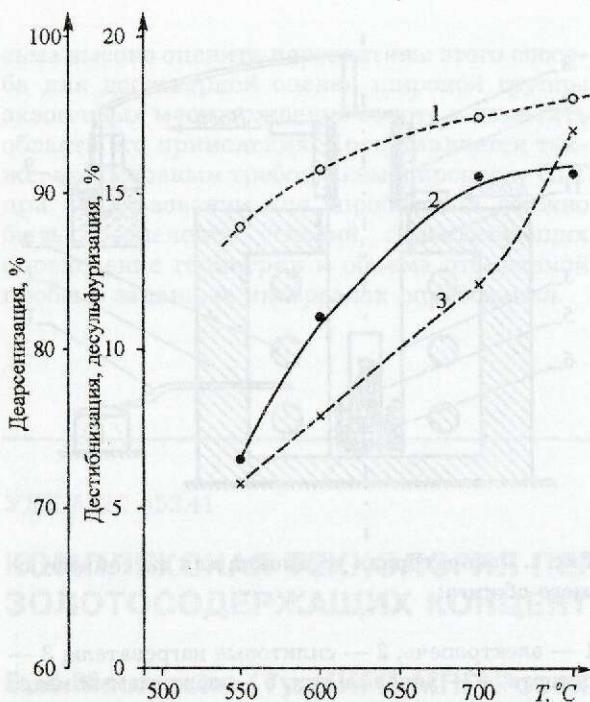


Рис. 2. Зависимость деарсенизации, дестибназии и десульфуризации от температуры диссоциирующего обжига:

1 — деарсенизация; 2 — дестибназия; 3 — десульфуризация

следования велись в диапазоне 550—700°C, как обеспечивающем максимальное окисление пирита до сульфата железа с частичным выделением сернистого ангидрида. При этом преследовалась цель получения пористой и рыхлой поверхности сульфатов.

На рис. 3 показаны зависимости десульфуризации, дестибназии и деарсенизации от температуры окислительно-сульфатизирующего обжига. С повышением температуры выявлена тенденция к усилению процессов десульфуризации, деарсенизации и дестибназии. Так, дестибназия и десульфуризация при T 550°C составили 54,17 и 56,49%, а при T 700°C — 68,75 и 74,13% соответственно. Деарсенизация при T 660°C составила 60,61%, а при T 700°C — 95,56%.

После трех последовательных операций по очередному разрушению минералов-носителей тонкодисперсного золота в огарке осталось Sb 0,16—0,21%, As 0,04—0,20% и S 9—13%. Сравнительно высокое содержание серы в конечных огарках можно объяснить двояко. Во-первых, согласно минералогическим исследованиям, некоторые сульфиды (арсенопирит, антимонит, пирит и др.) находятся в тонком взаимном прорастании между собой и с квар-

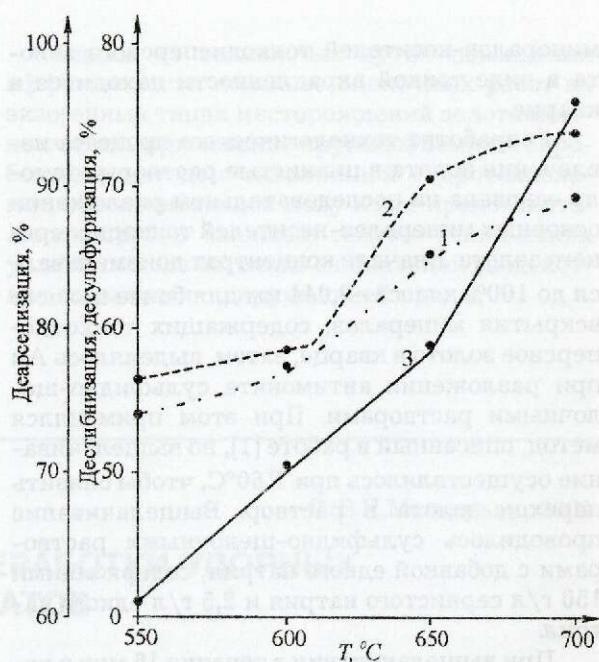


Рис. 3. Зависимость дестибназии, десульфуризации и деарсенизации от температуры окислительно-сульфатизирующего обжига:

1 — дестибназия; 2 — десульфуризация; 3 — деарсенизация

цем, что, естественно, затрудняет их обжиг, и, во-вторых, поскольку обжиг проводится при сравнительно низких температурах (550—700°C), часть серы из сульфидной переходит в сульфатную и остается в огарке.

Для выделения из кварца тонковкрапленных золота и золотосодержащих минералов (антимонит, арсенопирит, пирит и др.) проводилось разложение кварца и сульфидных минералов, а также силикатных компонентов ( $\text{SiO}_2$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  и др.) методом щелочного спекания огарков с последующим водным выщелачиванием. Спекание осуществлялось в подовой электропечи конструкции ТФ ЦНИГРИ. Огарки помещались в кюветы, изготовленные из нержавеющей стали. Расход щелочки ( $\text{NaOH}$ ) определялся на основании ранее выполненных работ [4] — 1,5-кратный к содержанию суммы силикатов в огарках. Температура при спекании поддерживалась в пределах 650—700°C. Время спекания 2 ч. После спекания горячий спек в течение 1 ч выщелачивался водой при отношении  $\text{Ж:Т}=5:1$  и T 80—90°C. После удаления остаточной щелочки проводилась трехкратная отмывка кека щелочи горячей водой (70—80°C). Затем кек отмывался 3%-ным раствором соляной кислоты с окончательной отмывкой горячей водой.

## Результаты цианирования исходного концентратата и промежуточных продуктов

Материалы, подлежащие цианированию	Содержание в исходном концентрате, г/т		Содержание в кеках после цианирования, г/т		Извлечение на переделе в цианистый раствор+смолу, %		Извлечение от исходного концентратата в смолу+раствор, %	
	Au	Ag	Au	Ag	Au	Ag	Au	Ag
Исходный концентрат	37,5	53,0	33,0	50,0	15,79	7,41	—	—
Кеки после сульфидно-щелочного выщелачивания	33,7	47,0	28,0	20,0	17,05	58,33	—	—
Огарки после диссоциирующего и сульфидно-щелочного выщелачивания	38,8	44,9	28,0	45,0	27,32	—	—	—
Огарки после окислительно-сульфатизирующего обжига, сульфидно-щелочного выщелачивания и диссоциирующего обжига	46,0	52,0	11,13	37,27	78,26	30,77	—	—
Кеки после щелочного спекания и выщелачивания, сульфидно-щелочного выщелачивания, диссоциирующего и окислительно-сульфатизирующего обжига	72,41	40,66	0,8	3,06	98,77	92,70	91,25	41,10

Спекание и водное выщелачивание исполнились в одну ступень. При этом достигалось разрушение главной массы кварца с вкрапленным золотом и сульфидами, в свою очередь, содержащими тонкодисперсное золото. В производственных условиях растворы, накопленные после выщелачивания щелочных спеков, подлежат очистке и регенерации щелочи по известным в промышленности технологиям. Поэтому общий расход щелочи будет значительно снижен за счет использования щелочи, полученной от регенерации.

Чтобы определить влияние отдельных переделов на извлечение золота и серебра в цианистый раствор и смолу, цианированию подвергались: исходный концентрат, кеки после сульфидно-щелочного выщелачивания, огарки после диссоциирующего и окислительно-сульфатизирующего обжига, кеки после щелочного спекания и водного выщелачивания.

Цианирование велось с концентрацией цианида 0,2% в течение 24 ч при отношении Ж:Т=2:1 и комнатной температуре. Концентрация щелочи в растворе поддерживалась на уровне 0,02%. Для сорбции золота и серебра в каждом опыте использовалась смола марки АМ-2Б. Контроль остаточной концентрации цианида и щелочи осуществлялся через 1, 2, 4, 6 и 8 ч. По окончании цианирования — контро-

льный замер остаточной концентрации цианида и щелочи.

В таблице представлены результаты цианирования исходного флотоконцентратата, кеков после сульфидно-щелочного выщелачивания, огарков после диссоциирующего обжига, огарков после окислительно-сульфатизирующего обжига, кеков после щелочного спекания и водного выщелачивания. Наиболее высокое извлечение золота и серебра в цианистый раствор и смолу достигнуто после последовательного разрушения всех основных минералов-носителей тонкодисперсного золота и освобождения сульфидов из кварца.

На основании проведенных исследований для таких сложных концентратов рекомендована комплексная технологическая схема переработки Sb-As-Au-содержащих концентратов (рис. 4), обеспечивающая извлечение сурьмы в сульфидно-щелочной раствор, мышьяка в сульфидные возгоны, серы в сернистые газы, золота и серебра при цианировании в смолу и цианистый раствор, из которых их можно извлечь известными в промышленности методами.

В случае отсутствия в концентрате тонкодисперсного золота в кварце, а также сурьмы и других нежелательных элементов из общей технологической схемы могут быть удалены

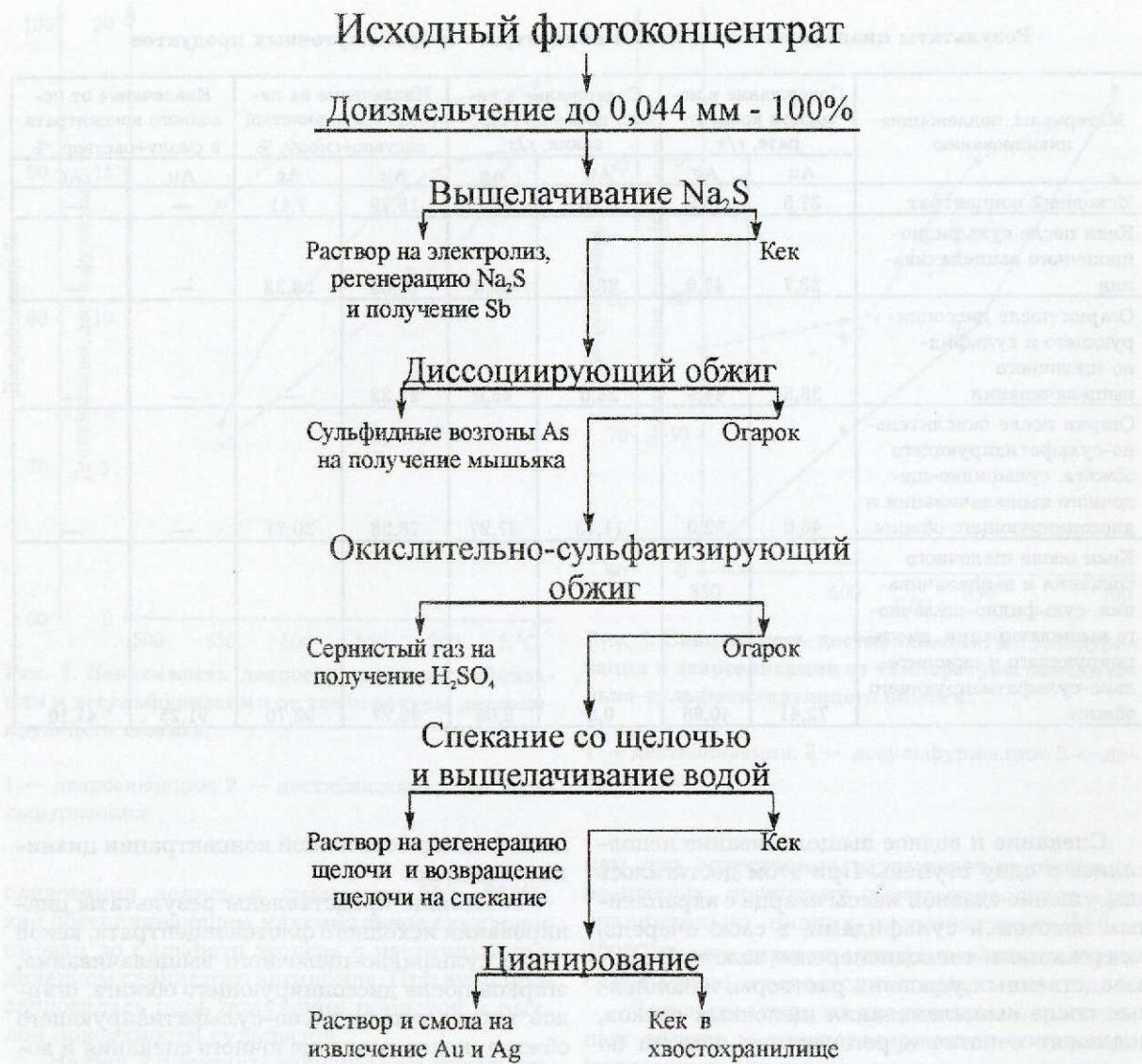


Рис. 4. Предлагаемая комплексная технологическая схема по переработке Sb-As-Au-содержащих концентратов

целые технологические переделы, что упростит ее. К сокращению технологической схемы может привести также и экономическая целесообразность выполнения тех или иных переделов.

Необходимо отметить, что все сбросные растворы подвергались электро-гальвано-коагуляционной очистке от мышьяка, сурьмы и цветных металлов, в результате чего их концентрация была доведена до предельно допустимой.

Все процессы предложенной технологии могут осуществляться в промышленном масштабе на отечественных агрегатах с использованием известных реагентов. Предложенная технология одобрена «Росалмаззолото».

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Байбороев П.П. Промышленная технология гидрометаллургической переработки полиметаллических сурьмянных концентратов // Цветные металлы. 1978. № 4. С. 26—27.
- Машурьян В.Н., Березка Е.П. Термодинамический анализ реакций разложения арсенопирита в присутствии сульфидных минералов // Тр. ЦНИГРИ. 1983. Вып. 177. С. 49—57.
- Машурьян В.Н., Горенков Н.Л., Струкова Н.А., Борисова А.Г. Пиро-гидрометаллургическая переработка пиритного концентрата // Цветные металлы. 1986. № 10. С. 83—85.
- Машурьян В.Н., Горенков Н.Л., Струкова Н.А. Повышение комплексности переработки пиритных концентратов // Цветные металлы. 1989. № 1. С. 116—118.

# ДИСКУССИИ

УДК 553.04

© А.Е.Воробьев, 2001

## КОНЦЕПЦИЯ ВОСПРОИЗВОДСТВА МИНЕРАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ В ЛИТОСФЕРЕ

А.Е.Воробьев (МГГУ)

*Рассмотрена стратегия освоения минеральных ресурсов, базирующаяся на предварительной геохимической подготовке месторождений полезных ископаемых в местах их естественного залегания в литосфере.*

В XXI век горная промышленность входит с рядом нерешенных, но весьма актуальных задач. Главные из них — существенное истощение минеральных ресурсов (разведанных в доступной нам части литосферы) и значительное загрязнение окружающей среды отходами горного и обогатительного производств.

Анализ кризисной ситуации, сложившейся в настоящее время в минерально-ресурсном комплексе планеты, показывает, что основная ее причина — использование в горно-промышленной деятельности концепции экстенсивного недропользования, приведшей к значительному ухудшению качества и исходных характеристик большинства месторождений полезных ископаемых. Очевидно, что дальнейшее нарастание объемов добычи минерального сырья (при одновременном уменьшении содержания полезных компонентов в рудах) приведет к еще более значительному увеличению объемов отходов — горной массы отвалов, хвостохранилищ и т.д. и, как следствие, к росту негативного техногенного воздействия со стороны горного комплекса на окружающую природную среду.

Поэтому в настоящее время крайне необходима разработка и использование принципиально новой стратегии освоения минеральных ресурсов нашей планеты. Данная стратегия должна базироваться на следующих основных принципах (рис. 1):

1) предварительная и целенаправленная геохимическая подготовка месторождений полезных ископаемых (расположенных на месте естественного залегания в литосфере) к последующему их освоению, проводимая на стадии геологоразведки;

2) обеспечение техногенного геохимического воспроизводства минеральных ресурсов (не путем их поиска и разведки, как понимают данный термин геологи, а за счет искусствен-

ного рудообразования), как на дневной поверхности, так и в недрах;

3) контролируемое изменение состояния сбрасываемых минеральных отходов добычи и переработки, адаптированное к геохимическим особенностям ландшафта расположения и функционирования горного предприятия.

Достаточно полно такая концепция (работа над которой ведется нами с 1987 г.) впервые была сформулирована К.Н.Трубецким и А.Е.Воробьевым [7, 8]. Технологические элементы предложенного способа освоения минеральных ресурсов были запатентованы более чем 100 авторскими свидетельствами СССР и патентами РФ.

Помимо расположения относительно земной поверхности, целенаправленное геохимическое улучшение исходных свойств полезных ископаемых может быть классифицировано и по ряду других признаков (рис. 2):

механизму преобразования горных пород и минералов — химическому, электрохимическому, микробиологическому и механическому. В случае использования электрохимического воздействия особую значимость приобретают принципиально новые научные достижения, полученные под руководством В.А.Чантuria [9];

способу осуществления миграции элементов — с помощью гравитационных, электромагнитных, тепловых, радиоактивных и других сил;

виду активных агентов выщелачивания — минеральные и органические кислоты, щелочи (например, гидроксиды аммония и натрия), соли (сульфат и хлорид трехвалентного железа, карбонат, хлорид, цианид, сульфид и тиосульфат натрия и др.), растворенные в воде газы (главным образом аммиак, двуоксид серы, хлор и кислород).



Рис. 1. Базовые принципы стратегии освоения минеральных ресурсов

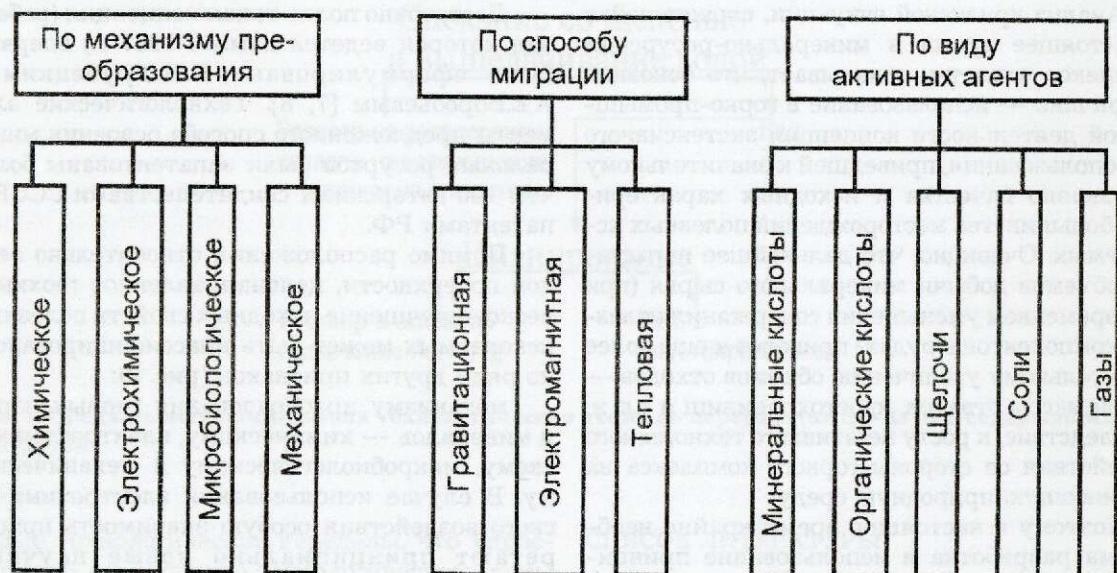


Рис. 2. Классификация целенаправленного геохимического улучшения исходных свойств полезных ископаемых

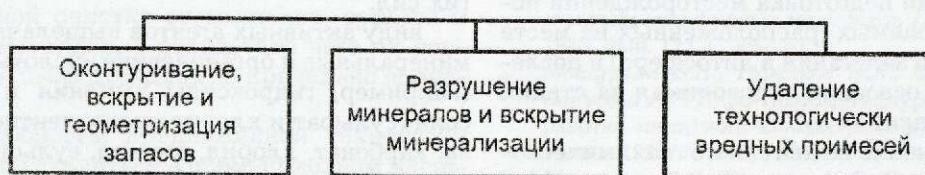


Рис. 3. Предварительная геохимическая подготовка месторождений полезных ископаемых

Практическое применение разработанных принципов возможно на основе следующих положений.

Геохимическая подготовка месторождений полезных ископаемых, расположенных непосредственно в недрах литосферы, может быть обеспечена (рис. 3) процессами природного (естественного) вскрытия тонкодисперсной минерализации. В России около трети месторождений разведенной минерально-сырьевой базы коренного золота слагают руды с тонкодисперсной вкрапленностью золотин. Значительная часть из этих объектов вследствие отсутствия эффективной и промышленно освоенной технологии переработки подобного сырья относится к резервным. Поэтому целесообразны разработка и предварительное (до начала промышленного освоения) использование технологий, позволяющих с течением времени (под действием природных химических агентов, естественного электрического тока, физического выветривания и т.д.) обеспечить хотя бы частичное вскрытие руд на месте их залегания в литосфере.

В частности, предварительную геохимическую подготовку месторождений (особенно после вскрытия открытыми выработками) можно производить, обрабатывая руды водой, содержащей легрокристаллизующиеся соли, увеличивающие при этом свой объем. При осуществлении этого процесса происходят миграция и распределение (насыщение пор, межкристаллических дефектов, трещин и т.д.) солей в массиве некондиционных руд, что приводит к частичному механическому их разрушению и раскрытию тонкодисперсной минерализации [3].

Наряду с тонкодисперсными рудами значительную часть (в сумме с первыми составляющей свыше 50% от всех разведенных минерально-сырьевых ресурсов золота) резервных месторождений России слагают золотосодержащие руды с повышенным содержанием органических соединений (прежде всего, углистого вещества) и технологически вредных примесей (мышьяка, меди, сурьмы и т.д.). Технологии, позволяющие снизить исходную концентрацию подобных нежелательных примесей в минеральном сырье (например, при процессах окисления или естественного селективного выщелачивания) до начала разработки объекта, также необходимо отнести к числу приоритетных направлений совершенствования горных работ.

Главной особенностью разработанной стратегии освоения рудных месторождений является перераспределение полезных компонентов в горном массиве некондиционных запасов до образования техногенных руд или

другого промышленно значимого минерального сырья.

Согласно идеологии [2], основой совершенствования горных технологий в настоящее время должен быть традиционный для сельского хозяйства и биосферы в целом концепт «воспроизводства».

Как и для живых биологических объектов биосферы, воспроизводство минеральных ресурсов связано, прежде всего, с процессами миграции и концентрации вещества, рассеянного в пространстве, а также изменением его исходного качества. Таким образом, ресурсо-воспроизводящие горные технологии предусматривают не количественное получение новых, а только перераспределение имеющихся химических элементов в пространстве горного массива или преобразование (улучшение) исходных свойств и форм нахождения минерального сырья [2].

При этом необходим учет неравномерности распределения полезных компонентов в массиве горных пород. По ориентировочным геологическим подсчетам в богатых месторождениях содержится 5% от общего количества полезных компонентов, рядовых — 30%, а в бедных и убогих — 65% [1]. Наибольшие абсолютные количества полезных компонентов находятся не в месторождениях полезных ископаемых, а во вмещающих породах, пока недоступных для современных технологий переработки. Это предопределило необходимость создания пионерных технологий воспроизводства минеральных ресурсов в недрах литосферы.

Масштабы предварительной геохимической подготовки месторождений полезных ископаемых, а также техногенного воспроизводства минерального сырья зависят от многих факторов, наиболее существенными из которых являются: геолого-структурные и морфологические особенности залегания рудных тел или зон; вещественный состав и физико-механические характеристики вмещающих пород; содержание металлов в рудах и вмещающих породах; гранулометрический состав руд или самородных металлов; состав и тип активных агентов, используемых для перераспределения полезных и технологически вредных элементов; формы миграции и концентрации металлов (полезных компонентов); состав, физико-химические свойства и гидродинамические характеристики металлоносных растворов; вид и показатели применяемых геохимических барьеров.

Целенаправленное улучшение свойств полезных ископаемых в горном массиве — это геохимический процесс, включающий отде-

ние (с помощью активных агентов или воды) одного или нескольких ценных компонентов от породы, миграцию металлоносных растворов и осаждение полезных компонентов в локализованном объеме под действием геохимических барьеров. При этом цель улучшения свойств полезных ископаемых — их искусственное обогащение внутри ограниченной части массива пород до промышленных значений, что дает возможность получения техногенных руд с последующим их вовлечением в металлургический передел.

Таким образом, процесс техногенного воспроизводства минеральных ресурсов базируется, прежде всего, на естественном выщелачивании полезного компонента из металлокодержащих пород и его осаждении после целенаправленной миграции металлоносных растворов в пределах бедных и убогих руд. При этом обеспечивается повышение концентрации полезного компонента до уровня кондиционных руд. Промышленное применение дополнительных активных агентов, подаваемых искусственно (пар, газ и т.д.), в этой технологии в настоящее время не приемлемо по причинам экономического характера: с учетом длительности процессов воспроизводства минерального сырья (минимальный период которых исчисляется от десятков лет) данные технологии становятся нерентабельными. Поэтому наиболее эффективно для перераспределения металлов использование природных активных реагентов, образующихся непосредственно в горном массиве (например, при окислении сульфидов).

Весьма важное положение разработанной концепции — осуществление техногенного переосаждения полезного компонента (металлов) не на «пустые» (т.е. с кларковым содержанием) породы (что при их последующей переработке привело бы к отрицательному экономическому эффекту), а на прежде некондиционные (по отдельным показателям) или бедные (убогие) руды. Только в этом случае возможен существенный экономический эффект в будущем. Этот подход эффективен как для ранее сформированных техногенных минеральных объектов, так и для природных (геогенных) месторождений литосферы [8].

Наиболее важную роль в перераспределении полезных компонентов имеют форма и вид их геохимических соединений. Существенным элементом механизма перераспределения элементов в техногенном рудообразовании служат геохимические барьеры, т.е. зоны с резко различающимися геохимическими свойствами. Техногенное осаждение большинства металлов в горном массиве возможно на таких

барьерах, как гидродинамический, сорбционный, окислительный, восстановительный, кислый, щелочной, радиационно-химический (выделенный нами), испарительный.

Например, гидродинамический барьер весьма эффективен при перераспределении как малорастворимых благородных металлов (Au, Pt и т.д.), так и легкорастворимых (Cu, U, Zn, Pb и др.) полезных компонентов (даже в химически одинаковой вмещающей среде). В последнем случае взрывными технологиями создаются фильтрационную неоднородность, что обеспечивает в зоне выщелачивания металлокодержащих пород проницаемую среду (например, более 30 см/ч), а в зоне концентрации полезного компонента — менее проницаемую (менее 5 см/ч). Кроме резкого изменения интенсивности миграции потока металлоносных вод, образуемый гидродинамический барьер характеризуется также изменением pH и Eh растворов. При этом возникает четко выраженная корреляция между уровнями гидродинамического стягивания потоков и содержаниями полезного компонента: максимальная концентрация образующихся техногенных руд будет приурочена к участку подошвы мало-проницаемых горизонтов, менее богатые руды отлагаются несколько ниже, а еще ниже могут формироваться бедные (убогие) вкрапленные руды.

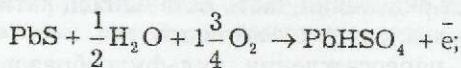
Масштабы техногенного рудоотложения прямо зависят от объема направленных на гидродинамический барьер вод, его контрастности, а также исходного содержания металлов в выщелачиваемом горном массиве. Следовательно, сколько бы времени не продолжалась миграция растворов, столько же будут осуществляться выщелачивание металлов из металлокодержащих пород и их последующее осаждение на гидродинамических барьерах.

Подобные ресурсовспроизводящие технологии естественным образом реализовались на Задонском руднике: при площади проекции отработанных пространств до 1500 т/м<sup>2</sup> в восточной зоне геогенного месторождения уже заложено до 60 000 тыс. т техногенной рудной массы и в западной — более 40 000 тыс. т [2]. В этой минеральной массе содержание свинца составляет около 0,32% и цинка 0,68%, следовательно, запасы свинца на сформированном техногенном месторождении достигают более 300 тыс. т, цинка — до 700 тыс. т. Заложенные в пустоты геоматериалы (кроме различного содержания полиметаллов) характеризуются существенной фильтрационной неоднородностью, приводящей к возникновению контрастных гидродинамических барьеров. Другим примером может служить техногенное место-

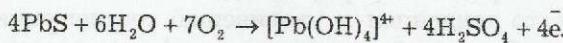
рождение, сформированное на Холстинском руднике, где с начала его эксплуатации в 1956 г. в отработанном пространстве было накоплено более 80 000 т металлосодержащей минеральной закладки с содержанием 0,5% свинца и 0,7% цинка, также обладающей значительной фильтрационной неоднородностью.

Для практического осуществления технологии ресурсовоспроизводства, помимо гидродинамического, целесообразно использование и физико-химических барьеров. Так, смешение кислых и щелочных вод Урупского рудника существенно изменяет pH среды и вызывает осаждение меди и полиметаллов: пироксиды меди из рудничных вод осаждаются при pH 5,5—5, а цинка — при pH 6,5—7. Для сернокислых сред окисление галенита приводит к образованию англезита, линарита, биверита по следующим реакциям:

при pH < 5



при pH > 5



Кроме этого предприятия, слои цинкового техногенного геля были обнаружены на штольнях 1 и 2 Какадурского участка Фиагдонского рудника, а также в выработках Садонского и Архонского рудников.

Экспериментальные исследования осаждения Pb—Zn—Cu показали принципиальную возможность формирования техногенных руд и выделения каждого металла в зависимости от изменения условий миграции. Так, в нейтральной и повышенно щелочной обстановках Pb и особенно Zn подвижны, а Cu осаждается. Свинец и цинк осаждаются в виде гидроцеруссита и гидроцинкита, а медь — в виде основных сульфатов. В данном случае возможно целенаправленное образование в горном массиве техногенных геохимических барьеров (например, закачка через скважины растворов с определенными веществами, а также бактериями и микроорганизмами) или искусственное смешение растворов, предварительно пропускаемых через зоны месторождения с резко различными свойствами и содержанием металлов. Последний вариант предпочтителен при осуществлении воспроизводства минеральных ресурсов на месторождениях со сложным геологическим строением. Например, при наличии переслаивания контрастно различающихся по составу (а следовательно, и по геохимическим свойствам) пород и минералов — сульфидов и карбонатов, кислых и

основных гнейсов и сланцев, графит- и пиритсодержащих сланцев и т.д.

Известно, что при прохождении растворов активных агентов через U-Pb-содержащие (0,005%) лейкократовые безуглеродистые породы происходит их насыщение находящимся там ураном и свинцом. Дальнейшее проникновение этих (ставших уже металлоносными) растворов в черные углеродсодержащие сланцы (или при смешении с растворами, прошедшими через них) приводит к отложению настуранных (0,08%) и галенитовых (1,2%) техногенных руд. Причем возможно образование зональности в распределении разных форм металлов: PbS приурочен к центральной части техногенных руд, затем идет зона с содержанием изоморфного Pb от 1 до 10% валового, далее от 10 до 20% и по периферии более 20%.

Если кислые рудничные воды (переносящие минеральные вещества) проникают сквозь карбонатные породы или напрямую смешиваются с щелочными водами, то металлы осаждаются в пределах локальных участков или блоков. Так, воды жилы «Южная» Архонского рудника при pH 2 содержат, кроме 3,5—5 кг/м<sup>3</sup> цинка, некоторое количество индия и кадмия. Например, индий представленный сульфидом In<sub>2</sub>S<sub>3</sub>, при окислении переходит в триоксид In<sub>2</sub>O<sub>3</sub> или в In(OH)<sub>3</sub>. Германий при воздействии растворами соляной кислоты переходит в германиевые кислоты GeO<sub>2</sub> и оксихлориды германия GeOCl<sub>3</sub> и GeOCl<sub>2</sub>. После их смешивания с водами нижних горизонтов геогенного месторождения исходная кислотность снижается до pH 5,5—6, а индий и кадмий выпадают в осадок.

Геохимическая обстановка активно влияет на состав техногенных руд. Так, осаждение Pb и Cu при наличии гуминовой кислоты и незначительных концентрациях H<sub>2</sub>S (~10 мг/л) в кислой среде сопровождается образованием смешанных медно-свинцовых руд, при отсутствии H<sub>2</sub>S — свинцово-медных [5].

В случае техногенного воспроизводства золотосодержащих руд гипергенных месторождений золото, обычно содержащееся в виде дисперсной примеси в сульфидах, при окислении минералов кислого ряда (гидрогётита, оксидов марганца, ярозита, лепидокрокита и т.д.) выщелачивается растворами активных агентов (pH которых ниже 4), а затем переосаждается (10—40 %) на искусственном сорбционном (например, из каолинита) или щелочном (50—60 %) барьере (из кальциита, алюнита, монтмориллонита, гётита, гидрослюд и т.д.).

Следующий аспект разработанной нами концепции касается сложившегося минераль-

но-сырьевого комплекса как существенного загрязнителя биосфера. Имеющийся подход в современном природопользовании (основанный на возможностях естественного рассеивания предварительно разбавленных минеральных и жидких отходов) даже не предполагает их ассимиляцию и включение в планетарный биогеохимический круговорот элементов. Кроме этого, в настоящее время необходимо учитывать и формы нахождения большинства химических элементов, во многом предопределяющие последующую возможность их растворения, миграции, концентрирования, т.е. перераспределения в окружающем пространстве, а также количество включающегося в биологические циклы живого вещества.

В общем случае формы нахождения элементов обусловливаются как их внутренними характеристиками, так и геохимическими свойствами среды. Поэтому при перераспределении токсичных элементов (главным образом тяжелых и цветных металлов), т.е. при их миграции и концентрации на геохимических барьерах, осуществляется трансформация и исходных форм их нахождения. Например, содержания основных форм миграции меди в водных потоках рассеяния вблизи от Удоканского месторождения изменяются от 80% ( $\text{Cu}^{2+}$ ) до 0,5% ( $\text{CuSO}_4^0$ ). На расстоянии 300—600 м от этого месторождения содержание  $\text{Cu}^{2+}$  резко (до 25%) уменьшается с одновременным ростом концентраций комплексов  $\text{CuOH}^+$ ,  $\text{Cu(OH)}_2^0$  и  $\text{CuCO}_3^0$ . Такое поведение соединений меди объясняется, прежде всего, имеющимся изменением значений pH и Eh водных растворов.

При первоначальном загрязнении прилегающей к месторождению территории гидроксидом меди  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  это исходное соединение с течением времени также последовательно проходит несколько форм нахождения в твердой фазе: водорастворимую, обменную, карбонатную, органическую, аморфную (связанную с гидроксидами металлов) и силикатную (связанную с легкоразрушамыми силикатами). Так, с течением времени после загрязнения почв основной (60%) формой нахождения меди становится карбонатная. Аморфная (20%), органическая (10%) и силикатная (6%) формы менее распространены. Водорастворимая и обменная формы составляют 4% (низкие показатели объясняются их выносом с загрязненной территорией). На различных геохимических барьерах преобладают иные формы скопления меди. Например, на сорбционном геохимическом барьеере возрастает количество органической и аморфной форм, что связано со свойствами сорбирующих минералов, на

щелочном — существенно увеличивается содержание аморфной формы нахождения меди.

В условиях отработки Джезказганского и Коунрадского месторождений установлено, что в поверхностных условиях первичные сульфиды меди (халькозин  $\text{Cu}_2\text{S}$ , дигенит  $\text{Cu}_{1,8}\text{S}$  и джарлеит  $\text{Cu}_{1,96}\text{S}$ ) на начальных стадиях окисления переходят в нестехиометрические маломедистые сульфиды: анилит ( $\text{Cu}_{1,75}\text{S}$ ) — джиририт ( $\text{Cu}_{1,6-1,5}\text{S}$ ) — спионкопит ( $\text{Cu}_{1,4}\text{S}$ ) — яроуит ( $\text{Cu}_{1,1}\text{S}$ ), последовательно замещающие друг друга [4]. Конечным сульфидным минералом этой последовательности является ковеллин ( $\text{CuS}$ ). Увеличение дефицита меди в наблюдаемом ряду сопровождается возрастанием доли двухвалентной (окисленной) меди в кристаллической решетке минералов. Преобразования связаны с постепенным выщелачиванием меди и компенсацией возникающих вакансий в кристаллической решетке минералов за счет окисления части оставшихся катионов до двухвалентного состояния.

В переосаждении сульфидообразование связано с реакцией восстановления меди из растворенных форм, вследствие чего имеет место тенденция к увеличению соотношения  $\text{Cu}:\text{S}$  в новообразованных сульфидных минералах. Основным продуктом этих реакций является джарлеит ( $\text{Cu}_{1,96}\text{S}$ ), более устойчивый в условиях земной поверхности, чем  $\text{Cu}_2\text{S}$ . В его кристаллической решетке, как и в других нестехиометрических минералах системы  $\text{Cu}:\text{S}$ , наряду с одновалентной присутствует и двухвалентная медь, что связано с наличием повышенных объемов кислорода этой зоны.

Уровень имеющихся знаний об устойчивости минеральных форм в условиях земной поверхности и термодинамике процессов их трансформации позволяет сформулировать основные требования к составу и физическому состоянию размещаемых в биосфере минеральных отходов и жидких стоков горного производства.

1. При проектировании горных предприятий необходим обязательный учет ландшафтно-геохимических условий прилегающих территорий, заключающийся в оценке возможности перераспределения попавших в их пределы загрязнителей, содержания дефицитных и избыточных элементов, а также показателей их биологического поглощения.

2. Перед складированием целесообразно приданье образующимся минеральным отходам (горной массе отвалов, пескам хвостохранилищ и т.д.) наиболее оптимальных геохимических свойств [6]. Например, соединения токсичных элементов должны обладать низкой термодинамической активностью, дефи-

цитные элементы находиться в легкорастворимой форме.

В заключение необходимо отметить, что современные горные технологии должны обладать как ресурсовоспроизводящими, так и биосфераулучшающими функциями.

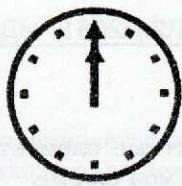
В работе принимали участие Г.Т.Гуриев, А.В.Джанянц.

*Исследование проведено по гранту РФФИ № 99-05-65238.*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Астахов А.С., Малышев Ю.Н., Пучков Л.А., Харченко В.А. Экология, горное дело и природная среда. — М.: МГГУ, 1999.
2. Воробьев А.Е. Разработка технологий воспроизводства минеральных ресурсов в литосфере // Тез. докл. Юбилейной научной сессии по развитию новых направлений и технологий освоения недр Земли. М., 1999. С. 19—20.
3. Воробьев А.Е., Чекушина Т.В. Способ геохимической рудоподготовки некондиционных труднообогатимых руд: Патент 2061866 РФ, 1996.
4. Габлина И.Ф. Кристаллохимическая перестройка сульфидов меди в условиях гипергенеза // Важнейшие типы россыпей и месторождений кор выветривания, технология оценки и освоения. М., 1997. С. 64.
5. Иванов В.В. Экологическая геохимия элементов. Т. 3. — М.: Недра, 1996.
6. Перельман А.И., Воробьев А.Е. Ландшафтно-геохимические условия размещения предприятий горной промышленности // Изв. РАН. Геогр. серия. 1994. № 2. С. 50—61.
7. Трубецкой К.Н., Воробьев А.Е. Классификация методов воспроизводства минерального сырья // Горный журнал. 1998. № 1. С. 30—34.
8. Трубецкой К.Н., Воробьев А.Е. Развитие стратегии ресурсовоспроизводящих технологий в горнодобывающем комплексе // Проблемы геотехнологии и недроведения. Екатеринбург, 1998. Т. 2. С. 7—15.
9. Чантурия В.А., Федоров А.А., Бунин И.Ж., Чекушина Т.В., Зубенко А.В. Изменение структурного состояния поверхности пирита и арсенопирита при электрохимическом вскрытии упорных золотосодержащих руд // Горный журнал. 2000. № 2. С. 24—27.

# НОВОСТИ, ИНФОРМАЦИЯ



© Л.В.Федоренко, 2001

## ФОТОАЛЬБОМ «ТАЙМЫР»

Л.В.Федоренко

Летом 2000 г. вышел фотоальбом «Таймыр», посвященный 300-летию горно-геологической службы России и 70-летию Таймырского (Долгано-Ненецкого) автономного округа. Составители альбома О.Н.Симонов и В.И.Рябков; выпущен издательством «Пента» (Москва), отпечатан в Финляндии; объем 240 с.

Более 130 фотографий запечатлели суровую и величественную природу Таймыра, причем в альбом вошли только «живые» снимки, их даже трудно назвать фотографиями — они как творение мастеров-импрессионистов тревожат и завораживают читателя. Многие фотографии сопровождаются стихотворениями северян — Валерия Кравца, Анны Гребенюк, Александра Смекалина и др.

Обширна география представленных фотоматериалов — это Норильск, Талнах, Дудинка, плато Пutorана, Хатанга, Попигай, мыс Челюскин, Диксон.

Более 300 фотографий посвящены людям Таймыра — геологам, буровикам, газовикам — всем тем, кто стоял у истоков освоения края, кто создавал его минерально-сыревую базу, и тем, кто сейчас там работает. Это не фотопортреты, люди на них не позируют, они просто живут своей жизнью: уходят геологи в маршрут, после маршрута геолог устраивает «болотники» на просушку около палатки; полным ходом идут работы на буровой; обсуждаются насущные проблемы на рабочем геологическом совещании; выходит из машины счастливая невеста...

Хорошо представлен раздел о коренном населении Таймыра (ненцах, энцах, иганасанах и долганах), укладе их жизни и промыслах.

Фотоматериалы о городах Заполярья, газовых промыслах, рудниках и цехах металлургического производства показывают истинное лицо промышленных гигантов, возведенных в суровых и, казалось бы, непригодных для жизни условиях за 69-й параллелью.

Раздел «Минералы Таймыра и друзья» (около 50 фотографий) показывает, что природные кладовые Таймыра богаты не только рудами и металлами, но и прекрасными, часто уникальными нерукотворными произведениями, созданными самой природой.

Основная ценность альбома заключается не только в его художественности, но и в подаче материала с указанием исторических вех развития края. Вслед за репродукцией именного указа царя Петра Великого о Приказе Большой Казны и Приказе Рудокопных Дел (от 24.08.1700 г.) следует текстовой материал, сопутствующий фотографиям, отражающий все этапы изучения и освоения Таймыра. История начинается с выделения по приказу Петра Великого Горного Управления Сибири в составе Берг-коллегии (1724 г.). Не забыты первопроходцы Таймыра XXVIII века, упомянуты все первые геологические экспедиции (1866—1918 гг.). В разделе «Начало геологических поисков и строительство Норильского комбината, 1919—1956 гг.» перед читателями разворачивается история освоения таймырских недр, открытый месторождений медно-никелевых руд, каменных углей. Названы все те, благодаря кому в Таймырском Заполярье выросли современные города, поселки, рудники, порты: Н.Н.Урванцев, А.А.Сотников, О.Ю.Шмидт, В.К.Котульский, Б.Н.Рожков, В.С.Домарев, Ю.М.Шейнман, А.Е.Воронцов, П.С.Аллилуев, А.П.Завенягин, Ф.А.Старшинов, Г.И.Сапрыкин и многие другие. В хронологическом порядке описаны их маршруты, экспедиции, геологические исследования.

Из следующих разделов альбома читатель узнает о том, как развивалась минерально-сыревая база Таймыра, как рос и набирал силу Норильский горно-металлургический комбинат, как развивались другие отрасли, в том числе нефтегазовая. И опять перед нами имена, судьбы, открытия. В конце альбома приводится список геологов Таймыра, в нем более 400 имен, и почти каждое из них упомянуто в этой летописи в соответствующей хронологической нише.

И лишь на обороте последнего листа альбома мелким шрифтом скромно указано, кто составил эту фотолетопись, чьи использованы материалы и фотографии.

Альбом, несомненно, представляет большую художественную и историческую ценность.

## Памяти Юрия Григорьевича Косовца

1 ноября 2000 г. на 63 году жизни скоропостижно скончался Юрий Григорьевич Косовец, заведующий лабораторией лазерной спектротомии ИМГРЭ. Ушел из жизни уникальный специалист в области спектрального анализа — талантливый изобретатель и высокопрофессиональный аналитик.

Более 30 лет он посвятил разработке и внедрению в геологии аппаратуры и методики локального лазерно-спектрального анализа минералов, пород и руд; в этом ему принадлежит безусловный приоритет.

Получив во время службы в армии специальность топографа, Ю.Г.Косовец работал вначале геодезистом, а затем геофизиком в полевых партиях Тувинской комплексной экспедиции 1-го Геологоразведочного треста. Будучи «на ты» с любой аппаратурой и техникой — от радиометра до вездехода, он быстро становился незаменимым в любом коллективе.

С 1962 г. Ю.Г.Косовец работает в ВИМСе над совершенствованием методик спектрального анализа и его локальных методов с применением оптико-квантовых генераторов — лазеров. В 1966 г. им была собрана первая экспериментальная установка — УЛСАМ-ВИМС-66, модернизированный вариант которой демонстрировался на ВДНХ (1970—1973 гг.) и был отмечен бронзовой медалью.

В 1974 г. под руководством Ю.Г.Косовца ОЭП ВИМСа выпустило партию микроанализаторов «Аргунь», которыми были оснащены лаборатории 1-го Управления Минтеса СССР и комбинатов Минсредмаша. Эта лазерная установка превосходила по точности и локальности анализа промышленные аналоги как отечественного производства — МСЛ-2, так и зарубежного — ЛМА-1,10 («Цейс»), но при этом была значительно проще, дешевле и адаптирована для работы в стационарных и полевых условиях. Микроанализатор был смонтирован на автомобиле ГАЗ-69 и эксплуатировался в течение ряда лет на рудных полях и месторождениях Приморья, Хабаровского края, Восточного Забайкалья, Средней Азии, Казахстана, Карелии, Кольского полуострова.

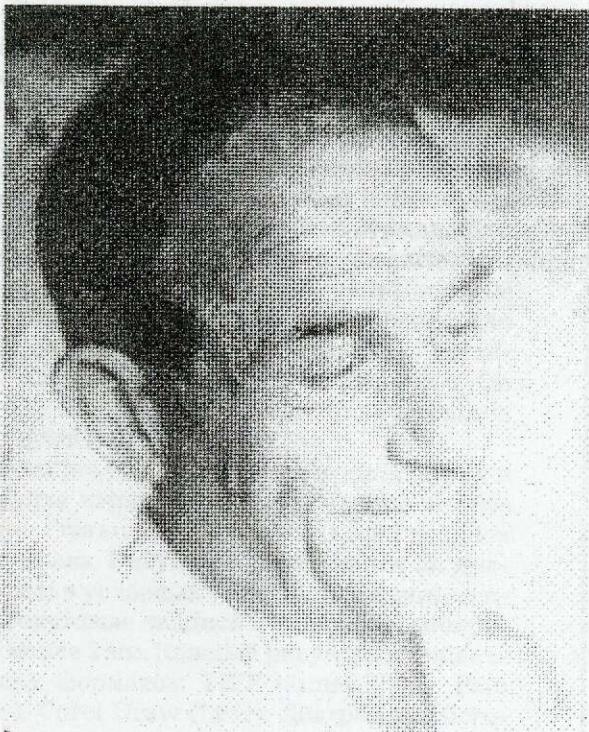
На урановых месторождениях Ю.Г.Косовец разработал полевую методику выявления и оценки состава слабых вторичных ореолов.

Накопленный опыт по применению лазерного анализатора при решении разнообразных задач в геологии позволил Ю.Г.Косовцу разработать основы этого метода, которые были изложены им в монографии «Локальный спектральный анализ в геологии» (1983 г.).

С 1985 г. Ю.Г.Косовец работает в ИМГРЭ. Он успешно применяет локальный лазерный анализ при минерало-геохимических исследованиях. На ряде месторождений урана, марганца, золота, слова и редких элементов с его помощью диагностировались минералы, расшифровывались сложные полиминеральные смеси тонкодисперсных руд, получалась качественно новая информация о природе неоднородностей состава в минералах, их типохимических свойствах, особенностях состава микроКлючений.

Не менее важны экологические исследования Ю.Г.Косовца по выявлению зон заражения радионуклидами, трансурановыми, тяжелыми и другими токсичными элементами почв, растений и населенных пунктов в районах Чернобыля, Архангельска, Москвы, Обнинска, Дубны и т.д. и прогнозированию в связи с этим заболеваемости людей.

С 1995 по 1999 гг. на Красногорском оптико-механическом заводе МОП Ю.Г.Косовец осуществлял научно-методическое руководство по созданию серии модифицированных лазерных



микроанализаторов, представленных полностью автоматизированными установками для проведения анализов в различных природных и искусственных средах.

Ю.Г.Косовец — автор 64 научных работ, из которых 47 опубликованы (в том числе монография и изобретение). Выполненные в соавторстве с ним исследования в области генетического мониторинга опубликованы в периодике Оксфордского университета. В течение шести лет он преподавал лазерную спектроскопию на курсах повышения квалификации для ведущих специалистов при Мингео СССР и в Политехническом музее г. Москвы.

Все, кому довелось работать вместе с Юрием Григорьевичем Косовцом, ценили его большую трудоспособность, высокую требовательность к результатам собственных исследований, оригинальность технических решений и «золотые» руки. Много лет, помимо плановых исследований, он бескорыстно обеспечивал «аналитические потребности» своих друзей и коллег. Его природное обаяние, душевная щедрость и юмор вызывали неизменную симпатию в каждом коллективе.

Светлая память о самобытном исследователе и отзывчивом человеке навсегда сохранится в сердцах его коллег, друзей, близких и всех, кто его знал и искренне любил.

Ученый Совет ИМГРЭ  
Редколлегия журнала

## ВНИМАНИЮ АВТОРОВ!

При оформлении статей необходимо руководствоваться следующими правилами.

Объем статьи не должен превышать 15 страниц машинописного текста, включая аннотацию (1/3 страницы), таблицы и список литературы. Текст печатается через два интервала, на одной стороне листа; оставляются поля — сверху (2 см), снизу (2 см), справа (1 см) и слева (3 см). Все страницы рукописи нумеруются. В редакцию представляются два экземпляра статьи — распечатка с принтера, а также дискета с текстом в форматах **Text format (\*.rtf)** или **6,0/95 (\*.doc)** с использованием шрифта **Times New Roman Сиг.** (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 по желанию автора возвращаются. Возможна передача статей по электронной почте: E-mail: [tsnigri@pol.ru](mailto:tsnigri@pol.ru).

Рисунки и другие графические материалы (не более 4) прилагаются к статье в двух экземплярах. На обороте 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.** Цифры и буквы в условных обозначениях, вынесенные за пределы рисунка, даются курсивом. Текстовые надписи на рисунках набираются на компьютере. Размер букв и цифр не менее 2 мм. Каждый рисунок помещается в отдельный файл в одном из следующих форматов: TIFF bitmap (\*.tif), Paint Brush (\*.pcx), Encapsulated Post Script (\*.eps), Corel Draw (\*.cdr), Диаграмма Microsoft Excel (\*.xls). Графика должна быть связана с текстом и способствовать его сокращению. **Оформление и содержание иллюстративного материала должны обеспечивать его читаемость после возможного уменьшения (плакатный вариант).** Подрисуночные подписи печатаются на отдельной странице. Цветные рисунки, фотографии и ксерокопии не принимаются. Рисунки, не удовлетворяющие требованиям редакции, возвращаются автору.

Математические формулы и химические символы вписываются в текст четко от руки. 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.

Точность приведенных цитат должна быть заверена подписью автора на полях рукописи; обязательно указывается источник по списку литературы.

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.

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

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

## Гипергенные минералы серебряных месторождений

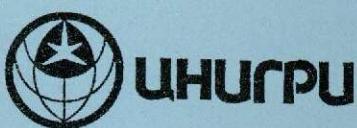
С.С.Двуреченская — М.: ЦНИГРИ, 2001 г., 258 с., рис. 8, фото 75.

Обобщены материалы по изучению зоны гипергенеза серебряных месторождений разных минеральных типов, находящихся в криогенных областях. Детально, с применением современных методов исследования, охарактеризовано около 80 гипергенных минералов. Большинство из них представляют первые находки в Дукатском рудном районе и на Асгатском месторождении Монголии. Впервые приведены сведения о химическом составе, структурных, ПК-спектроскопических и термических параметрах для многих крайне редких минералов. Указаны основные факторы, определяющие специфические черты зоны гипергенеза и ее этапы формирования; выявлены последовательность и зональность гипергенного минералообразования; типоморфные особенности гипергенных минералов. Изложены результаты экспериментальных исследований механизма окисления сульфидов и сульфосолей серебра, осаждения пластинчатого самородного серебра и растворения гипергенных минералов.

Приложение состоит более чем из 200 фотографий, демонстрирующих кристаллографические особенности гипергенных минералов, их генетические разновидности и микроморфологию. Представлены также цветные фотографии уникальных образцов гипергенного самородного серебра и снимки электронно-микроскопических изображений, иллюстрирующих внутреннее строение серебра и акантита. Отражены взаимоотношения минералов и распределение в них самородного серебра и акантита, что способствует решению многих генетических, прогнозных и технологических задач.

Книга представляет интерес для минералогов и специалистов в области прогнозирования, поисков, разведки и технологии обогащения серебряных руд. Может быть использована работниками минералогических музеев, а также в качестве учебного пособия для студентов геологических вузов.

Контактные телефоны: (095) 113-43-47, 313-19-00



ЦЕНТРАЛЬНЫЙ  
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫЙ ИНСТИТУТ  
ЦВЕТНЫХ И БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ

## КОМПЛЕКТ ЦИФРОВЫХ КАРТ ЭКЗОГЕННОЙ ЗОЛОТОНОСНОСТИ И ПЛАТИНОНОСНОСТИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**В** ЦНИГРИ создан комплект цифровых карт экзогенной золотоносности и платиноносности Российской Федерации, включающий в себя:

- карту зон россыпной золотоносности;
- карту перспектив экзогенной золотоносности;
- карту геоэкологических условий освоения золотороссийских районов.

Цифровые специализированные карты включают ряд слоев, соответствующих различным элементам карт, входящих в комплект.

Выделяются четыре основные их типа:

- административные и физико-географические;
- металлогенические;
- прогнозные;
- экологические.

Комплект карт построен на взаимосвязи более чем двадцати различных слоев.

Основные преимущества цифровой карты с базовой геологической, металлогенической, прогнозной и экологической нагрузкой масштаба 1:5 000 000 по сравнению с традиционными картами заключаются в следующем:

- полная систематизация имеющегося карто-графического материала;
- доступ к программным средствам, автоматизирующими рутинные операции — от черчения и раскрашивания до увязки различных элементов карт;
- возможность быстрого наложения различных слоев — как векторных, так и растровых;
- легкость редактирования и внесения поправок — при появлении новых данных не требуется существенных затрат на переделку

проекта;

- возможности представления геологической графики в любом виде. При необходимости — быстрая смена знаков легенды;
- возможность издания карт высокого полиграфического качества;
- создание производных и тематических карт путем манипуляций с различными слоями и легендой;
- возможности производства стандартных операций со слоями — сложение, объединение, анализ различий;
- простой и быстрый переход от одного масштаба к другому;
- возможность создания фактографической базы данных;
- измерение площадей и расстояний на карте (например, доли площадей, несущих однотипную нагрузку, протяженность и взаимная удаленность границ различных элементов карт и т.п.).

Программное обеспечение цифровых карт — PC ArcInfo 3.4.2+ArcView 2.1 for Windows (ESRI). Реализация приложений для анализа карт на языке Avenue.

Программное обеспечение, необходимое для использования результатов проекта — ArcView 2.1 (Windows/Unix/Mac)+драйвер Oracle (ODBC/IDAPI...).

Цифровая версия комплекта карт экзогенной золотоносности Российской Федерации построена на современном программно-технологическом уровне и предлагается к использованию в повседневной практике научно-исследовательских и геологоразведочных работ.

Комплект карт распространяется на CD-ROM.

R-1.33

Адрес: 113545, г. Москва, Варшавское шоссе, 129«Б», ЦНИГРИ

Телефон: (095) 313-18-18, 315-43-47, 113-18-11

Факс: (095) 313-18-18

E-mail: tsnigri@pol.ru

© Центральный научно-исследовательский геологоразведочный институт цветных и благородных металлов, 2000

ЦЕНТРАЛЬНЫЙ  
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫЙ ИНСТИТУТ  
ЦВЕТНЫХ И БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ

**ЛОКАЛЬНЫЙ ПРОГНОЗ  
ПЛАТИНОМЕТАЛЬНОГО ОРУДЕНЕНИЯ В  
МАФИТ-УЛЬТРАМАФИТОВЫХ  
РАССЛОЕННЫХ КОМПЛЕКСАХ**

**В** месторождениях, связанных с мафит-ультрамафитовыми расслоенными комплексами, заключено 85% мировых запасов МПГ. Месторождения представляют собой маломощные (1–3 м) горизонты (рифы), выявление которых в много-километровом «пустом» разрезе расслоенных интрузивов требует специальной методики. Такая методика разработана в ЦНИГРИ.

Технология работ малозатратна и основана на петрологическом, петрографическом и петрохимическом анализе расслоенных комплексов и интерпретации его результатов.

Реализация технологии позволяет в короткие сроки и с минимальными затратами на сбор материалов и аналитику выявлять потенциальные платиноносные горизонты, оценивать их ресурсы и определять места заложения поисковых выработок.

Методика апробирована при прогнозе платинометального оруденения в ряде регионов России и привела к обнаружению новых объектов.

Наши знания, подкрепленные возможностями инвесторов — залог успешного обнаружения новых месторождений МПГ в расслоенных мафит-ультрамафитовых комплексах России.

R-4.58

Адрес: 113545, г. Москва, Варшавское шоссе, 129«Б», ЦНИГРИ

Телефон: (095) 313-18-18, 315-43-47, 315-43-38

Факс: (095) 313-18-18

E-mail: tsnigri@pol.ru

© Центральный научно-исследовательский геологоразведочный институт цветных и благородных металлов, 2000