

РУДЫ И МЕТАЛЛЫ



4/1995



ЦНИГРИ

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

По поручению Роскомнедра ЦНИГРИ совместно с Центральным РГЦ, Российским Геологическим обществом (РосГео), Академией минеральных ресурсов (АМР) и Российской Академией естественных наук (РАЕН) организует проведение в ноябре 1995 г. научно-практической конференции: **«Потенциал и перспективы рудоносности чехла Русской платформы»**.

Задача конференции — обоснование приоритетных направлений НИР и ГРР по выявлению и реализации потенциала рудоносности Русской платформы.

На конференции намечается рассмотреть состояние НИР и ГРР по следующим главным направлениям:

регионально-геологические, металлогенические и методические основы выявления месторождений твердых полезных ископаемых в чехле Русской платформы;

основные результаты НИР и ГРР по оценке перспектив рудоносности чехла Русской платформы;

приоритетные направления НИР и ГРР по выявлению месторождений твердых полезных ископаемых в чехле Русской платформы.

Оргкомитет оставляет за собой право отбора докладов для устного изложения. Материалы конференции намечается опубликовать в виде статей в журналах «Минеральные ресурсы России», «Руды и металлы», «Отечественная геология».

Телефоны: справки 313-18-18,

уч. секретарь 315-06-92,

оргкомитет 315-28-38.

Факс: (095)315-27-01.

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

Телефон: (095) 313-18-18, 315-27-74

Телетайп: 114142 АДУЛЯР

Факс: (095) 315-27-01

РУДЫ И МЕТАЛЛЫ



Научно-технический журнал

Выходит 6 раз в год

Основан в 1992 году

ISSN 0869-5997

4/1995

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор И. Ф. МИГАЧЕВ

Б. И. БЕНЕВОЛЬСКИЙ
Э. К. БУРЕНКОВ
В. И. ВАГАНОВ
В. И. ВОРОБЬЕВ
П. А. ИГНАТОВ
С. С. КАЛЬНИЧЕНКО
М. М. КОНСТАНТИНОВ
И. В. КРЕЙТЕР (отв. секретарь)
А. И. КРИВЦОВ (зам. главного редактора)
Н. К. КУРБАНОВ
В. М. МИНАКОВ
Н. И. НАЗАРОВА (зам. главного редактора)
Г. В. ОСТРОУМОВ
В. М. ПИТЕРСКИЙ
В. И. ПЯТНИЦКИЙ
Г. В. РУЧКИН
Ю. Г. САФОНОВ
Г. В. СЕДЕЛЬНИКОВА
В. И. СТАРОСТИН
И. А. ЧИЖОВА
Ю. М. ЩЕПОТЬЕВ

Учредитель

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

Издается при участии

Академии минеральных ресурсов,

фонда им. академика В. И. Смирнова

СОДЕРЖАНИЕ

CONTENTS

Прикладная металлогения

- Новиков В. П., Михайлова М. С. 4
Принципы систематики золото-серебряных месторождений вулканоплутонических поясов

Морская геология

- Миронов Ю. В., Зорина Ю. Г., Мирлин Е. Г. 12
Особенности распределения колчеданных рудопоявлений Западно-Тихоокеанской переходной зоны

Методы и методики прогноза, поисков, оценки и разведки месторождений

- Кочнев-Первухов В. И., Заскинд Е. С., Конкина О. М., Земскова Г. В. 20
Оценка платиноносности расслоенных мафит-ультрамафитовых массивов
- Захарова О. Н. 28
Обстановки образования россыпей золота и алмазов в конгломератах платформенных чехлов
- Лир Ю. В., Шакин С. С. 36
Фрактальный анализ концентрационных неоднородностей жильных золоторудных тел

Строение рудных месторождений

- Риндзюнская Н. М., Полякова Т. П., Бобров В. Н. 42
Геолого-минералогическая характеристика зоны гипергенеза Воронцовского золоторудного месторождения
- Коньшев В. О. 52
Модель золоторудного поля в структурах тектоно-магматической активизации, месторождение Кючюс
- Иванкин П. Ф., Шелехов А. Н. 65
О золотоносности железорудных месторождений Алтае-Саянского региона
- Сатпаяева М. К. 69
Текстуры и структуры инъекционных руд
- Родионов Ю. Н. 77
Новый тип золотого оруденения в Сетте-Дабане

Applied Metallogeny

- Novikov V. P., Mikhaylova M. S.
Principles of Systematization of Gold-Silver Deposits in Volcano-Plutonic Belts

Marine Geology

- Mironov Yu. V., Zorina Yu. G., Mirlin Ye. G.
Peculiarities of Massive Sulfide Ore Occurrences Distribution in West Pacific Transition Zone

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

- Kochnev-Pervukhov V. I., Zaskind Ye. S., Konkina O. M., Zemskova G. V.
Estimation of Platinum-bearing Layered Mafic-Ultramafic Rock Masses
- Zakharova O. N.
Conditions of Formation of Gold and Diamond Placers in Platform Conglomerates
- Lir Yu. V., Shakin S. S.
Fractal Analysis of Concentration Inhomogeneities in Gold Veins

Structure of Ore Deposits

- Rindzyunskaya N. M., Polyakova T. P., Bobrov V. N.
Geological-Mineralogical Characterization of Supergenesis Zone at the Vorontsovskoye Gold Ore Deposit
- Konyshov V. O.
A Model of Gold Ore Field in Tectono-Magmatic Activation Structures: the Kyuchyus Deposit
- Ivankin P. F., Shelekhov A. N.
On Gold-bearing Iron Ore Deposits of the Altai-Sayan Region
- Satpayeva M. K.
Textures and Structures of Injection Ores
- Rodionov Yu. N.
A New Type of Gold Ore Mineralization in Sette-Daban

Геолого-экономическая оценка рудных месторождений

Каллистов П.Л., Камышев Ю.И.

К проблеме выравнивания показаний проб при подсчете запасов месторождений с высокой изменчивостью оруденения

84

Былинский Е.Н.

Принципы оценки прогнозных ресурсов кобальтомарганцевых корок в Мировом океане

95

Комплексное использование минерального сырья

Романчук А.И., Ивановская В.П., Матевич Т.Н., Королев А.Б.

Очистка газов от сернистого ангидрида марганецсодержащими природными сорбентами

100

Недра и экология

Игнатов П.А., Лыхин А.Г., Жижин А.Д., Фридман А.И., Чернов В.В.
Экогеохимические особенности угольных месторождений Мосбасса

107

Соколов Л.С., Астрахан Е.Д.

Техногенное загрязнение почв как индикатор экологической обстановки

117

Поздравляем

К шестидесятилетию И.Я.Полывяного

127

Economy Evaluation of Ore Deposits

Kallistov P. L., Kamyshev Yu. I.

On the Problem of Sample Showings Equalization in Reserves Assessment for Deposits with High Mineralization Variability

Bylinsky Ye. N.

Principles of Evaluation of Cobalt-Rich Manganese Crusts Probable Resources in the World Ocean

All-Round Utilization of Mineral Products

Romanchuk A. I., Ivanovskaya V. P., Matevich T. N., Korolev A. B.

Removal of Sulfur Dioxide from Gases by Means of Manganese-bearing Natural Sorbents

Entrails and Ecology

Ignatov P. A., Lykhin A. G., Zhizhin A. D., Fridman A. I., Chernov V. V.
Ecogeochemical Peculiarities of Mosbass Coal Deposits

Sokolov L. S., Astrakhan Ye. D.

Technogenic Contamination of Soils as an Indicator of Ecological Situation in Geoenvironment

Congratulations

60th anniversary of I. Ya. Polyvyanny



ПРИНЦИПЫ СИСТЕМАТИКИ ЗОЛОТО-СЕРЕБРЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ВУЛКАНО-ПЛУТОНИЧЕСКИХ ПОЯСОВ

В. П. НОВИКОВ, М. С. МИХАЙЛОВА (ЦНИГРИ Роскомнедра)

Рассмотрены принципы систематики золото-серебряных месторождений для целей локального прогноза, с учетом представлений об их связи с вулканогенно-плутоногенной и вулканогенной рудно-магматическими системами. Основным элементом предлагаемой типизации является геологическая обстановка нахождения месторождений при подчиненном значении минералого-геохимических характеристик руд.

Среди золоторудных месторождений различной формационной принадлежности по богатству руд традиционно выделяются золото-серебряные месторождения вулкано-плутонических поясов. Устойчивое внимание промышленности к этой группе объектов, несмотря на подчиненное значение их в балансе золотодобычи, обусловлено богатством руд, их легкой обогащаемостью, отсутствием вредных примесей, а также возможностью попутного извлечения свинца, теллура, ртути и др. Наряду с крупными и уникальными месторождениями в этой группе исключительно широко представлены мелкие объекты, «бонанцевый» характер оруденения которых позволяет рентабельно обрабатывать их без значительных капитальных затрат. Кроме того, известны объекты со значительными запасами преимущественно бедных и рядовых руд, пригодных к открытой отработке (минерализованные лавово-пирокластические толщи, тела полигенных брекчий и др.).

Результаты многолетних исследований сотрудников ЦНИГРИ (Г. П. Волярович, А. И. Казаринов, М. М. Константинов, М. С. Михайлова, В. П. Новиков, Д. А. Тимофеевский, Н. А. Фогельман, С. Д. Шер, Ю. М. Щепотьев и др.) золото-серебряных месторождений России и ближнего зарубежья (Агинское, Балейское, Дукатское, Карамкенское, Кочбулакское, Многовершинное, Озерновское, Покровское и др.), а также обобщение литературных данных, послужили основой многочисленных

Разработанные в последние годы для золоторудных месторождений вулкано-плутонических поясов прогнозно-поисковые комплексы, а также большинство из предложенных геолого-поисковых, геолого-генетических и др. моделей, опираются на представления о принадлежности их к единой золото-серебряной формации.

Однако результаты историко-геологического анализа формирования вулкано-плутонических поясов России, ближнего и дальнего зарубежья свидетельствуют о том, что золоторудные объекты этих геоструктур связаны с магматическими образованиями разных стадий их становления и принадлежат различным типам рудно-магматических систем [2, 6]. Это определяет основные особенности геологических обстановок нахождения месторождений, элементы которых являются базой формирования различных моделей и построения типизаций.

Золото-серебряные месторождения сконцентрированы в пределах глобальных металлогенических поясов, представляющих собой совокупность фрагментов сводово-глыбовых областей и вулкано-плутонических поясов — структур, характеризующихся орогенным (орогенно-активизационным) режимом развития. Эта группа геоструктур принадлежит единому латерально-временному ряду, формирование которого сопряжено с системами глубинных разломов, часть из которых рас-

и отсутствие резких границ между вулканоплутоническими поясами и сводово-глыбовыми областями позволяет отнести их к геоструктурам первого порядка и рассматривать в составе полихронных окраинно-континентальных областей тектоно-магматической активизации. Их объединяет единая направленность и стадийность развития, проявляющаяся в последовательной закономерной смене стиля тектонических движений, типов формирующихся структур различных рангов, в изменении условий становления и состава магматических и сопряженных с ними рудных образований. Такой подход снимает многие противоречия, возникавшие в связи с противопоставлением сводово-глыбовых областей вулканоплутоническим поясам, и позволяет с единых позиций рассматривать их геологическое развитие, эволюцию магматизма и рудогенеза, подходить к анализу закономерностей формирования и размещения золото-серебряных месторождений, тигморфных для этих структур.

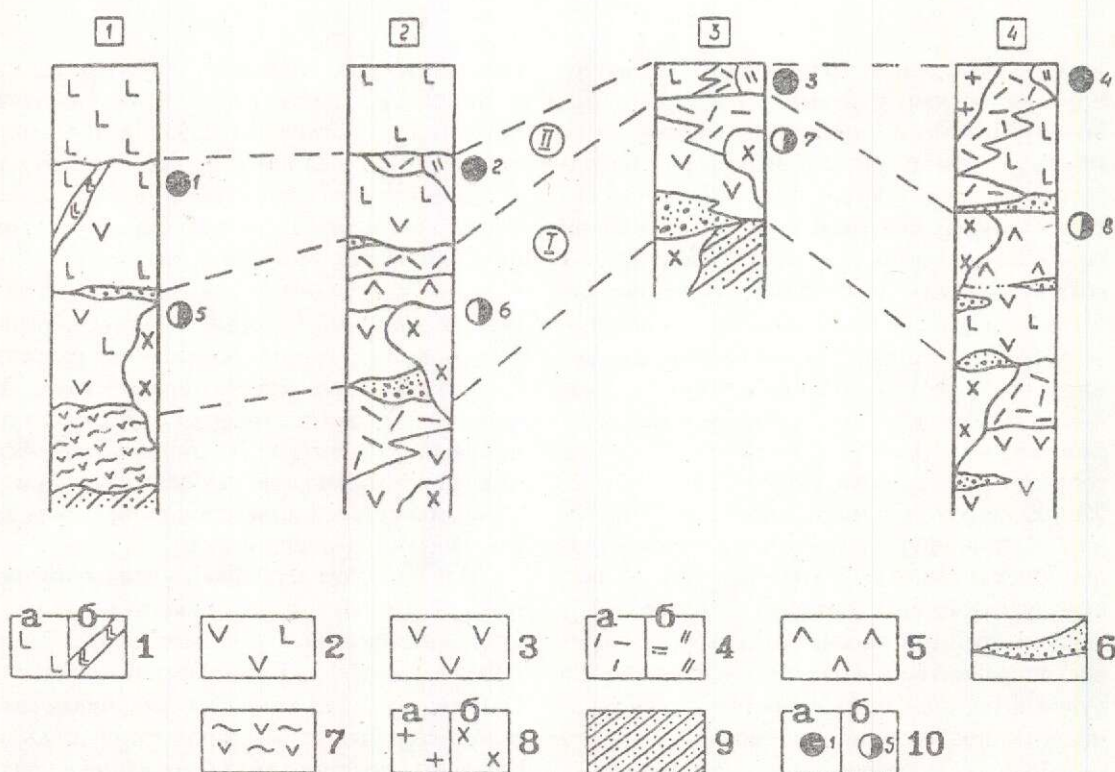
В формировании вулканических поясов выделяется ряд фаз (стадий) тектоно-магматической активности, закономерно сменяющих друг друга. Своеобразие геологической обстановки каждой конкретной стадии определяется совокупностью образующихся в это время структурно-вещественных комплексов. Однако отдельные их элементы, как это было неоднократно показано на примере Восточно-Сихотэ-Алиньского, Умлекано-Огоджинского, Центрально-Камчатского и др. поясов, существенно изменяются в зависимости от характера геодинамического режима и типа фундамента каждого конкретного блока [8]. В первую очередь это сказывается на строении фациально-корреляционных разрезов, соотношении объемов вулканитов средне-основного и кислого составов, а также продуктов магматизма интрузивного и эффузивного классов, типах вулканотектонических структур и т.д. Множественность факторов, влияющих на состав и строение структурно-вещественных комплексов, обуславливает сложности, возникающие при их сопоставлении не только в пределах различных вулканических поясов и зон, но даже фрагментов единой структуры, что отражается на определении

количество выделяемых стадий, так же как и их объем, для каждого вулканического пояса (или его отдельных фрагментов) могут существенно различаться, что обусловлено в одних случаях характером используемых признаков, в других — различиями в принципах палеотектонических построений. Выделение стадий обычно основывалось на данных о наличии перерывов, фиксируемых корами выветривания, появлении в разрезах грубообломочных (молассоидных) толщ, изменении состава и строения структурно-вещественных комплексов, цикличности формирования магматических образований и их латеральной миграции, радиологических характеристиках пород и руд.

Для наиболее детально изученных рудных районов краевых и внутриконтинентальных вулканоплутонических поясов Востока России (Нижне-Амурский, Самаргинский, Охотский, Гонжинский и др.) выявлена устойчивая связь золото-серебряных месторождений с двумя группами магматических образований — андезит-гранодиоритовой вулканоплутонической ассоциацией и экстррузивно-эффузивными образованиями базальт-риолитового ряда формаций, формирующимися соответственно на поздней и заключительной стадиях становления вулканоплутонических поясов [7] (рисунк).

Формирование названных выше продуктивных магматических формаций, как правило, разделено существенным временным интервалом, иногда достигающим 20—25 млн лет (Нижне-Амурский, Самаргинский, Кузнецовский и др. районы Восточно-Сихотэ-Алиньского вулканического пояса) и часто предваряется изменением общего структурного плана [6]. Последнее предопределяет участие продуктивных образований в формировании различных типов тектоно-магматических структур и их территориальную разобщенность.

В вулканоплутонических поясах островодужного типа, рассматриваемых в качестве наложенных геоструктур, сформировавшихся в связи с активизацией систем региональных разломов, по характеру пространственно-временных соотношений магматических и золоторудных образований также выделяется две группы золото-серебряных месторождений [11]. Однако соотношения между продуктивными магматическими образованиями, с одной стороны, и



Положение золото-серебряных месторождений в вулканогенных образованиях типовых рудных районов:

1 — базальты: а — покровные, б — субвулканические; 2 — андезитобазальты; 3 — андезиты; 4 — риолиты: а — покровные, б — субвулканические; 5 — дациты; 6 — конгломераты, гравелиты, песчаники; 7 — вулканогенно-осадочные породы; 8 — гранитоиды: а — граниты, лейкограниты, б — гранодиориты, диориты, габбро; 9 — терригенные породы основания; 10 — золото-серебряные месторождения: а — золото-адуляр-кварцевой формации, б — золото-полисульфидно-кварцевой формации; рудные районы (цифры в квадратиках): 1 — Центрально-Камчатский, 2 — Нижне-Амурский, 3 — Гонжинский, 4 — Чаткало-Кураминский; стадии (цифры в кружочках): I — поздняя, II — заключительная

сложны, чем в краевых вулканических поясах и не всегда однозначны. Это, возможно, обусловлено спецификой геологического развития островодужных вулcano-плутонических поясов и, в первую очередь, сближенностью во времени продуктивных магматических образований различных стадий. Последнее предопределяет во многих случаях унаследованность (консервативность) структурного плана и совмещение разновозрастных магматических (а в ряде случаев и рудных) образований в пределах единых вулcano-тектонических структур [3]. Локализация золото-серебряных месторождений в пределах обособленных площадей различного ранга позволяет, в соответствии с масштабами, рассматривать последние в качестве рудных районов, узлов и полей.

В качестве рудного района выступает

фрагмент металлогенической зоны, представляющий собой индивидуализированный по геологическому строению изометричный или линейный блок (площадью в несколько тысяч квадратных километров), отличающийся интенсивностью тектонической проработки и формированием тектоно-магматических структур различных рангов, сложенных продуктивными магматическими формациями. От окружающих площадей рудный район отличается концентрацией полей гидротермально измененных пород различной формационной принадлежности, геохимических ореолов золота и его элементов-спутников, устойчивой шлиховой и россыпной золотоносностью.

В качестве рудных районов выступают преимущественно локальные своды (Гонжинский, Октябрьский и др.)

ты крупных сводовых поднятий (Нижне-Амурский, Примагаданский и др.). Размещение рудных районов линейного типа (Дукатский и др.) определяется региональными или блокоограничивающими разломами, контролирующими положение эшелонированных систем вулcano-тектонических или тектоно-магматических структур, в том числе — рудоносных.

Рудный узел относится к категории металлогенических таксонов, закономерность и необходимость выделения которых дискуссионны [4, 5]. Однако практика прогнозно-металлогенических исследований и поисковых работ показывают, что тектоно-магматические структуры, отвечающие рудным узлам, являются неотъемлемой частью иерархического ряда геологических и соответствующих металлогенических единиц. На примере ряда рудных районов Охотско-Чукотского, Восточно-Сихотэ-Алиньского, Курило-Камчатского и других металлогенических поясов показано, что типы тектоно-магматических или вулcano-тектонических структур, которым соответствуют рудные узлы, определяются характером геологического развития конкретных площадей и особенностями строения их фундамента [11]. Основная часть золоторудных узлов представлена тектоно-магматическими поднятиями, вулcano-тектоническими депрессиями и грабенами, а также сложными палеовулканическими постройками; последние доминируют в островодужных вулканических поясах.

В качестве рудного поля рассматриваются отдельные элементы строения названных ранее тектоно-магматических (вулcano-тектонических) структур, площади которых изменяются от первых км² до десятков км². В качестве таких элементов выступают локальные вулканоструктуры центрального типа (высоких порядков), интрузивно- или экстррузивно-купольные поднятия, секторные или линейные мобильные блоки, красные или радиальные вулcano-тектонические грабены и др. Эти рудоносные геологические формы отличает «аномальность» строения, связанная, как правило, с длительностью или(и) полнотой проявления продуктивных геологических образований определенной стадии (или стадий), проявлением специфич-

гоприятным для локализации оруденения каркасом разрывных нарушений.

Как следует из приведенной характеристики, рудное поле достаточно индивидуализировано по геологическому строению и, в большинстве случаев, отвечает определенным типам элементарных геологических форм-структур высоких порядков, являющихся составными частями тектоно-магматических структур первого порядка (рудных узлов). В связи с этим оно может рассматриваться как наиболее дробная единица иерархического ряда геологических и отвечающих им металлогенических единиц. Ограничения рудных полей в одних случаях — тектонические, в других — совпадают с границами определенных геологических образований и лишь в некоторых случаях проводятся условно.

Обилие существующих типизаций золото-серебряных месторождений отражает не только многообразие геологических обстановок нахождения последних, но и, в значительной мере, обусловлено существенными различиями как в принципах их построения, так и в целевом назначении. Неудачи многих исследований связаны с попыткой создания единой универсальной систематики, пригодной как для региональных прогнозно-металлогенических исследований, так и для целей крупномасштабного локального прогноза [9, 10]. Типизации, базирующиеся на структурно-формационных характеристиках, как показала практика прогнозно-металлогенических исследований, решают задачи, стоящие перед региональными среднемасштабными работами, позволяя локализовать прогнозные площади лишь до уровня рудного узла [5].

Формирование золото-серебряных месторождений в условиях малых глубин и принадлежность их к «относительно открытым» рудно-магматическим системам предопределили близость минералого-геохимических и текстурно-структурных характеристик руд, а также состава окolorудно измененных пород. В связи с этим единственно надежной основой их типизации для прогнозно-металлогенических целей являются геологические обстановки их нахождения, основные различия которых определя-

ским системам. В соответствии с этим были выделены две рудные формации — золото-полисульфидно-кварцевая и золото-адуляр-кварцевая, образующие семейство золото-серебряных формаций [7].

Задачам крупномасштабного локального прогноза отвечают типизации, базирующиеся на конкретных элементах геологических обстановок нахождения месторождений с учетом данных по минералогии, геохимии руд и околорудно измененных пород (таблица).

В качестве основных составляющих геологических обстановок нахождения месторождений рассматривается совокупность фаций продуктивных магматических образований, подстилающие и вмещающие их толщи различных по составу, строению и возрасту пород, в том числе входящих в состав основания вулканического пояса, а также система взаимосвязанных разноранговых разрывов. Перечисленные элементы определяют состав и строение формирующихся в этот период локальных тектономагматических форм, выступающих в роли своеобразных концентраторов оруденения. Последние, являясь составными частями более крупных тектономагматических структур, занимают определенное закономерное положение по отношению к основным элементам их строения. Это позволяет использовать названные рудоносные тектономагматические формы в качестве одного из элементов предлагаемой систематики. В соответствии с этим объекты золото-полисульфидно-кварцевой формации были объединены в три, а золото-адуляр-кварцевой — в пять групп, отвечающих определенным наиболее широко распространенным типам геологических обстановок.

Для каждой формации выявилась геологическая обстановка, наиболее благоприятная для локализации месторождений, в том числе и крупных. Так, месторождения золото-полисульфидно-кварцевой формации размещаются преимущественно в «приконтактных частях массивов гранитоидов», в большинстве случаев осложненных крупномасштабными сбросами или сбросо-сдвигами (Многовершинное, Комсток). Для месторождений золото-адуляр-кварцевой формации предпочтительны «покровы и эффузивно-пирокластические толщи, насыщенные экструзивно-субвулканическими те-

значительная часть крупных месторождений этой формации находится «в породах активизированного основания вулканического пояса» при ограниченном развитии образований продуктивного комплекса (Хисикари, Мак-Лафлин).

Наиболее важным выводом, вытекающим из анализа приведенных материалов, является отсутствие зависимости между геологической обстановкой нахождения месторождения и его минеральным типом. При этом выявилась отчетливая тенденция, заключающаяся в увеличении количества минеральных типов для объектов золото-адуляр-кварцевой формации по сравнению с месторождениями золото-полисульфидно-кварцевой и выделились минеральные типы, присущие объектам обеих формаций. Многообразие минеральных типов находит также отражение в резком колебании величины золото-серебряного отношения, даже для месторождений, близких по геологическим обстановкам нахождения, этот показатель изменяется от 0,001 до 5. Эти данные приводят к выводу об ограниченных возможностях использования типизаций на минералого-геохимической основе, а также указывают на то, что минералого-геохимические и текстурно-структурные характеристики руд, состав и строение минералов (в том числе золота), выступают в качестве определяющих признаков только при детальных исследованиях конкретных месторождений. Обобщение данных по геологическим обстановкам нахождения золото-серебряных месторождений выявило группы объектов, ограниченно проявленных или еще не выявленных в вулкано-плутонических поясах России. Это в первую очередь относится к широко представленным за рубежом месторождениям в породах активизированного основания вулканических поясов (Хисикари, Слиппер, Антамок-Акупан и др.), в полигенных брекчиевых трубообразных телах (Шуйор, Маунт-Морган и др.) и в вулканах, сопровождаемых изменениями типа высокоглиноземистых вторичных кварцитов (Голдфилд, Эль-Индио и др.), не характерных для золото-серебряных месторождений. Эти объекты, выделяемые как окисдно-сульфатные, высокосернистые эпитермальные или золото-ангелитовые (П. Хилл, У. Бон-

Характеристика элементов геологических балансов и условий формирования	Золото-полисульфидно-кварцевая		Золото-адуляр-кварцевая		Формация	
	Среднетемпературные эпидот-хлорит-альбитовые пропилиты		Низкотемпературные хлорит-карбонатные пропилиты; алу-нитовые и высокоглиноземистые вторичные кварциты			
Гидротермально измененные породы: площадные	Кварц-адуляровые, кварц-серпичитовые с пиритом; существенно кварцевые с пиритом; хлорит-карбонатные		Кварц-адуляровые; кварц-адуляр-гидрослюдистые существенно кварцевые с пиритом; кварц-гидрослюдисто-смектитовые, ранние гидротермальные брекчии			
	Кварц-хлорит-турмалиновые (грейзеноподобные), инфильтрационные скарны и др.		Редко инфильтрационные скарны		Кварц-пиррофиллит-диаспоровые кварциты	
Окальные	Субвулканический		Близповерхностный—приповерхностный			
Степень формирования	Золото-галенит-сфалеритовый, золото-халькопирит-бискуперитовый, аргентитовый		Золото-сульфоантимонитовый, собственно золотой, золото-теллуридный			
Минеральные типы	Комковидная, губчатая, пластинчатая, проводниковидная		Широкое разнообразие форм, характерны кристаллы, дендриты и дендритовидные выделения			
Изоморфизм золота: морфология	Кристаллические и зернистые индивиды, зернистые, реже гетерофазные агрегаты		Преобладают гетерофазные агрегаты, реже встречаются кристаллические, зернистые индивиды и агрегаты			
Внутреннее строение	Свинец, цинк, медь, висмут, сурьма, теллур		Сурьма, ртуть, селен, теллур, медь*			
Элементы-примеси	750—850		600—750; 850—950*			
Глубина (преобладающая)	Родниковое, Прасоловское, Ягодка	Многовершинное, Оганчинское, Агатовское	Авлякан, Дыльма, Нявенга	Белая Гора, Хаканджа	Карамкен, Кубака, Агинское, Асачинское, Озерное*	Покровское, Золотое
Примеры месторождений:		Кызыл-Алма, Школьное, Чадак	Тасора, Зод	Береговое	Реваште, Архарлы	Кочбулак
Глубина:	Лаформа, Эль-Чивато	Комсток, Тайольта, Поргера, Акупан-Ан-томак	Эмперор, Санни-Сайд		Крипл-Крик, Пачука, Раунд-Маунтин, Бая-Сприс, Эль-Индио*	Эль-Оро, Слишпер, Хисикари, Чанкуаши*
Глубина:						Маунт-Морган, Шуйор, Голдфилд*, Ивато*

для объектов, сопровождаемых изменениями типа высокоглиноземистых вторичных кварцитов.

для объектов, сопровождаемых изменениями типа высокоглиноземистых вторичных кварцитов.

вие минералов меди (группа энаргита) в ассоциациях, предшествующих золоторудным (Эль-Индио) или непосредственно в продуктивных (Радальквилар). Содержание меди в рудах колеблется от десятых долей процента (Голдфилд), до 2—2,5 % (Эль-Индио), количество сульфидов — от 0,5—1 до 15—20 %. В России эта группа объектов представлена Озерновским месторождением (Камчатка). Кроме того, несомненный интерес представляют месторождения прожилково-вкрапленного типа со значительными объемами убогих руд в гидротермально измененных эффузивно-пирокластических толщах (тип Раунд-Маунтин), а также в породах основания вулканического пояса (тип Келиан) или обрамления массива гранитоидов (убогие руды ранней стадии месторождения Поргера). К этой же группе принадлежат значительная часть месторождений, представленных минерализованными брекчиевыми телами (тип Кидстон).

Выполненные исследования показали: принадлежность золото-серебряных месторождений к двум типам рудно-магматических систем необходимо учитывать при систематизации рассматриваемой группы объектов, формировании их геолого-генетических и геолого-поисковых моделей;

в зависимости от масштаба и цели исследований изменяются структура и элементы, используемые при типизации месторождений; минералого-геохимические характеристики являются определяющими лишь при изучении конкретных месторождений — прогнозе рудных тел и столбов, а также при построении специализированных (технологических и др.) типизаций;

в вулкано-плутонических поясах России имеются предпосылки для обнаружения обширной группы золото-серебряных место-

рождений, имеющих важное промышленное значение, но практически не установленных на ее территории.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вартанян С.С. Рудоносность неогеновых магматических формаций Центральной и Южной Камчатки // Тр. ЦНИГРИ. 1983. Вып. 185. С. 18—28.
2. Гончаров В.И., Сидоров А.А. Термобарогеохимия вулканогенного рудообразования. — М.: Наука, 1979.
3. Золоторудные месторождения островных дуг Тихого океана / Ю.М.Шепотьев, С.С.Вартанян, В.Ю.Орешин, Б.В.Гузман. — М.: ЦНИГРИ, 1989.
4. Константинов М.М. Золотое и серебряное оруденение вулканогенных поясов мира. — М.: Недра, 1984.
5. Кривцов А.И. Прикладная металлогения. — М.: Недра, 1989.
6. Магматогенно-рудные системы. — М.: Наука, 1986.
7. Михайлова М.С., Новиков В.П. Семейство близповерхностных золоторудных формаций областей тектоно-магматической активизации // Тр. ЦНИГРИ. 1987. Вып. 220. С. 51—58.
8. Михайлова М.С., Новиков В.П., Родионов Ю.Н. Металлогеническая специализация магматических формаций поздних этапов развития Северного Сихотэ-Алиня // Тр. ЦНИГРИ. 1982. Вып. 169. С. 40—47.
9. Рудные формации золоторудных месторождений фанерозоя / Ю.М.Шепотьев, В.Ю.Орешин, С.С.Вартанян, В.П.Новиков, А.М.Гаврилов // Изв. вузов. Геология и разведка. 1994. № 3. С. 60—66.
10. Хомич В.Г. Формационные типы проявления золото-серебряной минерализации Тихоокеанского рудного пояса // Тихоокеанск. геология. 1982. № 3. С. 70—84.
11. Формационно-фацциальные критерии поисков и прогнозирования вулканогенного золото-серебряного оруденения / С.С.Вартанян, М.С.Михайлова, В.П.Новиков, В.Ю.Орешин: Обзор. Сер. Геологические методы поисков и разведки месторождений металлов полезных ископаемых. — М.: ВИЭМС, 1988. Вып. 5.

Novikov V. P., Mikhaylova M. S.

PRINCIPLES OF SYSTEMATIZATION OF GOLD-SILVER DEPOSITS IN VOLCANO-PLUTONIC BELTS

Principles of systematization of gold-silver deposits for local prediction purposes are considered with due regard to known concepts of their association with volcanogenic-plutonogenic and volcanogenic ore-magmatic systems. The heart of typification proposed is the geological situation peculiar to deposits in question, with subordinate role of mineralogical-geochemical characteristics of ores.



ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ КОЛЧЕДАННЫХ РУДОПРОЯВЛЕНИЙ ЗАПАДНО-ТИХООКЕАНСКОЙ ПЕРЕХОДНОЙ ЗОНЫ

Ю. В. МИРОНОВ, Ю. Г. ЗОРИНА (ЦНИГРИ Роскомнедра), Е. Г. МИРЛИН (ГЕОХИ РАН)

Современные колчеданные рудопроявления Западно-Тихоокеанской переходной зоны сосредоточены преимущественно в энсиматических рифтогенных структурах и чрезвычайно редки в островных дугах и в рифтах, заложенных на континентальной коре. Такое распределение может быть объяснено не только степенью изученности рудоносности региона, но и особенностями современной стадии направленно-циклического его развития.

Проведенные в последнее время исследования по сопоставлению обстановок формирования древних и современных колчеданных руд [2, 10, 11] показали, что древние месторождения преимущественно были сформированы в переходных от палеоокеанов к палеоконтинентам областях. Наиболее хорошо изученным современным аналогом таких регионов является Западно-Тихоокеанская зона. В ее пределах развиты практически все виды колчеданосных структур. Однако количество известных современных рудопроявлений разных типов существенно различно (рис. 1) [2, 14]. Среди них резко преобладают объекты мугоджарского и псевдоокеанского подтипов кипрского типа. Первые из них формируются в относительно узких бассейнах, расщепивших энсиматические островные дуги (Марианский трог, южная часть бассейна Лау) (рис. 2). Вторые характерны для более раскрытых частей задуговых бассейнов (северная часть бассейна Лау), а также для спрединговых зон, заложенных изначально за пределами островных дуг на океанской (бассейны Манус и Северо-Фиджийский), реже на континентальной коре (бассейн Вудларк). Крайне ограничен материал по рудопроявлениям уральского типа, связанного с энсиматическими островными дугами (Идзу-Бонинская, Ново-Гейландская и др. системы).

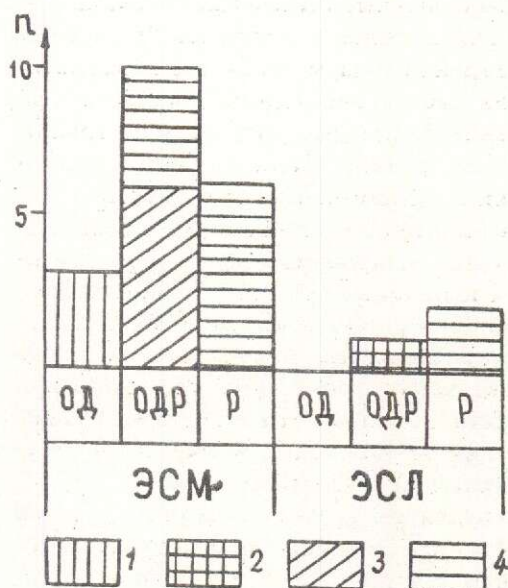


Рис. 1. Гистограммы распределения современных колчеданных рудопроявлений по различным типам структур Западно-Тихоокеанской переходной зоны (данные из каталогов [2, 14]):

ОД — островные дуги; ОДР — рифтогенные структуры островодужных систем; Р — рифтогенные структуры, заложенные за пределами островных дуг; ЭСМ — энсиматические структуры; ЭСЛ — энсиалические структуры; п — количество известных современных рудопроявлений уральского (1), куроко (2) типов и

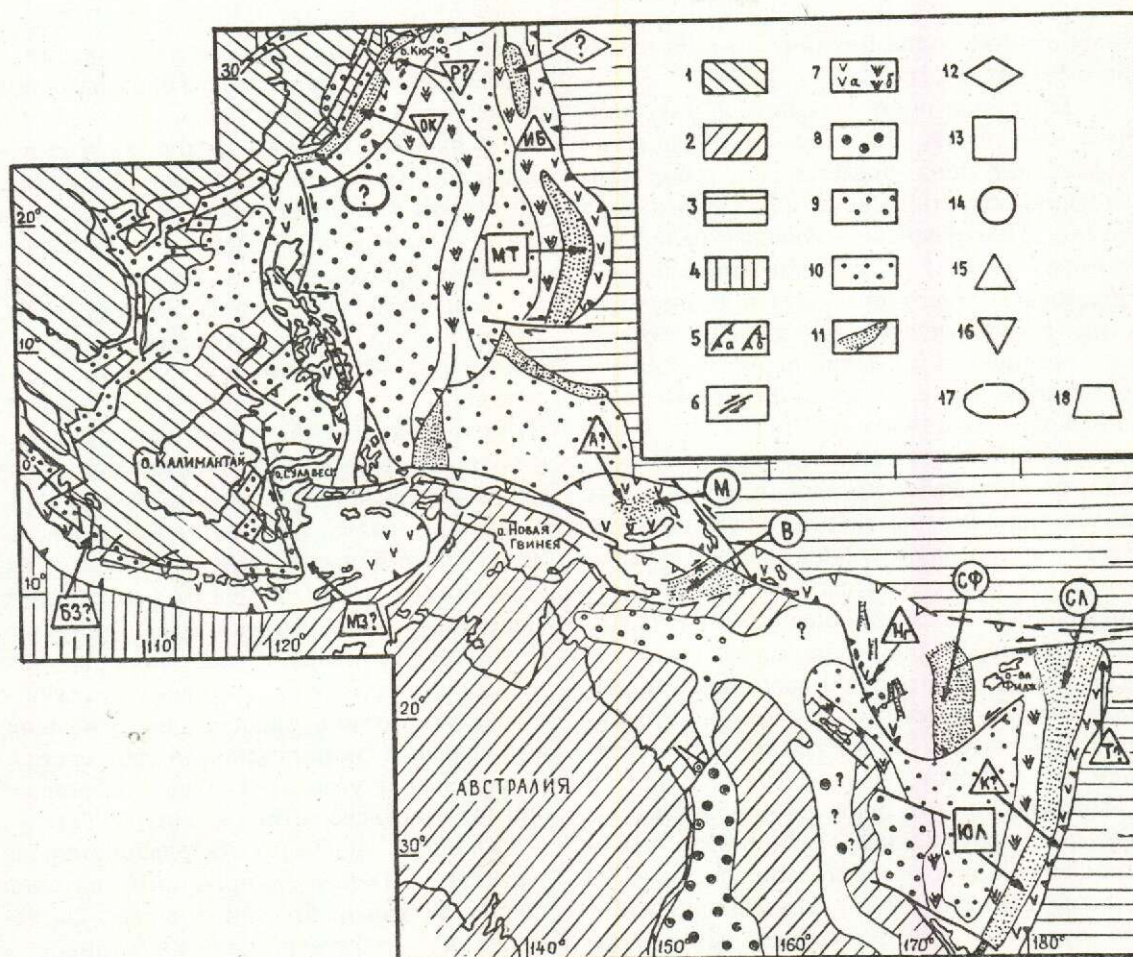


Рис. 2. Схема расположения островных дуг, рифтовых поясов и районов современного колчеданообразования в Западно-Тихоокеанской переходной зоне:

литосферные плиты: 1 — Евразийская, 2 — Австралийская, 3 — Тихоокеанская, 4 — Индоокеанская; 5 — зоны субдукции: а — активные, б — отмершие; 6 — сдвиги; 7 — островные дуги: а — активные, б — реликтовые; рифтовые пояса (по работе [5]): 8 — позднего мезозоя-палеоцена, 9 — палеоцена-эоцена, 10 — олигоцена-среднего миоцена, 11 — плиоцена-современности; районы с известными и предполагаемыми (?) современными рудопоявлениями разных типов: 12 — собственно кипрского (рифт Огасавара), 13 — мугуджарского (МТ — Марианский трог, ЮЛ — юг бассейна Лау), 14 — псевдоокеанского (СЛ — север бассейна Лау, СФ — Северо-Фиджийский бассейн, М — Манус, В — Вудларк), 15 — уральского (ИБ — Идзу-Бонинская дуга, НГ — Ново-Гибридная дуга, Т — дуга Тонга, К — дуга Кермадек, А — арх. Адмиралтейства), 16 — куроко (Р — дуга Рюкю, ОК — трог Окинава), 17 — филиппинского (трог Окинава), 18 — малокавказского (МЗ — Малая Зондская дуга, БЗ — Большая Зондская дуга).

ском трог Окинава. Современные же аналогии некоторых типов (рудноалтайский, филиппинский, атасуйский), связанных с различного рода энсиалическими структурами и представленных часто наиболее крупными древними месторождениями, в настоящее время не выявлены. Таким образом, известные современные колчеданные

точены в энсиалических рифтогенных структурах и чрезвычайно редки в островных дугах и в рифтах, заложенных на континентальной коре (см. рис. 1). Обычно это объясняется недостаточной изученностью рудоносности Западно-Тихоокеанской переходной зоны. Не отрицая значения данного фактора, попытаемся объяснить описанную

современного этапа циклически-направленного развития региона.

Миграция рифтовых поясов и их колчеданоносность. Западно-Тихоокеанская переходная зона представляет собой глобальную область сближения крупных плит Земли (Тихоокеанской, Индоавстралийской и Евразийской), в пределах которой были образованы многочисленные и разновозрастные островные дуги. Несмотря на это, при ее формировании сжатие периодически чередовалось или сочеталось с сильным горизонтальным растяжением [4]. Растягивающие напряжения каждого конкретного периода охватывали весьма протяженные полосовидные зоны, но действовали относительно непродолжительное время, в среднем около 20 млн лет. Подобная цикличность проявлялась на фоне общей направленности развития переходной зоны, которая выражалась в последовательной (но также циклически-прерывистой) миграции зон субдукции от Азиатского и Австралийского континентов в сторону Тихого океана [5]. В совокупности это привело к образованию четырех протяженных разновозрастных и смещенных друг относительно друга рифтовых поясов (см. рис. 2). Последние состоят из отдельных рифтов, заложенных на коре разных типов и достигших различных стадий раскрытия. При этом на каждом этапе рифтогенеза преобладало ограниченное количество типов рифтогенных структур, что определяло и их металлогеническую специфику.

Прежде всего, миграция поясов в сторону океана сопровождалась увеличением во времени доли энсиматических рифтогенных структур. Это объясняет преобладание известных современных рудопроявлений кипрского типа (см. рис. 1). Направленность эволюции сказалась не только в уменьшении роли энсиматических рифтов, но и в закономерном изменении их характеристик. На начальном этапе (поздний мезозой-палеоцен) формировались рифты, заложенные на относительно удалении от края континента [5]. Большинство из них (Кэприкорт, Гипсленд, рифт Басова пролива), хотя и погружено ниже уровня моря, по остальным характеристикам практически не отличается от типичных внутриконтинентальных

типа. На поздних стадиях их развития в субмаринных условиях могли образовываться месторождения атасуйского типа, которые в настоящее время трудно обнаружить под мощным чехлом осадочных отложений. На втором (палеоцен-эоцен) и особенно на третьем (олигоцен-средний миоцен) этапах развития Западно-Тихоокеанской переходной зоны начинают преобладать структуры, которые закладываются непосредственно вблизи границы континентальной и океанской плит на блоках с более тонкой корой. Процессы растяжения в них часто приводят к полному разрыву континентальной литосферы и спредингу (Норфолк, Хонсю, Макасарский пролив, котловины Кораллового, Японского и Южно-Китайского морей). Это сопровождается эволюцией от контрастного щелочного высокотитанистого («внутриплитного») вулканизма через ряд промежуточных состояний к базальтовому вулканизму океанского типа, происходящему на фоне интенсивного сноса осадков, и соответствующей сменой условий колчеданообразования (от атасуйского типа к типу бесси).

Крайним членом рассматриваемого ряда структур является единственный из этой группы активный бассейн Вудларк. Он заложен на существенно переработанной в ходе предшествующих этапов рифтогенеза континентальной коре Соломонова моря в непосредственной близости от края Австралийской плиты. С запада на восток по мере увеличения степени раскрытия этого бассейна субщелочная «внутриплитная» базальт-риолитовая ассоциация постепенно сменяется базальтами, аналогичными океанским толеитам [6]. В центральной части бассейна известно рудопроявление на подводной горе Франклин [2, 14], связанное с базальтами и андезитами промежуточного состава. По составу рудоносных вулканитов это рудопроявление могло бы быть отнесено к типу бесси, а возможно не выявленные еще в западной части бассейна руды — к атасуйскому типу. Однако из-за относительной удаленности от надводных частей континентальных блоков, служащих источником сноса, интенсивность седиментации в бассейне Вудларк значительно ниже, чем в палеоструктурах, вмещающих древние месторождения указанных типов. Это делает рудопро-

посредственно на базальтоидах, более похожим на объекты океанского типа. Таким образом, хотя направленное изменение металлогенической специализации энсиматических «внеостроводужных» структур может быть представлено обобщенным эволюционным рядом, который выражается в смене псевдотанганькинского типа атасуйским, бесси, а затем псевдоокеанским типами [7], диапазон условий колчеданообразования в конкретных бассейнах характеризуется лишь каким-либо из фрагментов этого ряда. При этом на каждом этапе развития переходной зоны в целом преимущественно формируются структуры, занимающие близкое положение в обобщенном ряду.

Цикличность развития и колчеданность островодужных систем. Миграция внешних зон субдукции способствовала увеличению доли не только энсиматических рифтов, но и сопряженных с ними резко выдвинутых в сторону океана «юных» островных дуг, с которыми связаны рудопроявления уральского типа. В то же время наличие внутренних (иногда разнонаправленных) зон субдукции приводит к сохранению вулканической активности и в большинстве более древних энсиматических и энсиматических дуг, претерпевших длительное поэтапное развитие. Это, на первый взгляд, позволяет предположить высокую перспективность рассматриваемого региона на обнаружение новых многочисленных современных колчеданных объектов уральского, малокавказского, куроко и рудноалтайского типов. Однако данный вывод во многом не согласуется с результатами анализа имеющегося материала с точки зрения представлений о другой важнейшей черте развития переходной зоны, а именно, цикличности.

Проиллюстрируем это на примере трех продолжающих развиваться энсиматических островодужных систем (рис. 3). В эоцен-олигоценых протодугах вулканизм, продуктами которого сложены реликтовые дуги Кюсю-Палау и, вероятно, Три Кингс, а также нижние части разрезов современных вулканических Идзу-Бонинской, Марианской и Тонга-Кермадек дуг, продолжался в течение примерно 20—22 млн лет. Последующий спрединг привел к формированию за-

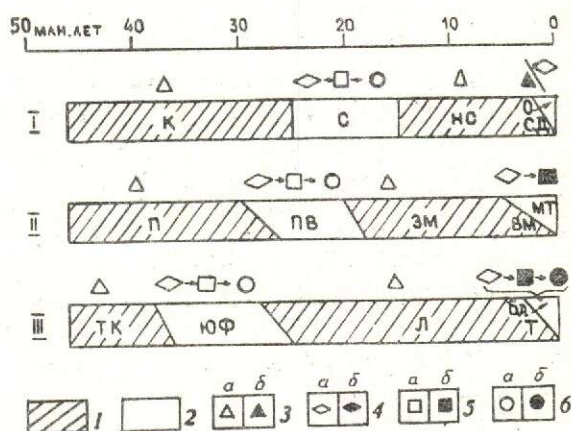


Рис. 3. Возрастные соотношения между типами вулканизма и колчеданообразования в «юных» энсиматических островодужных системах:

типы вулканизма: 1 — островодужный, 2 — рифтовый; типы колчеданообразования (a — предполагаемого, b — установленного): 3 — уральский; кипрский, в том числе: 4 — собственно кипрский подтип, 5 — мугоджарский подтип, 6 — псевдоокеанский подтип; островодужные системы: I — реликтовая дуга Кюсю (К) — бассейн Сикоку (С) — реликтовая дуга Ниси-Сичито (НС) — рифт Огасавара (О) — дуга Сичито-Иво-Джима (СД); II — реликтовая дуга Палау (П) — бассейн Паресе Вела (ПВ) — реликтовая Западно-Марианская дуга (ЗМ) — Марианский трог (МТ) — Восточно-Марианская дуга (ВМ); III — реликтовая дуга Три Кингс (ТК) — Южно-Фиджийский бассейн (ЮФ) — реликтовая дуга Лау (Л) — бассейн Лау (БЛ) — дуга Тонга (Т); использованы данные из работ [12, 13, 15 и др.]

образования каждого из которых не превышала 10—12 млн лет, т.е. примерно в два раза меньше, чем островных дуг. Одновременное проявление островодужного и рифтового вулканизма происходило на протяжении всего лишь первых нескольких миллионов лет. Однако именно на подобной специфической стадии более позднего современного цикла находятся в настоящее время рассматриваемые островодужные системы, что существенным образом сказывается на некоторых особенностях вулканизма и колчеданообразования.

Формирование активных рифтогенных структур (рифт Огасавара, Марианский трог, бассейн Лау) началось не более 5 млн лет назад. Тем не менее даже в таком узком временном интервале происходит резкая смена вулканогенных формаций от риолит-содержащих базальтовых, имеющих многие

мациями сопряженных энсиматических дуг, через ряд промежуточных образований до базальтов, аналогичных толеитам срединно-океанических хребтов [6, 9]. Это определяет соответствующее изменение условий колчеданообразования, выраженное рядом — собственно кипрский, мугоджарский и псевдоокеанский подтипы кипрского типа [7]. В настоящее время среди известных рудопроявлений преобладают представители мугоджарского подтипа (Марианский трог, южная часть бассейна Лау) [2, 14] (см. рис. 1, 2), а в рифте Огасавара и в северном окончании Марианского трога может быть обнаружено оруденение собственно кипрского подтипа, характерное для наиболее ранних стадий раскрытия подобных бассейнов (см. рис. 2, 3). Однако на протяжении последующих примерно 7—10 млн лет, оставшихся до окончания цикла, доля рудопроявлений псевдоокеанского подтипа, которые пока распространены только в относительно развитой северной части бассейна Лау, будет, по-видимому, постоянно увеличиваться.

Напротив, островодужный вулканизм, продолжавшийся 15—25 млн лет, уже прекратил свое существование в новых реликтовых дугах (Ниси-Сичито, Западно-Марианская и Лау-Колвилл) и, по-видимому, завершается в вулканических дугах Сичито-Иво-Джима, Восточно-Марианской и Тонга-Кермадек. Если на предшествующих стадиях их развития преимущественно происходило образование дифференцированных формаций, перспективных на колчеданное оруденение уральского типа, то в настоящее время здесь, в основном, изливаются слабодифференцированные базальты и андезитобазальты. Сходные вулканы, характерные для завершающих стадий развития и палеодуг на континентах, считаются неперспективными на промышленное колчеданное оруденение в силу отсутствия близповерхностных магматических очагов кислых магм, продуцирующих рудогенез [3]. Переход к слабодифференцированным формациям в рассматриваемых «юных» дугах примерно приурочен к моменту начала их последнего расщепления, а некоторые различия во времени этого процесса в разных дугах коррелируют с количеством известных вулканических построек, содержащих

отсутствуют в Восточно-Марианской дуге, которая отделилась Марианским трогом от Западно-Марианской дуги 5—6 млн лет назад. В дуге Тонга-Кермадек, претерпевшей подобное расщепление несколько позднее (2,0—3,5 млн лет назад), известны единичные вулканы (Фонуалеи, Маколи), частично расположенные под водой и содержащие дациты [1]. Идзу-Бонинская дуга начала разделяться трогом Огасавара на реликтовую дугу Ниси-Сичито и вулканическую дугу Сичито-Иво-Джима лишь 2 млн лет назад, в связи с чем ее фундамент полностью еще не разорван. В целом для Идзу-Бонинской дуги характерна контрастная формация (с содержанием риолитов и дацитов около 30 %), колчеданность которой подтверждается находками сульфидного оруденения уральского типа на вулканах Каиката и Уэнсди [2, 14]. Однако, по-видимому, и здесь уже начинается переход к образованию слабодифференцированной формации, поскольку вершины большинства вулканов-островов сложены породами основного состава [1].

Смена дифференцированных вулканических формаций слабодифференцированными характерна и для большинства энсиматических дуг региона. Так, например, в Курильской дуге, где среди раннечетвертичных вулканитов были широко распространены дациты и риолиты [8], в настоящее время преимущественно извергаются лавы основного и среднего состава, что делает формирование колчеданных руд маловероятным. По-видимому, еще в четвертичное время месторождения типа куроко могли формироваться на северо-западном шельфе Японии. Однако сейчас вулканическая активность там не наблюдается, а непосредственно на островах, в основном, изливаются андезитовые и базальтовые расплавы. Смена непрерывной формации слабодифференцированной в течение четвертичного периода отмечена и для Большой Зондской дуги [1]. Потенциально колчеданноносной структурой в ее пределах является лишь кальдера Кракатау (грабен Зондского пролива), в которой выявлен интенсивно растущий базальт-андезит-дацитриолитовый конус Анак-Кракатау (см. рис. 2). Рудообразование малокавказского типа, которое ранее сменялось

Малой Зондской дуге, заложенной на мозаичном фундаменте. Базальтсодержащие риолитовые комплексы, сходные с рудовмещающими толщами на древних месторождениях Рудного Алтая, развиты в отдельных грабенах на островах Суматра и Северный (Нов.Зеландия) [7]. Однако их формирование прекратилось не позднее среднего плейстоцена и к тому же происходило в наземных условиях [1].

Иначе могут быть оценены перспективы дуги Рюкю. В ее северной части образуется непрерывная формация калиево-натриевой серии, в связи с чем в отдельных подводных кальдерах, например Кикай и Айра, возможны находки рудопроявлений типа куроко (см. рис. 2). Южнее современный вулканический фронт перемещается из самой дуги в трог Окинава, который по механизму формирования и длительности развития (5 млн лет) сходен с описанным ранее Марианским трогом, но был заложен на гораздо более мощной коре континентального типа [6]. Поэтому результатом растяжения на большей части Окинавского трога за такое короткое время явилось лишь уменьшение мощности коры, но не полный ее разрыв. Соответственно здесь развита не натриевая базальтоидная, как в Марианском трогге, а калиево-натриевая базальт-риолитовая ассоциация с рудопроявлением типа куроко на вулкане Изена [2, 14] (см. рис. 2). Лишь в южной наиболее раскрытой части трога, где предполагается локальный разрыв континентальной коры, имеется вероятность обнаружения колчеданных руд флизчайского типа [7, 10, 11], которые могут быть связаны с зафиксированными здесь извержениями базальтовых лав, происходящими в условиях интенсивного сноса осадочного материала с острова Тайвань.

Особенности развития и колчеданоносность субширотной приэкваториальной зоны. Принципиально иным является соотношение островодужного и рифтового магматизма в пределах субширотной приэкваториальной зоны (20°с.ш.—20°ю.ш.), протягивающейся от Филиппинских до Ново-Гебридских островов непосредственно вдоль границы континентальных и океанской макроплит. Многочисленные в этой области преимущественно асимметричные дуги претерпели слож-

под влиянием субдукции сначала со стороны Тихого океана, а затем (за исключением Филиппинской дуги), начиная примерно с 38 млн лет назад — Австралийской и Индоокеанской плит. В настоящее время они причленены к подводным блокам с утоненной корой континентального типа, поэтому вулканизм в этой зоне иногда развивается на мозаичном фундаменте. Зрелость дуг проявляется в известково-щелочном и субщелочном характере современного вулканизма. В большинстве из них как в наземных, так и в подводных условиях образуются

«позднеостроводужные» слабодифференцированные формации [1], что позволяет отнести эти дуги к разряду неперспективных на современное колчеданное оруденение. Однако не исключено, что могут быть встречены отдельные дацитовые купола и связанные с ними колчеданные объекты уральского или малокавказского типа, сходные с известными в Ново-Гебридской островной дуге (вулкан Каруа) [2, 14]. В частности, два активных подводных кратера с агломератами и пирокластами андезитового и дацитового состава известны на склоне острова Тулунан из архипелага Адмиралтейства (см. рис. 2) [1].

Одновременное проявление субдукции со стороны Индийского океана в север-северо-восточном направлении и движение к западу Тихоокеанской плиты препятствует расщеплению островных дуг. Типичные задуговые бассейны известны лишь на окончательных приэкваториальной зоны, где субширотное простираие зон субдукции меняется на субмеридиональное. На третьем этапе рифтогенеза был сформирован узкий Центрально-Филиппинский рифт, а 4 млн лет назад и по настоящее время в ближайшем тылу Ново-Гебридской дуги образуются трогги Ваникоро, Вот Танде и Кариолис (см. рис. 2). Несмотря на длительность их раскрытия, сопоставимую, например, со временем формирования бассейна Лау, ширина этих трогов составляет всего 15—30 км. В то же время в рассматриваемой зоне широко распространены субширотные сдвиговые дислокации, между которыми возникают структуры растяжения типа «pull-apart». В отличие от собственно задуговых бассейнов магматизм в них может проявляться в тече-

вулканизмом в пространственно (но не генетически) сопряженных островных дугах. По-видимому, именно с таким механизмом связано формирование на континентальной коре описанной выше спрединговой зоны Вудларк, а на океанской коре — бассейнов Северо-Фиджийского и Манус [6]. В последних известны рудопроявления псевдоокеанского подтипа [2, 14]. Рудные тела, связанные с кислыми дифференциатами и близкие по своим характеристикам к объектам собственно кипрского подтипа, обнаружены в месте проникновения спрединговой зоны бассейна Манус в островодужные структуры Новой Ирландии. Не исключено, что подобные объекты могут быть выявлены и в районе сочленения спрединговской зоны Северо-Фиджийского бассейна с Ново-Гебридской дугой.

Таким образом, в пределах Западно-Тихоокеанской переходной зоны представлен широкий спектр тектонических структур, благоприятных для формирования колчеданных руд, однако их относительная роль значительно менялась в ходе направленно-циклического развития региона. Миграция рифтовых поясов в сторону океана приводила к увеличению во времени доли энсиматических рифтогенных структур с рудопроявлениями кипрского типа, а также к смене преобладающих разновидностей энсиалических внеостроводужных структур и соответствующих им типов оруденения (от псевдотанганьикского через атасуйский и бесси до псевдоокеанского).

При формировании островодужных систем, количество которых (особенно энсиматических) постоянно увеличивалось, этапы рифтогенеза чередовались с периодами формирования островных дуг. Однако в настоящее время большинство систем находится на непродолжительной промежуточной стадии, характеризующейся началом развития рифтового и завершением островодужного магматизма. Подобная специфика современной фазы циклического развития определяет:

возможность массового колчеданообразования собственно кипрского и мугуджарского подтипов кипрского типа, характерного для ранних стадий раскрытия энсиматических задуговых бассейнов;

слабую степень деструкции континен-

ные масштабы субмаринного колчеданообразования типов рудноалтайского, куроко и тем более филизчайского в энсиалических внутридуговых и тыловодужных трогах;

резкое преобладание слабодифференцированных вулканогенных формаций, перспективных на колчеданное оруденение, в островных дугах.

Таким образом, приуроченность большинства известных современных рудопроявлений Западно-Тихоокеанской переходной зоны к энсиматическим рифтогенным структурам наряду с чрезвычайно малым их распространением в островных дугах и в рифтах, заложенных на континентальной коре, достаточно адекватно отражает особенности металлогении современной стадии направленно-циклического развития региона. Еще в плиоцене-раннем плейстоцене колчеданообразование могло гораздо шире проявляться в большинстве островных дуг. Напротив, в ближайшем геологическом будущем следует ожидать более массовое формирование колчеданных руд мугуджарского и псевдоокеанского подтипов кипрского типа в энсиматических бассейнах и в меньшей степени — типов куроко и филизчайского в энсиалических рифтах.

Исследования проведены при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант 94-05-16293а).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Апродов В.А. Вулканы. — М.: Мысль, 1982.
2. Гидротермальные сульфидные руды и металлоносные осадки океана / Под ред. И.С.Грамберга и А.И.Линемера. — СПб.: Недра, 1992.
3. Колчеданные месторождения мира / Под ред. В.И.Смирнова. — М.: Недра, 1979.
4. Милановский Е.Е., Никишин А.М. Западно-Тихоокеанский рифтовый пояс // Бюлл. Моск. об-ва испытат. природы. Отд. геол. 1988. Т. 63. Вып. 4. С. 3—15.
5. Мирлин Е.Г., Зорина Ю.Г. Раскрытие океанских и окраинных спрединговых бассейнов: сравнительный анализ // Геотектоника. 1992. № 1. С. 21—33.
6. Миронов Ю.В., Зорина Ю.Г. Эволюция вулканизма рифтогенных структур окраинных морей Западно-Тихоокеанской переходной зоны. // Геотектоника. 1994. № 4. С. 14—26.
7. Миронов Ю.В., Зорина Ю.Г., Папеско Т.М. Эволюционные ряды колчедановых вулканогенных формаций // Руды и металлы. 1994. № 3—5. С. 9—18.

- дуг /Т.И.Фролова, И.А.Бурикова, А.В.Гущин и др. — М.: Недра, 1985.
9. Соотношение некогерентных элементов в базальтах как индикатор стадии расщепления энсиматических островных дуг / Ю.В.Миронов, А.И.Котляр, Ю.Г.Зорина и др. // ДАН. 1993. Т. 331. № 3. С. 345—347.
 10. Сравнительная типизация обстановок формирования современных и древних колчеданных руд / С.Т.Агеева, Е.А.Ельянова, А.Г.Злотник-Хоткевич и др. // Металлогения современных и древних океанов. — М.: ЦНИГРИ, НТК «ГЕОЭКСПЕРТ». 1992. С. 147—155.
 11. Comparative classification of formational settings of modern and ancient sulfide ores / A.G.Zlotnik-Khotkevitch, E.G.Mirlin, E.A.Elyanova et al. // Resource Geology Special Issue. 1993. № 17. P. 160—168.
 12. Dupont J. Le cadre general et les traits essentiels de l'arc insulaire des Tonga-Kermadec // Trav. et doc. ORSTOM. 1982. V. 147. P. 249—261.
 13. Honza E. Fundamental framework of arcs in the NW Pacific rim // Rep. Geol. Surv. Jap. 1984. № 263. P. 43—66.
 14. Rona P., Scott S. A special issue on sea-floor hydrothermal mineralization: new perspective // Economic geology. 1993. V.88. № 8. P. 1935—1976.
 15. Scott R., Kroenke L. Evolution of back-arc spreading and arc volcanism in the Philippine Sea: interpretation of Leg 59 DSDP results // The tectonic and geological evolution of SE Asian seas and islands. Wash.: D. S. 1980. P. 283—291.

Mironov Yu. V., Zorina Yu. G., Mirlin Ye. G.

PECULIARITIES OF MASSIVE SULFIDE ORE OCCURRENCES DISTRIBUTION IN WEST PACIFIC TRANSITION ZONE

Recent massive sulfide ore occurrences of West Pacific transition zone are concentrated predominantly in ensymatic riftogene structures, being few and far between in island arcs and rifts initiated on continental crust. Such a character of distribution is attributable not only to the amount of knowledge on ore potential of the region in question, but also to peculiarities of the present-day stage in its directed-cyclic evolution.

МЕТОДЫ И МЕТОДИКИ ПРОГНОЗА, ПОИСКОВ, ОЦЕНКИ И РАЗВЕДКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ



УДК 553.491:552.321.5/6

© Коллектив авторов, 1995

ОЦЕНКА ПЛАТИНОНОСНОСТИ РАССЛОЕННЫХ МАФИТ-УЛЬТРАМАФИТОВЫХ МАССИВОВ

В. И. КОЧНЕВ-ПЕРВУХОВ, Е. С. ЗАСКИНД, О. М. КОНКИНА, Г. В. ЗЕМСКОВА
(ЦНИГРИ Роскомнедра)

Изложены принципы петрологической типизации расслоенных мафит-ультрамафитовых интрузивов. Тип интрузива определяет характер, состав и положение потенциально платиноносного горизонта в его разрезе. Реально платиноносные горизонты характеризуются развитием малосульфидного оруденения, которое аномально обогащено цветными металлами.

В настоящее время в экономике коренных месторождений МПГ, для которых платиноиды являются основным, а не попутным компонентом, главенствующая роль принадлежит объектам, связанным с расслоенными массивами, которые приурочены к стабильным структурам земной коры — щитам, платформам, областям завершённой складчатости, срединным массивам. Однако констатация факта приуроченности этих объектов к стабильным блокам ещё недостаточна для оценки их продуктивности. Требуется более детальная характеристика геотектонической обстановки формирования таких массивов.

Типизация обстановок проводилась нами ранее [4] в связи с месторождениями медно-никелевых руд в мафитовых и ультрамафитовых магматитах. Поскольку месторождения МПГ связаны с близкими (если не аналогичными) по составу мафит-ультрамафитовыми комплексами, эта типизация приложима и к ним.

Анализ пространственного размещения медно-никелевых и платинометалльных месторождений обнаруживает их связь как с подвижными поясами — ортогеосинклиналями в их современном понимании [3], так и с зонами активизации на кратонах. Различие между этими типами обстановок, имеющее принципиальное значение для практики, заключается в том, что с первыми связаны объекты небольших масштабов, тогда как вторым — обширные, связанные с образованием континентальных платформ.

В пределах геосинклинальных областей медно-никелевые (и платинометалльные) объекты образуются в связи с различными магматическими комплексами, начиная с офиолитовых и кончая позднеорогенными. Платиноиды в них являются попутными компонентами и, как правило, не образуют скоплений, которые могли бы стать предметом самостоятельной добычи из коренного источника. Продуктивный магматизм в этом типе обстановок сопряжен с рифтогенезом, происходящим на фоне прогрессирующей консолидации геосинклинальной области [6]. Это относится не только к типичным комплексам переходной и континентальной стадий развития геосинклиналей, но и к офиолитам.

Однако наиболее продуктивные комплексы, как сульфидные медно-никелевые, так и платинометалльные, образуются в иной геотектонической обстановке: тектономагматической активизации кратонных областей в связи с рифтогенезом [1, 2, 5]. При этом далеко не все рифтогенные структуры одинаково продуктивны в отношении рассматриваемых комплексов: это прежде всего системы приблизительно разновозрастных внутриконтинентальных рифтовых зон, характеризующихся в плане трехлучевым рисунком. Ряд таких систем претерпевает дальнейшее развитие, превращаясь в рифтогенную континентальную окраину [8], ко-

мами, претерпевшими такое преобразование, также связаны месторождения, но масштабов меньших, нежели те, которые возникают в связи с внутриконтинентальными системами.

Следовательно, главной чертой, позволяющей определить благоприятный вариант развития территории и выделить наиболее продуктивные расслоенные комплексы, является пространственная (и, возможно, генетическая) связь с системами внутриконтинентальных рифтовых зон, характеризующихся трехлучевым рисунком в плане и «законсервированными» внутри кратонов. Менее продуктивны, хотя и сопровождаются промышленными объектами, вполне рентабельными для эксплуатации, расслоенные комплексы рифтогенных континентальных окраин (рис. 1).

При всей пестроте облика, строения и размеров расслоенных массивов в стабильных блоках, активизированных рифтогенезом, они обладают двумя общими чертами: специфическим (истощенным) характером исходного расплава (рис. 2) и отчетливой дифференциацией разреза, как правило, с гомодромным его строением — нарастание кремнекислотности и снижение магнезиальности пород снизу вверх. Главная особенность их строения определяется особым типом дифференциации, выражающейся в нарушении нормального хода фракционной кристаллизации и образовании расслоенных, так называемых «критических», «переходных», «полосчатых», серий. Последние представляют собой ритмичное чередование выдержанных по составу и мощности слоев, залегающих подобно пачкам осадочных образований и сложенных различными наборами силикатных кумулатов. Кроме расслоенности, устанавливаемой макроскопически, хорошо проявлены микрорасслоенность и скрытая, в большинстве случаев осложненная циклической, расслоенность.

Мощность расслоенных серий и совершенство расслоенности в них зависят от размеров массивов и условий их формирования. В гигантских плутонах расслоенные серии составляют более 15 % мощности всего разреза, отдельные члены ритмов выдержаны по падению и простиранию, протягиваясь на многие километры; ритмы

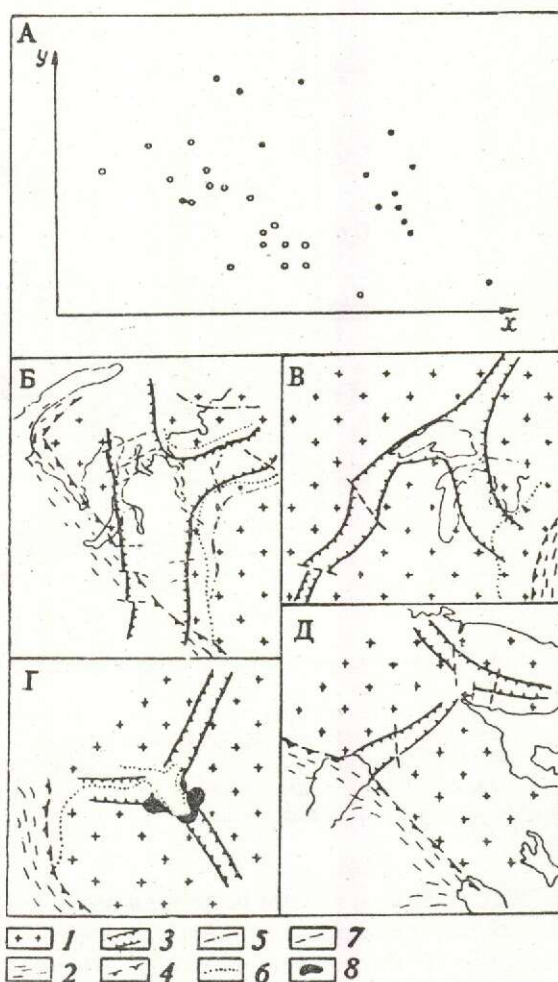


Рис. 1. Диаграмма «lg запасов руды (X) — lg содержания никеля в рудах (Y)» для месторождений сульфидных медно-никелевых руд из разных обстановок [9] (A) и примеры тектонического положения некоторых никеленосных провинций — северо-запад Сибирской платформы (Б), Дулут (В), Бушвельд (Г), Балтийский щит (Д).

А: черные кружки — месторождения внутриконтинентальных рифтовых систем, белые кружки — месторождения пассивных окраин континентов и пассивных зон; Б-Д: 1 — кратон, 2 — подвижный пояс, 3 — рифтовая зона, 4 — окраина кратона, 5 — граница распространения прерывистых платформенных структур, 6 — граница распространения перекрывающих комплексов, 7 — разломы, 8 — Бушвельдский массив

объектах такие серии составляют меньшую долю в разрезе, а по простиранию могут разрываться.

Месторождения МПГ представлены здесь двумя морфологическими типами — стратиформным и «нестратиформным».

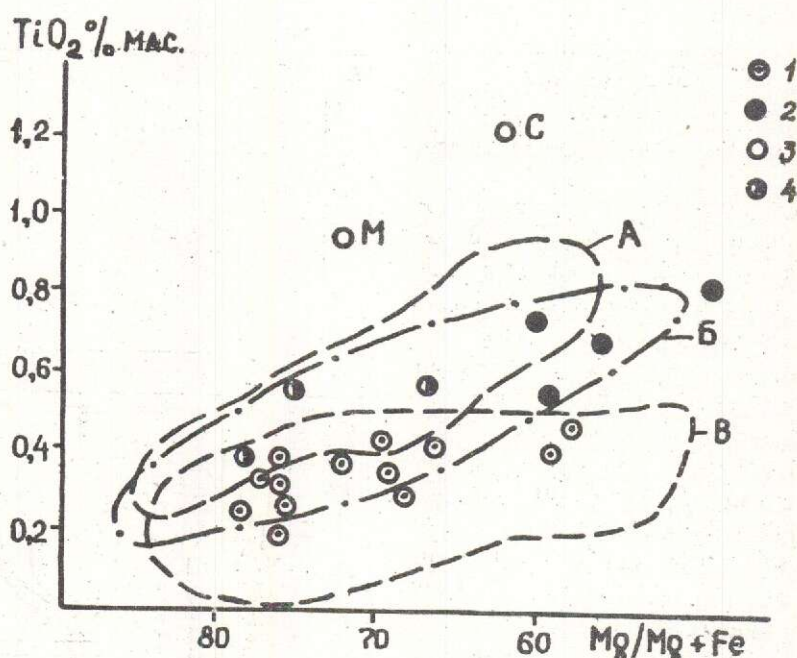


Рис. 2. Положение главных платиноносных магматических формаций на диаграмме TiO_2 — $Mg / Mg + Fe$:

серии пород: А — коматитовая, Б — низкотитанистая шоннитовая (островодужная пикритовая), В — марианит-бонинитовая; средневзвешенные составы интрузий: 1 — расслоенных, 2 — трапповых (габбронорит-долеритовая формация); 3 — расслоенных высокотитанистых, собственно толеитовых (М — Маскоккс, С — Скаергаард); 4 — предполагаемый состав исходной магмы для островодужных пикритов и массивов габбро-клинопироксенит-дунитовой формации

к определенным частям разреза, в основном к расслоенной серии, подчиняясь общим особенностям морфологии массивов. «Нестратиформные» месторождения могут быть обнаружены в различных частях разреза и не обусловлены закономерностями распределения дифференциатов.

Первый тип месторождений в расслоенных массивах наиболее продуктивен. Эти объекты отличаются высокими содержаниями, наиболее крупными запасами и ресурсами, стабильностью параметров, выдержанностью в пространстве. Морфологически это сравнительно маломощные (1—20 м) протяженные горизонты в расслоенных сериях, содержащие сингенетическую сульфидную или окисно-сульфидную минерализацию (стратиформные Cu-Ni-Pt-Pd и хромитит-Cu-Ni-Pt-Pd рудные формации). Содержание сульфидной фазы колеблется от 0,1 до 2—3 %, составляя в среднем 0,5—0,6 %, благодаря чему этот тип минерализации получил наименование малосульфидной.

фидных руд — медно-никелевых, которые вообще присущи мафит-ультрамафитовым магматитам. Минералы МПГ находятся в тесной ассоциации с сульфидами. Среди МПГ преобладают Pd и Pt с различными соотношениями между собой при средних содержаниях от 5 до 20 г/т. Особенностью таких горизонтов является их согласное залегание с вышележащими слоями при нередко структурно-несогласном налегании на подстилающие слои, что проявляется в срезах платиноносным рифом слоистости нижележащих ритмов. Обычны структуры оползания в кумюлятах, образование изометричных депрессий, на стенках которых обрывается расслоенность, и другие признаки, присущие структурным несогласиям в стратиформных толщах.

Месторождения второго типа несравнимы по масштабам со стратиформными. Морфологически это трубки, жилы и зоны различного рода неоднородностей в массивах — минерализованные шпирь пегмато-

объекты локализуются преимущественно в нижней части разреза, но прогноз их затруднен, если вообще возможен.

Прогнозные построения на собственные платинометалльные месторождения в связи с расслоенными массивами преследуют три основные цели: прогноз общей продуктивности массива; прогноз морфологического типа месторождения, то есть возможности обнаружения в массиве платиноносного рифа; прогноз вероятного состава платинометалльного оруденения. Последнее важно постольку, поскольку рифы разных массивов и даже разных частей одного и того же массива различаются составом МПГ — набором металлов и соотношениями между ними — и долей золота в оруденении.

Оценка общей продуктивности возможна на стадии геотектонического анализа территории, при этом в благоприятной обстановке эта оценка тем выше, чем крупнее массив.

Прогноз вероятного наличия в массиве платиноносного горизонта (рифа) возможен при установлении факта существования в массиве расслоенной серии любого состава.

Прогноз вероятного состава оруденения требует уже более детальных исследований, так как эмпирически установлено, что состав МПГ и их концентрации в рифах меняются от массива к массиву в зависимости от состава вмещающих дифференциатов и состава несущего оруденения, которые варьируют достаточно широко. Выход в решении этой проблемы заключается, на наш взгляд, в типизации расслоенных массивов по особенностям их петрологии.

Необходимость такой типизации диктуется и особенностями процесса поисков в расслоенных массивах, который осложняется двумя моментами: во-первых, пестротой расслоенных серий, различающихся в разных массивах как набором пород, так и последовательностью их смены в разрезе; во-вторых, необходимостью выявления продуктивных пачек мощностью в первые метры в разрезе, мощность которых измеряется километрами.

Для решения этой задачи нами был проведен анализ и обобщение литературных данных по 94 объектам в расслоенных массивах.

ноносных массивах не все расслоенные горизонты платиноносны, а тем более промышленно платиноносны. В результате было установлено, что платиноносным горизонтам присущи определенные группы ассоциаций кумулатов, каждая из которых, если она присутствует в массиве, занимает определенное место в его разрезе (табл. 1).

Выделено 15 типов таких горизонтов, которые объединены в 6 групп: 1) анортзитовая группа (анортзит-габброноритовый, анортзит-троктолит-габброноритовый, норит-габбронорит-анортзитовый и норит-троктолит-анортзитовый типы); 2) пироксенит-анортзитовая группа (ортопироксенит-анортзит-норитовый, клинопироксенит-анортзит-габброноритовый и клинопироксенит-анортзит-габбровый типы); 3) перидотит-пироксенит-анортзитовая группа (гарцбургит-ортопироксенит-анортзит-норитовый тип); 4) дунит-анортзитовая группа (оливинит-троктолит-анортзитовый и оливинит-троктолит-норит-анортзитовый типы); 5) пироксенитовая группа (ортопироксенит-вебстеритовый, клинопироксенитовый и клинопироксенит-вебстеритовый типы); 6) пироксенит-дунитовая группа (дунит-ортопироксенитовый тип).

В процессе этой работы обнаружилось, что формация расслоенных мафит-ультрамафитовых массивов не является однородной группой магматических образований. По особенностям петрологии и строения она может быть разделена по крайней мере на 8 типов. Из них 5 принадлежат к образованиям «чистой линии», а 3 — к «смешанным» (табл. 2).

Главный тренд кристаллизации массивов — чистая линия — определяется составом исходного расплава, который для разных массивов неодинаков и испытывает различные отклонения от типичного — среднего — толеита. По разным причинам, которые подлежат дальнейшему изучению, этот тренд может нарушаться, внося тем самым искажения в нормальный порядок кристаллизации (появление так называемых дополнительных кристаллизационных рядов) и обуславливая появление тех или иных петрографических типов платиноносных горизонтов в необычной петрологической обстановке — смешанные типы.

При всем внешнем сходстве процесса

1. Рудно-петрологические типы платиноносных горизонтов

Петрологические типы массивов										
Зоны классификации	Группа горизонтов	Петрологические типы массивов								
		A	B	C	D	E	F	BC	CD	CE
Магматическая	Анортозитовая 1	Анортозит-габброносный Su-Mt	Анортозит-троктолит-габброносный Su	Норит-габброносный анортозитовый Su-Mt				Норит-троктолит-анортозитовый Su	Норит-анортозит-габброносный Su	
	Пироксенит-анортозитовая 2			Ортопироксенит-анортозитовый Su; Su-Cm		Клинопироксенит-анортозит-габброносный Su	Клинопироксенит-анортозит-габброносный Su	Ортопироксенит-анортозитовый Su	Ортопироксенит-анортозитовый Su	
	Перидотит-пироксенит-анортозитовая 3			Гарцбургит-ортопироксенит-анортозитовый Su-Cm					Гарцбургит-ортопироксенит-анортозитовый Su-Cm	
	Дунит-анортозитовая 4		Оливинит-троктолит-анортозитовый Su					Оливинит-троктолит-анортозитовый Su		
Глубинная	Пироксенитовая 5				Ортопироксенит-вебстеритовый Su		Клинопироксенитовый Su-Mt			Клинопироксенит-вебстеритовый Su
	Пироксенит-дунитовая 6			Дунит-ортопироксенитовый Su-Cm				Дунит-ортопироксенитовый Su-Cm		

Су — сульфидная; Su-Cm — сульфидно-хромитовая; Su-Mt — сульфидно-титаномагнетитовая

2. Типы платиноносных расслоенных массивов

Дополнительный кристаллизационный ряд	Главный кристаллизационный ряд					
	Ol-Pl-cPx-oPx A	Ol-Pl-oPx-cPx B	Ol-oPx-Pl-cPx C	Ol-oPx-cPx-Pl D	Ol-cPx-oPx-Pl E	Ol-cPx-Pl-oPx F
Ol-Pl-cPx-oPx A	Al Pd ≥ Au ≥ Pt					
Ol-Pl-oPx-cPx B		B _{1A} Pd > Pt > Au	BC _{1,2,4,6} Pd > Pt > Au			
Ol-oPx-Pl-cPx C			C _{1,2,3,6} Pt > Pd > Au	CD _{2,3} Pd ≥ Pt > Au	CE ₃ Pd ≥ Pt > Au	
Ol-oPx-cPx-Pl D				D ₅ Pt ≥ Pd > Au		
Ol-cPx-oPx-Pl E					E ₂ Pd > Au = Pt	
Ol-cPx-Pl-oPx F						

Примечание. Латинскими буквами в поле таблицы обозначены типы массивов, первая буква латинского индекса — дополнительный ряд, вторая — главный, цифры при буквенном индексе — номера групп платиноносных горизонтов (см. табл. 1).

пов — ограниченность набора кумулятов и изменения лишь в порядке их появления — различия между ними немаловажны, так как имеют прямое отношение к типизации расслоенных горизонтов с МПГ (и золотом). Во-первых, для массивов определенного петрологического типа, как чистой линии, так и смешанных, характерен свой набор (сочетание) групп расслоенных платиноносных горизонтов. Во-вторых, каждый петрологический тип массива «чистой линии» характеризуется определенными соотношениями цветных металлов — никеля и меди, определенной благороднометалльной, включая золото, специализацией и индивидуализированными пределами колебаний средних и модальных величин содержаний суммы МПГ и золота. Геохимические характеристики сульфидного, окисно-сульфидного и благороднометалльного оруденения в массивах смешанных типов носят промежуточный, между соответствующими типами «чистой линии», характер (см. табл. 2).

Таким образом, петрологическим типом расслоенного массива определяется тип платиноносного горизонта и его положение в разрезе массива. Тип платиноносного горизонта находит выражение в наборе и последовательности смены кумулятов в расслоенной пачке и в рудно-геохимической характеристике благороднометалльного оруденения. Заметим, что вполне реально разработка на этой основе полной классификации благороднометалльных горизонтов магматических образований, включающая иные, не только мафит-ультрамафитовых расслоенных массивов, формации, в частности, субщелочных и щелочных пород, трапповых серий, габброидных и габбро-диабазовых ассоциаций, а также плутонических ассоциаций офиолитовых комплексов.

Выделение типов потенциально платиноносных горизонтов безусловно позволяет в значительной степени локализовать поисковые работы, ограничив исследования сравнительно небольшими площадями или отрезками общего разреза. Однако на практике этот шаг оказывается недостаточным, поскольку потенциальная платиноносность в природных объектах реализуется не всегда. МПГ на образцах

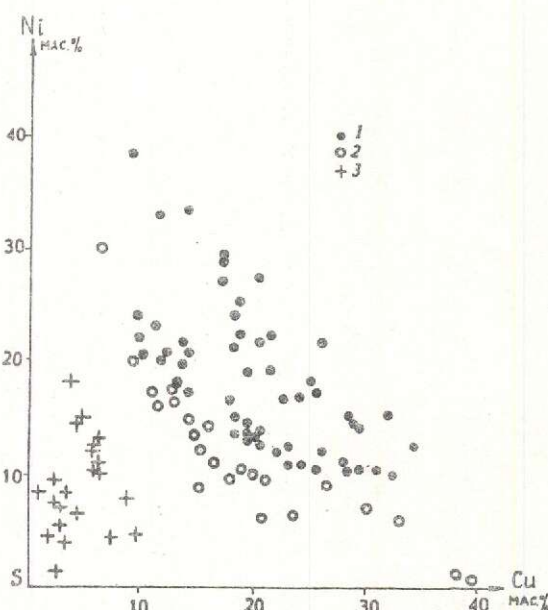


Рис. 3. Составы сульфидов собственно платинометалльных и медно-никелевых месторождений:

1 — малосульфидные горизонты расслоенных массивов и интрузий габбронорит-долеритовой формации; 2 — сульфиды платинометалльно-медно-никелевых месторождений (Талнах, Джин Хуан, Дулут и др.); 3 — сульфидные медно-никелевые месторождения (Печенга, Садбери, Камбалда и др.)

регадий, но всегда являются небольшой примесью к какому-либо несущему оруденению — сульфидному или окисно-сульфидному. Эмпирически установлено, что далеко не все зоны такого оруденения промышленно платиноносны, даже в тех случаях, когда они проявлены в связи с петрологически благоприятными типами расслоенных горизонтов. Поэтому возникает вопрос: влияет ли состав несущего оруденения на платиноносность горизонта, и если влияет, то каковы особенности такого оруденения в продуктивном для МПГ варианте.

Обобщение данных по 47 платиноносным объектам как с благороднометалльным оруденением, так и без него, позволило выявить специфические черты несущего оруденения, характеризующие именно промышленные объекты собственных месторождений платиноидов. Во-первых, в состав продуктивного несущего оруденения обязательно входят сульфиды. Во-вторых, несущее оруденение, с окисной фазой или без

держание сульфидов в среднем по перспективному горизонту составляет 1 % и менее. В-третьих, состав малосульфидного оруденения в платиноносных горизонтах специфичен и отличается повышенными по отношению к железу и сере содержаниями цветных металлов. Непременным условием платиноносности является присутствие в сульфидных парагенезисах медьсодержащих минералов. Обычно это пентландит-халькопиритовая с пирротинном, борнит-миллеритовая, борнит-халькопиритовая ассоциации. Эта последняя особенность сульфидного оруденения платиноносных зон отчетливо видна на рис. 3. На диаграмму в координатах S-Ni-Cu нанесены составы руд медно-никелевых месторождений и составы малосульфидного оруденения разных объектов. Из диаграммы видно, что поля составов медно-никелевых руд и малосульфидного оруденения разобщены: руды медно-никелевых месторождений, для которых содержания МПГ в 100 % сульфидов составляют первые г/т, образуют обособленную компактную группу; малосульфидное оруденение, в сульфидах которого (на 100 % сульфидов) содержания МПГ составляют многие сотни г/т и первые кг/т, образуют широкий пояс с различными соотношениями Ni/Cu, располагающийся в обогащенной цветными металлами части диаграммы. Состав сульфидов комплексных Pt-Pd-Cu-Ni месторождений приближается к таковому малосульфидных месторождений МПГ, и только вкрапленные руды Норильска-1, характеризующиеся высокой платиноносностью сульфидной массы (более 150 г/т), попадают в поле собственных платиноидных месторождений.

Таким образом, определенный состав сульфидов — необходимый признак наличия благороднометалльного оруденения в оцениваемом горизонте.

Подводя итог сказанному, можно отметить, что основные принципы оценки расслоенных массивов на собственные месторождения МПГ и критерии поисков месторождений в них сводятся к следующему:

наиболее продуктивны на МПГ расслоенные комплексы, формирование которых связа-

потенциально перспективны на МПГ магматические комплексы — производные низкотитанистых петрохимических серий. Как правило, это ритмично и циклично расслоенные массивы мафит-ультрамафитового состава;

первостепенный интерес внутри расслоенной серии представляют горизонты с определенными сочетаниями кумулятивных слоев, комбинации которых корреспондируют петрологическому типу массива. Типом массива определяется как положение потенциально продуктивного горизонта в его разрезе, так и его специализация на тот или иной металл платиновой группы (или сочетание металлов);

реально платиноносные горизонты характеризуются развитием малосульфидного обогащенного цветными металлами оруденения — сульфидного или сульфидно-окисного. Концентрации МПГ в связи с таким оруденением обычно составляют $p \times 100 - 2-3 \times 1000$ г/т (в расчете на 100 % сульфидов).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Годлевский М.Н. Магматические месторождения // Генезис эндогенных месторождений. — М., 1968. С. 7—83.
2. Годлевский М.Н. О характере связи сульфидного медно-никелевого оруденения с формацией базитов и гипербазитов // Магматизм и полезные ископаемые. — М., 1975. С. 43—57.
3. Закономерности формирования континентальной коры в фанерозое / А.В.Пейве, А.Л.Книппер, М.С.Марков и др. // Докл. 27 МГК. — М., 1984. Т. 7. С. 359—360.
4. Заскинд Е.С., Кочнев-Первухов В.И. Геотектонические закономерности размещения никеленосных регионов и оценка их продуктивности // Никеленосность базит-гипербазитовых комплексов Норильского региона. — Апатиты, 1988. С. 4—8.
5. Милановский Е.Е. Рифтогенез в истории Земли. — М.: Недра, 1983.
6. Можалева В.Н. Магматические формации как индикаторы рифтогенных систем // Советская геология. 1982. № 10. С. 82—93.
7. Пучков В.Н. Батические комплексы пассивных окраин геосинклинальных областей. — М.: Наука, 1979.
8. Burke K., Dewey J.F. Plume-generated triple junctions: key indicators in applying plate tectonics to old rocks // J.Geol. 1973. Vol. 81. № 4. P. 406—433.
9. Ross J.R., Travis G.A. The nickel sulfide deposits of Western Australia in Global Perspective // Econ.Geol. 1981. Vol. 76. № 6. P. 1291—1329.

Kochnev-Pervukhov V. I., Zaskind Ye. S., Konkina O. M., Zemskova G. V.

ESTIMATION OF PLATINUM BEARING LAYERED MAFIC-ULTRAMAFIC ROCK MASSES INTRUSIVES

Principles of petrological typification of layered mafic-ultramafic intrusives are set forth. The type of an intrusive mass defines the character, composition and localization of potentially platinum-bearing horizon in its section. Actual platinum-bearing horizons feature low-sulfide mineralization showing enormously high concentrations of base metals.

УДК [553.411 + 553.81].068.5:552.512

© О. Н. Захарова, 1995

ОБСТАНОВКИ ОБРАЗОВАНИЯ РОССЫПЕЙ ЗОЛОТА И АЛМАЗОВ В КОНГЛОМЕРАТАХ ПЛАТФОРМЕННЫХ ЧЕХЛОВ

О. Н. ЗАХАРОВА (ЦНИГРИ Роскомнедра)

Проведена типизация палеогеологических обстановок образования россыпей золота и алмазов в конгломератах платформенных чехлов. Выделены два главных по продуктивности типа обстановок: аллювиальные фации в глубоко врезаемых палеодолинах и прибрежно-морские фации вдоль подошвы древних структурных уступов.

В конгломератах высоkozрелых терригенных формаций платформенных чехлов на территории России и ряда зарубежных стран на сегодняшний день известно значительное число палеороссыпных месторождений золота, алмазов, а также редких и редкоземельных минералов. Наиболее продуктивные месторождения этого типа приурочены к отложениям раннедокем-брийского возраста (к чехлам протоплатформ). Однако палеозойские и более молодые рудоносные конгломераты также представляют интерес, поскольку нередко характеризуются богатыми содержаниями, залеганием на меньших глубинах и относительной легкостью отработки (большая часть месторождений и проявлений приурочена к нелитифицированным толщам). Важнейшей особенностью россыпемещающих формаций платформенных чехлов является их горизонтальное и субгоризонтальное залегание, что облегчает выделение рудоносных фаций, охватывающих все многообразие сводного латерального ряда. На основе обобщения отечественной и зарубежной литературы, а

Восточно-Европейской платформы и эпипайкальской Тимано-Печорской плиты, автором предпринята попытка их типизации. Выделены следующие палеогеологические обстановки накопления разнофациальных рудоносных отложений, относящихся к единому латеральному фациальному ряду.

Начинают сводный латеральный ряд элювиально-пролювиальные фации заполнения карстовых депрессий и пролювиальные (ложковые) фации, развитые в небольших эрозионно-тектонических впадинах в пределах питающей области. Они сложены продуктами ближнего переноса материала кор химического выветривания и представлены слабодифференцированным глинисто-песчано-галечным материалом каолин-кварцевого состава. Отсутствие следов значительной гидродинамической переработки при крайне малом пути переноса кластогенного материала свидетельствует о неблагоприятных условиях для процесса россыпеобразования. Палеороссыпи образуются исключительно в случае близости высокопродуктивных

месторождений алмазов в крупных карстовых воронках и депрессиях являются россыпи площади Бакванга в республике Заир. Многочисленные карстовые полости развиты в пределах высокого плато, сложенного карбонатными породами серии Бушима-йя, прорванными алмазоносными кимберлитами мелового возраста. Карстовые полости заполнены песчано-глинистым материалом с обломками различных пород, включая обломки первичной кимберлитовой брекчии [8]. Главными особенностями палеороссыпей этой площади являются близость коренных источников (кимберлиты мелового возраста), а также приуроченность карстовых воронок с россыпями алмазов к миоценовому пенефлену. В такой обстановке выветрелый материал кимберлитов не выносился за пределы плато, а отлагался в карстовых полостях в радиусе 6—10 км вокруг трубок [8]. Содержание алмазов в россыпях крайне неравномерно и на дне крупных воронок достигает ураганных (до 1000 кар/м³) [10].

Другим типичным примером россыпеобразования в сходных обстановках является палеороссыпное поле «Водораздельные галечники» в Западной Якутии, также расположенное в непосредственной близости от алмазоносных трубок Мир и Спутник на юге центральной части Сибирской платформы в сводовой части Ботуобинской седловины. Поле объединяет несколько богатых алмазоносных палеороссыпей, приуроченных к фрагментарно сохранившейся полифациальной иреляхской свите верхнего триаса-нижней юры. Континентальные алмазоносные отложения начинают разрез мезозойского тектоно-седиментационного цикла чехла платформы, заполняя эрозионно-тектонические депрессии на поверхности поздне триасового пенефлена, сформированного на карбонатных породах нижнего ордовика. Отложения представлены чередующимися серыми и темно-серыми озерными глинами, аргиллитами, алевролитами и супесями с резко подчиненными линзами ржаво-желтых песков с рассеянной галькой, щебенкой и гравием кварцево-кремнистого состава. Собственно алмазоносные горизонты, объединяющие линзы и гнез-

мерное, гнездообразное, что характерно для россыпей ближнего переноса (не более 2—3 км), локализованных в отложениях слабо перемещенной коры химического выветривания. Слабая дифференциация описываемых отложений отразилась и на плохой сортировке алмазов по крупности: соседствуют кристаллы с поперечником от долей миллиметра до 5 мм [9]. То же касается и распределения минералов-спутников алмаза по кимберлитам.

Сходные палеороссыпи, отличающиеся богатыми содержаниями, открыты в последние годы в отложениях карбона, заполняющих небольшие эрозионно-тектонические впадины на западном крыле Ботуобинской седловины Сибирской платформы.

Следующий член латерального ряда представляют русловые фации во фрагментарно сохранившихся палеодолинах и небольших эрозионно-тектонических впадинах. Палеороссыпи, в отличие от охарактеризованных, относятся, главным образом, к динамическому классу умеренно-ближнего переноса с относительно крупным, малоподвижным золотом и плохо отсортированными по размеру, в том числе крупными алмазами. Русловые фации развиты в пределах питающей области, однако слагающий их грубообломочный материал характеризует большая удаленность (до 25—30 км) от питающих источников и большая степень гидродинамической сортировки. Гравийно-галечный материал образует самостоятельные лентовидные тела и линзы, но галька обычно плохо окатана и слабо сортирована по крупности. Особенности палеороссыпей этого типа можно видеть на примерах третичных золотоносных конгломератов Юго-Восточной Австралии (штат Виктория) и Калифорнии, юрских и меловых золотоносных же конгломератов Зауралья пенефлена, а также юрских палеодолин Таймыра.

Золотоносные конгломераты Калифорнии и Виктории приурочены к уцелевшим в современной структуре фрагментам глубоко врезанных в складчатый фундамент палеодолин, большая часть которых перекрыта покровами плиоценовых вулканитов (рис. 1) [1]. В длину палеодолины прослеживаются на 5—7 км, а местами на

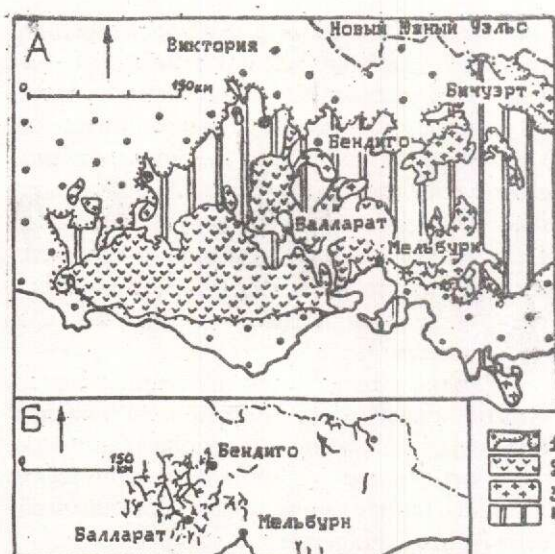


Рис. 1. Схематическая геологическая карта шт. Виктория (юго-восточная Австралия) (А) и размещение третичных долин (Б) (по W.Y. Emmons, 1937 г.):

1 — мезо-кайнозойские отложения платформенного чехла; 2 — третичные базальты; 3 — раннедевонские граниты; 4 — раннепалеозойский складчатый комплекс

ные отложения, развитые вдоль их тальвегов, сложены высокосрелыми, преимущественно кварцевыми песками и галечниками со значительной примесью валунного материала. Мощность третичного аллювия обычно не превышает 15—16 м. Золотоносна вся его масса, однако промышленные содержания приурочены к приплотиковому горизонту мощностью 0,5—3,5 метра с галькой и валунами в основании, к трещинам и впадинам плотика, и особенно к карстовым воронкам вдоль древних тальвегов. Золото в основном крупное (1,5—2 мм), встречаются самородки до 3 кг [11]. По мере удаления от коренных источников меняется характер грубообломочных отложений. Аллювиальные отложения приобретают в целом более широкое распространение, иногда значительную мощность (до 120 метров в золотоносных палеодолинах Нового Южного Уэльса на юго-востоке Австралии) и представлены более мелким обломочным материалом. На палеороссыпной площади Бингара (штат Новый Южный Уэльс) алмазоносные горизонты, представленные галечниками, характеризу-

Галечники слабо уплотнены и состоят из средней и крупной хорошо окатанной гальки кварца, яшмы и обломков метаосадочных пород. Широкое распространение, наличие тонкого переслаивания несчанников, глин и галечников, характерного для констативного аллювия, хорошая сортировка и окатанность обломочного материала, преобладание средней и крупной гальки, в отличие от грубого валунистого аллювия штата Виктория, позволяет предположить, что накопление продуктивного третичного горизонта происходило в условиях крупной, возможно сложной разветвленной долины. Алмазы площади Бингара мелкие, имеются следы окатывания и трещиноватости, указывающие на значительную транспортировку водотоками. Распределение кристаллов в галечниках неравномерное, среднее содержание низкое [7].

Смешанные русловые и прибрежно-морские фации в приустьевых частях грабен-долин вмещают палеороссыпи многоэтапного умеренно-ближнего и умеренно-дальнего переноса, характеризующиеся сложным многопластовым строением. Отложения приустьевых частей палеодолин, открывавшихся в морской бассейн, расположены в зоне сочленения древней питающей области и осадочного бассейна. Они имеют ряд специфических особенностей. Во-первых, благоприятные для россыпеобразования условия возникали лишь в приустьевых частях не крупных палеоводотоков, несущих грубообломочный материал (приустьевые части долин крупных рек обычно заполнены илесто-песчаным материалом, не содержащим россыпные компоненты). Во-вторых, для этих обстановок свойственно наличие переслаивания в разрезе собственно аллювиальных и прибрежных (ингрессионных) фаций. Прибрежные фации представлены, главным образом, конгломератами, преимущественно с галькой более высокой степени окатанности, чем в более редких линзах аллювиальных галечников. В связи с большей гидродинамической переработкой обломочного материала (по сравнению с ранее описанными обстановками) для него характерна хорошая дифференциация. Сортированный

распространяющихся на всю ширину долины. Таких пластов на описываемых участках обычно несколько. В основании конгломератовых пластов возможно присутствие узких извилистых «струй» конгломератов аллювиального генезиса, заполняющих эрозионные промоины. Распределение золота в стратиформных пластах прибрежно-морского генезиса более равномерное по сравнению с подстилающими их аллювиальными «струями», причем золото в таких россыпях преобладает мелкое — «косовое» (0,1—0,3 мм). Более крупное «пластовое» слаботранспортабельное золото присутствует в подчиненном количестве и приурочено к базальным частям пластов грубообломочных отложений [2].

Особенности россыпей рассматриваемого типа можно видеть на примере вендских золотоносных конгломератов Присяня (Хужир). Промышленные содержания золота здесь приурочены к нижней подсвите мотской свиты венда, представленной переслаиванием конгломератов, гравелитов и песчаников с прослоями аргиллитов. Конгломераты полимиктовые, но с преобладанием галек кварца и кварцитов. Окатанность грубообломочного материала в целом слабая. Однако, несмотря на это, отмечены высокие содержания тяжелых минералов — 50—70 кг/т, что характерно для прибрежно-морских отложений, подвергшихся механической обработке в зоне действия волн. Промышленные содержания золота приурочены к пластам конгломератов и гравелитов, прослой песчаников убого золотоносны, тогда как кварциты вообще не содержат золота. Ширина обогащенных струй варьирует от 35 до 300 метров при длине прослеженных участков палеорусел до 2 км. На одном из участков отмечен сильно изрезанный плотик, в палеопромоинах которого сосредоточены струи золотоносного грубообломочного материала. Максимальные содержания в палеороссыпях Хужира (вдоль тальвегов палеодолин) достигают 116—222 г/т, среднее содержание на мощность пласта 5 м — 2,3 г/т. Золото мелкое, преобладающие размеры 0,15—0,5 мм [5].

Фации аллювиальных и аллювиально-пролювиальных конусов, переработанных морем, закономерно сменяют по латерали

ранее описанные и вмещают палеороссыпи умеренно-дальнего и дальнего переноса. Такие фации накапливались, в отличие от предыдущих, в прибортовых частях осадочных бассейнов, отделенных от приподнятых питающих областей ступенчатыми конседиментационными сбросами. Конусы расположены на умеренно погруженных структурных ступенях, непосредственно у подошвы палеоструктурных уступов. Длительный перемыв рудоносного материала конусов морем способствовал концентрации россыпных компонентов. Для описываемых отложений характерны еще большая дифференциация обломочного и глинистого материала. Наряду с лентовидными, веерообразно расположенными телами конгломератов потокового генезиса, широко развиты и прибрежно-морские, образующие плащеобразно развитые выдержанные маломощные пласты со средней и мелкой, часто хорошо окатанной и плотно упакованной галькой. Палеороссыпи описываемых обстановок отличаются многопластовое строение, часто с «подвешенными» пластами на ложных плотиках (рис. 2), а также повышенное содержание тяжелых минералов. Золото характерно мелкое и весьма мелкое, масса кристаллов алмаза не превышает 1—2 карат при почти полном отсутствии минералов-спутников алмазов по кимберлитам (в крайне малом количестве встречаются наиболее устойчивые — пиропы, хромшпинелиды).

Именно с такими фациями, но в протоплатформенных отложениях, связаны палеороссыпи уникального по продуктивности урано-золотоносного района Витватерсранд, а также золотоносные с алмазами конгломераты в протоорогенном комплексе раннепротерозойской впадины Тарква. В фациях веерных конусов среди отложений платформенных чехлов локализованы относительно небольшие золотые палеороссыпные объекты Восточной Австралии (площадь Коптон в 18 км юго-западнее г. Инверелла), алмазные россыпи в пермских отложениях на западном крыле Ботуобинской седловины Сибирской платформы, девонские золотоносные с алмазами конгломераты Среднего Тимана.

На Среднем Тимане (поле Ичет-Ю) палеороссыпи золота с сопутствующими алмазами, редкоземельными и

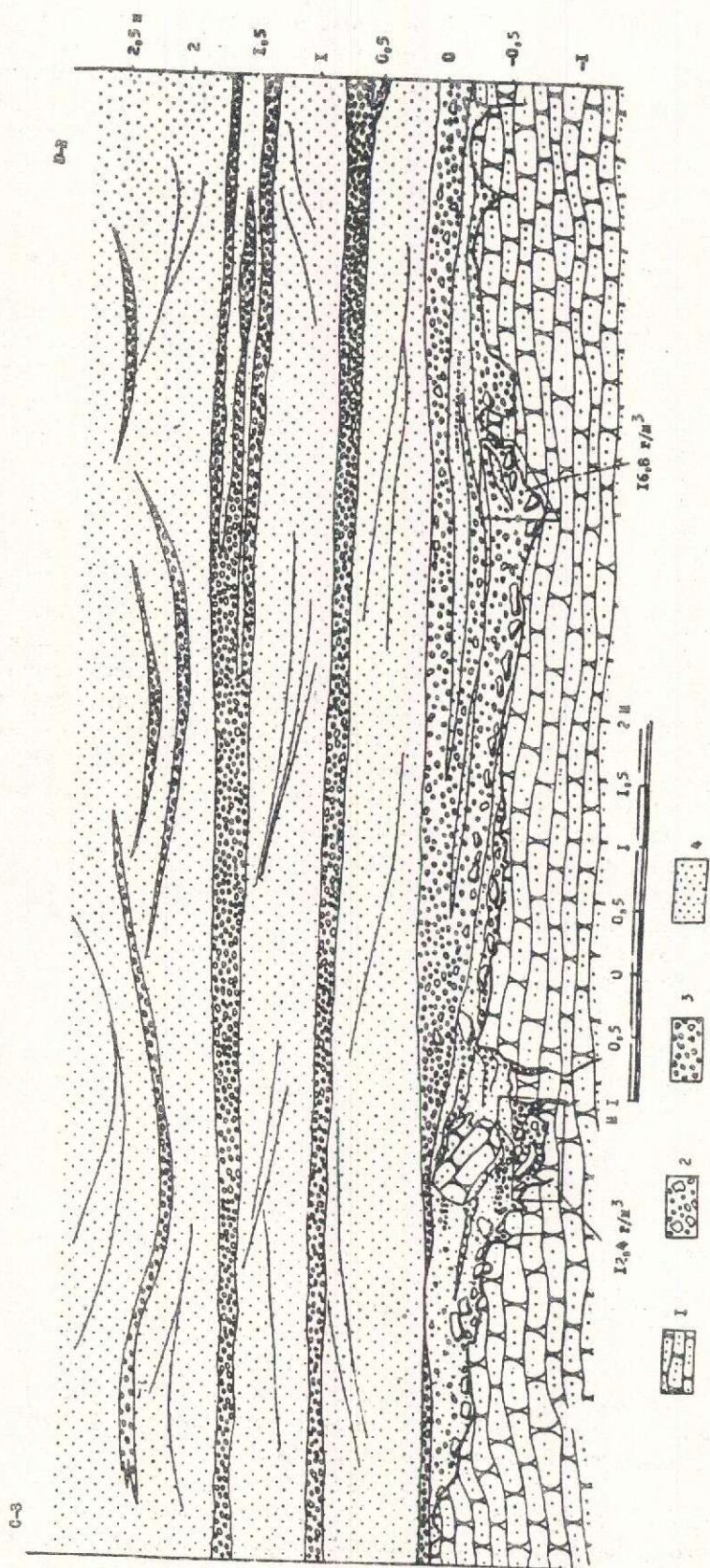


рис. 2. Строение продуктивного конгломератного горизонта яранской свиты на одном из участков поля Ичет-Ю (Средний Тиман);

— песчаники малорудной свиты; 2 — конгломераты мелко-среднегалечные; 3 — конгломераты мелко-среднегалечные; 4 — кобальтовые грубогалечные

редкометалльными минералами обнаружены в небольшой грабенообразной впадине близ северного окончания Вымской гряды, сложенной породами байкальского фундамента. Небольшие (1—3 км в поперечнике) аллювиальные конусы выноса, переработанные в прибрежной зоне моря, выделены в терригенных отложениях верхнего девона (яранская свита) [4]. Конусы расположены цепочками вдоль подошвы древних структурных уступов на опущенных крыльях малоамплитудных палеосбросов, пересекающих предьяранские убогозолотоносные отложения платформенного чехла. Последние, являясь промежуточными коллекторами золота, сыграли немаловажную роль в питании россыпей. Несортированные песчано-галечные породы аллювиальных конусов подверглись перемиыву в прибрежной зоне наступившего яранского моря. В процессе перемиыва значительная часть песка выносилась в море, что привело к остаточной концентрации гравийно-галечного материала, тяжелых россыпных минералов и золота. Рудоносный гравийно-галечный материал был отложен в виде линзовидных пластов, чередующихся с песчаниками и пудингами. Реликтовые пролювиально-аллювиальные осадки сохранились только в разрозненных линзах, заполняющих древние эрозионные врезы и неправильной формы углубления в подошве конусов. В распределении гравийно-галечного материала и ориентировке древних эрозионных каналов наблюдается веерообразная струйчатость (рис. 3), подтверждающая существование конусов. Та же закономерность свойственна распределению золота и тяжелых россыпных минералов. Длина обогащенных струй достигает 1,3 км при ширине 170—250 м. Обычно их несколько (4—5) в пределах конуса. Распределение полезных компонентов внутри струй резко неравномерное. Высокие содержания закономерно приурочены к базальному пласту продуктивного горизонта, преимущественно к конгломератам [4]. Главными особенностями рассматриваемых палероссыпей является их принадлежность к динамическому классу умеренно-дальнего многоэтапного переноса, участие в питании промежуточных коллекторов ранне- и среднепалеозойского возраста

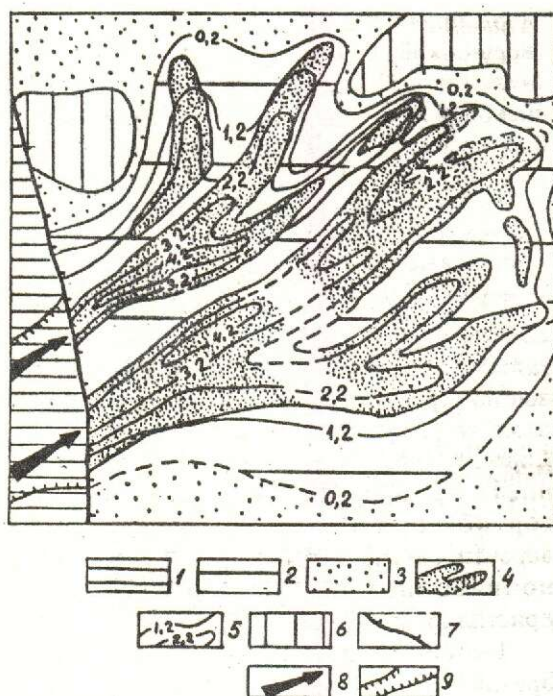


Рис. 3. Реликтовое веерообразно-струйчатое распределение повышенных содержаний россыпного золота в конгломератах и гравелитах аллювиального веерного конуса второго порядка поля Ичет-Ю (участок Юго-Западный Ичет-Ю):

1 — палеовыступ байкальского фундамента; 2 — фации аллювиального веерного конуса, переработанного морем; 3 — прибрежно-морские отложения; 4 — обогащенные золотом «струи»; 5 — изопахиты продуктивных отложений, м; 6 — участки последующего размыва конгломератового горизонта яранской свиты; 7 — палеосброс; 8 — направления переноса рудоносного обломочного материала; 9 — приустьевая часть питающей палеодолины

ющих палеороссыпи (аллювиально-пролювиальный режим, сменившийся во времени прибрежно-морским).

Завершают сводный латеральный ряд прибрежно-морские фации пляжей и крупных вдольбереговых баров, распространенные в виде серии широких полос вдоль борта палеобассейнов. Рудоносный обломочный материал прибрежно-морских фаций испытал наиболее далекий многоэтапный перенос. Отложения представлены трансгрессивными мезоциклами с маломощными прослоями конгломератов в основании и песчаниками в средней и верхней части.

держанных пластах, хорошей, вплоть до совершенной, сортировкой и окатанностью, а также преобладанием галек специфической дискообразной формы. Золото в прибрежных россыпях преобладает мелкое и весьма мелкое. Сосредоточено оно преимущественно в приплотиковой части пластов конгломератов. Особо следует отметить наиболее высокие содержания тяжелых минералов, образующих прослой естественного шлиха в пластах, наиболее насыщенных галькой. Прибрежные палеороссыпи алмазов по строению сходны с золотыми, однако алмазы равномерно распределены на всю мощность конгломератовых прослоев. Отличает прибрежные россыпи высокая сортность алмазов, обусловленная, вероятно, их длительной обработкой в волноприбойной зоне и разрушением кристаллов с дефектами.

Особенно продуктивны среди прибрежно-морских палеороссыпи, сформированные в условиях стабильной прибрежно-морской зоны. Они располагаются на умеренно погруженных структурных ступенях, вытянутых вдоль бортов грабен-образных впадин, и характеризуются полосовидным в плане распространением конгломератовых горизонтов, неоднослойным строением, продольно-струйчатым распределением тяжелых минералов. Палеороссыпи, образованные в таких обстановках, известны во многих районах мира. Таковы позднерифейские алмазоносные палеороссыпи впадин Панна и Куддапах в чехле Индостанской платформы [10], верхнетриасовые алмазоносные гравелиты Хараулахских гор в обрамлении Сибирской платформы, девонские палеороссыпные проявления золота и алмазов на Среднем и Северном Тимане [3, 4]. Практически отработаны богатые прибрежно-морские палеороссыпи золота близ городов Иллабарук и Питсбург в юго-восточной Австралии (штат Виктория). Примером высокопродуктивных россыпей стабильной прибрежно-морской зоны являются также кайнозойские россыпи золота на Аляске близ г. Ном (так называемый 3-ий пляж) [6] и алмазные россыпи Намибии того же возраста [10].

леороссыпных проявлений алмазов в девонских травянской и надеждинской свитах на Северном Тимане. Фации древних пляжей вытянуты вдоль западного борта девонской рифтогенной впадины, представлявшего в период осадконакопления крутой структурный уступ, обеспечивавший стабильность береговой линии. Продолжительный и интенсивный перемыв в стабильных условиях обусловил чрезвычайно высокую концентрацию тяжелых минералов (до 230—270 кг/т) в относительно мощных (0,1—0,3 м иногда более) прослоях естественного шлиха, сложенного здесь главным образом крупными зернами ставролита (до 20 мм) и альмандина (до 3—5 мм) (рис. 4) [3]. Это свидетельствует о совершенной гидродинамической сепарации обломочного материала, чрезвычайно благоприятного для процесса россыпеобразования. Полосы грубообломочных отложений обогащенные шлиховыми минералами, в том числе алмазами, достигают 10—12 км в длину и 2—3 км — в ширину. Характерно продольно-струйчатое распределение тяжелых кластогенных минералов (прослой, насыщенные указанными выше минералами выделяются соответственно коричневой или красной окраской).

В заключение необходимо подчеркнуть,

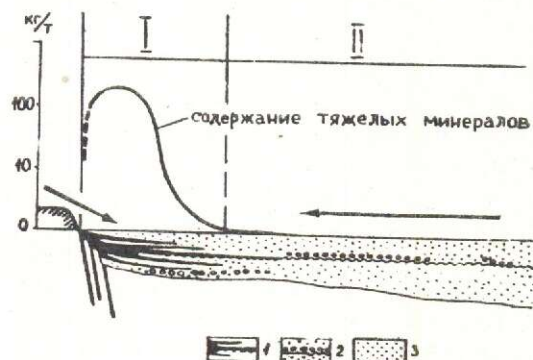


Рис. 4. Концентрация тяжелых кластогенных минералов в конгломератах стабильной (I) и мобильной (II) прибрежно-морских зон:

1 — конгломераты и гравелиты, насыщенные шлиховыми минералами, особенно крупной размерности (3—5 мм и более); 2 — конгломераты с низким содержанием шлиховых минералов; 3 — песчаные отложения.

что палеороссыпи, сформированные в описанных обстановках обладают различной продуктивностью. Выделяется два главных, принципиально различных типа обстановок и, соответственно, механизма формирования древних россыпей в конгломератах. Один из них представляет собой аллювиальные фации во врезанных палеодолинах, другой — прибрежно-морские фации вдоль подошвы древних структурных уступов у бортов осадочных бассейнов. В первом случае обогащение россыпными минералами происходит за счет длительного перемыва обломочного материала водотоками, во втором — за счет воздействия волн в прибрежно-морской зоне. Все остальные обстановки формирования россыпных концентраций представляют собой комбинации этих процессов, проявленных в различной мере, и требуют ряда дополнительных условий для образования продуктивных россыпей. В соответствии с этим выводом главными по продуктивности палеороссыпями золота в конгломератах платформенных чехлов являются аллювиальные в глубоко врезанных долинах (например, третичные россыпи Виктории и Калифорнии) и прибрежно-морские (Ном). Наиболее продуктивные россыпные объекты с высокосортными алмазами также приурочены к прибрежным фациям стабильных зон (кайнозойские в Намибии и позднерифейские во впадинах Панна и Куддапах в чехле Индостанской платформы). По аналогии с современными аллювиальными россыпями алмазов можно предположить, что и в геологическом прошлом важное значение имели аллювиальные фации во врезанных палеодолинах, редко сохраняющиеся в современной структуре. Следует отметить, что фации аллювиальных веерных конусов и заполнения приустевых частей глубоко врезанных палеодолин играли важнейшую роль при накоплении докембрийских высокопродуктивных палеороссыпей золота, в меньшей степени алмазов (объекты Витватерсранд, Тарква, Жакобина и др.), однако впоследствии их роль снизилась. Это может быть связано с уникальными условиями далекого прошлого и, прежде всего с тем, что для образования в них высокопродуктивных

длительное время. Формирование раннедокембрийских веерных конусов Витватерсранда длилось не менее 200—250 млн лет [12], тогда как в позднем палеозое и особенно в фанерозое в связи с прогрессирующим сокращением тектоно-седиментационных циклов продолжительность формирования веерных конусов была значительно меньше (в позднем девоне на поле Ичет-Ю Среднего Тимана она не превышала 5—10 млн лет). Что касается палеороссыпей ближнего сноса (карстовые и ложковые), то названные процессы россыпеобразования при их формировании не играли существенной роли, и образование высокопродуктивных объектов целиком зависело от наличия расположенных рядом богатых коренных источников.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ивсен Ю.П., Левин В.И., Нужнов С.В. Формационные типы древних золотоносных россыпей и методы их поисков. — М.: Наука, 1969.
2. Константиновский А.А., Ганжа Л.М., Дерюгин Ю.Н. Методические рекомендации по поискам месторождений золота в докембрийских конгломератах СССР. — М.: Изд-во ЦНИГРИ, 1986.
3. Константиновский А.А., Левин В.И., Пятровский С.В. Природные модели алмазных россыпей в конгломератах. — М.: Недра, 1984.
4. Константиновский А.А., Пачуковский В.М., Захарова О.Н. К проблеме рудоносности Тимана // Литология и полезные ископаемые. 1993. № 5. С. 69—80.
5. Мордвин А.П. Геология и золотоносность конгломератов мотской свиты верхнего венда Иркутск-Урикского Присяяния (на примере Хужирского проявления): Автореф. канд. дисс. — Иркутск, 1974.
6. Нестеренко Г.В. Происхождение россыпных месторождений. — М.: Наука, 1977.
7. Полезные ископаемые Австралии и Папуа Новой Гвинеи. — М.: Мир, 1980. Т. 2.
8. Прокопчук Б.И., Левин В.И., Метедкина М.П., Шофман И.Л. Древний карст и его россыпная минерализация. — М.: Наука, 1985.
9. Рожков И.С., Михалев Г.П., Прокопчук Б.И., Шамшина Э.А. Алмазоносные россыпи Западной Якутии. — М.: Наука, 1967.
10. Трофимов В.С. Геология месторождений природных алмазов. — М.: Недра, 1980.
11. Dunn E.J. Geology of Gold (South Africa, Australia, New Zealand): London, Griffin, 1929.
12. Pretorius D.A. The nature of Witwatersrand gold uranium deposits / Handbook of strata-bound and stratiform ore deposits. Amsterdam-Oxford-New York: Elsevier Sci. Publ. Co., 1976. Vol. 7. P. 2.

Zakharova O. N.

CONDITIONS of FORMATION OF GOLD AND DIAMOND PLACERS IN PLATFORM CONGLOMERATES

A typification of paleogeological situations characterizing the formation of gold and diamond placers in platform mantle conglomerates is presented. Two types of situations are shown to be distinguished as essential ones as regards the productivity: alluvial facies in deeply entrenched paleovalleys and coastal-marginal facies along the floor of old structural terraces.

УДК [550.8:553.3/9]:51

© Ю. В. Лир, С. С. Шакин, 1995

ФРАКТАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ КОНЦЕНТРАЦИОННЫХ НЕОДНОРОДНОСТЕЙ ЖИЛЬНЫХ ЗОЛОТОРУДНЫХ ТЕЛ

Ю. В. ЛИР, С. С. ШАКИН (Санкт-Петербургский горный институт)

Выполнен фрактальный анализ данных разведки и эксплуатации 15 жил четырех золоторудных месторождений России. Измерены фрактальные размерности контуров изоконцентрат золота на продольных вертикальных проекциях, рассчитаны природные порции (кванты) дискретной структуры запасов, определен коэффициент перехода между квантами запасов разных масштабных уровней. Установлено постоянство величин квантов запасов и фрактальной размерности запасов для всех рудных тел каждого месторождения.

Целью работы является оценка сложности контуров концентрационных неоднородностей на материале золоторудных жил некоторых месторождений Востока России, а также изучение масштабной дискретности (квантов) запасов и определение коэффициентов межуровневых переходов по этим же жилам.

Исходными материалами для исследования послужили данные разведочного и эксплуатационного опробования 15 золоторудных жил 4 месторождений (Токур, Коммунар, Тасеевское и Дарасун), представленные в виде продольных вертикальных проекций жил с нанесенными на них значениями содержания золота в точках опробования по отработанным блокам с густотой сети опробования от 2х2 до 5х5 м. На продольных вертикальных проекциях жил показаны изолинии концентраций золота (1—3 градации). В дальнейшем изложении эти продольные проекции с изолиниями содержания металла именуются для краткости картами изоконцентрат.

методы фрактального анализа или — в узком смысле — фрактальной геометрии могут быть с успехом применены для изучения форм геологических объектов при различных масштабах их рассмотрения. В нашем случае речь идет об изоконцентрах золота, которые могут представлять собой незамкнутые, условно-замкнутые или замкнутые контуры обычно достаточно сложной и разнообразной формы. Фрактальное исследование изоконцентрат предполагает, в частности, их тестирование на соответствие условию самоподобия, а также количественную оценку важнейшего характеристического показателя — фрактальной размерности по принципу так называемой «клеточной размерности».

Оценка фрактальной размерности изоконцентрат осуществлялась нами с помощью программного комплекса Major-3, реализованного на компьютере IBM-PC/AT-386. Вначале с помощью дигитайзера выполнялся

точек, образующих линию или контур фигуры. Используемая программа позволяет оператору варьировать шаг перемещения записывающего устройства в зависимости от амплитуды изгибов линии. При этом кривые линии спрямляются ломаными, причем задачей оператора является подбор оптимального варианта спрямления, который позволяет избежать потери информации о характере рисунка и одновременно получить не слишком много точек излома.

Всего было записано 29 файлов по общему числу градаций изоконцентр. Количество пар значений координат колебалось от 103 (Токур, жила 1, изоконцентра 400) до 3845 (Дарасун, жила Футбольная, изоконцентра 50). Анализ записанного рисунка начинался с воспроизведения его на экране дисплея, после чего работа велась по алгоритму сканирования: на рисунок последовательно «набрасывались» сети с варьирующими размерами ячеек (r) и для каждого значения r определялось число ячеек, в которые попадает хотя бы одна точка, принадлежащая изучаемой изоконцентрате. Число итераций, размер начальной (базовой) ячейки сканирования и коэффициент масштабного перехода размеров ячеек от предыдущей итерации к последующей задаются пользователем.

На заключительном этапе работы программного комплекса наносятся точки фрактального графика в системе координат $\lg(r) - \lg(N)$ (N — число ячеек сканирующей сети, содержащих хотя бы одну точку исследуемой изоконцентрты). Если график надежно спрямляется прямой линией, то это свидетельствует о соответствии способа оценки фрактальной размерности исследуемому материалу. Тангенс угла наклона графика к оси X ($\lg(r)$) определяет величину фрактальной размерности D (рис. 1). В итоге проведенных исследований были построены фрактальные графики для всех 15 жил. Рассмотрение этих материалов позволяет сделать следующие выводы.

1. Точки координатных графиков для минимальных значений изоконцентрты для всех рудных тел надежно и однозначно аппроксимируются прямой линией. Значения фрактальной размерности D для минимальных изоконцентрты колеблются от 1,16 до 2,47, что указывает на возможность описания форм изолиний фрактальной моделью.

$D > 2,00$ характеризуют не плоский, а трехмерный фрактал. Графическое представление такого объекта в виде изоконцентрты на плоскости некорректно, так как при сгущении сети опробования или изменении ее геометрии изоконцентрты окажутся невлостимыми в двумерное пространство.

3. Точки графиков для средних и высоких значений изоконцентрты имеют большой разброс относительно осредняющей прямой, в ряде случаев они допускают спрямление двумя прямыми под тупым углом друг к другу, что может быть интерпретировано как псевдофрактал. Выделение псевдофракталов носит достаточно субъективный характер, но в тех случаях, когда они определяются вполне достоверно, можно полагать, что для каждой ветви псевдофрактала «работает» свой закон иерархического устройства объекта, связывающий соседние значения морфологических показателей в дискретном ряду. Следовательно, геометрия и густота разведочной сети, приложимые к диапазону изменения

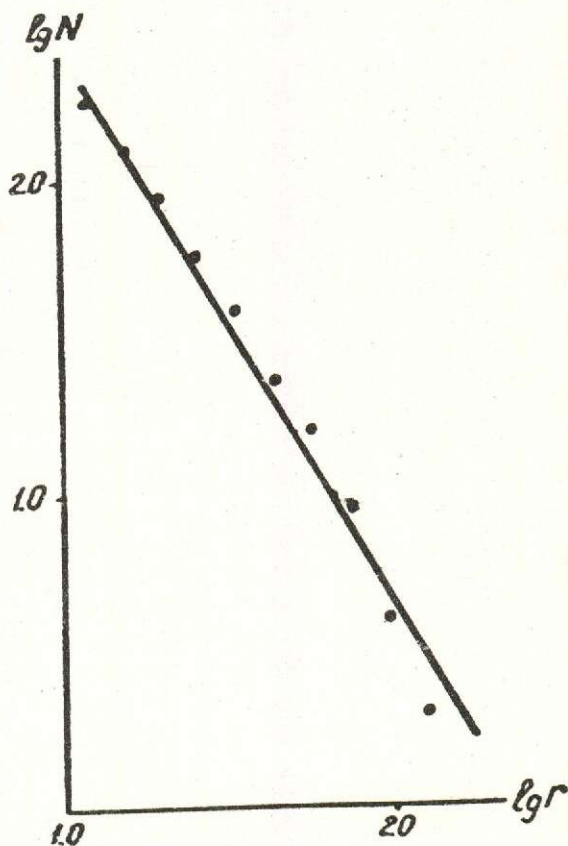


Рис. 1. Фрактальный график для изоконцентрты металла 37. Месторождение Дарасун, жила Ново-Куз-

объекта в пределах одной ветви фрактального графика, требуют корректировки при переходе к другой ветви.

4. Визуальное сравнение карт повышенных значений изоконцентрат показало, что вид фрактального графика определяется, по-видимому, в основном характером изолиний и степенью равномерности распределения обогащенных «пятен» по площади карты. Представляется возможность выделить: а — контуры простые, сложные и их комбинации; б — относительно равномерное, неравномерное и крайне неравномерное распределение обогащенных участков. Изоконцентраты металла на продольной проекции, характеризующиеся простыми по форме контурами и относительно равномерным распределением по площади обогащенных «пятен», (например, жила Санниковская месторождения Дарасун) имеют значение фрактальной размерности $D = 1,18$. Среднее значение D по группе переходных объектов (простые контуры и неравномерное распределение богатых концентраций) составляет 1,31. Наконец, в группе объектов, отвечающих модели псевдофрактала (контуры простые и сложные, распределение по площади неравномерное), среднее значение D равно 2,13.

Очевидно, что приведенные выводы носят предварительный характер, они нуждаются в проверке на более представительном материале. Однако главное состоит в том, что необходимо исследовать геологические факторы, ответственные за разнообразие фрактальных характеристик изоконцентрат золота. Можно, в частности, полагать, что наличие на картах изоконцентрат комбинаций простых и сложных контуров обогащенных участков, описываемых моделью псевдофрактала, связано с двумя этапами осаждения золота: ранним (золото с пиритом, арсенопиритом, ранним кварцем, железистым сфалеритом и др.), создающим общий фон повышенной золотоносности с относительно простыми по форме контурами бонанцами, и поздним (главным продуктивным) этапом, в котором золото в самородной форме и в составе теллуридов ассоциирует с поздним кварцем, халькопиритом, разнообразными сульфосолями. Рудоотложение позднего этапа могло приводить к локальному обогащению некоторых из ранних бонанцев, что сопровождалось существенным усложнением их контуров.

Масштабная дискретность определялась для 15 золоторудных жил — тех же, где был проведен фрактальный анализ изолиний концентрации золота. Исследование проводилось на ЭВМ при помощи, примененным ранее авторами для оловорудного Депутатского месторождения [2] — составлением гистограмм запасов в пробах при варьировании размеров проб (имитирование опробования разного масштаба). Опробованная часть рудного тела делится на разное число ячеек (от 36 до 4000). В каждой ячейке вычисляется средний метропроцент методом геометрического среднего, а затем составляется гистограмма значений осредненных метропроцентов по всем имеющимся на продольной проекции изучаемой жилы ячейкам. Из полученных гистограмм выбираются наиболее симметричные, причем критерием симметричности является стандартный коэффициент асимметрии гистограммы. Отобранные гистограммы сравниваются на предмет одно-/полимодальности, что позволяет выделить наиболее симметричные и одномодальные гистограммы.

Попытка обработки нелогарифмированных данных не удалась: все получаемые гистограммы были асимметричны. Логарифмирование исходных данных позволило выделить сравнительно симметричные гистограммы.

Для отобранных гистограмм степень асимметричности и модальности гистограмм разная. При этом «наилучшая» гистограмма единственна в некотором интервале размеров стороны ячеек.

После отбора наиболее симметричных и одномодальных гистограмм вычисляется средняя геометрическая величина метрограмма золота в ячейках, соответствующих данным гистограммам. Умножением полученного значения метрограммы на площадь ячейки и на объемную массу руды можно получить средний запас ячейки масштаба с «хорошей» гистограммой. Однако в распоряжении авторов не было данных об объемной массе, поэтому все величины запасов даны в условных единицах с принятием объемной массы равной единице. Величина этого запаса ранее была нами названа квантом данного масштабного уровня [2]. Квант запаса — это некоторая порция металла, локализация которой в данных геологических условиях должна иметь наиболее контрастные границы.

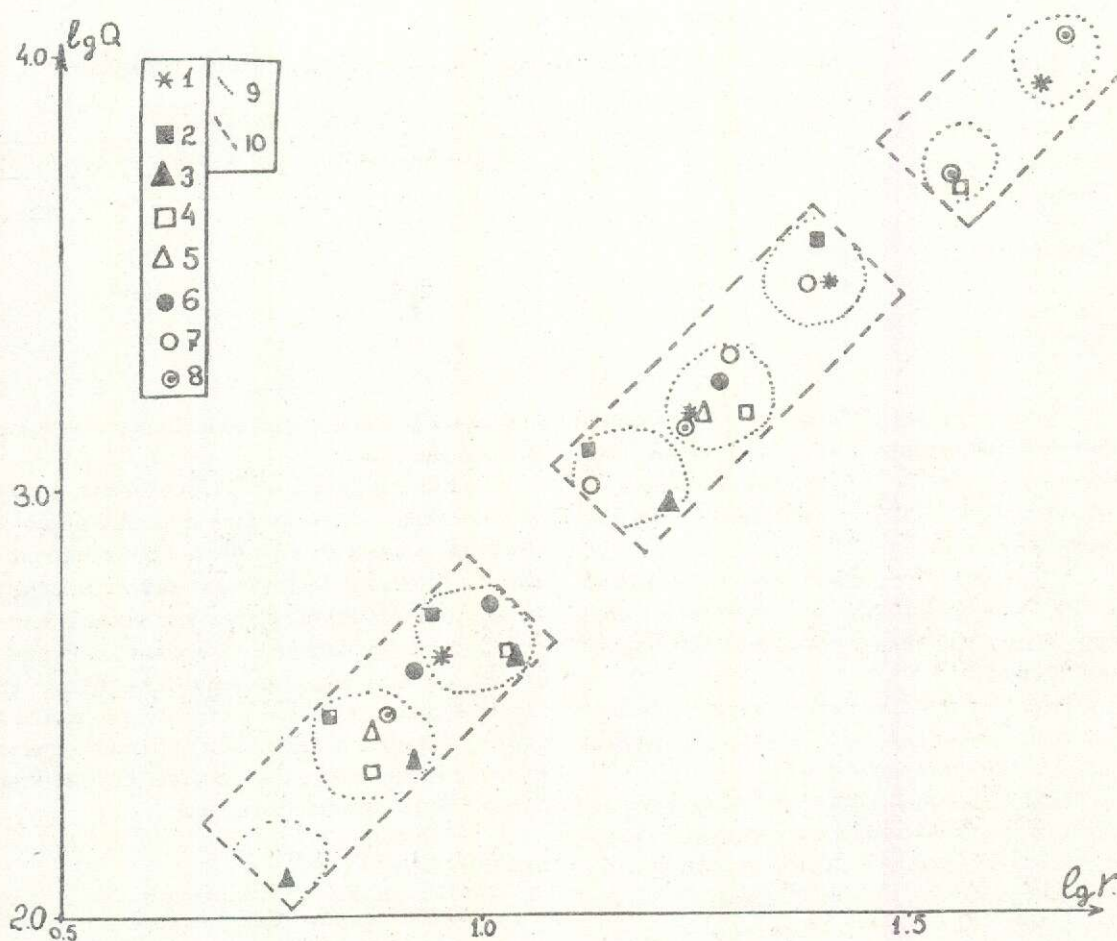


Рис. 2. Фрактальный график квантов запасов. Месторождение Дарасун:

вертикальная ось — условные запасы ($10\% \cdot \text{м}^3$), горизонтальная — размер блока (м). Положение точек квантов запасов золоторудных жил: 1 — Сентябрьская, 2 — Медведевская, 3 — Пирротиновая, 4 — Санниковская, 5 — Алмазная, 6 — Новокузнецовская, 7 — Искра, 8 — Футбольная, 9 — обобщенные кванты второй иерархии, 10 — то же первой иерархии

ношений выделенных квантов запасов разных уровней хорошо выявляются с помощью фрактального графика (рис. 2). По осям координат откладывается десятичный логарифм запасов (ось Y) и десятичный логарифм среднего геометрического размера стороны ячейки (ось X).

Рассмотрение фрактальных графиков говорит о следующем.

1. В жилах исследованных месторождений имеется природная дискретность, т.к. наблюдается повторяемость точек, отображающих кванты запасов, через определенный интервал размеров и запасов.

2. Величины квантов запасов по разным жилам одного месторождения согласованы между собой и образуют обобщенные кван-

ты: области наиболее плотного расположения точек квантов отдельных жил.

3. Для месторождений Дарасун и Тасевское обобщенные кванты имеют два уровня (композит из двух иерархий с разными законами перехода): область на фрактальном графике обобщенного кванта первого уровня включает три кванта второго уровня. Возможно, что эти два уровня отвечают разным геологическим процессам.

4. Все жилы одного месторождения имеют одно и то же значение фрактальной размерности запасов; это значение характеризует месторождение в целом и может быть выявлено по любой жиле месторождения. Особенно показательно в этом плане месторождение Дарасун (см. рис. 2).

Определение коэффициента перехода между квантами запасов одной иерархии

Месторождение	Номер иерархии	Коэффициент перехода	
		по размеру ячейки	по величине запасов
Дарасун	1	1,26	2,0
	2	2,60	7,1
Тасеевское	1	1,41	2,5
	2	4,00	20,0
Токур	—	1,58	2,5
Коммунар	—	1,33	2,0

Изученные месторождения по значению фрактальной размерности запасов можно расположить в ряд по возрастанию: Токур — 1,85, Дарасун — 1,92, Тасеевское — 1,98, Коммунар — 2,16.

5. По данным фрактального графика может быть определен коэффициент перехода между квантами запасов одной иерархии (таблица).

Практическое использование выявленных природных закономерностей возможно в следующих направлениях.

Продолжая наблюдаемую иерархию размеров обобщенных квантов в сторону увеличения, мы получим размеры и запасы рудных тел и всего месторождения в целом, что может быть использовано при оценке объекта, прежде всего, на ранних стадиях изучения.

Продолжая иерархию обобщенных квантов «вниз», в сторону меньших размеров, мы получим размеры обособлений золота, что важно для обоснования оптимальных схем опробования и обогащения.

Выделенные природные обособления (рудные тела, рудные столбы разных масштабных уровней) должны представлять собой кванты, что дает возможность независи-

мой проверки достоверности их выделения и оценки запасов.

Фрактальная размерность запасов должна учитываться при выборе способа оконтуривания и подсчета запасов. В частности, запасы в жилах месторождения Коммунар не могут быть оконтурены изолинией метрограмм на продольной проекции, поскольку их фрактальная размерность более 2. Достоверная «изометрограмма» такого оконтуривания невлостиима в двухмерное пространство, поскольку в этом случае она будет иметь самопересечения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лир Ю.В., Шакин С.С., Карякин И.А. и др. Исследование иерархий структур рудоносных объектов на основе принципов и методов фрактальной геометрии // Реферативный сборник избранных работ по грантам в области фундаментального естествознания. — СПб., 1994. С. 153—154.
2. Лир Ю.В., Шакин С.С. О законах распределения запасов металлов в недрах // Руды и металлы. 1994. № 2. С. 18—23.
3. Шакин С.С. Фрактальные модели и перспективы их использования в геологии // Геологические модели и прогноз месторождений полезных ископаемых. — СПб., 1993. Т. 137. С. 84—89.

Lir Yu.V., Shakin S.S.

FRactal ANALYSIS OF CONCENTRATION INHOMOGENEITIES IN VEINED GOLD OREBODIES

Fractal analysis of data obtained in exploration and exploitation of 15 veins incorporated in four gold deposits of Russia has been performed. Fractal dimensions of gold isoconcentrate contours in longitudinal vertical sections have been measured; natural portions (quanta) characterizing the quantified structure of reserves have been calculated, with transition factor relating the reserves amount quanta belonging to different scale levels determined. Values of reserves amount quanta and fractal dimensions of reserves quantity are found to be constant for all orebodies of each given deposits.

**ЦНИГРИ**

ЦЕНТРАЛЬНЫЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫЙ ИНСТИТУТ
ЦВЕТНЫХ И БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ

МЕТОДИКА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ И ПОИСКОВ ЗОЛОТОРОССЫПНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

На территории России найдены, изучены и отрабатываются россыпи самых различных типов: аллювиальные (русловые, долинные, террасовые, погребенные), делювиальные, делювиально-пролювиальные, карстовые, прибрежно-морские, палеороссыпи и золотосыпные конгломераты. Российский опыт позволяет уверенно прогнозировать и вести поиски россыпей в любых странах мира как в старых районах, где близповерхностные россыпи исчерпаны, так и в районах, где россыпи пока неизвестны, но предполагаются по комплексу косвенных признаков.

Методика основана на анализе геологических обстановок, морфоструктурном районировании, выделении комплекса прогнознопоисковых критериев (геологических, геоморфологических, геохимических, геофизических) для каждой конкретной геологической обстановки.

Пионерные работы специалистов ЦНИГРИ в странах Азии, СНГ, Восточной Европы, Латинской Америки подтвердили эффективность созданных ЦНИГРИ научно-методических основ прогноза, поисков и оценки россыпных месторождений золота. Прогрессивные технологии таких работ позволяют с минимальными затратами выделять площади для проведения поисковых и оценочных работ. Созданы и реализуются компьютерные системы прогноза; разработаны приемы оптимизации оценки и разведки россыпей на основе их многофакторных моделей; широко используются эффективные приемы геолого-экономического анализа и проектирования геологоразведочных и горных работ.

Вид реализации — инжиниринг, ноу-хау.

Адрес: 113545, г. Москва, Варшавское шоссе, 129"Б", ЦНИГРИ
Телефон: (095) 313-18-18, 315-26-38
Телетайп: 114142 АДУЛЯР
Факс: (095) 315-27-01

СТРОЕНИЕ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ



УДК 551.311.231.(470.5)

©Н. М. Риндзюнская, Т. П. Полякова, В. Н. Бобров, 1995

ГЕОЛОГО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЗОНЫ ГИПЕРГЕНЕЗА ВОРОНЦОВСКОГО ЗОЛОТОРУДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Н. М. РИНДЗЮНСКАЯ, Т. П. ПОЛЯКОВА (ЦНИГРИ Роскомнедра),
В. Н. БОБРОВ (ВГРП Уралгеолком)

Рассмотрены геология, минералого-геохимические особенности, характер распределения и поведение золота в коре выветривания Воронцовского месторождения (Северный Урал). Дана типизация различных типов коры выветривания.

Воронцовское месторождение расположено на Северном Урале в пределах Краснотурьинской рудной зоны Тагило-Магнитогорского мегасинклиория. Оно приурочено к брахиформной антиклинали, осложнено линейными структурами мезозойской тектономагматической активизации и локализовано в зоне пересечения продольных и диагональных разломов глубокого заложения.

Основание разреза месторождения сложено известняками фроловско-васильевской толщи D_{1c} fr с прослоями туфопесчаников и туфоалевролитов. Известняки мраморизованы. На них согласно залегают вулканогенно-осадочные породы башмаковской толщи D_{1c} ba, в верхней части, состоящие из слоистых туффитов. Вышележащая богословская толща D_{1c} bo представлена туфами и порфиритами андезитового, реже андезит-базальтового состава, туфопесчаниками с прослоями туфоалевролитов.

Оруденение связано с Ауэрбаховским интрузивным массивом (D_{1-3}), внедрение которого обусловило проявление контактового и контактово-метасоматического метаморфизма, вызвавшего мраморизацию известняков, скарнирование пород, широкое развитие в экзо- и эндоконтактовой части кварцевых жил и прожилков. Среди поздних проявлений магматизма широко развиты крутопадающие дайки пестрого состава.

Гидротермально-метасоматические изме-

зацией, серицит-кварцевыми метасоматитами по вулканогенно-осадочной толще, мраморизацией, скарнированием, джаспероидизацией по карбонатным породам [1, 2]. Среди комплекса гидротермально-метасоматических образований, определенное место занимают глинистые метасоматиты, относимые к формации аргиллизитов, внешне имеющие черты сходства с зоной выщелачивания коры выветривания.

Эндогенное оруденение, на которое наложилась зона окисления, является полигенным, полиформационным. В пределах Воронцовского рудного поля выделяется несколько типов минерализации: к второстепенным можно отнести золото-скарновую, золото-кварцевую. Основной тип золотого оруденения месторождения представлен зонами прожилково-вкрапленной минерализации золото-сульфидной формации пирит-арсенопиритового и реальгар-аурипигментного минеральных типов (использованы данные Р.О.Берзона, К.П.Савельевой, А.А.Черемисина).

Первичные рудные тела приурочены: 1 — к брекчиевидным известнякам (карбонатная руда). С туфогенным цементом связана пирит-арсенопиритовая минерализация, на обломки известняков накладывается киноварь-реальгар-аурипигментная; 2 — к вулканогенно-осадочным породам (силикатная руда). Локализуются

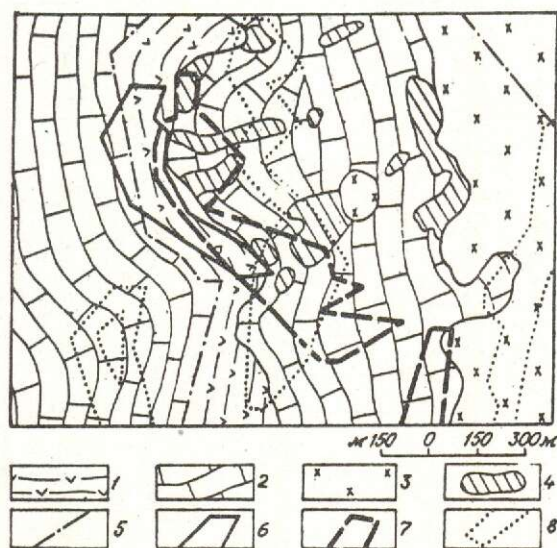


Рис. 1 Схематический геологический план Воронцовского рудного поля (составлено с учетом материалов Воронцовской геологоразведочной партии):

1 — вулканогенно-осадочные породы; 2 — известняки, 3 — интрузивные породы габбро-гранодиоритовой формации; 4 — выходы окисленных магнетитовых рудных тел на дневную поверхность; 5 — тектонические нарушения; контуры рудных тел: 6 — скальные, 7 — гипергенные, 8 — россыпи

кварц-серицитового состава; частным случаем являются глинистые метасоматиты — зоны аргиллизации, распространенные локально, лишь в центральной части месторождения. Продуктивная минерализация представлена пирит-арсенопиритовой ассоциацией. Преобладает свободное, тонкое золото в сростках с породой и рудными минералами.

Главные рудные тела находятся в зоне контакта известняков и вулканогенно-осадочных пород, где известняки брекчированы и сцементированы туфогенным материалом. Локализованы руды в тектонических зонах, опирающихся главные разрывные нарушения (рис. 1).

Золотоносная кора выветривания формировалась по всем трем перечисленным типам руд, которые в зоне гипергенеза под воздействием разнообразных экзогенных процессов подвергались изменениям, что привело к формированию качественно иных типов руд — гипергенных.

Зона окисления Воронцовского месторождения представлена рыхлыми охристо-

Пестрый литологический состав, сложная структурно-геологическая обстановка привели к неоднородному строению зоны окисления. Образовалось сочетание нескольких морфогенетических типов коры выветривания. Из-за гетерогенности субстрата нижние горизонты профилей выветривания резко отличны. Вверх по разрезу происходит постепенное нивелирование минерально-геохимических отличий, наиболее зрелые верхние горизонты коры выветривания теряют специфические особенности первичных пород и по составу относятся к каолинит-гидрослюдистому, охристо-каолинитовому минеральным типам. Таким образом, имела место общая направленность выветривания для разных типов пород. В то же время различные морфогенетические типы кор выветривания отличаются по особенностям процессов выветривания, строению, морфологии рудных тел, характеру вторичных концентраций золота и др. Выделяются сочетания следующих типов коры выветривания: линейно-трещинные «in situ» и перемещенные, контактово-карстовые, карстовые (перемещенные и переотложенные). Смена морфогенетических типов коры выветривания происходит преимущественно в восточном направлении, что связано со сползанием коры выветривания по склону эрозионно-структурной депрессии и сменой в этом же направлении литологического состава пород: от вулканогенно-осадочных к карбонатным.

Линейно-трещинные коры выветривания формируются по зонам тектонических нарушений и повышенной трещиноватости пород. К этим участкам в основном приурочена и рудная минерализация. Средняя мощность коры выветривания 20—40 м, мощность отдельных «карманов» достигает 80—100 и более метров.

Кора выветривания «in situ» частично эродирована, сохранился неполный ее профиль. Так, в коре выветривания по вулканогенно-осадочным породам выделяются следующие три горизонта гипергенного профиля (снизу вверх):

Зона *дезинтеграции* — представлена дресвяно-щебнистым материалом коренных пород. Мощность зоны колеблется от 1—5 до 15 метров, что определяется степенью

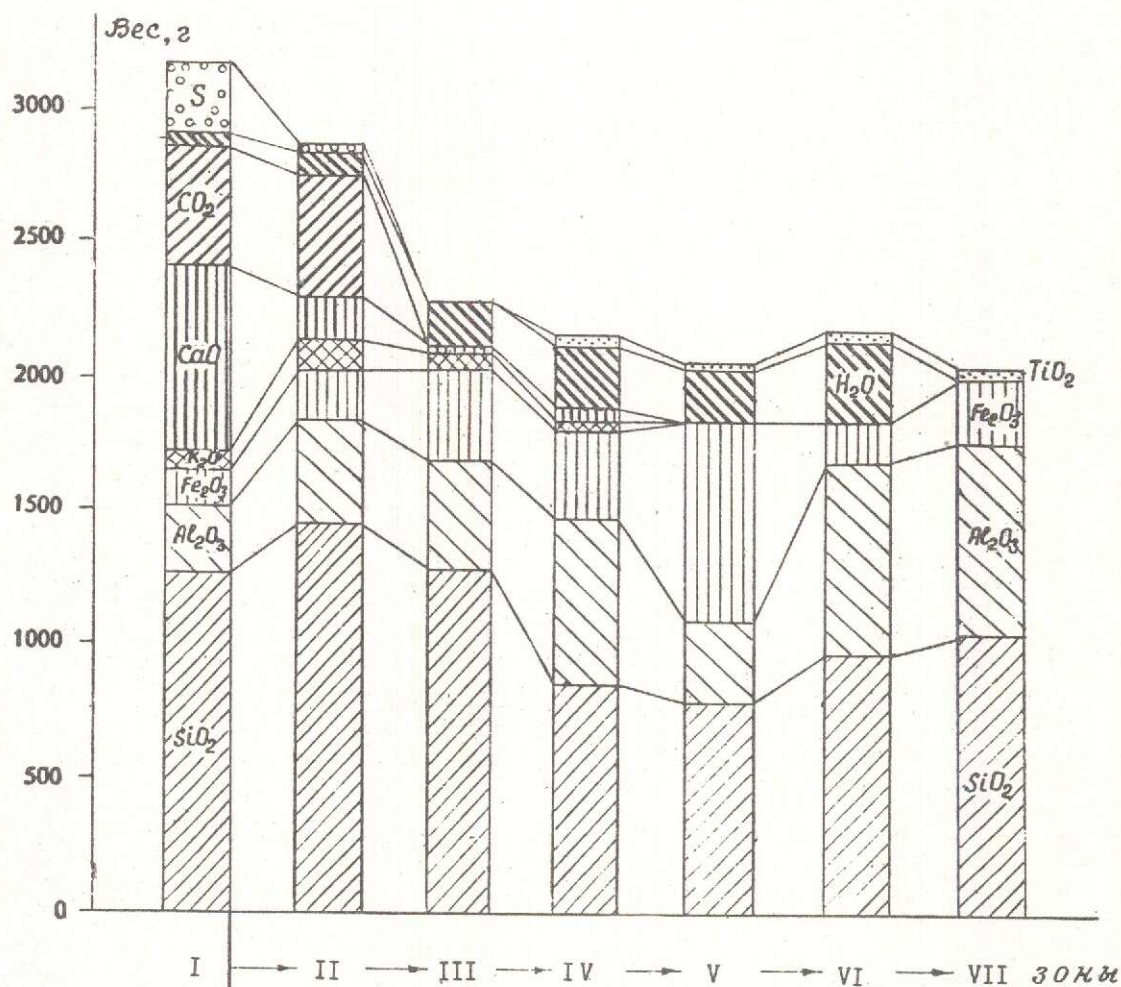


Рис. 2 Миграция основных породообразующих оксидов в профиле коры выветривания по вулканогенно-осадочным породам:

I — кремнистые туфы; зоны: II — дезинтеграции; гидратации и выщелачивания; III — нижний горизонт, IV — верхний горизонт; выщелачивания: V — нижний горизонт, VI — верхний горизонт; VII — начального гидролиза, — бокситоподобные глины

Объемный вес кремнистых туфов изменяется с 3,16 до 2,86 г/см³. Количество глинистого материала, цементирующего дресву и щебень, составляет 10 %. Сульфиды частично окисляются с образованием по ним псевдоморфоз лимонита. Темноцветные и слюдястые минералы осветляются за счет гидратации с образованием гидрохлорита, гидрослюда, смектита. Появляются новообразованные минералы: гипс, галлуазит, в незначительных количествах каолинит, ярозит. В большинстве случаев в глинистой составляющей преобладает смектит (30—50 %).

за, алевроито-глинистая фракция состоит из плагиоклаза, калиевого полевого шпата, смектита, хлорита, гидрослюда, то есть набора минералов, характерного для первичных пород. Степень гидратации слюд различная и даже в пределах одной пробы колеблется от слабой до сильной.

Анализ химического состава показал, что многие элементы в этой зоне ведут себя инертно. Разложение карбонатов и сульфидов приводит к выносу CaO, S_{общ.} (рис. 2). Значительное количество оксида натрия, вероятнее всего, вызвано остаточными со-

догенных породах, затронутых метасоматозом. Таким образом, для нижнего дресвяно-щебнистого горизонта характерна механическая дезинтеграция с начальной гидратацией, выщелачиванием и окислением минералов вдоль трещин.

Зона гидратации и выщелачивания хорошо сохранилась. Мощность ее в среднем составляет от 15—20 до 35—50 м. Нижняя часть горизонта представлена щебнисто-глинистым, дресвяно-глинистым материалом с увеличением степени глинистости вверх по разрезу от 12 до 40—70 %. Верхняя часть состоит из структурных глин.

Снизу вверх по разрезу происходит разрушение обломков, сростков, агрегатов до отдельных минералов. За счет глинизации и частичного выноса происходит уменьшение объемного веса до 2,3 г/см³.

Тяжелая фракция состоит преимущественно из гидроксидов железа и марганца, обломков пород размером 1—0,03 мм; максимальное высвобождение минеральных индивидов, в частности, эпидота и граната, происходит в классах 0,35—0,01 мм. Пирит сохраняется на уровне следов, арсенопирит полностью разлагается. В состав легкой фракции входят обломки и агрегаты пород, кварц, плагиоклаз отмечается на уровне следов.

В глинистой фракции преобладает каолинит, иногда смектит, гидрослюда, в достаточных количествах встречается хлорит, в отдельных пробах галлуазит, ярозит. Соотношения перечисленных глинистых минералов изменчивы. Слюды могут быть смешаннослойного типа 1M + 2M₁, либо относиться к политу по 1M.

В верхнем, наиболее глинистом подгоризонте, наблюдается тенденция смещения гранулометрического состава в сторону более тонких классов. Преобладает класс 0,03—0,01 мм. Возрастает доля тяжелой фракции за счет высвобождения еще не подвергшихся полному разложению минералов, таких как эпидот, гранат, апатит, циркон. Количество их агрегатов резко сокращается, но на участках с повышенным окварцеванием пород субстрата — напротив, возрастает, здесь могут встретиться обломки слабо выветрелых пород. Содержание легкой фракции уменьшается до 73 %: по-

и агрегатов минералов. Среди глинистых минералов в подгоризонте структурных глин резко преобладает каолинит, в качестве примеси встречаются слабо гидратированный серицит, смектит, хлорит. Кварц становится кавернозным, ожелезняется; полевые шпаты замещаются гидрослюдой и каолинитом. Количество полевых шпатов уменьшается пропорционально увеличению количества глинистых минералов. Темноцветные минералы замещаются смектитом и галлуазитом. Происходит дальнейшая гидратация и замещение каолинитом слюдястых минералов. Серицит, гидрослюда встречаются в виде изометричных и удлинённых пластинок, скоплений, агрегатов. Происходит утонение их кристаллов от центра к периферии.

По данным силикатного анализа можно видеть незначительный привнос оксидов железа, воды (процесс гидратации). Продолжается интенсивный вынос CaO, CO₂, S_{общ.}; сокращается количество K₂O, Na₂O, C_{орг.} (см. рис. 2), что свидетельствует о более глубоких гипергенных изменениях.

В целом, в этой зоне преобладает процесс выщелачивания, который сопровождается осветлением пород и дальнейшей их глинизацией. По минеральному типу горизонт можно отнести к смектит-гидрослюдистому с увеличением каолинитовой составляющей вверх по разрезу.

Зона выщелачивания и начального гидролиза, представлена бесструктурными глинами. Продукты выветривания охристо-глинистые.

На уровне современного эрозионного среза в линейных корях выветривания «in situ» фрагментарно сохранилась только нижняя часть этой зоны, в виде отдельных карманов мощностью 1—20 м.

Гранулометрический анализ по сравнению с нижележащим горизонтом структурных глин показывает резкое преобладание тонких классов 0,02—0,001 мм. Происходит уменьшение количества тяжелой фракции, состоящей преимущественно из гидроксидов железа. Остаточные эпидот, гранат, сидерит сохранились в количестве первых процентов и меньше.

Темноцветные минералы, полевые шпаты, карбонаты, сульфиды здесь почти полностью разложены. Количество кварца

локальных участках он сохраняется на уровне 10 %, что определяется неравномерностью метасоматического окварцевания подвергавшихся выветриванию первичных пород. Агрегатные скопления состоят из глинистых минералов, гидроксидов железа и кварца.

Глинистые минералы представлены в основном каолинитом, иногда присутствует галлузит. По данным рентгеноструктурного анализа здесь обнаружены слюды политипа 1М. Остаточные глинистые минералы серицит, смектит в процессе выветривания утоняются (определения на электронном микроскопе Б.М.Кобцева), происходит их разложение и замещение гипергенным каолинитом. Последний образует мелкие агрегатные скопления, состоящие из полупрозрачных и почти прозрачных частиц. По сравнению с нижележащими в зоне продолжается накопление Al_2O_3 , H_2O , Fe_2O_3 , MnO , TiO_2 . Практически вынесены FeO , CaO , CO_2 , K_2O , Na_2O , $S_{общ.}$, $S_{орг.}$ (см. рис. 2). Объемный вес породы уменьшается до 2,18—2,0 г/см³.

В вертикальном разрезе гипергенного профиля коры выветривания иногда наблюдаются пикообразные изменения содержания K_2O , что связано с весьма неоднородным строением эндогенных пород, подвергшихся на отдельных участках калиевому метасоматозу. Выветривающиеся аргиллизиты были изначально обогащены калием больше, чем другие породы данного разреза.

Частично кора выветривания подвергалась денудационным процессам. Верхние наиболее зрелые ее горизонты постепенно сползали по пологому склону и захоранивались в карстовых воронках. Материал в них не отсепарирован и представлен бесструктурными пестроцветными кремне-розовыми глинами охристо-каолинистового состава (каолинита более 90 %). Характерна вкрапленность оолитов гидроксидов железа, состоящих из вторичных гематита и режегетита. Они придают пизолитовый рисунок глинистым образованиям. Количества кремнезема, глинозема остаются на прежнем уровне. Но увеличивается содержание Fe_2O_3 . Продолжается вынос Na_2O , K_2O , FeO , CO_2 и других оксидов. Появление CaO связано с наличием карбонатной породы.

Своеобразными гидротермально-метасоматическими образованиями по вулканогенно-осадочным породам Воронцовского месторождения являются глинистые метасоматиты формации аргиллизитов. По ним в коре выветривания наблюдаются те же закономерные изменения гипергенного профиля, что и по вулканогенно-осадочным породам. Исключением является практически полное отсутствие щебня в нижних горизонтах, что объясняется преобладанием в гипогенных метасоматитах тонкопесчаноглинистого класса.

Кора выветривания по скарированным вулканогенно-осадочным породам и-скарнам встречается на всей площади месторождения. При выветривании здесь сохраняются закономерности, характерные для коры по вулканогенно-осадочным породам. Некоторые отличия заключаются в преобладании смектита в глинистой фракции (за счет повышенного содержания эпидота, хлорита в первичных породах), а также в накоплении мартита, образованного при окислении магнетита. Характерно также повышенное количество остаточного граната.

Подводя итоги вышеизложенному, можно сделать следующие выводы о линейно-трещинной коре выветривания по силикатным породам:

1. На современном уровне эрозионного среза сохранился неполный профиль коры выветривания, в строении которого выделяется 3 зоны (снизу вверх): 1) зона дезинтеграции; 2) зона гидратации и выщелачивания; 3) зона выщелачивания и начального гидролиза. Первые две зоны четко выражены и хорошо сохранились. Третья зона с наиболее зрелым материалом коры выветривания частично эродирована и смещена. Продукты ее переотложения наилучшим образом сохранились в карстовых депрессиях. Переходы между зонами в профиле коры выветривания постепенные.

2. По минеральному составу линейно-трещинная кора выветривания относится к гидрослюдисто-каолинистовому и охристо-каолинистовому типам, последний значительно эродирован в линейно-трещинных зонах, но полнее сохранился в карсте.

Рыхлые руды в линейно-трещинной ко-

рудных тел — практически без изменения морфологии и элементов залегания. Степень диспергации и преобразования вещественного состава гипергенных руд очень велика: произошло разложение сульфидов и других золотосодержащих минералов и пород с высвобождением тонкого и дисперсного золота. Оно теряет парагенетические связи с эндогенными минералами и образует новые ассоциации с гипергенными: глинистыми, гидроксидами железа, марганца. Значительных перераспределений концентраций золота в целом в зоне окисления Воронцовского месторождения не наблюдалось, либо они носят локальный характер — в пределах геохимических барьеров. Значительные повышения содержаний золота по сравнению со средними значениями для зоны окисления отмечались непосредственно на продолжении богатых золото-сульфидных руд. В целом концентрации золота имеют остаточный характер. Влияние инфильтрационных процессов на перераспределение золота незначительное. Это можно объяснить невысокой зрелостью коры выветривания в линейно-трещинных зонах.

Степень изменения остаточного золота нарастает снизу вверх в гипергенном профиле выветривания. В зоне дезинтеграции оно претерпевает неглубокие преобразования: коррозия прерывистая, проба золота, как правило, соответствует пробе металла в первичных рудах. Вверх по разрезу коры выветривания степень гипергенных изменений золота увеличивается. Образуется высокопробная оболочка с сохранением в отдельных золотилах реликтовых участков с более низкой пробой. Поверхностный слой часто разуплотнен за счет выноса ртути, серебра и других элементов. В коррозионных трещинах наблюдаются наросты гидроксидов железа, марганца, хлорида калия, соединений алюминия. Образуются наросты вторичного золота в виде отдельных глобулярных выделений, но количество его незначительно.

Снизу вверх по разрезу коры выветривания практически полностью изменяются парагенетические связи золота с рудными минералами. В зоне дезинтеграции сохраняются остаточные концентрации золота в полуокисленных и неокисленных сульфидах. Тем не менее в гидроксидах железа отмечается содержание золота до 10 г/т и выше

В зоне глин происходит постепенное увеличение содержаний золота в гидроксидах железа (сотни грамм на тонну), марганца и в алеврито-глинистой фракции.

Ореолы рудогенных элементов, сопровождающих оруденение, проникая в кору выветривания, не меняют своей контрастности и морфологии, за исключением титана, ванадия, марганца, концентрации которых зависят от интенсивности процессов окисления и приурочены к гидроксидам железа — марганца.

Золотоносные коры выветривания линейно-трещинного типа составляют третью часть зоны окисления месторождения. В плане они протягиваются с севера на юг вдоль всего месторождения, при ширине от 20 до 120—140 м.

Коры выветривания в карсте. В восточном и юго-восточном направлениях на дневную поверхность выведены закарстованные карбонатные толщи. Встречаются карстовые полости глубиной от 15 до 100 м и более. В карсте выделяются следующие подтипы кор выветривания: *контактово-карстовые*, образующиеся в условиях закрытого карста по контакту рудовмещающих терригенно-вулканогенных и карбонатных пород, в том числе и брекчиевидных известняков. Это, по сути дела, кора выветривания *«in situ»*, нарушенная карстовыми просадками и провалами без перемещения материала по латерали; *коры выветривания в карсте*, испытавшие перемещение по латерали и с последующим переотложением в открытые карстовые воронки.

Среди контактово-карстовых кор выветривания выделяются два подтипа:

1. *Контактово-карстовые коры выветривания*, связанные с просадками.

В контактово-карстовых корях выветривания связанных с просадками происходит постепенное проседание в карстовую полость продуктов выветривания вышележащих пород. Морфология коры выветривания определяется изометричной, часто воронкообразной формой карстовой депрессии. Проявляется характерная для кор выветривания минералогическая зональность, но в условиях медленных просадок отдельные ее зоны расположены не горизонтально, а мульдобразно. Пологонаклонное залегание гипо-

Распределение золота по основным рудным минералам Воронцовского месторождения, г/т

Минералы, их морфология и размерность	Тип руды				
	Силикатная	Глинистая кора выветривания по вулканогенно-осадочным породам		Карбонатная	Глинистые отложения в карсте
		Зона дезинтеграции	Зона выщелачивания		
Пирит кубический, > 0,25 мм	$\frac{11-190}{120(5)}$			$\frac{10-163}{58(3)}$	152(3)
Пирит сложных форм, 0,5—0,25 мм	$\frac{5-12}{9(2)}$	$\frac{37-154}{95(2)}$		$\frac{270-957}{618(3)}$	
Пирит сложных форм, < 0,25 мм	$\frac{4-164}{33(6)}$	$\frac{9-660}{334(2)}$	5(1)		9(1)
Арсенопирит ромбовидный, 1—0,25 мм	$\frac{24-25}{24,5(2)}$				
Арсенопирит призматический, 1—0,25 мм	$\frac{2-42}{25(3)}$	108(1)		$\frac{49-2340}{1195(2)}$	
Арсенопирит игольчатый, < 0,25 мм	$\frac{7-24}{15(3)}$	9(1)			
Сульфидный концентрат, < 0,25 мм	$\frac{23-302}{104(4)}$	52(1)			
Окисленный пирит			$\frac{5-82}{43(2)}$		3,5(1)
Гидроксиды железа		$\frac{2-31}{4(3)}$	$\frac{8-395}{204(3)}$		$\frac{1,7-12,8}{7(2)}$
Алевритистая фракция, 0,02—0,003 мм	$\frac{1,1-2,6}{9(5)}$	$\frac{0,3-0,99}{0,6(3)}$	$\frac{0,1-50}{7,5(3)}$		$\frac{4-5,7}{4,8(2)}$
Пелито-глинистая фракция, < 0,003 мм	$\frac{0,13-3,9}{1,5(5)}$	$\frac{0,4-1,7}{0,1(3)}$	12(1)		$\frac{0,3-0,97}{0,6(4)}$

Примечание: в числителе — содержания золота, г/т; в знаменателе — среднее содержание золота, г/т; в скобках — количество определений.

но-трещинных корах выветривания, сменяется на мульдобразное.

Зона контакта вулканогенно-осадочных пород с подстилающими ее известняками, к которому приурочены также линзы и пропластки брекчиевидных известняков и основное золотое оруденение, в условиях гипергенеза создает контрастную геохимическую среду, отличающуюся высокой карбонатностью и сульфидностью. Здесь наиболее активно

которые привели к образованию зоны интенсивного гипергенного ожелезнения, вплоть до формирования отдельных темно-коричневых линз бурых железняков. По этим особенностям в смещенной коре выветривания можно откартировать приблизительное положение зоны контакта и связанного с ней первичного оруденения. Объемный вес породы увеличивается до 4,45 г/см³, за счет образования сливных бурых железняков и вторичного ок-

железа, оксидов марганца в два раза больше, чем в описанных выше зрелых глинистых горизонтах коры выветривания по вулканогенно-осадочным породам. Количество глинозема при этом уменьшается. Основным глинистым минералом является каолинит. Остаточные минералы практически не сохраняются.

На таком геохимическом барьере более глубокие преобразования претерпело и золото: образуются многочисленные высокопробные межзерновые и краевые прожилки, в значительном количестве появляется вторичное золото. Проба преимущественно высокая — 910—960.

Своеобразна на месторождении кора выветривания по брекчиевидным известнякам, представленная перемешанным материалом с обломками известняков. Глинистая составляющая интенсивно ожелезнена и омарганцована, имеет темно-коричневую окраску. Глинизации подвергался туфогенный цемент, при этом освобождалось большое количество обломков известняков разной величины и морфологии, беспорядочно «плавающих» в глинистом материале. Повышенное содержание сульфидов и сочетание силикатных и карбонатных пород привело к процессам обожиривания, часто с формированием желваков бурого железняка и налетами солей кальция.

В геохимическом плане, кора выветривания по брекчиевидным известнякам отличается от коры выветривания по вулканогенно-осадочным породам более высокими содержаниями CaO , CO_2 , $S_{\text{общ.}}$, Fe_2O_3 , FeO и низкими содержаниями Na_2O и K_2O .

Сохраняется тенденция поведения породообразующих оксидов в профиле выветривания, описанная для профиля коры выветривания по вулканогенно-осадочным породам.

В процессе медленного развития карстовых полостей происходило медленное проседание материала золотоносной коры выветривания. При этом изменялись морфология рудных тел и элементы их залегания: пологонаклонные сменялись на субгоризонтальные, а в центральной части воронки — на мульдобразные формы (рис. 3). Рудные тела часто приурочены к горизонтам интенсивного ожелезнения. Некоторое повыше-

сравнению с окружающими глинистыми образованиями, возможно за счет суффозионно-инфильтрационных процессов с участием гидроксидов железа и марганца. Для этого типа кор выветривания характерны более глубокие изменения рудного вещества и золота.

Рудогенные элементы, сопровождающие золотое оруденение, как и золото, образуют высококонтрастные ореолы вокруг ожелезненных пластов, эндогенная зональность не сохраняется.

2. *Контактово-карстовые коры выветривания, связанные с провалами.* В этом подтипе, при быстром развитии карстовой полости, происходило обрушение и перемешивание материала коры выветривания.

Интенсивное и неравномерное карстообразование, опережающее процессы синхронного выполнения карстовой полости рудосодержащим материалом, сопровождалось провалами, просадками, оседанием отдельных часто крупных блоков глинистых пород. Подобная картина наблюдалась нами вблизи контакта Ауэрбаховского массива и мраморизованных известняков, где сформировалась карстовая полость глубиной более 100 м. Она заполнена разноориентированными блоками структурных кор выветривания, образованными по гранитоидам, скарнам, обломками известняков, перемешанными с глинистым материалом, часто интенсивно ожелезненным. Гипергенная зональность не сохраняется. Морфология рудных тел резко нарушена, они представлены серией линз разной мощности.

Коры выветривания, испытавшие перемещение и переотложение в условиях открытого карста развиты к востоку от зоны контактово-карстовых кор выветривания в пределах полей закарстованных известняков. Механизм заполнения карстовых воронок материалом кор выветривания не был однозначным. В одних случаях вблизи выхода на поверхность остаточных кор смещению подвергались ее крупные блоки, проседавшие в карстовые полости без значительного перемещения. В других случаях материал остаточной коры выветривания подвергался медленной денудации с постепенным последовательным переотложением

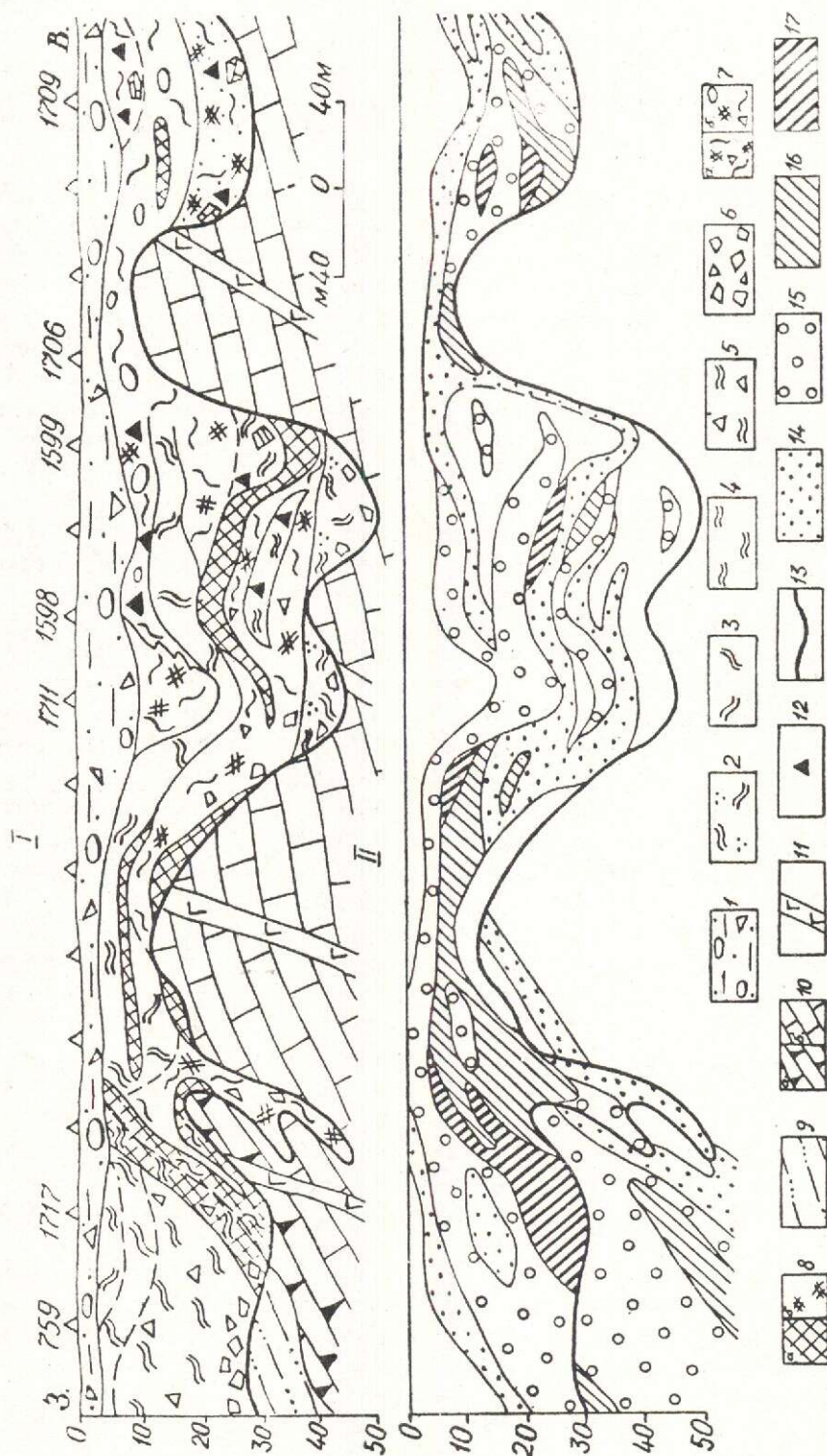


Рис. 3 Поперечный геологический разрез (I) и характер распределения золота в гипогенных и гипергенных рудах Воронцовского месторождения (II) (составлены с использованием материалов Воронцовской ГРП):

1 — покровные аллювиально-озерные отложения; кора выветривания «in situ»; 2 — пестроцветные бесструктурные глины с участками оолитового строения, 3 — пестроцветные бесструктурные глины, 4 — структурные глины, 5 — горизонт структурного зловия, 6 — горизонты с преобладанием щебня крепких пород; 7 — пестроцветные продукты коры выветривания; 8 — глинисто-обломочный материал «мусорного облика», 9 — глинисто-галечно-гравийный материал, 10 — известняки, 11 — дайки основного состава; 12 — магнетитовые скарны; 13 — нижняя граница коры выветривания; 14 — 0,5—1 (бедная минерализация), 15 — 1—3, 16 — 3—10, 17 — более 10

мировался «обратный» профиль коры выветривания, т.е. наиболее зрелые горизонты оказывались захороненными на дне карстовой полости (см. рис. 3). Морфология рудных тел в таком типе кор линзо-пластообразная преимущественно с субгоризонтальным залеганием. При развитии эпигенетических провалов или просадок их морфология усложнялась. Линзообразные формы рудных тел, часто повторяют морфологию карстовой полости за счет синхронного проседания. По мере дальнейшего сползания материала коры выветривания к востоку он подвергался частичному и неравномерному перемыву. При этом в карсте происходило захоронение как продуктов переотложения коры выветривания, так и россыпей, развитых в пределах месторождения. Частичный перемыв придал всему материалу, заполняющему карстовую полость, «мусорный» облик. Минералогический состав его разнообразный. Характерно наличие горизонтов ожелезнения вплоть до образования отдельных линз бурых железняков.

В зависимости от особенностей заполнения карста в рудах происходило либо разубоживание полезного компонента, либо его повышенная концентрация. Причины последней разнообразны, в их числе наличие нового дополнительного источника питания.

В целом по месторождению по мере удаления от первичных руд содержания золота в коре выветривания понижаются. Последнее, скорее всего, можно объяснить растяжением гипергенных рудных тел по латерали в процессе сползания (см. рис. 3).

В карстовых корах выветривания степень гипергенных изменений золота высокая. Большинство золотин отличается глубокой коррозией, некоторой округлостью со сложными фестончатыми контурами. Очень характерно присутствие золота, на поверхности которого отмечаются следы механического перемещения в виде борозд и шрамов. Возрастает количество вторичного золота. Субмикроскопические его чешуйки образуют рыхлую кайму на поверхности остаточного золота. Преобладает золото высокопробное. Степень зрелости его определяется зрелостью материала в карсте.

карстовые каналы сложной формы. Заполнены они охристо-глинистым материалом часто со щебнем, обломками известняков и силикатных пород, а также галькой различного состава. Этот материал нередко является золотоносным.

Таким образом, в поперечном разрезе месторождения с запада на восток происходит последовательная смена гипергенных руд:

1. Рыхлые руды в коре выветривания «in situ» расположены непосредственно выше и на продолжении скальных рудных тел практически без изменения морфологии и условий залегания.

2. Рыхлые руды в корах выветривания коррозионно-просадочных и коррозионно-провальных карстовых полостей, не испытывавшие перемещения по латерали, но просевшие или провалившиеся в карстовые впадины. Это та же кора выветривания «in

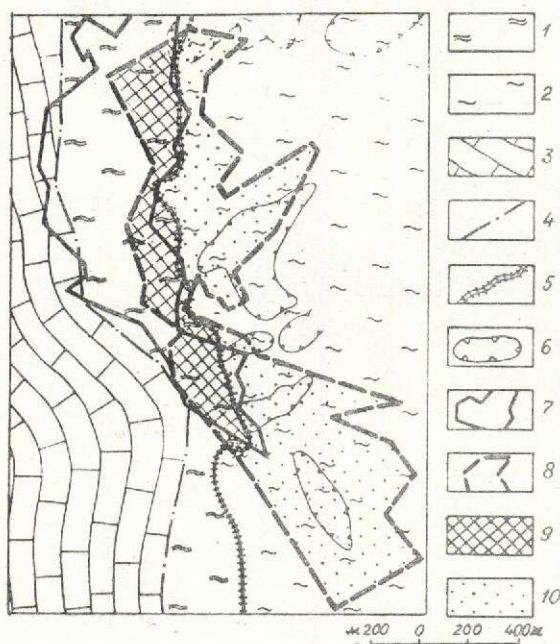


Рис. 4 Соотношение различных типов руд Воронцовского месторождения в плане:

кора выветривания: 1 — «in situ», 2 — смещенная; 3 — известняки; 4 — граница между смещенной корой выветривания и «in situ»; 5 — крупные карстовые депрессии; 6 — тектонические нарушения; контур распространения: 7 — прожилково-вкрапленных руд, 8 — гипергенных руд; гипергенные руды в коре вывет-

situ», но с различной степенью нарушения морфологии и условий залегания рудных тел за счет карстовых процессов.

3. Рыхлые руды в перемещенных корках выветривания, частично захороненные в карсте. В той или иной степени они преобразованы за счет склоновых процессов. В карсте происходит перемешивание материала кор выветривания и частично россыпей, развитых в пределах площади месторождения.

Анализ пространственных связей в плане и по вертикали скальных руд и золоторудных кор выветривания, показал, что контур развития рыхлых руд только частично

совпадает со скальными рудами, а частично смещен по отношению к ним на восток (рис. 4).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бобров В.Н. Метасоматическая и сопутствующая золоторудная зональность месторождений благородных металлов (Средний Урал) / Рудоносные метасоматические формации Урала. — Свердловск, 1991. С. 44—46.
2. Сазонов В.Н., Мурзин В.В., Григорьев Н.А., Глазковский Б.А. Золотое оруденение «карлинского» типа на Урале / Новые данные по золоторудным месторождениям Урала. — Свердловск, 1990. С. 26—50.

Rindzyunskaya N. M., Polyakova T. P., Bobrov V. N.

GEOLOGICAL-MINERALOGICAL CHARACTERIZATION OF SUPERGENESIS ZONE AT THE VORONTSOVSKOE GOLD ORE DEPOSIT

Geological features, mineralogical-geochemical peculiarities, distribution and behaviour of gold in crust of weathering of the Vorontsovskoye deposit (Northern Urals) are considered. A typification of crusts of weathering is presented.

УДК 553.411.001.57(571.56)

© В.О. Конышев, 1995

МОДЕЛЬ ЗОЛОТОРУДНОГО ПОЛЯ В СТРУКТУРАХ ТЕКТОНО-МАГМАТИЧЕСКОЙ АКТИВИЗАЦИИ, МЕСТОРОЖДЕНИЕ КЮЧЮС

В.О. КОНЫШЕВ (ЦНИГРИ Роскомнедра)

Рассматриваются геолого-структурные особенности локализации месторождения на фоне геосинклинального и рифтогенного этапов развития территории. Приведены доказательства в пользу формирования руд за счет флюидов мафических пород, компонентов эвапоритовых толщ и метеорных коровых вод.

В северо-западной части Верхояно-Колымской складчатой системы (ВКСС) на территории Куларского антиклинория и прилегающих структур известны месторождения и рудопроявления золота, сурьмы, ртути, редких и редкоземельных металлов.

Исследованиями ЦНИГРИ, проведенными в 1988—1994 годах в процессе пред-

структурные особенности локализации рудного поля, месторождения, рудных тел и столбов, выявлена минералого-геохимическая зональность, проведено технологическое картирование, оценены содержания попутных компонентов в природных типах руд и концентратах, решены вопросы методики разведки и разработано ТЭО временных

ской съемке и литературным источникам позволило разработать геолого-генетическую модель крупного месторождения, локализованного в черносланцевых толщах верхоянского комплекса Куларского антиклинория, и уточнить некоторые металлогенические элементы, контролирующие размещение золоторудной минерализации в ВКСС.

Месторождение Кючюс залегает в отложениях ладинского яруса среднего триаса, слагающих 1400 м среднюю часть верхоянского терригенного комплекса. Нижняя верхнепермско-среднетриасовая часть комплекса, имеющая мощность 4—6 км, обнажена западнее в ядре Куларского антиклинория (рис. 1). Верхняя, вехнетриасово-нижнемеловая часть комплекса, имеющая мощность 8—10 км, обнажена восточнее в Полоустном синклинории. Отложения верхоянского комплекса несогласно подстилаются нижнепалеозойскими и девонско-нижнепермскими карбонатно-эвапоритовыми толщами, мощность которых оценивается в 3—4 км [3, 9].

Детальное изучение разреза ладинской рудовмещающей толщи по разведочным скважинам позволило охарактеризовать ее строение в диапазоне 640 м. Выделены 43 пачки мощностью от 5 до 59 м, отличающиеся по мощностям (до 5, 5—25 и более 25 см) элементарных ритмов чередования углеродистых аргиллитов, алевролитов, мелко-, средне- и крупнозернистых песчаников. По процентным соотношениям пород в пачках четко определились регрессивные и трансгрессивные части четырех циклов осадконакопления, не оказавших влияния на локализацию секущих прожилково-вкрапленных зон месторождения.

Осадочные породы в пределах месторождения изогнуты в субмеридиональную антиклинальную складку (рис. 2), возникшую, как и смежные пликативные структуры, в нижнемеловой этап консолидации ВКСС, когда породы верхоянского комплекса были сжаты между Сибирской платформой и Колымским массивом и разбиты сопряженными со складчатостью сколами СВ и СЗ простираний при широтной ориентировке оси максимального сжатия эллипсоида деформации.

Соскладчатые дизъюнктивы СЗ прости-

раннеорогенных гранитоидов (см. рис. 1), сопровождающихся проявлениями редкометалльной минерализации. В разрывных структурах СВ простирания локализованы рудные тела месторождения Кючюс, ориентированные под углами 35—55° к оси антиклинали и простиранию пород (см. рис. 2 и рис. 3).

Рудовмещающие зоны брекчирования и рассланцевания падают на СЗ под углами 55—75° и в направлении с СВ на ЮЗ на протяжении 2,2 км переходят из восточного крыла антиклинали в ее пришарнирную часть, а затем — в западное крыло.

Выклинивание рудной минерализации на СВ фланге обусловлено крутым (под 70° и круче) залеганием пород восточного крыла антиклинали, где рудная минерализация была рассредоточена по послойным срывам и сланцеватости, отходящим под небольшими углами в противоположную сторону от висячего бока рудовмещающей структуры.

В центральной пришарнирной части антиклинали, где породы выположены до углов 15—60°, рудоносная зона брекчий несет концентрированное оруденение. В зависимости от пористости вмещающие породы вблизи стержневых жил и брекчий минерализованы на небольшом (1—3 м) расстоянии. Причем вдоль песчаниковых прослоев сосредоточена более густая сульфидная вкрапленность, чем в более плотных и менее пористых алевролитах и тем более аргиллитах.

На ЮЗ фланге месторождения промышленная минерализация также выклинилась в участке перехода рудовмещающей зоны дробления в западное крыло антиклинали, где она заняла положение субсогласной со слоистостью кососекущей структуры. Высокая обуглероженность (содержание углерода колеблется от 0,19 до 0,75 %, достигая в зонах рассланцевания 1,84 %) тонкопереслаивающихся пород, при субсогласном рассланцевании, вероятно, препятствовала проникновению рудообразующих веществ к дневной поверхности. Однако рудовмещающими здесь оказались нарушения другой ориентировки, в частности, субширотные и субмеридиональные.

Рудные столбы и обогащенные другими металлами струи имеют СВ склонение (рис.

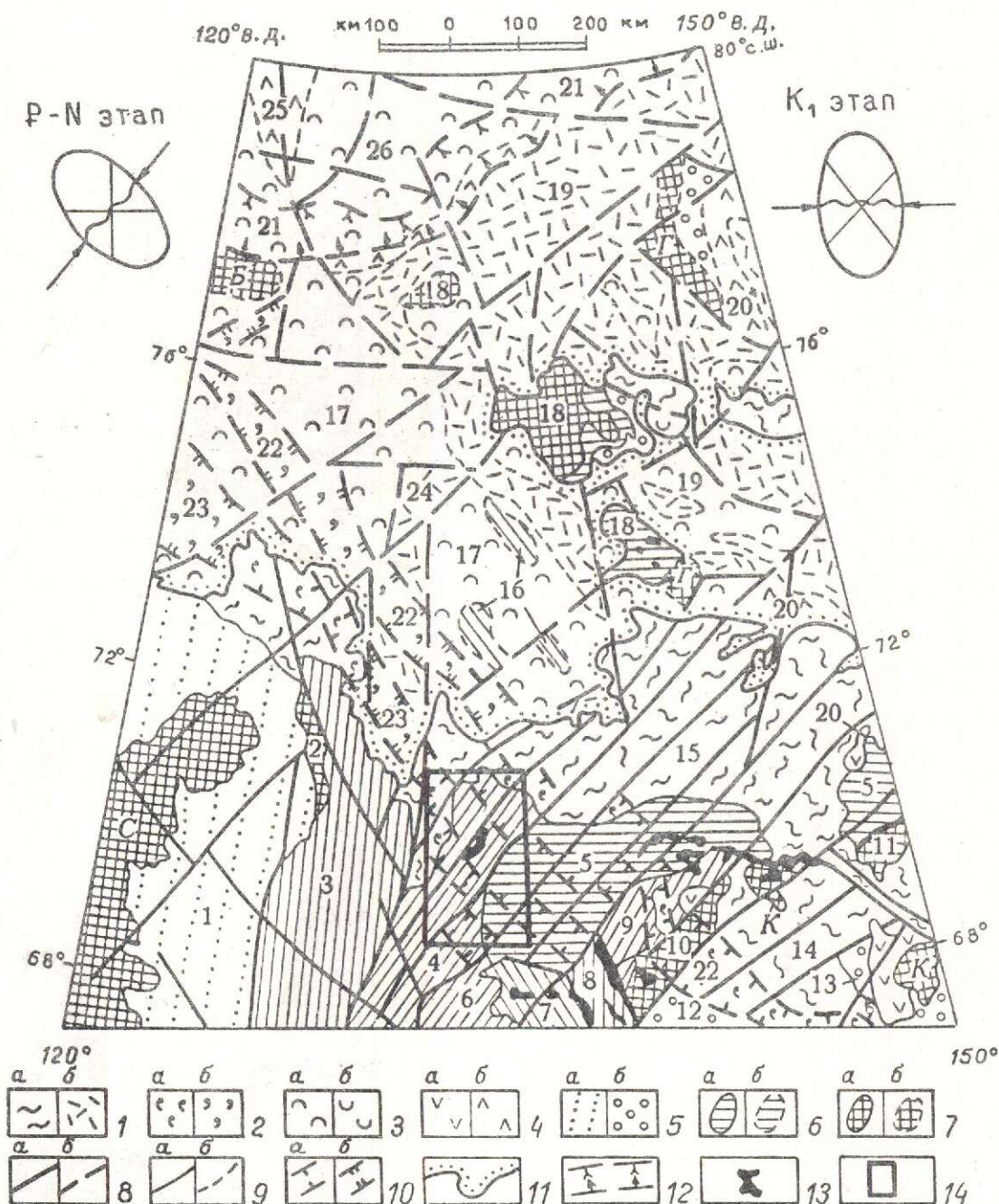


Рис. 1. Схема альпийской активизации мезозойской ВКС.

Породы и структуры: а — на суше, б — на шельфе и океаническом дне; 1 — пески и суглинки небольшой (200 м) мощности, Кз; 2 — то же, угленосные; 3 — пески и суглинки значительной (500 м) мощности, Кз; 4 — вулканогенно-осадочные отложения, К-О; 5 — мезозойские молассы: а — передового прогиба, б — наложенных впадин; 6 — верхоянский терригенный комплекс, Р₂-К₁; 7 — АР, РР и Рз структурные этажи ВКС — выступы Сибирской (С), Баренцево-морской (Б), Гиперборейской (Г) платформ и Колымского (К) массива; 8 — разломы; 9 — геологические границы; 10 — контуры рифтовых зон; 11 — береговая линия; 12 — континентальный склон; 13 — массивы гранитоидов; 14 — контур врезки Куларского района. Цифры на схеме: антиклинории: 2 — Туора-Сисский, 3 — Орулганский, 4 — Куларский, 8 — Хадараньинский, 9 — Туостакский, 10 — Селеняхский, 11 — Полоустный, 18 — Ляховский; синклинории: 5 — Полоустный, 6 — Бытантский, 7 — Иньяли-Дебинский, 16 — Ольджойский; прогибы и впадины: 1 — Предверхоанский, 12 — Сыачанская, 13 — Алазейская, 14 — Абыйская, 15 — Приморская, 19 — Новосибирская, 24 — Тиксинская; древние рифтовые системы: 20 — Ломоносовская, 21 — континентальный прогиб; элементы древних рифтовых систем: 17 — Тиксинский, 18 — Ляховский, 19 — Новосибирский, 20 — Ломоносовский, 21 — континентальный прогиб.

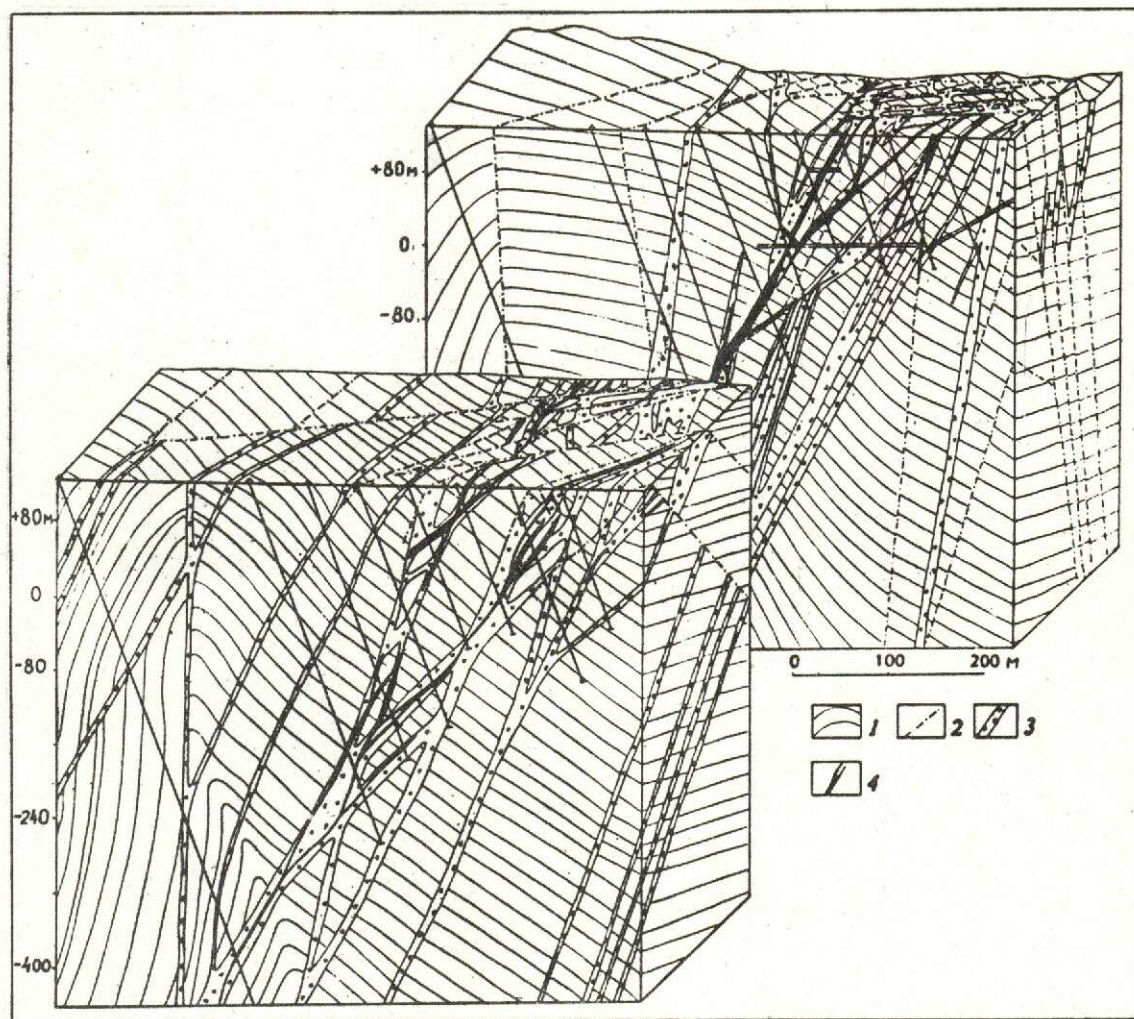


Рис. 2. Аксонометрическая проекция месторождения:

1 — изогнутая в антиклиналь терригенная толща ладинского века среднего триаса; 2 — зоны расщепления и крупные сколы с зеркалами скольжения; 3 — минерализованные зоны брекчированных и будинированных углеродистых аргиллитов, темно-серых алевролитов и зеленовато-серых песчаников; 4 — рудные тела в зонах минерализованных брекчий

ной рудовмещающей СВ структуры с субширотными и субмеридиональными нарушениями. Детали строения таких сопряжений приведены на рис. 5. Все системы нарушений в той или иной мере насыщены однотипной минерализацией, нередко вмещают богатые апофизы основной рудной залежи, определяют изгибы, раздувы, пережимы и разнообразные выклинивания рудных тел, что свидетельствует об их дорудном возрасте.

Субширотные и субмеридиональные си-

чем СВ и СЗ нарушения. Они возникли после консолидации ВКСС в верхнемеловое-неогеновое время при СВ ориентировке оси максимального сжатия эллипсоида деформации. Только такая деформация могла вызвать диагонально-поперечное коробление шарниров нижнемеловых субмеридиональных складок и приоткрывание нарушений СВ простирания, в которых и сосредоточены основные запасы руд месторождения Кючюс.

Таким образом, образование крупного

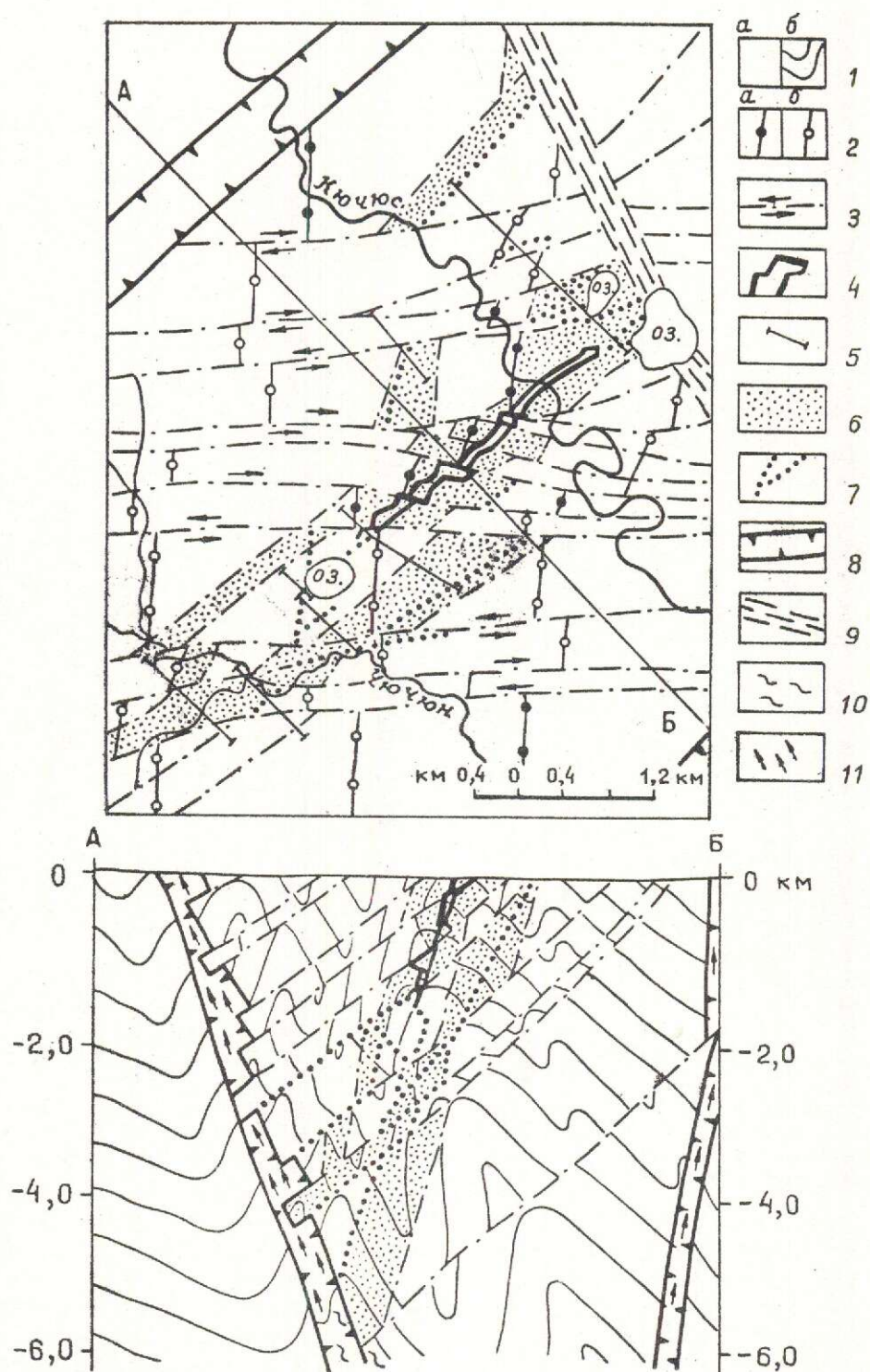


Рис. 3. Модель Кючюсского рудного поля:

1 — породы ладинского яруса: а — на плане, б — на разрезе; 2 — оси антиклинальных складок: а — установленные, б — предполагаемые; 3 — разрывные нарушения и направления сдвигов; 4 — рудовмещающие зоны рассланцевания, брекчирования и будинирования; 5 — линии шлихового опробования; 6 — области сближенных линейных аномалий ртути; 7 — рудовмещающие зоны, установленные по шлиховому опробованию; 8 — тектонические швы зоны трансформного разлома; 9 — мощные зоны рассланцевания, поперечные трансформному разлому; 10 — выступ серпентинизированных гнейзов; 11 — распределение денудации.

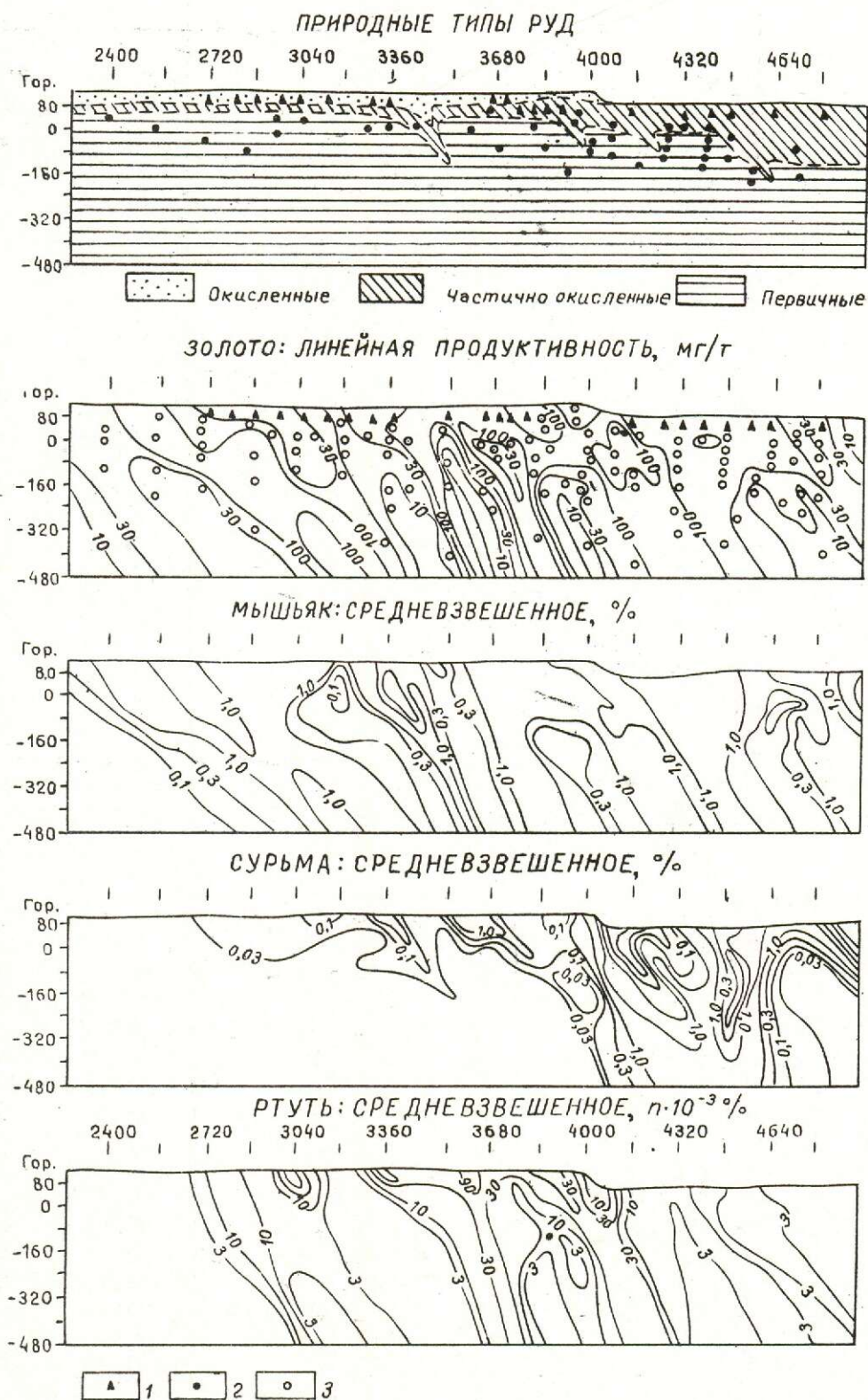


Рис. 4. Распределение природных типов руд и основных рудообразующих элементов в проекции на вертикальную плоскость Первого рудного тела:

1 — места отбора малых технологических проб по горным выработкам; 2 — то же по керну скважин; 3 — точки

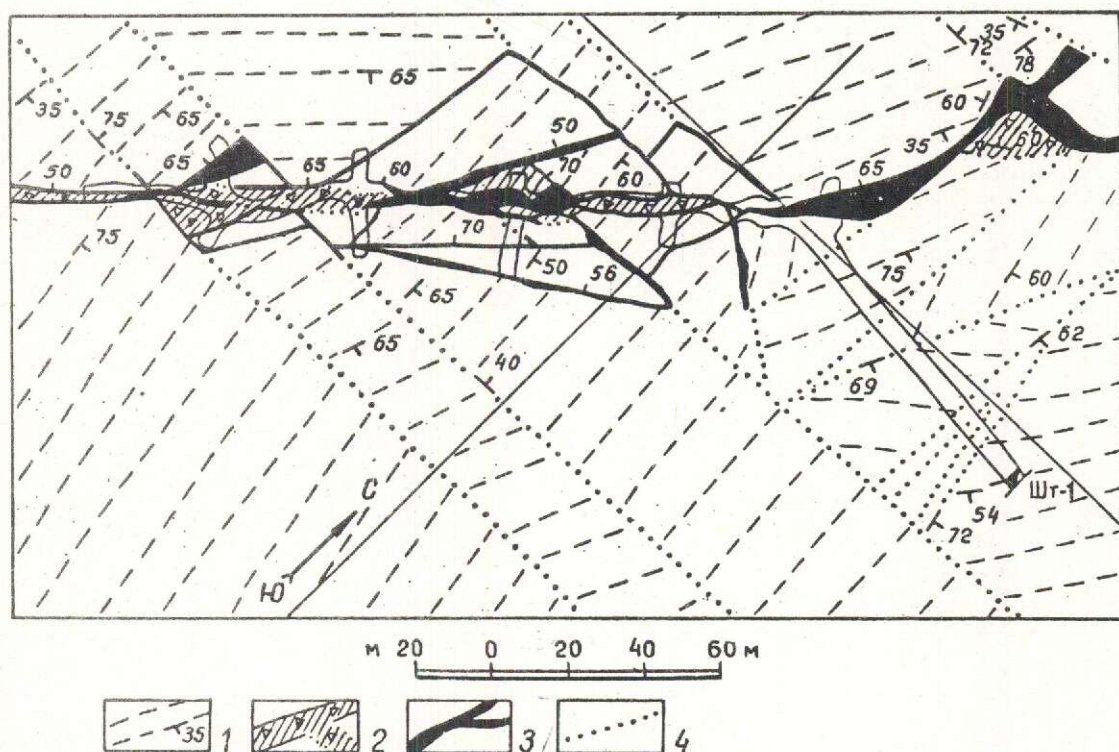


Рис. 5. Морфология Первого рудного тела в центральной части месторождения (план штольнего горизонта + 80 м):

1 — простираание слоистости и элементы залегания рудовмещающей толщи; 2 — рудовмещающие зоны брекчирования и будинирования терригенных пород; 3 — рудные тела; 4 — участки слабо минерализованных разрывных нарушений

во времени от этапов триасового осадконакопления и нижнемеловой консолидации ВКСС и связано с этапом верхнемеловой-неогеновой активизации территории. Основным активным геодинамическим элементом в это время являлась рифтовая система Северного Ледовитого океана или срединно-океанический хребет (СОХ) Гаккеля.

Верхнемеловые отложения отсутствуют на территории Куларского антиклинория и прилегающих структурах Верхоянской области. Лишь восточнее на Колымском массиве (см. рис. 1) известны поля развития пород риолит-базальтовой формации среди вулканогенно-осадочных грубых молассоидов верхнемелового-палеогенового возраста. По всей видимости, они представляют собой незероированные остатки основания и бортов альпийской рифтовой системы, заложенной на продолжении в сторону континента СОХ Гаккеля.

торцовом сочленении СОХ с континентальным склоном окаймлены верхнепалеоген-нижнеогеновыми глубоководными турбидитами, сменяющимися на шельфе разновозрастными рыхлыми песчано-глинистыми осадками. Последние имеют мощность более 500 м и выполняют в области шельфа корытообразный прогиб СЗ простираения. За пределами прогиба мощность шельфовых рыхлых отложений не превышает 200 м. В двух узких субпараллельных грабеновых зонах, разделенных межрифтовой перемышкой, внутри прогиба накапливались, кроме того, верхнеоген-нижнечетвертичные осадки.

В Приморской впадине суши две рифтовые зоны, разделенные межрифтовой перемышкой, картируются по полям развития угленосных озерно-болотных осадков, а там, где они эродированы, — по зонам интенсивного диагонального коробления шарниров мезозойских складчатых структур и поясам

Размещение рудных узлов и полей, содержащих месторождения и рудопоявления золота, ртути, сурьмы и полиметаллов, контролируется (рис. 6) инверсированными блоками осевых частей рифтовых впадин и зонами трансформных разломов, что определяет рудогенерирующее значение альпийской рифтовой системы.

Процесс активизации ВКСС океаническим хребтом можно представить на основе трехслойной модели земной коры [7]. Авторы этой модели на примере ряда рифтовых зон Восточно-Европейской платформы по геофизическим данным показали наличие между базальтовым и гранитным слоями третьего промежуточного слоя, предположительно серпентинитового.

Представляется, что верхнемеловая-нижнеленогеновая демиссионная стадия заложения и развития рифтовой системы протекала по классической [2] схеме образования рифтовой подушки аномальной мантии под земной корой на продолжении СОХ. Это привело к растяжению и утонению коры и заложению прогиба, выполненного рыхлыми молассоидами.

В инверсионную верхнеленоген-четвертичную стадию, по-видимому, происходили прорывы аномальной мантии в земную кору с образованием третьего промежуточного слоя ультраосновных пород вдоль границы Конрада. Последние запускали в действие инверсионный механизм и поблочно деформировали гранитно-метаморфический и осадочный слои с образованием грабенов и межрифтовых горстов. Серпентинитовые или менее измененные дифференциаты ультраосновных пород по трансформным разломам и ограничениям рифтовых зон могли от границы Конрада проникать вверх через гранитный слой и палеозойский карбонатно-эвапоритовый фундамент ВКСС и в значительной степени экранироваться терригенными толщами верхоянского комплекса. Массивы ультраосновных пород кайнозойского возраста не редкость в ВКСС [3, 5], особенно в пределах активизированной краевой части Колымского массива, где отсутствуют мезозойские терригенные толщи. Модель предполагаемого строения земной коры Куларского рудного района представлена на разрезе (см. рис. 6).

роютности, являлись источником глубинных рудообразующих компонентов, таких как золото, ртуть, мышьяк, сурьма, кобальт, содержания которых во много раз превышают таковые в осадочных породах и коровых выплавках [8]. Отгонка рудообразующих флюидов при этом должна была происходить от подошвы верхоянского терригенного комплекса с глубин 4—6 км. Флюиды содержали ассимилированные ими компоненты доверхнепермских карбонатно-эвапоритовых толщ. На последнее указывают высокие содержания в рудах рубидия, стронция, цезия (табл. 1), т.е. элементов, обычно концентрирующихся в эвапоритах и соляных рассолах. Отсюда могла быть заимствована и сера для последующего переотложения в качестве сульфидной вкрапленности.

Ключюское рудное поле представлено ромбовидным блоком пород размером 6 x 6 км², ограниченным двумя швами трансформного разлома СВ простирания и двумя зонами расщепления СЗ ориентировки. Оно приурочено к узлу сопряжения с трансформным разломом центральной части реконструированной рифтовой впадины. Другие менее значительные объекты и рудопоявления Куларского района занимают не столь четкую позицию относительно главных рудоконтролирующих элементов альпийской рифтовой системы.

Рудное поле имеет сложное блочно-клавическое строение (см. рис. 3). Оно густо испещрено субширотными, субмеридиональными, СВ и СЗ нарушениями более низких порядков, чем ограничивающие поле разрывы. Естественным кажется предположение, что ограничивающие трансформы дренировали флюиды с глубин 4—6 км от выступов ультраосновных пород, а нарушения более высоких порядков выполняли функции рудораспределяющих и рудовмещающих. Рудораспределяющая роль субширотных нарушений выражена в приуроченности месторождения Ключюс к области развития правосторонних сдвигов. Фланговое выклинивание рудных тел определяется блоками с левосторонними смещениями.

Само месторождение Ключюс и другие минерализованные участки рудного поля отчетливо отбиваются довольно узкими (0,3—1,0 км) полосами сближенных линейных

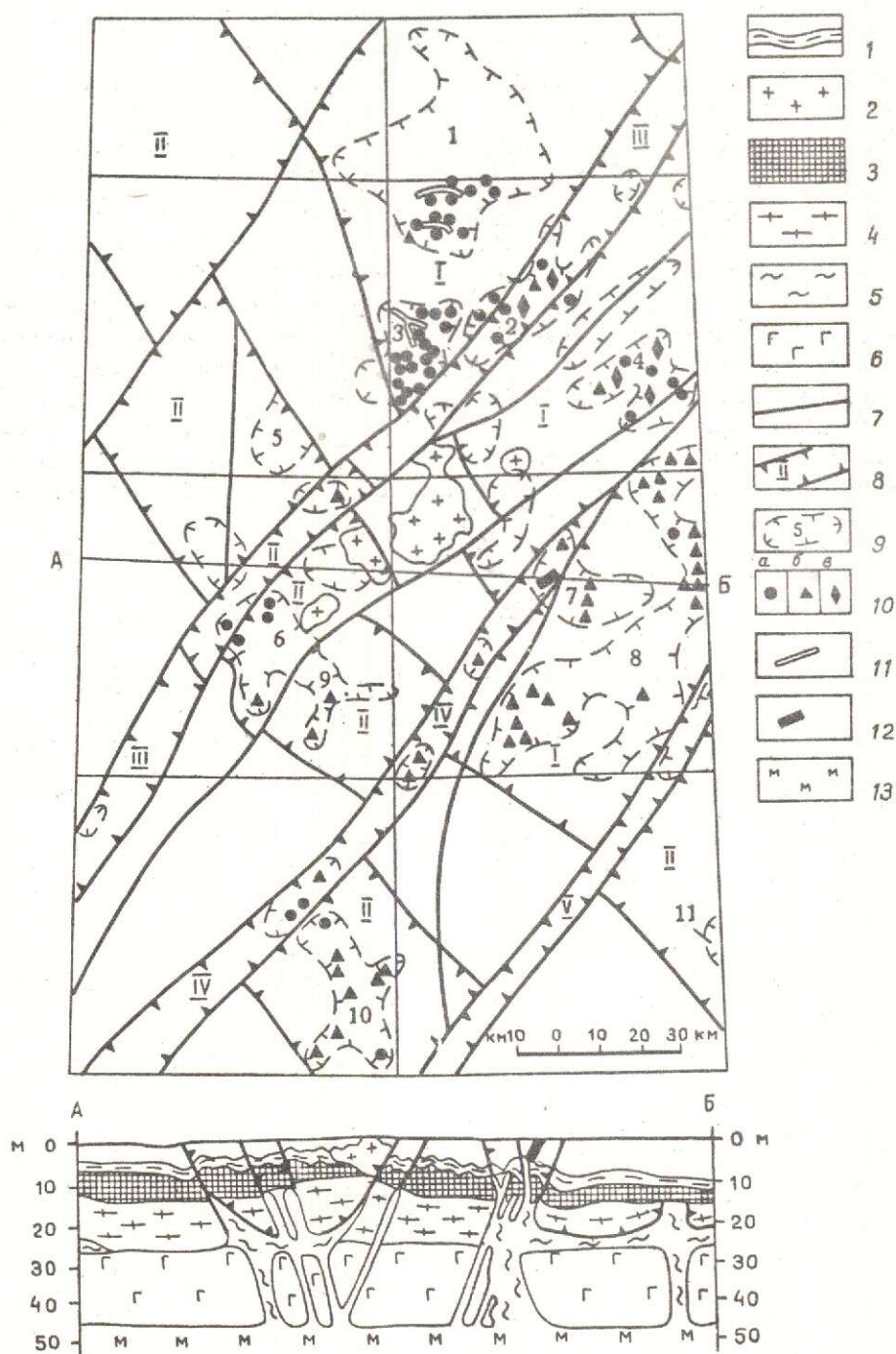


Рис.6. Рифтогенная модель Куларского рудного района:

1 — карбонатно-эвапоритовые толщи верхнего палеозоя; 2 — гранитоидные массивы верхов нижнего мела; 3 — архейско-палеозойский фундамент ВКС; слон земной коры; 4 — верхний гранито-гнейсовый, 5 — промежуточный серпентинизированных гипербазитов, образованный на стадии инверсионного развития альпийской рифтовой системы, 6 — нижний гранулит-базитовый, 7 — разломы; 8 — контуры рудных зон, определяемые ограничениями рифтовых впадин и зон трансформных разломов: Бургуатско-Кюндюлонской (I), Солурско-Хайрдахской (II), Западно-Куларской (III), Нижнекючюсской (IV), Ольджойской (V); 9 — контуры рудных узлов: Бургуатского (1), Магыл-Хаятинского (2), Джуотукского (3), Байдахского (4), Солурского (5), Суордахского (6), Кючюсского (7), Абырабытского (8), Бакыйского (9), Хайрдахского (10), Ымыйского (11); 10 — месторождения и рудопоявления: а — золота, б — ртути, в — сурьмы; 11 — россыпи золота; 12 — месторождение Кючюс; 13

1. Содержания элементов-примесей в рудах и продуктах обогащения

Химические элементы	Содержания от — до, г/т			
	Кларки в осадочных породах, г/т	Исходные руды (3 пробы)	Хвосты обогащения (6 проб)	Концентраты (6 проб)
Rb	60	1020—1100	1020—1100	1720—3390
Cs	5	20—35	12—22	50—53
Te	0,001	79—110	11—21	173—192
Bi	0,1	12—40	28—60	46—76
Ag	0,07	0,7—1,6	0,48—0,71	3,4—10,8
U	2	7,9—9,9	2,2—9,3	14,4—20,8
Co	0,3	23—50	24—80	85—120
Hg	0,07	132—493	24—258	705—930
Sb	1,5	2100—7100	238—1100	31236—44975
As	1,3	20600—25700	5300—24200	33300—80000
Cu	45	100—3000	7—750	625—1175
Zn	95	130—550	15—90	565—2600
TR	—	194—260	194—213	198—234
La	30	28—33	25—30	23—34
Ce	92	44—55	39—52	39—58

Химические анализы выполнены в лаборатории химических и дистанционно-геохимических методов ИМГРЭ А.А.Волохом, З.Т.Катаевой, В.В.Черновой, В.А.Бодня, Ю.И.Гроссе,

вышают 1 г/т в шлихах, отмытых из 5 кг проб рыхлых отложений при профилном опробовании с шагом 10—20 м. Минерализованные зоны фиксируются по высоким содержаниям золота в шлихах и наличию в них минералов-спутников: киновари, антимонита, пирита.

В поперечных сечениях рудных залежей установлены 2 природные разновидности руд, а именно: жильная и вкрапленная. Руды первой природной разновидности представлены карбонат-кварцевыми четко-видными жилами, линзами и прожилками, содержащими гнезда антимонита, реальгара, аурипигмента, киновари, в меньшей мере пирита, арсенопирита, других сульфидов и золота. Жильные руды залегают в центральных частях зон дробления (стержневые жилы), в оконтуривающих, диагональных, а также разнонаправленных межбудинных швах рудовмещающих тектонических зон.

Руды второй природной разновидности представлены брекчированными тонкослоистыми алевролитами и песчаниками, несущими сульфидную, преимущественно арсенопирит-пиритовую вкрапленность. Более поздние минералы (антимонит, киноварь и др.), характерные для жильной разновидности, встречаются здесь гораздо реже. Руды

имеют вкрапленную полосчатую текстуру за счет неравномерной послойной и межслоевой концентрации сульфидов. Вкрапленные руды обычно не встречаются отдельно от жилообразных тел, а образуют вокруг них и рудовмещающих разрывов ореолы минерализованных пород мощностью от десятков сантиметров до первых метров. Важно отметить, что прослой песчаников несут более густую сульфидную вкрапленность, чем слои алевролитового состава. Прослой углеродистых аргиллитов чаще всего совсем безрудные. В них, в отличие от первично пористых алевропесчаников, слабо проявлены процессы метасоматического окварцевания и карбонатизации, сопровождавших становление вкрапленных руд.

Обе природные разновидности руд сложены одинаковыми парагенетическими минеральными ассоциациями: пирит-арсенопирит-кварцевой и антимонит-киноварь-серицит(каолинит)-карбонатной. Отличаются жильная и вкрапленная разновидности руд процентными соотношениями между парагенезисами и основными минералами в последних. Образование вкрапленной разновидности руд можно связать с опережающим проникновением из рудовмещающей тектонической зоны в боковые породы богатых

2. Фазовый состав золота в природных типах руд

Золото	Содержание, г/т (в числителе), и в % (в знаменателе) в природных типах руд:		
	окисленных	смешанных	первичных
Свободное	$\frac{1,2}{15,4}$	$\frac{0,4}{5,4}$	$\frac{0,1}{1,0}$
В сростках, цианируемое	$\frac{4,4}{56,4}$	$\frac{0,5}{6,8}$	$\frac{0,5}{5,1}$
Связанное с окислами мышьяка и сурьмы	$\frac{1,0}{12,8}$	$\frac{0,6}{8,1}$	
Связанное с карбонатами и оксидами железа		$\frac{0,5}{6,8}$	$\frac{0,3}{3,0}$
Связанное с сульфидами	$\frac{0,6}{7,7}$	$\frac{4,6}{62,1}$	$\frac{8,2}{82,8}$
Связанное с силикатами	$\frac{0,6}{7,7}$	$\frac{0,8}{10,8}$	$\frac{0,8}{8,1}$
Итого в руде	$\frac{7,8}{100,0}$	$\frac{7,4}{100,0}$	$\frac{9,9}{100,0}$

Анализы выполнены в лаборатории обогащения руд благородных металлов ЦНИГРИ Н.И.Никулиным, Н.Н.Деминой, Л.Е.Жидковой.

серой, мышьяком, железом и золотом возгон. Из остаточных флюидов в открытых полостях и трещинах кристаллизовались карбонат-кварцевые обогащенные минералами сурьмы и ртути более низкотемпературные жильные руды.

Гнездовое распределение жильного материала, незначительные мощности жил, частое чередование жильной составляющей в контуре вкрапленных руд и, в целом, небольшая (от 5 до 15 %) доля жил в объеме минерализованной зоны, не позволяют осуществлять селективную выемку природных разновидностей руд и исключают необходимость их раздельного картирования. В качестве основных природных типов руд выступают первичные, частично окисленные и окисленные, расположение которых в плоскости Первого рудного тела изображено на рис. 4.

Основные отличия минерального состава типов руд заключаются в закономерном возрастании содержаний оксидов и гидрооксидов рудообразующих компонентов со снижением количества сульфидов в 40—100 м приповерхностной зоне месторождения. В этом же направлении происходят изменения

в технологических свойствах руд. В частности увеличивается массовая доля свободного золота от 6,1 % в первичных рудах до 71,8 % в окисленных (табл. 2). В смешанных рудах часть, а в окисленных — большее количество арсенопирита преобразовано в петтитит с переходом золота в сростки с охристо-глинистыми образованиями в доступных для цианирования формах. Пирит и антимонит окисляются слабее, чем арсенопирит, и часть золота остается в сульфидах.

Многочисленные выделения самородного золота были встречены в одной из сульфидно-кварцевых линз Первого рудного тела. Величина выделений варьировала от пылевидных зерен до обособлений в 1,5—2,0 мм. Они располагались в трещинах кварца, в интерстициях между головками друзовидного кварца, по контактам кварца с реликтами окварцованных обломков углеродистых алевропелитов, в сростках с арсенопиритом и метациннобаритом.

Состав золота изучен на рентгеноспектральном анализаторе. Результаты анализов приведены в табл. 3. Обращает на себя

внимание высокая ртутистость золота. Это позволяет согласиться с мнением некоторых исследователей [8] о возможной транспортировке золота парами ртути в рудоносном флюиде, хотя, как следует из табл. 4, золото в большей степени коррелирует с мышьяком, и основная часть его в первичных рудах связана с арсенопиритом.

Изучение содержаний элементов-примесей в рудах и продуктах обогащения (см. табл. 1) показало высокие концентрации элементов, характерных для эвапоритовых залежей (Rb, Cs, S, Te), для пород ультраосновного состава (Co, Hg, Au, Sb, Bi, Cu) и кислых пород (W, U, Zn, TR). Все это подтверждает гетерогенность источника рудного вещества. Богатые тяжелыми металлами флюиды отделялись от выступов серпентинитового рифтогенного промежуточного слоя земной коры с глубин 4—6 км, усваивали серу, рубидий, цезий, карбонаты и соли эвапоритовых доверхнепермских

толщ и, смешиваясь с метеорными водами, обогащенными литофильными элементами в разломах триасовых и юрских сланцев, создавали крупные (Кючюс) и менее значительные объекты комплексных руд. Наряду с золотом из руд попутно могут извлекаться ртуть, сурьма, теллур, висмут, рубидий, цезий, а также менее значительные количества кобальта, вольфрама, меди, цинка и других цветных металлов, а это существенно, почти на 30 %, повышает стоимость рудных концентратов.

Проведенные исследования позволяют прийти к следующим выводам:

крупное золото-сульфидное месторождение, залегающее в черносланцевых толщах верхоянского комплекса, отделено от времени отложения вмещающих пород (средний триас) этапами орогенной консолидации складчатой области (нижний мел) и активизации континентальной окраины

3. Состав самородного золота

№№ зерен	Содержания химических элементов, %						Сумма
	Au	Ag	Hg	Te	Zn	Bi	
1	73,3	11,4	13,7	1,3	0,3	0,0	100,0
2	78,7	12,2	8,8	0,1	0,3	0,0	100,0
3	74,9	10,2	14,8	0,0	0,0	0,0	100,0
4	75,4	10,5	13,9	0,0	0,1	0,0	100,0
5	86,2	6,2	6,4	0,0	0,0	0,5	99,4
6	83,1	6,1	9,5	0,1	0,0	0,5	99,3
7	79,9	6,0	12,7	0,1	0,0	0,5	99,2
8	82,8	6,0	14,1	0,0	0,0	0,5	103,4
9	71,7	8,1	19,0	0,0	0,0	1,2	100,0
10	87,7	4,5	7,5	0,1	0,0	0,3	100,0
11	79,0	9,4	11,3				99,7
12	93,2	0,1	7,5				100,8
13	79,3	7,6	12,3				99,3
14	82,3	5,7	11,2				99,2
15	89,2	3,0	7,7				99,9
16	88,1	3,6	8,0				99,8
17	76,2	10,6	12,5				99,3
18	85,8	4,3	8,9				99,0
19	98,7	0,2	0,8				99,6
20	91,9	0,4	7,6				99,4
21	89,7	1,9	9,0				100,6
22	75,2	12,3	12,5				99,9
23	81,1	7,1	10,9				99,1
24	84,9	3,1	11,7				99,7
25	94,7	2,6	1,8				99,1
Среднее	83,3	6,1	10,2	0,2	0,1	0,4	

4. Матрица ранговых коэффициентов корреляции (по результатам статистической обработки анализов 100 разведочных пересечений)

Элементы	Au	Hg	Sb	As
Au	1,000			
Hg	0,302	1,000		
Sb	0,386	0,246	1,000	
As	0,762	0,377	0,359	1,000

срединно-оксаническим хребтом Гаккеля (верхний мел—неоген);

образованная в результате активизации внутриконтинентальная рифтовая система на стадии инверсионного развития вызвала блоковые подвижки и поперечное коробление мезозойских складчатых структур и была продуктивна на руды золота, сурьмы, ртути, полиметаллов;

положение крупного золоторудного месторождения Кючюс определяется узлом сопряжения центральной части реконструированной рифтовой зоны с трансформным разломом, а также сочетанием благоприятных для локализации руд пликативных и дизъюнктивных нарушений мелового и неогенового возраста. Мелкие месторождения и рудопроявления не имеют столь четкой позиции;

модель рифтогенного крупного месторождения опирается на гипотезу [7] об образовании промежуточного серпентинитового слоя вдоль границы Конрада на стадии инверсионного развития рифтовой системы. Высоко поднятые сателлиты серпентинитового слоя в зонах трансформных разломов могли проникать через гранитный слой и карбонатно-эвапоритовый фундамент ВКСС и экранироваться 4—6 км терригенной толщей верхоянского комплекса;

месторождение было создано газово-жидкими флюидами, содержащими характерные элементы мафических пород, эвапоритов и метеорных коровых вод. Многие из них представляют ценность как попутные компоненты золотых руд, имея свойства накапливаться в концентратах. Особый интерес представляет рубидий, содержания которого в руде позволяют при попутной до-

быче удовлетворить всю мировую потребность;

в свете современных представлений, месторождение Кючюс по классификации М.М.Константинова [4] может быть отнесено к золото (мышьяковисто)-сульфидной формации. Для поисков и оценки подобных месторождений полностью применимы разработанные в ЦНИГРИ для этой формации [5] оптимальные схемы реализации геологоразведочного процесса с учетом установленных новых геолого-структурных особенностей локализации и вещественного состава рудных тел.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Беневольский Б.И., Мигачев И.Ф., Щепотьев Ю.М. Состояние и проблемы реализации золотого потенциала СНГ в условиях рыночных отношений // Сов. геология. 1992. № 3. С. 4—11.
2. Грачев А.Ф. Рифтовые зоны Земли. — М.: Недра, 1987.
3. Гусев Г.С., Петров А.Ф., Фрадкин Г.С. Структура и эволюция земной коры Якутии. — М.: Наука, 1985.
4. Константинов М.М. Провинции благородных металлов. — М.: Недра, 1991.
5. Кривцов А.И., Нарсеев В.А. Геологоразведочный процесс и прогноз-поисковые комплексы // Сов. геология. 1983. № 1. С. 17—27.
6. Минералогия и геохимия золота Куларского района / В.А.Амузинский, Г.С.Анисимова, В.А.Баладин, Р.Н.Копылов, С.Г.Москвитин, А.И.Скрябин, М.А.Толмачев. — Якутск: ЯФ СО АН СССР, 1988.
7. Новые данные о составе, структуре и геодинамике континентальной коры / Р.Г.Берзин, В.М.Кудымов, А.В.Овчаренко, Ю.М.Саркисов, А.К.Сулейманов // Сов.геология. 1992. № 3. С. 88—96.
8. Степанов В.А., Моисеенко В.Г. Геология золота, серебра и ртути. — Владивосток: Дальнаука, 1993.
9. Оксман В.С. Литологический контроль согласных золото-кварцевых тел Бургуатского узла (Северное Верхоянье): Автореф. дис... канд. геол.-минерал. наук. — Л., 1989.

Konyshov V. O.

A MODEL OF GOLD ORE FIELD IN TECTONO-MAGMATIC ACTIVIZATION STRUCTURES:
THE KYUCHYUS DEPOSIT

Geological-structural features characterizing the localization of the deposit are shown against the background of geosynclinal and riftogenic stages in the evolution of the territory under study. Some evidences counting in favour of the hypothesis proposing the mafic rock fluids, evaporite rock mass components and meteoric crustal waters to be the governing participants in the formation of ores are presented.

УДК 553.311.411.071.062.32

© П. Ф. Иванкин, А. Н. Шелехов, 1995

О ЗОЛОТОНОСНОСТИ ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ АЛТАЕ-САЯНСКОГО РЕГИОНА

П. Ф. ИВАНКИН (ЦНИГРИ Роскомнедра), А. Н. ШЕЛЕХОВ (АО «Тульская горно-заводская компания»)

Приводится характеристика самородного золота сульфидизированных скарново-магнетитовых тел Сухаринского железорудного месторождения Алтае-Саяна. Рассмотрены вопросы попутного получения благородных и некоторых цветных металлов из отвальных продуктов обогащения скарново-магнетитовых руд.

Геолого-металлогенические исследования в регионе, проводившиеся под руководством П. Ф. Иванкина в 1960—1970 гг., показали, что формирование гранитоидных плутонов диорит-гранодиорит-плагiogранитного ряда сопровождалось в одних условиях образованием крупных промышленных скарново-магнетитовых месторождений, в других — золоторудных: Ольховского, Берикульского и других типов. Были отмечены факты, когда один и тот же батолит (например, Ольховский) в одних своих частях содержал промышленные золоторудные объекты, а в других — магнетитовые. Поэтому было введено новое понятие «металлогенической асимметрии гранитоидных батолитов», хотя петролого-геохимические факторы возникновения этой асимметрии оставались во многом не ясными.

Все это послужило основанием для постановки в Тульском филиале ЦНИГРИ, под руководством А. Н. Шелехова, исследований по оценке степени золотоносности магнетитовых руд. В восьмидесяти годах эта работа осуществлялась в основном с

робовании на золото отвалов обогатительных фабрик железорудных предприятий. В отвальных хвостах Мундыбашской и Абагурской аглофабрик было установлено систематическое присутствие свободного золота в количествах от 0,1—0,4 до 1 г/т, т.е. на уровне богатых россыпей.

Попутно были поставлены специальные исследования по оценке золотоносности самих скарново-магнетитовых залежей ряда рудников-поставщиков руды на обогатительные фабрики. Ниже приводятся результаты исследований по одному из таких месторождений — Сухаринскому.

Месторождение представляет собой зону северо-восточного простирания с крутым (до 82°) северо-западным падением, залегающую в эндоконтакте интрузива, сложенного кварцевыми диоритами [1]. Длина разведанной части главного сульфидно-магнетитового рудного тела составляет 420 м, максимальная мощность — 75 м. Сульфидно-магнетитовые руды с довольно значительным содержанием пирита, пирротина, участками халькопирита,

выделения, секутся протяженными зонами и линзами пирито-пирротиновых руд. Месторождение открыто в 1750 году и вначале разрабатывалось на серебро. В 1773 году оно было переоткрыто как железорудное и длительное время отрабатывалось для Томского железоделательного завода. В настоящее время на нем действует карьер, и отрабатываемая руда после предварительного обогащения сухой магнитной сепарацией отгружается на близлежащую обогатительно-агломерационную фабрику для дальнейшего обогащения методом мокрой магнитной сепарации.

В истории изучения и отработки месторождения известны случаи селективной выемки сульфидных руд и зон сульфидизации на золото; в русле протекающей вблизи месторождения речки Сухаринки добывалось россыпное золото, а также имели место находки магнетитовых галек с видимым золотом.

Нами изучены сульфидные руды породного отвала рудника. Были отобраны штучные пробы пирротиновых, пиритовых и халькопирит-магнетитовых руд. Пирротиновые руды представлены массивными сливными катаклазированными агрегатами с микровключениями также катаклазированных зерен пирита, единичных агрегатов и зерен сфалерита, а также микропрожилков халькопирита в ассоциации с кальцитом и кварцем. Последние развиваются по периферии, межзерновым промежуткам, микротрещинам агрегатов и зерен пирротина. Пиритовые руды также представлены массивными катаклазированными агрегатами с реликтами нерудных минералов и вмещающих пород. В виде единичных включений с извилистыми и зазубренными очертаниями по пириту развиты пирротин и халькопирит. Халькопирит-магнетитовые руды зон интенсивной сульфидизации скарново-магнетитовых тел сложены массивными агрегатами магнетита, как бы пропитанного халькопиритом. Агрегаты последнего причудливой формы, часто с пирротинном, развиваются по трещинам катаклаза и межзерновым промежуткам магнетита. Таким образом, рудный постмагматический процесс наложенного на скарны сульфидного гидротермального оруднения был полисульфидным и многоэтапным. Об этом свидетельствуют различные

первичный геохимический фон рассеяния многих элементов в сульфидно-магнетитовых рудах, в которых, по данным исследований прошлых лет, определены до целых процентов: медь, бор, мышьяк, марганец, титан, ванадий, олово; до десятых и сотых долей процента — серебро, свинец, цинк, кадмий, кобальт, сурьма, германий, бериллий, барий, стронций и др.

В полированных шлифах, преимущественно пирротиновых руд, установлено свободное высоко- и низкопробное серебристое золото. Выявлено несколько морфологических разновидностей последнего: вкрапленно-каплевидные, жилково-пластинчатые, неправильные зерна бледножелтого умеренно высокопробного и белого с желтоватым оттенком низкопробного серебристого золота. Размер их от 4×4 до 8×20 мкм, очертания извилистые и зазубренные. В низкопробном золоте под микроскопом хорошо просматривается губчатая поверхность.

В одном из катаклазированных зерен пирита размером всего около 1 мм^2 , представляющим собой микровключение в пирротиновой руде, по микротрещинкам наблюдалось скопление пятнадцати субмикроскопических золотин размером от $4-5$ до 20 мкм. Из числа прочих минералов, развивающихся по микротрещинам пирита и пирротина, присутствуют сфалерит, кварц, кальцит. По данным микрозондирования проведено сравнение химического состава золота пирротиновых руд двух месторождений (таблица).

В пирротиновых рудах скарново-магнетитового месторождения оказалось возможным микрозондирование относительно крупных выделений белого серебристого золота. Как и следовало ожидать, золото сравниваемых месторождений отличается по содержанию серебра, но сходно по содержанию ртути. Это может рассматриваться как один из показателей идентичности типоморфных особенностей золота и единства источника рудного вещества, обусловившего образование золотоносных пирротиновых руд двух разных и удаленных на значительное расстояние друг от друга месторождений. Некоторые исследователи на основании анализа различных ядерно-физических параметров золота и ртути, а также эмпирически выявленных в руде разбросанных фак-

Данные электронного микрозондирования пирротиновых руд

Месторождения	Визуальная характеристика золота	Химический состав золота, %				
		Au	Ag	Hg	Cu	Se
Сухаринское скарново-магнетитовое	Белые микрочастицы серебристого золота	76,5	20,5	0,62		
Ольховское золоторудное	Яркожелтое высокопробное золото	89,25	9,0	0,28	0,02	0,02

Исследование проведено на микрозонде КАМЕКА М.М.Ботовой, ЦНИГРИ.

тов сонахождения этих элементов, считают ртуть спутником золотого оруденения, а присутствие ртути в рудном золоте — свидетельством значительной концентрации названных элементов в рудообразующих флюидах единого источника рудного вещества [2]. Таким образом, логично предположение о том, что сульфидные руды обоих месторождений Алтае-Саяна имеют единый рудообразующий источник и близкий вещественный состав.

Буровыми работами прошлых лет на периферии главного сульфидно-магнетитового тела вскрыты моносульфидные руды, образующие линзовидные и плитообразные тела мощностью до 10—15 м, протяженностью по падению около 180 м, которые, как и сульфидные руды, залегающие среди скарново-магнетитовых тел, могут быть золотоносны (рисунок). Выявление и геометризация таких рудных тел, оценка их золотоносности в пределах осваиваемых и подготавливаемых к освоению железорудных полей и месторождений Алтае-Саяна может представлять практический интерес для промышленности, поскольку собственная сырьевая база золота в этом регионе истощена.

Кроме того, новым нетрадиционным источником благородных и некоторых цветных металлов могут быть отвальные хвосты магнитной сепарации сульфидно-магнетитовых руд местных обогатительных фабрик.

Как показали наши многолетние исследования в тесном содружестве с ПО «Запсибзолото» и ПО «Сибруда», при магнитном обогащении руд в отвальных хвостах происходит накопление немагнитных минералов сопутствующих благородным и цветным металлам, включая мелкое и тонкое

золото, а также халькопирит, сфалерит и другие продуктивные сульфиды. Наибольшее количество золота сосредоточено в материале отвальных хвостов мокрой магнитной сепарации в классе крупностью -0,1—+0,020 мм. Часть золота находится в связанном состоянии в крупных фракциях рудных и нерудных минералов, из которых оно может быть извлечено путем дополнительного измельчения отвальных хвостов до крупности 0,05—0,08 мм.

Извлечение золота возможно по гравитационно-флотационной технологии совместно с сульфидами в коллективный золото- и серебросодержащий сульфидный концентрат, который может быть использован в качестве дополнительного источника благородных металлов на ближайших золотоизвлекательных фабриках юга Сибири. Как показали исследования концентратов на Бериккульской золотоизвлекательной фабрике, извлечение благородных металлов из них возможно с высокой эффективностью по существующей там технологии цианирования концентратов. Ресурсы благородных и некоторых цветных металлов в отвальных хвостах мокрой магнитной сепарации могут обеспечить их выгодную и интенсивную переработку в течение нескольких десятков лет.

Из всего сказанного следует, что железорудные скарново-магнетитовые месторождения Алтае-Саянского региона, в особенности те из них, которые характеризуются повышенной сульфидоносностью, должны рассматриваться как месторождения комплексных железных руд, содержащих золото, серебро и халькофильные металлы, а возможно и платиноиды. Поэтому эти месторождения нуждаются в специальном ресу-

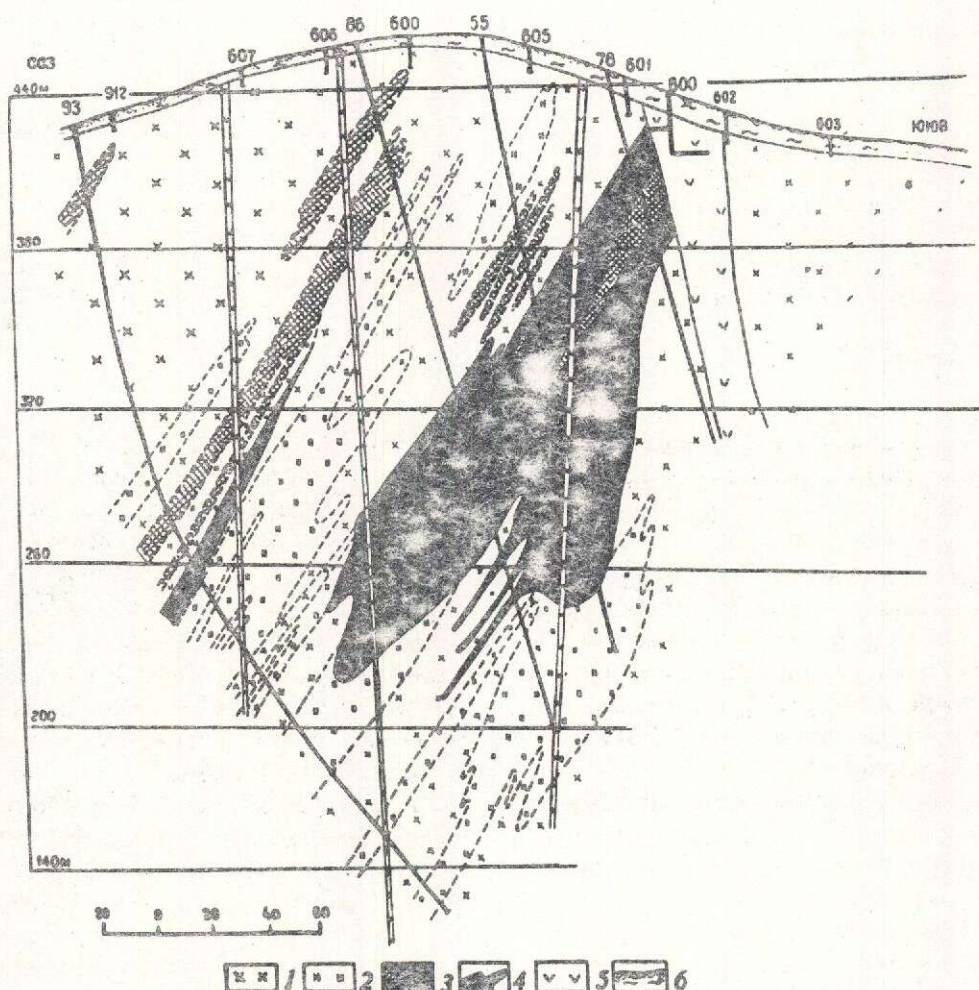


Рисунок. Геологический разрез через Лево-Сухаринское месторождение:

1 — диорит; 2 — роговиковидные породы; 3 — сульфидные руды; 4 — магнетитовые руды; 5 — дайки диабазы; 6 — наносы

мическом доизучении (как при разведке, так и на стадии эксплуатации).

В итоге этих исследований геолого-экономическая значимость скарново-магнетитовых месторождений Алтае-Саянского региона несомненно существенно возрастет.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Железорудные месторождения Алтае-Саянской горной области. — М., 1959. Т. 1. Кн. 2. С. 172—176.
2. Степанов В.А., Берзон Р.О. О связях золота и ртути в рудообразующих процессах // Сов. геология. 1983. № 1. С. 54—56.

Ivankin P. F., Shelekhov A. N.

ON GOLD-BEARING IRON ORE DEPOSITS OF THE ALTAI-SAYANSKY REGION

Native gold innate to sulfidized skarn-magnetite bodies of the Sukharinskoye iron ore deposit (Altai-Sayan) is characterized. By-production of precious and some base metals from skarn-magnetite ore dressing waste products is discussed.

УДК 553.434(574.31)

© М. К. Сатпаева, 1995

ТЕКСТУРЫ И СТРУКТУРЫ ИНЪЕКЦИОННЫХ РУД

М. К. САТПАЕВА (ИГН НАН Республики Казахстан)

Руды Джезказганского месторождения содержат текстуры и структуры, свидетельствующие, по мнению автора, о формировании залежей в процессе внедрения высококонцентрированных рудоносных флюидов в толщу слоистых осадочных пород.

Многолетние исследования руд Джезказгана привели автора к представлениям об инъекционном генезисе месторождения: стратиформные залежи рассматриваются как «рудные силлы», возникшие в результате вторжения высококонцентрированного рудоносного флюида типа сульфидного расплава в толщу слабо дислоцированных осадочных пород [10, 11].

Напомним, что впервые предположение о возможном участии расплавов в формировании рудных месторождений высказал шотландец Джеймс Хеттон (1788). В России теория образования руд путем внедрения во вмещающие породы рудного расплава была разработана и опубликована в 1893 г. В.А.Кратом, много лет проработавшим на Рудном Алтае [3]. Широко известность концепция рудных магм получила благодаря работам американского геолога Дж.Сперра [12]. Несмотря на дискуссионность подобных представлений, в последние годы сообщается немало фактов, свидетельствующих о возникновении ряда полиметаллических сульфидных месторождений в результате инъекции во вмещающие породы высококонцентрированных сульфидных масс [4, 13, 14 и др.]. Опубликованы сведения о ликвационном отщеплении от материнских магм флюидных расплавов, селективно концентрирующих рудные металлы, устойчивых до умеренных и низких температур [5]. Подчеркивается исключительная роль флюидно-магматической дифференциации обогащенных флюидами основных магм в процессе образования сульфидных руд [2]. Обращается внимание на большую текучесть сульфидных расплавов [8]. Механизм образования пластовых инъекций связывается с явлением гидроразрыва пласта. Показано, что, попадая в участки разуплотненных пород, т.е. в условия резкого падения внешнего давления, флюидные расплавы, насыщенные летучими компонентами, вследствие

вие ретроградного кипения дают начало типичным гидротермальным растворам [1], что создает предпосылки для широкого проявления метасоматоза в месторождениях инъекционного типа.

Обращаясь к Джезказганскому месторождению, следует напомнить об основных особенностях его строения. Прежде всего, это многоярусность расположения залежей, приуроченных к наиболее грубозернистым породам слоистой осадочной толщи. Главные залежи представляют собой лежащие друг над другом лентообразные рудные тела северо-западного простирания (рис. 1), ограниченные на юго-востоке зоной Теректинского глубинного разлома. Согласно данным рудничной геологической службы, «наиболее богатые руды локализуются в каждой залежи в виде узких (шириной от 10—30 до 70—120 м) лент, непрерывно прослеживающихся по простиранию залежей на расстояниях до нескольких сотен метров, а в наиболее крупных залежах — до нескольких километров» [6, с. 59]. В поперечном сечении богатых лентообразных залежей нередко наблюдаются «размывы» [7] — проседание почвы и разрушение вмещающих пород (рис. 2). Характерной чертой месторождения является неравномерность распределения рудных компонентов: в непосредственном контакте с богатыми рудами, где сульфиды занимают основной объем оруденелой породы (рис. 3, а), располагаются бедно-вкрапленные руды с мелкими редкими включениями сульфидов, концентрирующихся по границам терригенных компонентов песчаника (рис. 3, б).

Согласно представлениям автора, богатые рудные ленты, слагающие осевые части залежей, образовались в результате внедрения в толщу осадочных пород высококон-

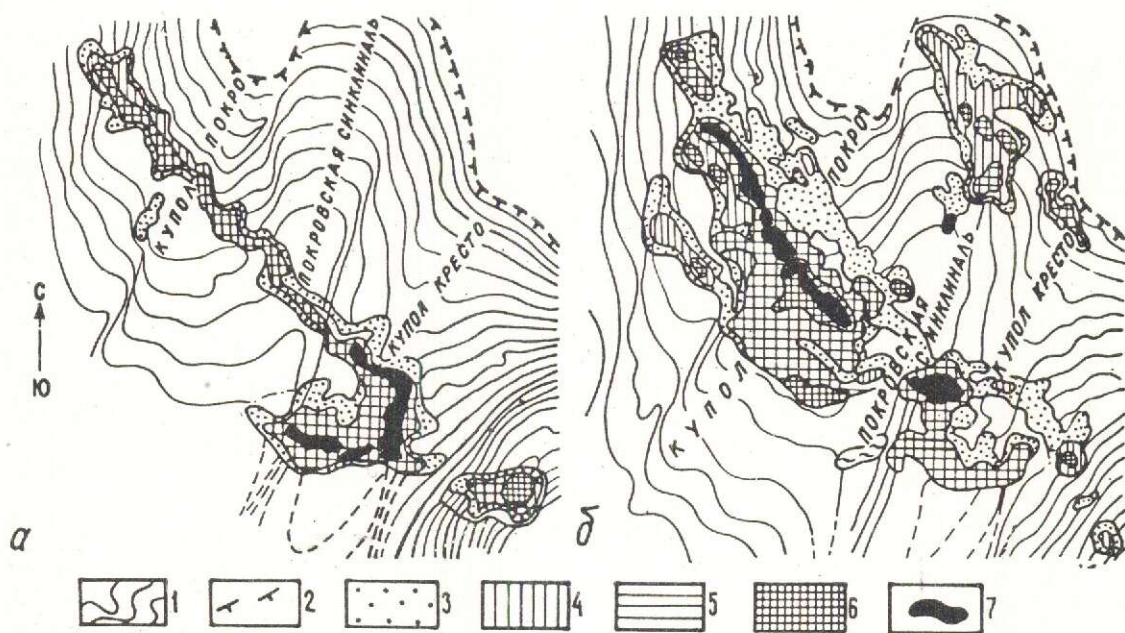


Рис. 1. Схематические планы рудных залежей Джезказгана, составлены Л.В.Копятевич [15]:

залежи: а — 4—1, б — 5—1; 1 — изогипсы почвы рудовмещающего пласта; 2 — линия выхода пласта на дневную поверхность; зоны различной концентрации меди: 3 — низкой, 4 — средней, 5, 6 — повышенной, 7 — высокой

центрированных рудоносных флюидов типа сульфидных расплавов; окружающие их ореолы бедно-вкрапленных руд возникли в процессе отложения рудного вещества из остаточных гидротермальных растворов.

Залежи Джезказгана содержат немало свидетельств их инъекционного происхождения. Весьма ценная информация такого рода заключена в текстурах и структурах богатых руд, причем наиболее информативными оказались микротекстуры, наблюдаемые под микроскопом в полированных и прозрачных шлифах.

Все многообразие структурно-текстурных особенностей инъекционных руд объединено автором в ряд групп, каждая из которых является отражением вполне определенных и весьма существенных событий, имевших место при формировании месторождения.

1. Текстуры вторжения — группа текстур, свидетельствующая о внедрении во вмещающие породы направленных потоков высококонцентрированных сульфидных масс и их высокой механической активности. В этих структурах наблюдаются

чрезвычайно красочные струйчатые текстуры, наблюдающиеся в оруденелых песчаниках в виде систем секущих сложно ветвящихся очень богатых рудных потоков (струй), нередко отличающихся по минеральному составу от пересекаемой ими руды (рис. 4). Наиболее широко распространены случаи пересечения халькозиновых и галенитовых руд струями борнита; в меньшей мере — пересечения борнитовых руд струями халькопирита; встречаются случаи пересечения бедных халькозиновых и галенитовых руд струями богатых руд того же минерального состава. Мощность струй в образцах — 0,5—3 см. Очевидно, наблюдаемые в образцах струи — фрагменты более крупномасштабной системы высококонцентрированных рудных потоков, слагающих осевые части лентообразных рудных залежей. Следует подчеркнуть, что рудные струи являются элементами текстуры оруденелых песчаников, что резко отличает их от рудных жил (минерализованных трещин).

Особенностью рудных потоков, вторгшихся в толщу осадочных пород, явились их

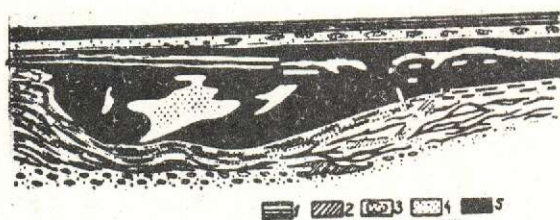


Рис. 2. Геологический разрез залежи 5—1, шахта Покро, по Л.Ф.Наркелюну [7, с. 107]: разрушение пластов алевролитов, ассимиляция песчаников, проседание почвы рудной залежи:

1 — красные алевролиты; 2 — зеленовато-серые алевролиты; 3 — гнезда крупнозернистого сильно выщелоченного песчаника в рудной массе; 4 — серый среднезернистый песчаник с борнитовой минерализацией; 5 — массивная борнитовая руда в песчанике

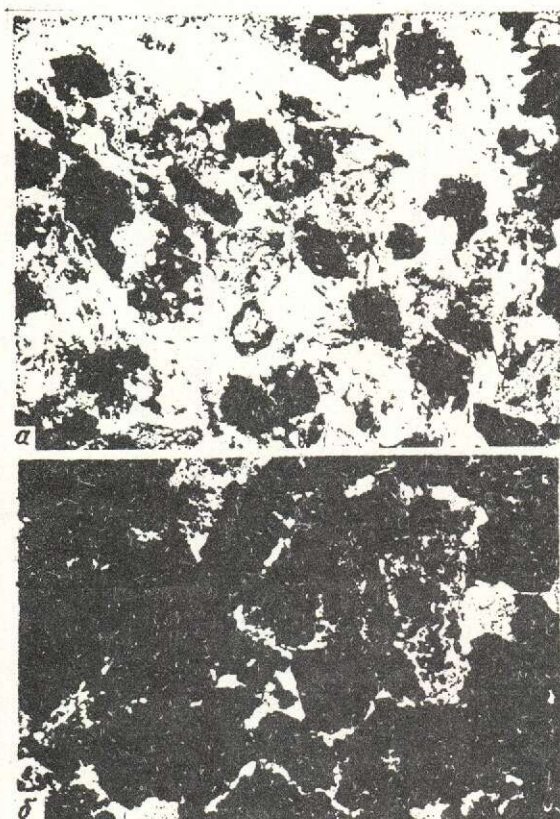


Рис. 3. Различная степень оруденения песчаников:

полированные шлифы, светлое — сульфиды; а — богатое оруденение; б — бедная окрестность сульфидов

разец песчаника, несущий в нижней части богатую сульфидную минерализацию. Привлекает внимание резкость контакта, отделяющего рудную и безрудную части образца: рядом с неизменным безрудным песчаником, характеризующимся плотной упаковкой терригенного материала (рис. 5, б), наблюдается картина полного преобразования первичной породы под воздействием рудной массы (рис. 5, в) — большую часть объема занимает рудное вещество, от песчаника сохранились лишь разрозненные зерна, далеко раздвинутые, пропитанные рудной массой, разъединенные.

Нередко удается наблюдать свидетельства высокой механической активности сульфидных масс, разрушавших при вторжении вмещающие породы (рис. 6, 7): отторжение остроугольных обломков породы и отдельных песчинок, разворот и растаскивание осколков, разрыв зерен, расщепление по спайности сло-

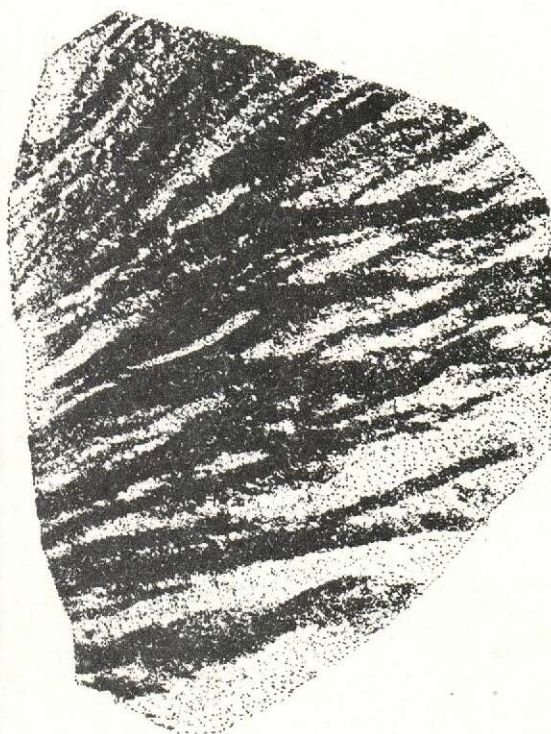
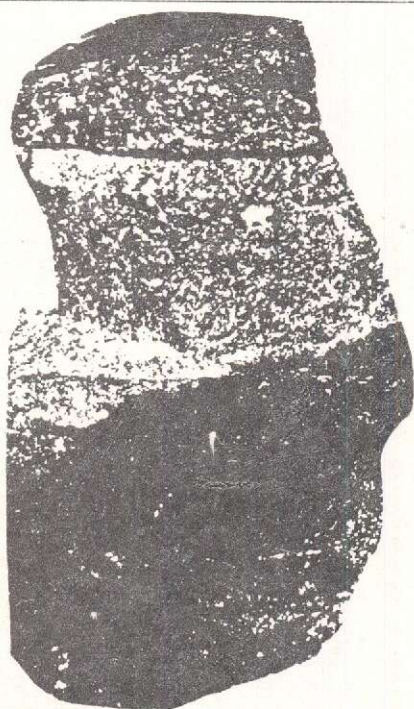


Рис. 4. Струйчатая текстура:

струи борнита (темное) пересекают песчаник с галени-
товым оруденением, натуральная величина



a

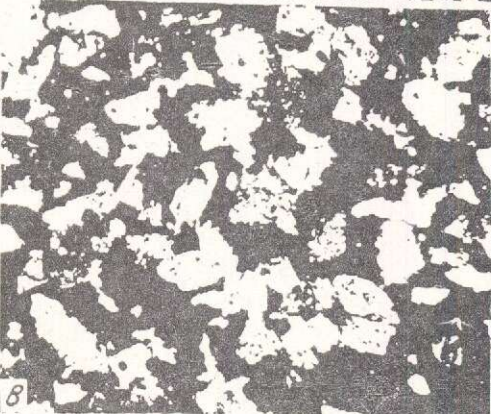
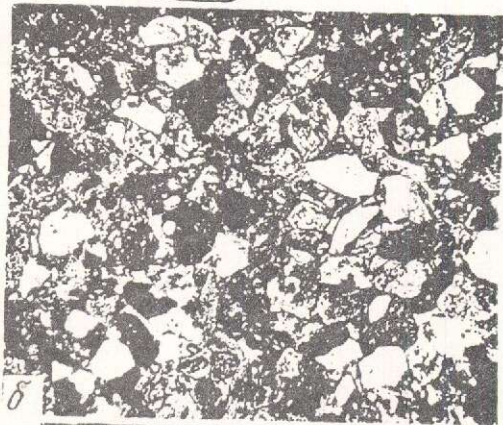
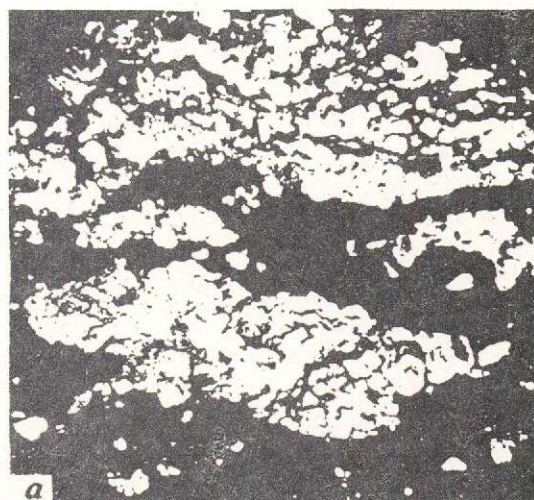


Рис. 5. Резкий контакт богато оруденелого песчаника с безрудным:

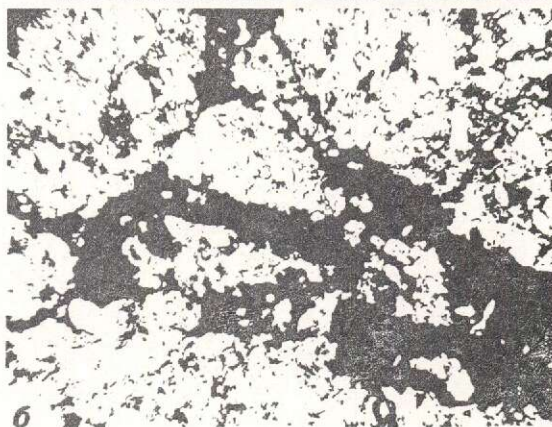
а — резкая граница богатого оруденения (темное) в песчанике, штупф, ув. 2; б — безрудная (верхняя) часть образца; в — богато оруденелый песчаник (нижняя часть образца); б, в — прозрачные шлифы, ник. П.

дистых минералов с изгибом и переламыванием листочков. Оставаясь погруженными в массу сульфидов вблизи от материнской породы, «отторженцы» нередко позволяют реконструировать первоначальное положение обломков, судить о направлении рудного потока, степени его механической активности.

2. Текстуры течения, запечатлевшие моменты продвижения во вмещающих породах пластичных и подвижных сульфидных масс. На рис. 8, а показано продольное сечение части борнит-халькопиритовой жилы. Текстуры особенности минералов, заполнивших трещину, свидетельствуют о вязкой консистенции сульфидной массы в



a



б

Рис. 6. Дробление песчаника сульфидной массой (черное), отторжение обломков породы и отдельных песчинок:

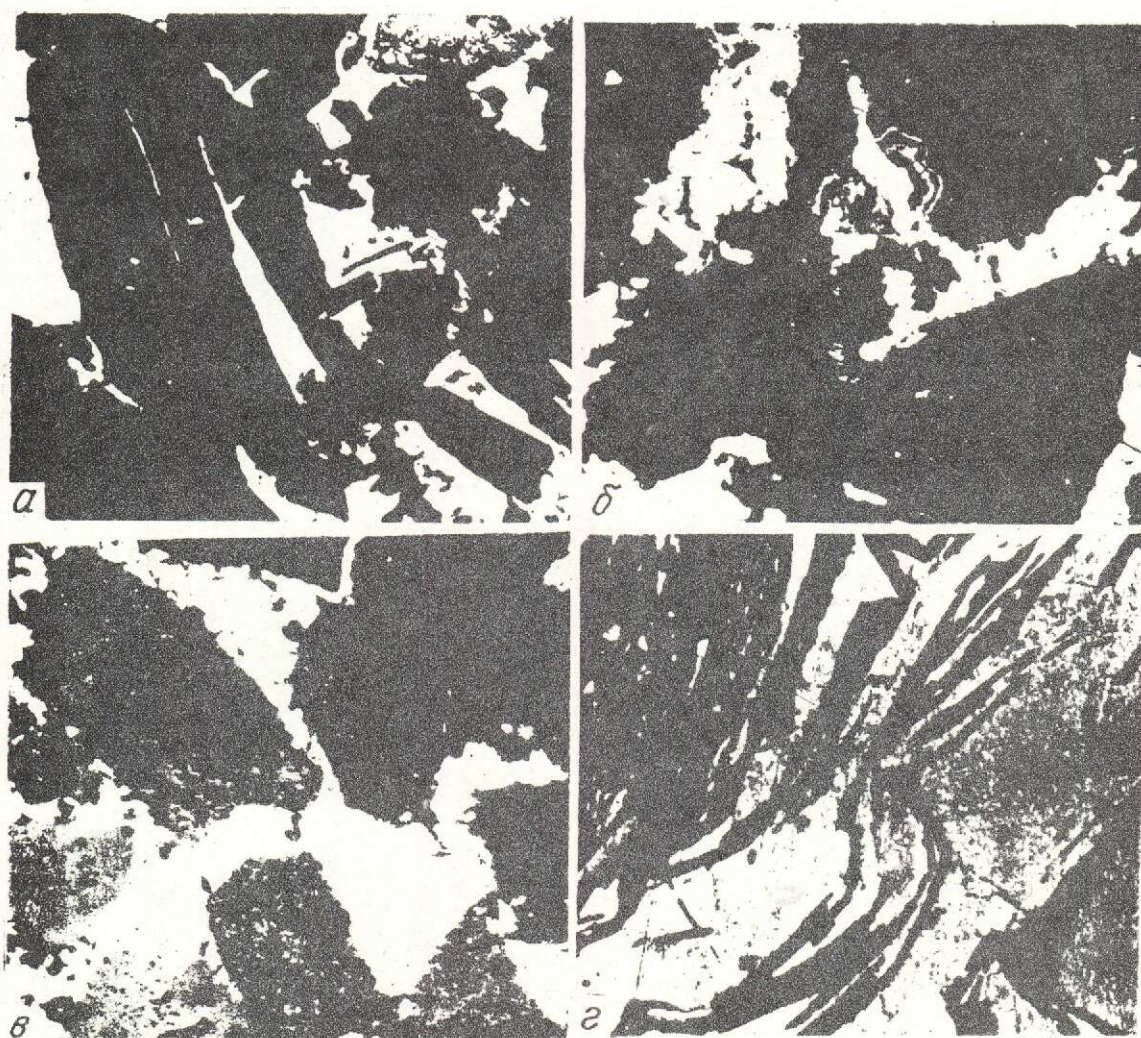


Рис. 7. Разрушение песчинок (темное) сульфидами (светлое):

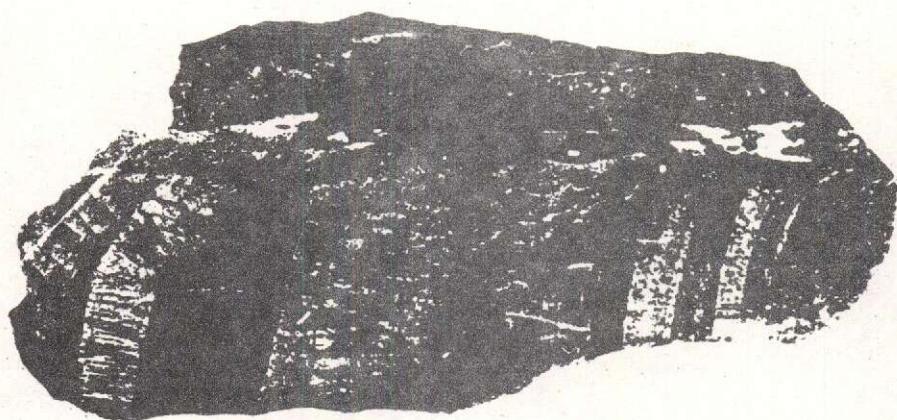
полированные шлифы; а — внедрение сульфидов по спайности; б, в — разрыв и отрыв зерен, их отторжение; з — расщепление и деформации пластинок слюды. Ув.: а — 184, б — 368, в — 115, з — 460

период рудоотложения. Можно наблюдать течение борнитовой микропотока между реликтами зерен песчаника (рис. 8, б). В «русле» борнитовой струи движутся, подхваченные течением, мельчайшие кристаллиты рутила.

3. Текстуры замещения и ассимиляции информируют о химической агрессивности рудоносных флюидов: в процессе оруденения происходит замещение обломочных зерен сульфидами вплоть до полной их ассимиляции, когда по оставшимся «теневым контурам» невозможно определить состав

сульфидные руды массивной текстуры, где сплошная сульфидная масса, заполняющая основной объем породы, несет вкрапленность изолированных, удаленных друг от друга реликтов песчинок, нередко имеющих оплавленный облик.

4. Текстуры расслоения, свидетельствующие о вязкой консистенции сульфидных масс в период рудоотложения (рис. 10). Обилие шаровидных включений, почковидных овальных образований с плавными закругленными границами указывает на формирование их в полужидких средах, запол-



а

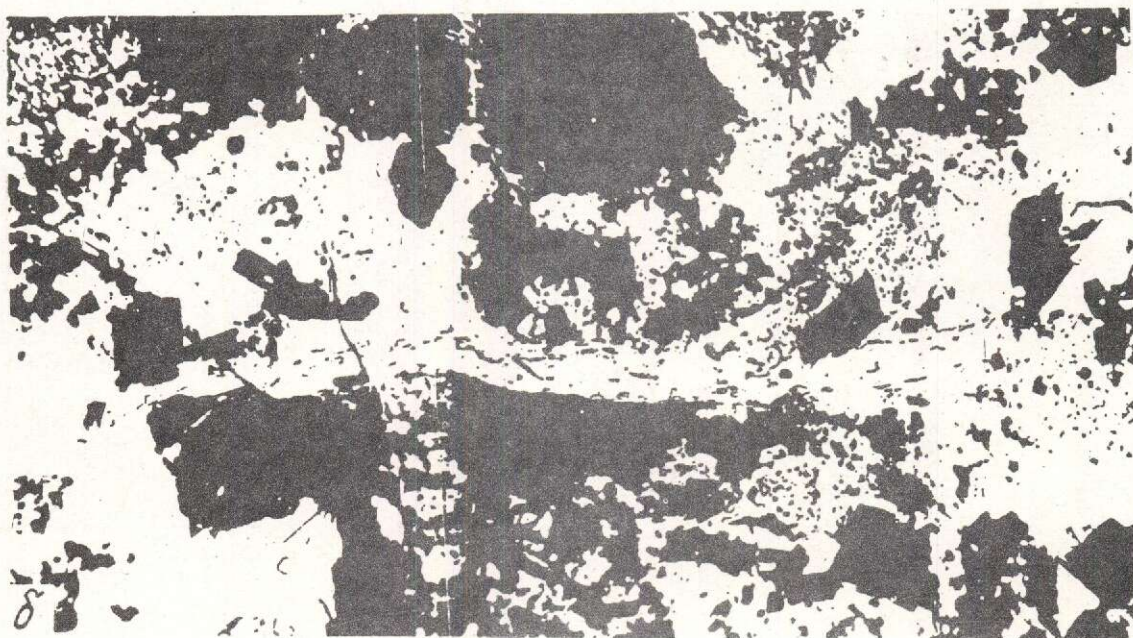


Рис. 8. Текстуры течения:

а — продольное сечение части борнит-халькопиритовой жилы, нат. вел.; б — «русло» борнитового микропотока между корродированными зернами песчаника, полированный шлиф, сульфиды — светлое, ув. 488

реликтами песчаника, когда ничто не мешало полужидким гелеподобным сгусткам сульфидов принимать сферические формы (первоначально наблюдение подобных микротекстур привело автора к ошибочным представлениям о якобы широком участии коллоидных растворов в формировании руд [9]; дальнейшие исследования обнаружили несостоятельность этих взглядов). Очевидно, текстуры и микротекстуры руд, возникшие при расслоении расплавов, близки к таковым для гелей, так как и те и другие

формируются в полужидких средах под действием сил поверхностного натяжения.

5. Структура распада твердых растворов постоянно встречается в рудах месторождения (рис. 10, в). Наряду с сохранившимися реликтами пересохлажденных твердых растворов халькопирит-борнит-дигенитового ряда и высокотемпературными минеральными образованиями (кубический халькопирит, х-борнит) [11], структуры распада твердых растворов свидетельствуют о высокотемпературной природе руд

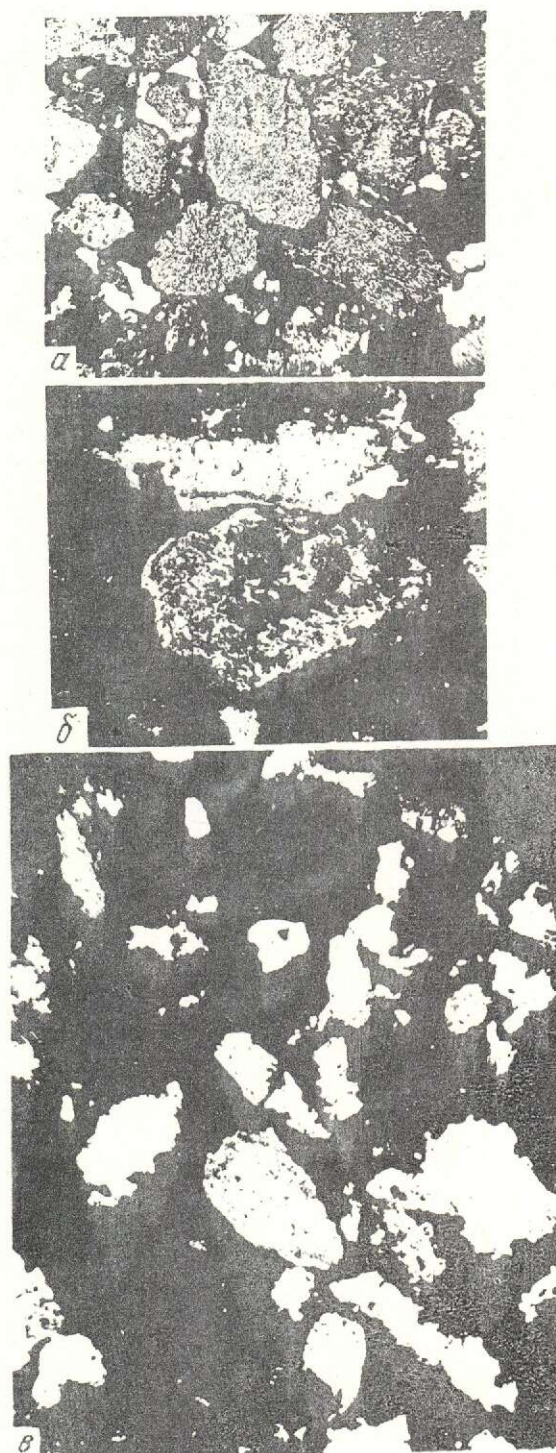


Рис. 9. Замещение песчаника сульфидами:

прозрачные шлифы, сульфиды — черное; а — отторжение песчинок, растворение регенерационных кае-

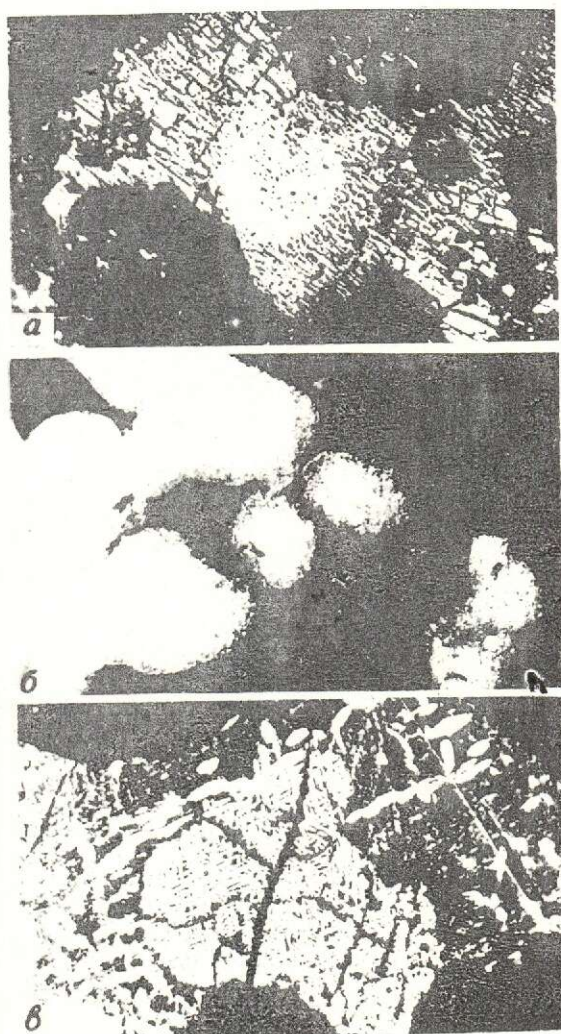


Рис. 10. Текстуры расслоения:

полированные шлифы; а — сфероидальное обособление борнит-джезказганитового агрегата (белое) в халькозин-борнитовой массе (серое); б — округлые сгустки дигенита (светлое), погруженные в массу борнита (темно-серое); в — овальное включение, насыщенное тонкими решетчатыми сростками халькопирита (белое), возникшими при распаде борнит-халькопиритового твердого раствора, заключенного в массе борнита (темное). Ув.: а — 242, б, в — 1170, иммерсия

Напомним еще раз, что рассмотренные текстуры и структуры присущи массивным сульфидным рудам, слагающим осевые зоны главных лентообразных залежей Джезказгана. Попадание высококонцентрированных рудоносных флюидов в зоны трещиноватости пород неизбежно сопровождалось бурной дегазацией, ретроградным кипением флюидов

редь, пробуждало к жизни все многообразие явлений метасоматоза. Таким образом, начавшись вторжением в толщу осадочных пород флюидных расплавов, рудоотложение завершилось циркуляцией в порах и трещинах типичных гидротермальных растворов.

В заключение следует сказать, что высокая степень сохранности в залежах Джекказганского месторождения первичных текстур и структур руд, а также закаленных твердых растворов свидетельствует о резком охлаждении рудных масс в период отложения и об отсутствии их позднейшего метаморфизма, способного существенно завуалировать и даже полностью уничтожить первоначальный облик сульфидных агрегатов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Годлевский М.Н. Траппы и рудоносные интрузии Норильского района. — М.: Госгеолтехиздат, 1959.
2. Жариков В.А., Горбачев Н.С., Ишбулатов Р.А. Флюидно-магматическая дифференциация основных магм // Геология и геофизика. 1986. № 7. С. 35—40.
3. Катильский В.К. Забытая русская теория образования рудных месторождений // Сов. геология. 1948. № 33. С. 3—6.
4. Кобилев Г.А., Труфинов В.Н. О главных этапах формирования свинцово-цинковых месторождений Северного Кавказа // ДАН СССР. 1977. Т. 234. № 5. С. 1156—1159.
5. Маракушев А.А., Граменицкий Е.И., Коротаев М.Ю. Петрологическая модель эндогенного рудообразования // Геология рудных месторождений. 1983. № 1. С. 3—20.
6. Младенцев Г.Д. Закономерности распределения свинца и цинка на Джезказганском месторождении // Геология рудных месторождений. 1976. № 1. С. 57—63.
7. Ниркелюн Л.Ф. Геология и оруденение Джезказганского месторождения (по материалам рудного района Покро). — М.: Изд-во АН СССР, 1962.
8. Ольшанский Я.И. О большой текучести сульфидных расплавов и возможном геологическом значении этого явления // ДАН СССР. 1948. Т. 63. № 2. С. 187—190.
9. Сатпаева М.К. Структурно-морфологические особенности богатых ренитеносных руд Джезказгана // Новое в исследованиях руд Джезказгана. — Алма-Ата, 1970. С. 57—123.
10. Сатпаева М.К. О возможности инъекционного генезиса стратиформных залежей Джезказгана // Геология рудных месторождений. 1985. № 1. С. 58—70.
11. Сатпаева М.К. Руды Джезказгана и условия их формирования. — Алма-Ата: Наука, 1985.
12. Сперр Дж. Рудные магмы / О рудной магме. — М.-Л., 1933. С. 23—36.
13. Старостин В.И., Дороговин Б.А., Лычков В.А. Роль сульфидных расплавов в формировании колчеданно-полиметаллических месторождений Рудного Алтая // ДАН СССР. 1979. Т. 245. № 4. С. 933—937.
14. Старостин В.И. Роль расплавов в формировании рудных месторождений // Основные проблемы рудообразования и металлогении. — М., 1990. С. 137—154.
15. Стратиформные месторождения меди западной части Центрального Казахстана / С.Ш. Сейфуллин, Н.Н. Нуралин, Л.В. Копятевич, К.Д. Джамитов. — Алма-Ата: Наука, 1976.

Satpayeva M. K.

TEXTURES AND STRUCTURES OF INJECTIVE ORES

Ores of the Dzhezkazganskoye deposit are known to incorporate textures and structures supposedly indicating that the deposition proceeded in the course of injection of highly concentrated ore-bearing fluids into a stratiform sedimentary rock mass.

НОВЫЙ ТИП ЗОЛОТОГО ОРУДЕНЕНИЯ В СЕТТЕ-ДАБАНЕ

Ю. Н. РОДИОНОВ (ЦНИГРИ Роскомнедра)

Рассмотрены особенности геологического строения, гидротермально измененных пород, морфологии рудных тел и вещественного состава руд месторождения Тас-Юрях, сопоставимого по ряду позиций с объектами карлинского и куранахского типов.

В южной части Сетте-Дабанской складчатоглыбовой зоны в течение последних лет выявлено и изучено золоторудное месторождение Тас-Юрях, которое по своей геологоструктурной позиции, особенностям гидротермально измененных пород, морфологии и строению рудных тел, а также вещественному составу руд отличается от известных на рассматриваемой территории золоторудных объектов.

Месторождение Тас-Юрях расположено в пределах Курун-Уряхского рудного узла, отвечающего системе блоков, осложняющих Иотканскую (по Л.Р.Переверзеву и др.) синклиналь. Последняя участвует в строении выделенной А.Л.Ставцевым Нельканской пограничной чешуйчато-надвиговой зоны, которая сопоставляется им с близкими по строению структурами северо-западного обрамления Северо-Американской платформы [1].

Геолого-структурная позиция месторождения определяется его положением в пределах линейного блока сложной формы, сформировавшегося в области пересечения региональных тектонических зон субширотной и северо-восточной ориентировки.

Рудовмещающими породами являются доломиты усть-юдомской свиты венда и перекрывающие их алевролиты иниканчанской толщи нижнего кембрия, прорванные дайками слюдяных и роговообманковых лампрофиров верхнемелового возраста. Золотое оруденение локализуется в области контакта доломитов и алевролитов.

Мелко-среднезернистые массивные доломиты серого и светло-серого цвета слагают достаточно монотонную толщу мощностью до 250-м. Они характеризуются устойчивым химическим составом, на что указывают

ций-магниевого отношения (1,2—1,5) и содержание нерастворимого остатка (0,1—0,7 %). Залегающие стратиграфически выше доломитов образования иниканчанской толщи нижнего кембрия в пределах месторождения представлены серо-зелеными, вишневыми, серыми алевролитами, переслаивающимися с аргиллитами и песчаниками, имеющими резко подчиненное значение. Мощность терригенных пород в пределах месторождения составляет 300—350 м. Их контакт СЗ < 30—80° с нижележащими доломитами повсеместно тектонизирован.

По особенностям геологического строения на месторождении Тас-Юрях выделяются два участка: северный и центральный.

Северный участок, в пределах которого расположена зона Красная с основными рудными телами, непосредственно на контакте алевролитов и доломитов имеет наиболее сложное строение. Это обусловлено положением участка в области пересечения одного из наиболее тектонически активных фрагментов субширотной (Урахаинской по А.Л.Ставцеву) зоны с интенсивно нарушенной областью контакта доломитов и алевролитов. В результате такого пересечения возникли многочисленные круто- и пологопадающие разрывы, среди которых, в соответствии с ориентировкой основных региональных структур, наиболее широко представлены нарушения СВ и СЗ до субширотного простираний. Последние контролируют положение даек роговообманковых лампрофиров и в сочетании с разрывами СВ ориентировки определяют размещение и морфологию рудных тел.

Геологическая позиция центрального участка (зона Подкова) определяется локализацией рудных тел в довольно однородной

ролитами. Рудовмещающей является крутопадающая ветвящаяся по восстанию тектоническая зона субширотного простираения мощностью от 30 до 60 м, состоящая из серии невыдержанных маломощных зон брекчирования и трещиноватости.

Гидротермальным преобразованиям на месторождении Тас-Юрях подвержены как карбонатные, так и алюмосиликатные породы. Наиболее широко гидротермально измененные породы распространены в пределах зоны Красной, где в доломитах выделяются: метадоломиты, «песчанистые» доломиты и кварцевые метасоматиты, а в алевролитах — зоны кварц-серицитовых, кварц-каолинит-гидрослюдистых и хлоритовых изменений. Из-за интенсивного развития процессов гипергенеза границы между зонами гидротермально измененных пород в определенной степени условны.

Метадоломиты, имеющие площадное развитие, отличаются от неизмененных пород разномасштабной структурой, более светлой окраской, наличием пятнистых, брекчиевых образований.

Зоны слабо сцементированных («песчанистых» по Хевиту) доломитов мощностью до 10—15, реже 30—40 м локализованы вдоль контакта алевролитов и доломитов, а также вблизи тектонических нарушений различной ориентировки. В ряде случаев они вмещают жилкообразные тела кварцевых метасоматитов мощностью от 2—3 до 10—15 см. При наложении на «песчанистые» доломиты золотоносных гидротермальных образований в них формируются зонки микробрекчий и разноориентированные прожилки мощностью до 2—5 мм кварцевого, кварц-серицит-гидрослюдистого, серицит-гидрослюдистого состава с тонкой сыпью обычно окисленных сульфидов. Оруденелые «песчанистые» доломиты в зоне Красной контролируются контактом алевролитов и доломитов, а в зоне Подкова — тектоническими элементами рудовмещающей структуры.

Кварцевые метасоматиты (джаспероиды) формируют лентообразные и линзовидные тела мощностью 0,5—7,5 м как на контакте алевролитов и доломитов, так и на расстоянии от него до 20—30 м. Сложены они мелко-тонкозернистым кварцем амёбо-

ходят в зоны прожилково-метасоматического окварцевания, сложенные неравномернозернистым кварц-доломитовым агрегатом с прожилками и просечками кварцевого, доломит-кварцевого состава и редкой неравномерной вкрапленностью окисленных сульфидов размером 0,01—0,02 мм.

Джаспероиды, локализованные на контакте алевролитов и доломитов, в большинстве случаев интенсивно катаклазированы, брекчированы. По трещинам, зонам катаклаза и цементу брекчий в них развиваются гидротермальные образования продуктивного комплекса, представленные тонко-мелкозернистым (до 0,1—0,15 мм) кварцем лапчатой, чаще рисовидной формы с незначительной примесью серицита, единичными гнездами фосфатов и неравномерной вкрапленностью окисленных сульфидов. В узлах пересечения кварцевых и сульфидно-кварцевых прожилков в ряде случаев отмечают гнездовидные обособления размером до 5—6 мм, выполненные каолинит (диккит?) — кварцевым агрегатом.

В алевролитах, в области непосредственно примыкающей к телам джаспероидов, выделяется зона сульфидизированных кварц-серицитовых метасоматитов, среди которых довольно широко распространены разноориентированные прожилки кварцевого, сульфидно-кварцевого, диккит-кварцевого состава мощностью от 0,1—0,3 до 2—3 мм. Отмечается увеличение количества прожилков при приближении к телам джаспероидов. Мощность зоны кварц-серицитовых изменений непостоянна и варьирует от первых до 7—10 м. Ее внешняя часть сформирована кварц-каолинит-гидрослюдистыми образованиями с неравномерной тонкой вкрапленностью сульфидов мощностью до 10—15 м. Внешняя зона ореола гидротермальных изменений в терригенных породах представлена хлоритизированными алевролитами. Мощность этой зоны меняется от первых до 50 м.

В пределах зоны Подкова гидротермальные изменения проявлены менее интенсивно по сравнению с зоной Красной и выражаются, в основном, в формировании прожилково-метасоматически окварцованных и «песчанистых» доломитов, а также кварц-

Рудные тела на месторождении Тас-Юрях представлены минерализованными зонами лентовидной, реже линзовидной формы. Относительно простой морфологией, но более сложным внутренним строением характеризуются рудные тела зоны Красной. Обособление их, возможно, связано с разрушением некогда единого рудного тела. Морфология основного рудного тела, локализованного непосредственно на контакте алевролитов и доломитов и занимающего по отношению к нему кососекающее положение, отражает характер сопряжения круто- и пологопадающих рудовмещающих тектонических зон. Протяженность этого рудного тела составляет 260 м по простиранию и 75—100 м по падению. Видимая мощность варьирует от первых метров до 40 м. В пределах рудного тела выделяются три фрагмента, ограниченные разрывами СЗ простирания: юго-западный, центральный и северо-восточный (рис. 1). Юго-западный и северо-восточный фрагменты отличаются крутым падением на северо-запад под углом 50—60°. Центральный же участок рудного тела имеет пологое (20—25°) до субгоризонтального падение.

В строении рудного тела принимают участие кварц-каолинит-гидрослюдистые и кварц-серицитовые метасоматиты по алевролитам, брекчированные джаспероиды и «песчанистые» доломиты. Положение оруденения в участке длительной тектонической активности и интенсивное развитие процессов гипергенеза обусловили наличие в составе рудных тел большого количества песчано-глинисто-щебнистого материала. Соотношения плотного и рыхлого материала варьирует от 2:1 до 1:1 и практически не меняется с глубиной.

С северо-востока на юго-запад в составе рудного тела отмечается увеличение роли гидротермально измененных алевролитов, количество которых в юго-западном фрагменте достигает 50—60 %. Центральная часть рудного тела сложена, в основном, щебнисто-дресвяно-глинистыми образованиями, которые сформировались за счет разрушения брекчированных джаспероидов, на долю которых приходится около 50 % золотоносных образований. Количество гидротермально измененных алевролитов и «пес-

тела примерно равны. В северо-восточном фрагменте рудного тела доминируют обогатительные песчано-глинистые образования с переменным количеством щебня, глыб брекчированных джаспероидов.

Среднее содержание золота в рудном теле составляет 40,8 г/т. Участки богатых руд (более 85 г/т) лентовидной и линзовидной формы мощностью до 2—3 м приурочены к частям рудного тела, обогащенным обломками брекчированных джаспероидов, реже кварц-серицитовым метасоматитам с интенсивной прожилковой минерализацией сульфидно-кварцевого состава. Отмечается снижение содержания золота от центрального фрагмента рудного тела к юго-западу и северо-востоку, что согласуется с уменьшением объема брекчированных джаспероидов в его составе.

К югу от основного выделены два рудных тела, имеющие форму уплощенных линз, ориентированных в субширотном направлении. Залегают они среди метадоломитов и сложены песчано-обломочным материалом с переменным количеством глинистой составляющей и «песчанистыми» доломитами. Среди обломочной массы преобладают гидротермально измененные доломиты и брекчированные джаспероиды. Обломки последних распределены неравномерно и концентрируются в участках неправильной формы размером до 7х12 м, фиксирующих, видимо, положение локальных центров гидротермальной активности.

Рудные тела зоны Подкова контролируются малоэнергичными тектоническими зонами субширотного простирания, имеющими секающее положение по отношению к контакту доломитов и алевролитов и круто падающими (70—85°) в южных румбах (рис. 2).

Все рудные тела локализуются висячем боку дайки слюдяных лампрофиров, которая является в различной степени оруденелой. Протяженность оруденелой части дайки по простиранию достигает 120 м, по падению — 70 м. Сложена она каолинит-кварцевыми метасоматитами обычно интенсивно ожелезненными. Дайковое тело осложнено многочисленными апофизами, изгибами, изменчивостью угла падения. Мощность его не превышает 3,5 м, а содержание золота по отдельным сечениям варь-

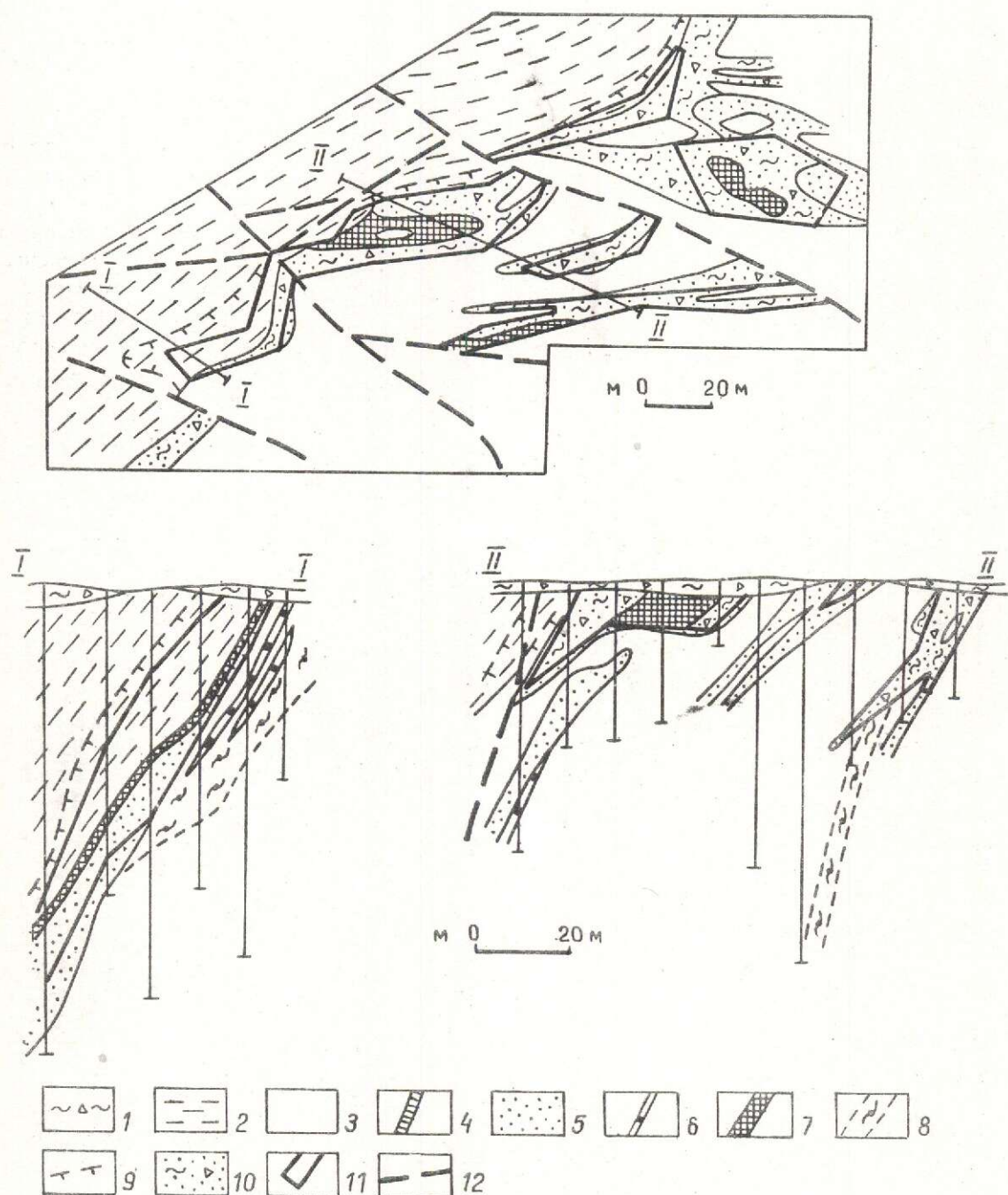


Рис. 1. Геологическая схема и разрезы зоны Красной (составлено с использованием материалов Охотской ГРЭ);

1 — рыхлые современные отложения; 2 — алевролиты инниканчанской толщи; 3 — доломиты усть-юдомской свиты; 4 — дайки слюдяных лампрофиров; 5 — «песчаные» доломиты; 6 — джаспероиды; 7 — джаспероиды брекчированные; 8 — зоны прожилково-метасоматического окварцевания; 9 — внешняя граница зоны рудомещающих гидротермально измененных пород; 10 — обломочно-глинисто-песчаные образования; 11 — контуры рудных тел; 12 — разломы.

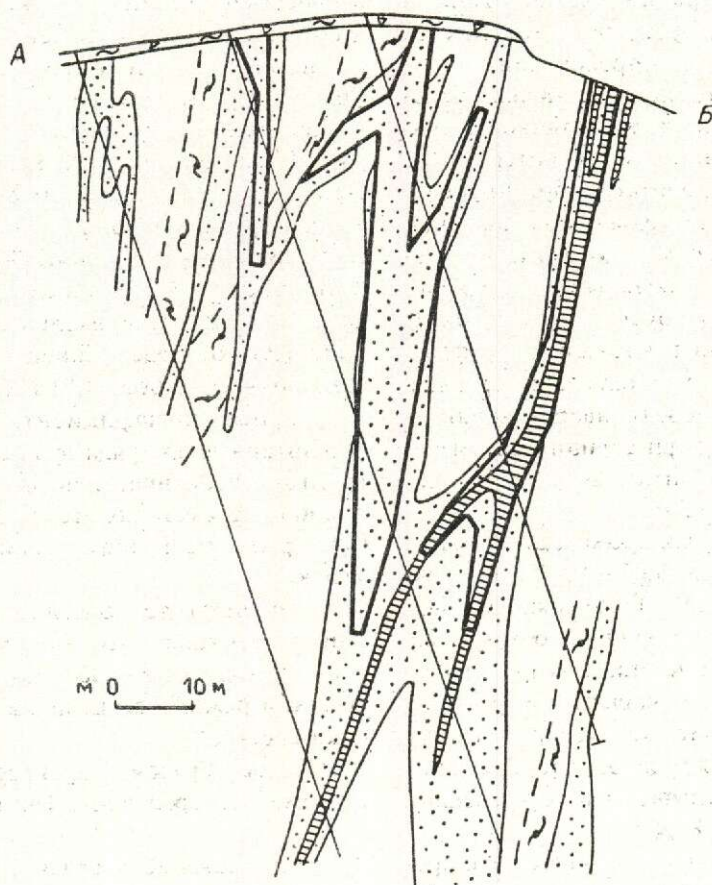
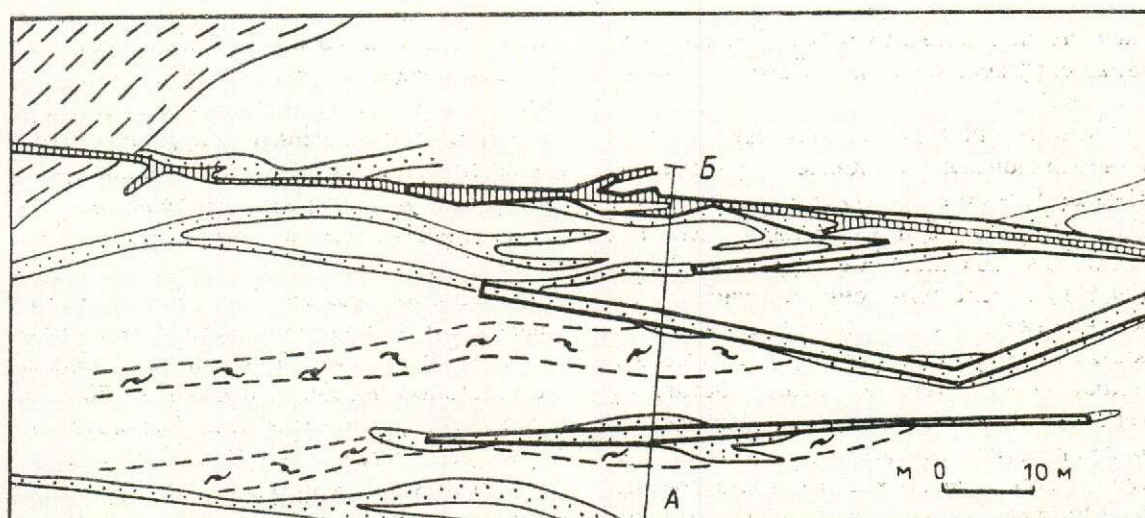


Рис. 2. Геологическая схема и разрез западного фланга зоны Подкова (составлена с использованием материалов Охотской ГРЭ):

усл. обозн. см. рис. 1

висячего и, в меньшей мере, лежащего бока дайка окружена ореолом «песчанистых» доломитов.

Южнее дайки рудные тела представлены минерализованными зонами протяженностью от 50—60 м до 260 м и мощностью до 3,5—4, реже 7—8 м. Содержание золота по отдельным сечениям варьирует от 3,2 до 124,1 г/т. Сложены они «песчанистыми» доломитами с зонками микробрекчий и прожилками кварц-серицит-гидрослюдистого, гидрослюдисто-каолининового состава. В краевых, реже центральных частях зон «песчанистых» доломитов в ряде случаев отмечаются невыдержанные жилообразные тела брекчированных джаспероидов мощностью до 10 см, к которым приурочены максимальные концентрации золота. Границы рудных тел на месторождении выделяются только по результатам опробования.

Руды месторождения Тас-Юрях представлены окисленными, в различной степени дезинтегрированными гидротермально измененными алевролитами, брекчированными джаспероидами, прожилково окварцованными «песчанистыми» доломитами и аргиллизированными слюдяными лампрофитами. Неокисленные руды распространены крайне ограниченно в юго-западном фрагменте основного рудного тела зоны Красной. Они локализованы среди кварц-каолинит-гидрослюдистых и кварц-серицитовых метасоматитов по алевролитам, редко в брекчированных джаспероидах.

В окисленных рудах преобладают гематит и гидроокислы железа (до 7—10 %). Первичные минералы (до 0,15 %) сохраняются в виде реликтов в агрегатах вторичных образований или в участках более плотного кварца. Представлены они пиритом, марказитом, реже отмечаются арсенопирит, халькопирит, сфалерит, галенит, блеклая руда, реальгар, аурипигмент. Количество сульфидов в неокисленных рудах составляет 5—8 %.

Из нерудных минералов наиболее широко распространены кварц, карбонаты (доломит, реже кальцит), серицит-гидрослюдистые образования. В меньшей мере характерен каолинит, реже отмечаются полевые шпаты, апатит, хлорит.

Для руд месторождения наиболее характерна брекчиевая текстура, образованная

алевролитов, доломитов, джаспероидов, сцементированных тонко-мелкозернистым кварцевым материалом с примесью серицита, гидрослюды, каолинита и неравномерной вкрапленностью обычно окисленных сульфидов. Менее широко распространены вкрапленная и прожилково-вкрапленная текстуры.

Основным промышленно ценным компонентом руд является золото. Концентрация серебра в рудах обычно незначительна и в отдельных пробах не превышает 70 г/т. Золото-серебряное отношение варьирует от 1:3 до 23:1, составляя в среднем 4:1.

Золото в рудах находится преимущественно в самородной форме. Его выделения размером от 0,001 до 0,06 мм имеют преимущественно комковидную форму и чаще всего приурочены к цементу брекчий, где наблюдаются среди вторичных минералов. Реже они размещаются по контакту гидроксидов железа с кварцем и еще реже в раздробленном агрегате кварцевых зерен. Проба золота варьирует от 845 до 970 ед.

Содержание мышьяка в рудах в среднем составляет 0,34 %, сурьмы — 0,05 %, ртути — до 0,00073 %, органического углерода — до 0,1 %. В незначительных количествах присутствуют медь, свинец, цинк (соответственно — до 0,063, 0,013, 0,063 %).

Парные коэффициенты корреляции, рассчитанные для ряда рудных сечений, показывают практически повсеместную корреляционную связь золота с серебром, сурьмой, реже мышьяком, свинцом, цинком, медью.

Результаты технологических исследований показывают, что 94—96 % золота в рудах находится в свободном состоянии и в обычном режиме выщелачивается в цианистый раствор.

Таким образом, характерными особенностями месторождения Тас-Юрях являются:

- формирование в связи с раннемеловой стадией тектоно-магматической активизации;

- ограниченный масштаб проявления магматических образований, представленных преимущественно дайками лампрофиров;

- приуроченность оруденения к области тектонизированного контакта доломитов и

системе разрывных нарушений высоких порядков, являющихся элементами региональных тектонических зон;

довольно разнообразный состав гидротермально измененных пород, из которых золотоносными являются «песчанистые» доломиты, джаспероиды, кварц-серицитовые и кварц-каолинит-гидрослюдистые метасоматиты с наложенной прожилково-вкрапленной минерализацией кварцевого, кварцево-слюдистого, слюдистого состава с неравномерной вкрапленностью сульфидов;

локализация рудных тел в карбонатных породах и на их контакте с терригенными;

резкое преобладание окисленных руд с тонким высокопробным золотом;

относительно простой состав рудной минерализации в первичных рудах;

корреляция золота в рудах с серебром, сурьмой, реже мышьяком, свинцом, цинком, медью.

Перечисленные выше особенности описанного месторождения позволяют отнести его к объектам золото-сульфидно-кварцевой формации, формирующимся (в отличие от типичных), видимо, на субвулканическом уровне. В то же время по ряду позиций

Тас-Юряхское месторождение сопоставимо с объектами карлинского и куранахского типов.

С первыми его сближают: геотектоническая позиция, формирование на удалении от интрузивных массивов, контроль оруденения зонами субсогласных и секущих по отношению к литологически разнородным породам нарушений, морфология рудных тел, особенности гидротермально измененных пород и вещественного состава руд.

В качестве аналога вторым месторождения Тас-Юрях позволяют рассматривать следующие его черты: контроль золотого оруденения областью тектонизированного контакта карбонатных и терригенных пород, наличие дорудных даек лампрофиров, преобладание окисленных руд и высокие концентрации в них преимущественно свободного тонкодисперсного золота.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ставцев А.Л. Тектоника и полезные ископаемые зон сочленения древних платформ и подвижных поясов. — М.: Недра, 1983.

Rodionov Yu. N.

A NEW TYPE OF GOLD ORE MINERALIZATION IN SETTE-DABAN

Peculiarities of geological structure, hydrothermally modified rocks, morphology of orebodies and material compositions of ores innate to the Tas-Yuryakh deposit being comparable by a set of characteristics to Karlin- and Kuranakh-type depositional features are considered.

ГЕОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ



УДК 553.042

© П. Л. Каллистов, Ю. И. Камышев, 1995

К ПРОБЛЕМЕ ВЫРАВНИВАНИЯ ПОКАЗАНИЙ ПРОБ ПРИ ПОДСЧЕТЕ ЗАПАСОВ МЕСТОРОЖДЕНИЙ С ВЫСОКОЙ ИЗМЕНЧИВОСТЬЮ ОРУДЕНЕНИЯ

П. Л. КАЛЛИСТОВ, Ю. И. КАМЫШЕВ

Предлагаемая вниманию читателей статья впервые была опубликована в Трудах ЦНИГРИ вых. 128, 1978, с. 68—95, однако из-за незначительного тиража издания осталась мало известной специалистам — разведчикам месторождений. Она посвящена весьма актуальной до настоящего времени проблеме учета высоких («ураганных») проб. В работе подробно изложена методика выделения и учета высоких проб на примере месторождений золота, которая может применяться и на месторождениях других полезных ископаемых с высокой изменчивостью содержаний. Новая редакция статьи выходит в несколько сокращенном виде, но основные положения и математический аппарат приведены без изменений.

Типичным для данной проблемы является неправильное понимание самой задачи, которая может быть решена ограничением показаний высоких проб. Целый ряд исследователей [4, 5, 9] считает назначением этой операции приближение выборочной оценки среднего содержания в подсчетном блоке к истинному несмещенному среднему. На самом же деле ограничение высоких проб способно лишь привести их в соответствие с информацией, представляемой совокупностью всех других проб. Таким путем может быть достигнуто снижение только той доли общей ошибки, которая привносится в оценку среднего именно высокими пробами. Но и эта доля не устраняется полностью, а лишь приводится в соответствие с ошибкой коллектива остальных проб! Неправильно рассчитывать, что урезка показаний 1—2 проб, входящих в выборку, способна устранить смещение оценки всей совокупности проб данной выборки, содержащей несколько десятков или даже сотен проб.

Общая точность оценки среднего содержания по блоку зависит одновременно от многих факторов, и наличие высоких проб лишь один из них, не всегда главный. Ограничение высокой пробы приближает оценку

вся выборка в целом также дает завышенную оценку, равную или превышающую половину влияния высокой пробы. Если же для всей выборки характерна отрицательная ошибка или положительная, но меньшая половины влияния высокой пробы, то ограничение последней усугубляет отклонение оценки среднего от истинного.

В прикладной геологической статистике давно установлено [6, 7], что на золоторудных месторождениях из-за резко выраженной положительной асимметрии распределения содержаний в пробах отрицательные погрешности появляются чаще положительных, хотя средний размер последних значительно выше, а максимальные значения во много раз превышают наибольшие отрицательные погрешности. Таким образом, результатом ограничения высоких проб чаще всего будут случаи удаления оценки от истинного содержания в сторону занижения.

Исходя из этого, многие авторы [12] считают неправомерным ограничивать высокие пробы. По нашему же мнению, учет только соотношения численности случаев удаления от истины и приближения к ней оценки среднего содержания после ограничения не может служить основанием для

учитывать и размеры погрешностей разного знака, сравнивая, какими они были до ограничения и стали после него. В этом случае сомнения в необходимости ограничения не остается места.

Отказ от ограничения высокой пробы (ВП) нередко в несколько раз завышает оценку среднего содержания по блоку, а на небольших россыпях, разведанных 100—150 выработками, может в 2—3 раза завысить среднее для месторождения в целом. Влияние одного такого завышения обычно равноценно влиянию занижения оценки по нескольким блокам, а иногда может превосходить влияние суммы всех отрицательных ошибок по всему месторождению.

Известно, что ограничение показаний ВП по блокам приводит к занижению среднего содержания по месторождению и запасов в нем [7]. Устранить последствия ограничения можно путем возврата металла, выводимого из подсчета выравниванием выдающихся проб по блокам.

При наличии на месторождении очень высоких концентраций полезного ископаемого (в объемах руд, соответствующих размерам проб) проблема учета таких концентраций при оценке среднего содержания не решается выравниванием показаний ураганных проб, представляющих такие концентрации.

Наряду с этой задачей необходимо предотвратить систематические отрицательные ошибки оценки среднего содержания, возникающие в ряде случаев в связи с наличием чрезвычайно высоких содержаний. При ограниченном числе проб вероятность встретить такие содержания исчезающе мала, и они часто остаются невыявленными. В то же время в рудах с этими содержаниями бывают сосредоточены значительные доли общего количества полезного ископаемого. В результате содержания и запасы оказываются заниженными.

Условия, приводящие к систематическим отрицательным ошибкам оценки содержания и запасов, обычны для россыпей с крупным золотом, для некоторых коренных месторождений с исключительно высокой неравномерностью оруденения и для большинства месторождений алмазов. В этих условиях, наряду с выравниванием показаний ВП, возникает необходимость не только

денить ту долю металла, которая была исключена ограничением ВП по блокам, но и вводить поправки, которые должны быть больше единицы, чтобы компенсировать систематические отрицательные ошибки.

Типичным аргументом против использования функций распределения для обоснования выравнивания показаний ВП является то, что размеры скоплений очень богатых руд, представляемых этими пробами, во много раз меньше тех районов влияния, которые придаются таким пробам при вычислении среднего содержания [5, 8]. Это случается при ошибочном отождествлении геометрического изображения операции вычисления среднего содержания с ее принципиальной основой, которая является статистической.

Попытка придавать единичным пробам некие районы влияния и ставить их размеры в обратную зависимость от содержания противоречит природным свойствам оруденения месторождений с высокой изменчивостью. Изучение этих свойств по материалам многочисленных экспериментов, а также анализ результатов разведочных работ и эксплуатации свидетельствует о том, что единичной пробе с любым (!) содержанием вообще нельзя придавать какого-либо значимого размера зоны влияния. Речь может идти о зонах влияния лишь совокупности проб: сквозное сечение, блок, участок и т.п.

Уместно напомнить, что само понятие о среднем сформулировано математической статистикой, притом именно в тех ее разделах, которые базируются на изучении распределения случайных величин. Этой же дисциплиной определены разнообразные функции среднего, способы его нахождения, условия применения и способы использования для решения различных задач. В связи с этим отрицание работоспособности методов математической статистики в том, что касается определения среднего, в частности, обусловленного наличием в месторождениях ВП, является серьезной принципиальной ошибкой.

Возможность решения поставленного вопроса в порядке общего повышения точности оценки среднего содержания на основе учета пространственной изменчивости нельзя признать реальной [2, 10]. Под такой изменчивостью следует понимать изменения

связанные с изменением координат. На месторождениях с высокой неравномерностью оруденения показания отдельных проб не могут служить оценкой математического ожидания признака. Эта оценка должна опираться лишь на совокупность некоторого числа проб, которую возможно рассматривать как выборку из однородного коллектива. Именно здесь, когда еще только отыскиваются необходимые данные для изучения пространственной изменчивости, и возникает проблема ВП. При этом надо иметь в виду, что вклад пространственной изменчивости в показания высоких проб очень мал в сравнении с влиянием случайных колебаний. Таким образом, применение методов, основанных на изучении пространственной изменчивости (крайтинг), отнюдь не избавляет от необходимости предварительного выравнивания показаний высоких проб.

В качестве одного из доводов против применения методов математической статистики выдвигается различие распределений проб, характеризующих месторождение в целом и отдельные его части [9]. Однако при этом упускается из виду, что закон распределения руд таких полезных ископаемых, как золото, остается неизменным, независимо от того, что рассматривается в качестве признака — показание единичной пробы, среднее по сквозному сечению, блоку, участку и т.д. Меняются при этом только параметры распределения (дисперсия), зависящие от размерности объектов, которые рассматриваются как единичные наблюдения, и обусловленные неравномерностью оруденения.

Очень большое разнообразие природных особенностей месторождений, при подсчете запасов которых возникает проблема ВП, и различие разведочных данных (включая данные опробования) обуславливают нецелесообразность применения к разным объектам какого-то единого метода решения этой задачи. В зависимости от конкретных геологических условий и имеющейся информации объективные решения могут быть получены разными способами. Но все они должны базироваться на общей принципиальной основе — законе распределения случайных величин. Общая схема предлагаемых при этом различных путей может быть сведена к следующему:

1. Разделение имеющихся данных опробования на две группы (объекты). В

включаются пробы с такими содержаниями, которые, будучи выстроены в ряд в порядке возрастания, не образуют больших разрывов между соседними значениями. Если пробы этой области подразделить по содержанию на классы, ширина которых увеличивается в геометрической прогрессии, то в каждом классе, в том числе в самом высоком, оказывается по несколько проб (не менее 2—3), и количества их в классах изменяются, убывая более или менее плавно в обе стороны от моды. Во вторую часть включаются пробы с более высокими содержаниями, чем в первой. При этом в некоторых классах оказываются единичные наблюдения, а в других они совсем отсутствуют.

2. Классы первой области распределения признаются имеющими достаточное количество проб, и их представители участвуют в вычислении среднего содержания непосредственно. Пробы второй области считаются представленными в недостаточном количестве и для расчета среднего содержания по тому блоку, в котором взяты, непосредственно не используются.

3. Взамен показаний проб второй области привлекается более надежная информация, предоставляемая законом и параметрами распределения, которыми характеризуется изучаемый объект.

В таком же порядке обрабатываются материалы гранулометрического анализа, полученные при опробовании месторождений алмазов и россыпного золота. В зависимости от условий источника получения дополнительной информации, заменяющей ненадежную часть распределения, могут быть разными.

Таким источником могут быть закон и параметры распределения, устанавливаемые по надежной части общей совокупности проб того участка (блока), по которому производится подсчет запасов. В соответствии с ними (законом и параметрами) выравниваются показания высоких проб. При достаточном объеме выборки это позволяет получить статистический материал, с наибольшим приближением характеризующий свойства оруденения данного участка. Такой подход лежит в основе ряда известных методов [1, 6, 7, 11, 13].

Выравнивание ВП по блокам этими ме-

нижением оценки среднего содержания и запасов металла по месторождению в целом. Смещение чаще всего не превышает 5 %, однако при очень высокой дисперсии распределения оно может быть большим. В таком случае необходимо возвращать в подсчет запасов по месторождению металл, исключенный выравниванием проб по блокам.

При малом количестве проб в блоке, когда параметры распределения для него не могут быть оценены сколь-либо надежно, возможно принять параметры распределения совокупности проб более крупного участка (группы блоков). Естественно, что при этом точность выравнивания по отдельным блокам оказывается меньшей, чем в предыдущем случае, так как на каждый из них распространяется усредненная характеристика нескольких блоков.

В ряде случаев надобность в выравнивании показаний ВП устраняется укрупнением подсчетных блоков, осуществленным путем объединения нескольких блоков в один общий блок. При этом проба, являвшаяся ранее высокой среди малого числа проб данного блока, оказывается нормальной в составе совокупности большего количества проб объединенного блока. Одновременно уменьшится и общая погрешность оценки содержания.

На некоторых месторождениях алмазов и россыпного золота число крупных кристаллов и самородков и их значительная доля в общих запасах не могут быть надежно определены по данным опробования не только отдельных блоков, но иногда и целых месторождений. В таком случае может быть использована информация, получаемая по результатам эксплуатации [6]. Составляется фактическое распределение добытого золота или алмазов по размеру зерен (весу или диаметру). При подсчете по блокам классы большой крупности, которые не могут быть представлены надежными накоплениями, не принимаются во внимание, и вначале среднее содержание оценивается только по более низким классам. Полученные таким путем содержания (запасы) дополняются введением поправки на долю крупных классов, определившуюся по данным добычи. Подобный путь по точности результата допустим применительно к индивидуальному блоку при сравнительно невысокой из-

ощутимого тренда) и практикуется на некоторых месторождениях алмазов.

Следует отметить, что любой способ корректировки ВП может дать только приближенные результаты. Точная же оценка влияния высоких концентраций на среднее содержание невозможна в такой же мере, как и полная точность самой оценки этого параметра по выборочным данным даже при отсутствии ВП. Напомним, что погрешность оценки среднего содержания и запасов отдельного блока на золоторудных месторождениях колеблется от -60—70 до +300 %, а ее среднее значение по месторождению или группе блоков обычно находится в пределах ± 20 —40 %. Влияние неточности выравнивания ВП, производимого на основе анализа их распределения, несравнимо меньше. В связи с этим стремление к высокой точности определения верхнего предела нормальной пробы путем привлечения сложного математического аппарата не может дать ощутимого практического эффекта и, с нашей точки зрения, не имеет смысла.

Считая необходимым в соответствующих условиях выравнивать ВП по блокам, надо еще раз привлечь внимание к тому, что при достаточно большом количестве проб, участвующих в подсчете запасов данного объекта (месторождение, этаж, группа блоков и т.п.), неизбежно появление среди них некоторого числа с относительно очень высоким содержанием. Случаи же завышения оценки среднего содержания по объекту в целом нельзя относить за их счет [12]. Обобщая, следует подчеркнуть, что *никаких «ураганных» содержаний в месторождениях не существует, а лишь имеются случаи, когда объем выборки (число проб) недостаточен для оценки среднего содержания с требующимся приближением*. Это положение никогда не следует упускать из виду при отыскании объективных решений рассматриваемой проблемы.

Выше уже отмечалось, что серьезные затруднения при выравнивании ВП встречаются в связи с нередко наблюдающейся неоднородностью оруденения в пределах одного и того же подсчетного блока. Вопросы учета ВП в случаях неоднородного оруденения до настоящего времени разработаны недоста-

1. Распределение эмпирических вероятностей проб месторождения в целом

Содержание золота на границе классов, г/т	Число проб в классе, n	Суммарная длина интервалов опробования в классе, м	Метрограммы (сумма проб классов), mC	Эмпирическая вероятность проб класса $q = m/\sum m$	Нарастающая эмпирическая вероятность проб $q(\sum)$	Квантиль t	Эмпирическая вероятность метрограммов класса $p = mC/\sum mC$	Нарастающая эмпирическая вероятность метрограммов $p(\sum)$	Квантиль t
0	14	12,25	2,96	0,0313	0,0313	-1,860	0,0002	0,0002	-3,540
0,5	20	16,40	12,61	0,0419	0,0732	-1,450	0,0006	0,0008	-3,160
1	28	21,25	31,39	0,0543	0,1275	-1,138	0,0016	0,0024	-2,820
2	78	64,21	206,50	0,1641	0,2916	-0,550	0,0103	0,0127	-2,235
4	119	105,01	615,23	0,2684	0,5600	0,150	0,0307	0,0434	-1,720
8	96	85,13	964,01	0,2176	0,7776	0,765	0,0481	0,0915	-1,332
16	54	43,45	957,38	0,1111	0,8887	1,220	0,0478	0,1393	-1,083
32	23	16,15	731,87	0,0413	0,9300	1,473	0,0365	0,1758	-0,931
64	16	11,25	1004,75	0,0288	0,9588	1,735	0,0502	0,226	-0,753
128	7	4,95	913,87	0,0127	0,9715	1,902	0,0456	0,2716	-0,608
256	5	3,80	1319,36	0,0097	0,9812	2,080	0,0658	0,3374	-0,418
512	4	3,10	1984,00	0,0079	0,9891	2,291	0,099	0,4364	-0,160
1024	2	0,90	1232,68	0,0023	0,9914	2,381	0,0615	0,4979	-0,005
2048	4	2,85	7944,87	0,0073	0,9987	3,010	0,3965	0,8944	1,250
4096	1	0,50	2115,80	0,0013	1,0000	3,090	0,1056	1,0000	3,090
4231,6									
Итого:	471	391,20	20037,28						

ции, которые авторы, не претендуя на полное освещение проблемы, не считают универсальными.

В качестве примера взято одно из близ-поверхностных месторождений золота Северо-Востока, представленное несколькими разноориентированными рудоносными зонами, в каждой из которых локализовано несколько непротяженных жилообразных тел. Наибольшая часть запасов сосредоточена в теле 35 (широтная зона).

Тело 35 представляет собой серию сближенных кварцевых жил. Морфология его чрезвычайно сложна: пережимы, раздувы, наличие многочисленных апофиз, извилистый характер контуров. В пределах тела выделяется крупное столбообразное обособление весьма богатых руд со средним содержанием золота около 700 г/т, а также серия мелких гнезд, которые при существующей разведочной сети не геометризируются.

Исключительная неравномерность опу-

ВП, для чего сначала необходимо выявить долю руд с различной концентрацией золота в общем балансе металла, а затем установить свойственную данному месторождению зависимость между содержанием золота в руде и количеством последней.

Для этого приведены распределения по величине логарифма содержания для всех проб месторождения (табл. 1), для зоны (табл. 2) и рудного тела 35 (табл. 3). Ширина классов содержаний принята возрастающей в геометрической прогрессии со знаменателем 2, то есть в логарифмах она постоянна ($\lg 2 = 0,30103$).

Приведенные в табл. 1—4 материалы показывают, что в очень малых количествах богатых руд сосредоточены очень большие относительные количества металла. Неоспоримым доказательством наличия руд с выдающимися содержаниями служат данные пробной эксплуатации.

Из-за уменьшения размеров рудного тела

2. Данные опробования рудного тела 35 широтной зоны

С, г/т	ш, м	С, г/т	ш, м	С, г/т	ш, м
0,7	0,5	6,0	0,7	27,8	0,2
0,8	0,6	6,4	0,3	28,5	0,4
0,8	1,2	6,6	0,55	29,7	0,5
1,0	0,8	6,6	1,0	30,4	1,0
1,2	0,7	6,7	1,4	32,7	0,1
1,4	1,0	6,7	0,65	34,2	0,8
1,6	0,95	6,9	1,0	36,8	0,45
1,6	1,0	7,0	0,6	37,6	0,3
1,6	0,6	7,5	1,0	37,6	0,3
1,7	0,6	7,5	0,8	41,0	0,8
1,7	0,8	7,6	0,5	48,2	0,6
2,0	0,4	7,8	0,75	60,6	0,25
2,4	1,0	8,1	0,55	75,4	0,9
2,6	0,7	8,5	0,3	95,8	0,5
2,8	0,9	9,2	1,0	97,4	0,5
3,0	1,15	9,4	0,3	98,1	1,0
3,1	1,4	9,7	1,0	107,0	0,5
3,3	0,2	9,7	0,3	155,4	0,4
3,5	0,6	10,1	0,7	157,2	0,25
3,8	0,4	10,4	0,3	187,3	0,6
3,8	1,7	10,8	1,3	260,7	0,1
3,9	1,2	10,9	0,75	323,0	0,4
4,0	1,3	11,8	0,8	335,0	0,5
4,0	0,8	12,0	1,0	352,0	1,1
4,0	0,2	12,6	0,9	365,5	0,9
4,0	0,55	12,7	0,6	386,0	0,6
4,1	0,5	12,8	0,4	476,8	1,4
4,1	0,85	12,8	0,9	488,0	0,8
4,1	1,0	13,9	0,55	556,6	1,0
4,2	0,5	16,1	0,3	671,2	0,4
4,6	1,35	16,4	1,25	676,0	1,3
5,0	1,3	17,6	1,0	1518,6	0,3
5,2	0,1	17,7	0,8	2280,8	0,6
5,6	1,4	23,2	1,0	2315,0	0,75
5,7	1,1	24,5	0,35	2510,4	0,6
5,8	0,8	24,7	0,6	4044,5	0,9
5,8	0,75	25,3	0,4	4231,6	0,5

$$\sum m = 80,0 \text{ м}$$

$$\sum mC = 16015,83$$

$$C_{\text{сред.}} = 200,2 \text{ г/т}$$

руды, весьма невелико, хотя именно эти руды определяют промышленную значимость месторождения. Так, на 14 проб с содержаниями от 350 до 4000 г/т приходится 91,8 % линейного запаса металла! Очевидно, что полное исключение проб с высокими содержаниями или же их многократное ограничение ведет, вопреки геологическим особенностям месторождения, к значительному понижению определяемого

качества руд и запасов металла, что совершенно недопустимо.

Диаграммы накопленных эмпирических вероятностей содержаний для месторождения, зон и тел приведены на рис. 1, 2. На бланках-трафаретах по оси Х отложены логарифмы содержаний золота, по оси Y — квантили t эмпирической вероятности нормального распределения проб $q(\Sigma)$.

Выпрямленные диаграммы для место-

3. Распределение эмпирических вероятностей проб рудного тела 35 широтной зоны (в контуре богатых руд)

C, г/т	m, м	mC	$q = m / \sum m$	$q(\sum)$	t	C, г/т	mC
3,8	1,70	6,46	0,0966	0,0966	-1,300	42,5	72,25
10,4	0,30	3,12	0,0171	0,1137	-1,210	49,5	14,85
27,8	0,20	5,56	0,0114	0,1251	-1,150	53	10,60
60,6	0,25	15,15	0,0142	0,1393	-1,083	60,5	15,12
75,4	0,90	67,86	0,0511	0,1904	-0,875	80	72,00
97,4	0,50	48,70	0,0284	0,2188	-0,775	95	47,50
98,1	1,00	98,10	0,0568	0,2756	-0,595	118	118,00
107,0	0,50	53,50	0,0284	0,3040	-0,510	147	73,50
155,4	0,40	62,16	0,0227	0,3267	-0,450	156	62,40
187,3	0,60	112,38	0,0341	0,3608	-0,355	180	108,00
260,7	0,10	26,07	0,0057	0,3665	-0,340	185	18,50
323,0	0,40	129,20	0,0227	0,3892	-0,255	195	78,00
335,0	0,50	167,50	0,0284	0,4176	-0,207	220	110,00
352,0	1,10	387,20	0,0625	0,4801	-0,050	275	302,50
386,0	0,60	231,60	0,0341	0,5142	0,035	315	189,00
476,8	1,40	681,52	0,0796	0,5938	0,237	430	602,00
488,0	0,80	390,40	0,0454	0,6392	0,354	520	416,00
556,6	1,00	556,60	0,0568	0,6960	0,513	650	650,00
671,2	0,40	268,48	0,0227	0,7187	0,579	730	292,00
676,0	1,30	878,80	0,0739	0,7926	0,815	1000	1300,00
1518,6	0,30	455,58	0,0171	0,8097	0,877	1150	345,00
2280,8	0,60	1368,48	0,0341	0,8438	1,010	1400	840,00
2315,0	0,75	1736,25	0,0426	0,8864	1,208	1850	1387,50
2510,4	0,60	1506,24	0,0341	0,9205	1,410	2510	1506,00
4044,5*	0,90	3640,05*	0,0511	0,9716	1,910	1991,8	1792,62
4231,6*	0,50	2115,80*	0,0284			1991,8	995,90
Итого:	17,60	15012,76		1,0000	3,000		11419,24

Сред. = $15012,76 : 17,6 = 853,0$ г/т; С_{сред.} = $11419,24 : 17,6 = 648,8$ г/т

* — при подсчете запасов показания проб заменены.

4. Распределение эмпирических вероятностей проб в широтной зоне

C, г/т	m, м	$q = m / \sum m$	$q(\sum)$	t
0,0				
0,5	2,30	0,0133	0,0133	-2,220
1,0	10,30	0,0596	0,0729	-1,455
2,0	14,45	0,0837	0,1566	-1,008
4,0	26,21	0,1518	0,3084	-0,501
8,0	42,06	0,2436	0,5520	0,231
16,0	32,68	0,1892	0,7412	0,648
32,0	18,85	0,1092	0,8504	1,031
64,0	7,05	0,0408	0,8912	1,233
128,0	6,70	0,0388	0,9300	1,475
256,0	2,65	0,0153	0,9453	1,601
512,0	3,80	0,0220	0,9673	1,841
1024,0	1,40	0,0081	0,9754	1,968
2048,0	0,90	0,0052	0,9806	2,069
4096,0	2,85	0,0165	0,9971	2,760
4231,6	0,50	0,0029	1,0000	3,090
$\sum m = 172,70$				

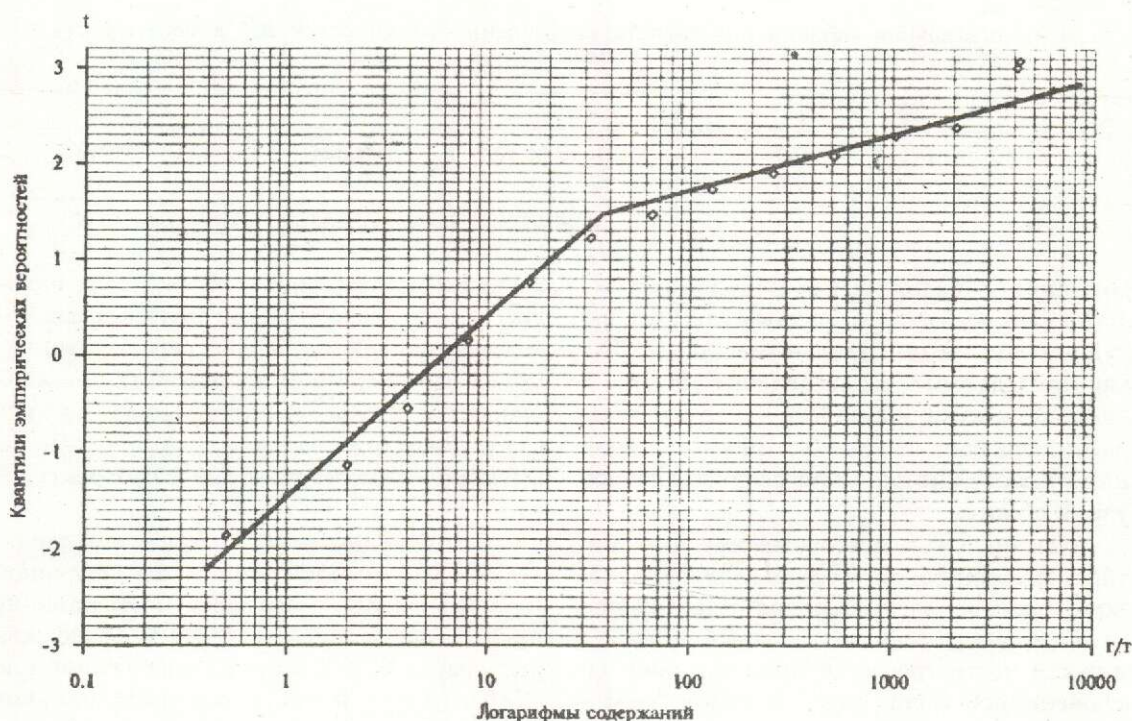


Рис. 1. Распределение эмпирических вероятностей по содержанию проб для месторождений в целом

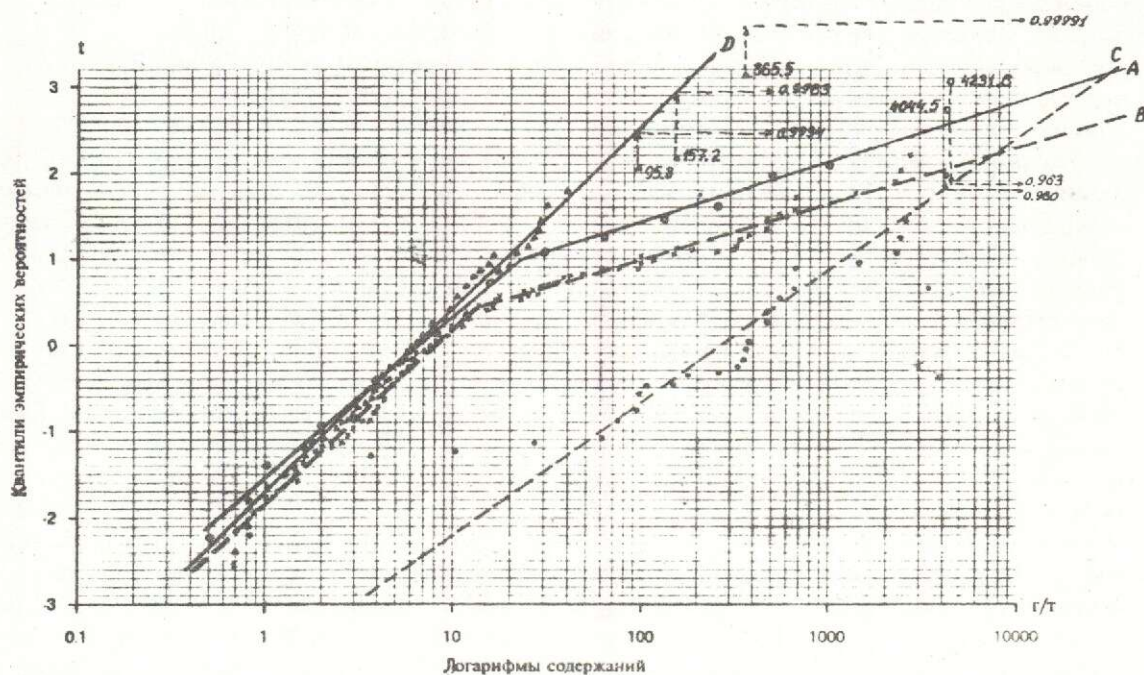


Рис. 2. Распределение эмпирических вероятностей по содержанию проб для широтной зоны (А), рудного тела

5. Вспомогательная таблица для расчета исправленных мощностей ВП в богатых рудах тела 35

C	m	mC	m	m C
4044,5	0,9	3640,05	0,634	2564,2
4231,6	0,5	2115,8	0,053	224,3
Итого:	1,4	5755,85	0,687	2788,5

рождения в целом и для рудоносных зон построены по сгруппированным данным, для рудных тел — по отдельным пробам. Так как исследуемые распределения близки к логарифмически нормальному, точки диаграмм образуют наклонные прямые линии или же располагаются в пределах наклонной узкой полосы.

Для проб как месторождения в целом, так и для зон обнаружилось сложное закономерности их распределения, выразившиеся в изломе осредняющих точки линий: в нижней части графиков прямая линия наклонена под более крутым углом, чем в верхней части. При этом влево и вправо от места излома точки практически ложатся на проведенные прямые, что указывает на статистическую неоднородность распределений и необходимость разделять исследуемые выборки на две разные совокупности каждую. В таких условиях для решения вопроса выявления и учета ВП необходимо делить рудные тела на однородные участки и далее анализировать эти участки самостоятельно.

На выпрямленной диаграмме распределения проб (рис. 2, В) излом приходится на содержание примерно 15 г/т. По этому содержанию внутри тела оконтурены богатые руды, а затем для проб, вошедших в контур, была построена выпрямленная диаграмма (рис. 2, С), на которой все точки кроме одной располагаются в пределах узкой полосы. Лишь проба 4231,6 г/т расположена выше верхней линии, ограничивающей размещение основной массы точек. Следовательно, доля представляемой этой пробой мощности в общей сумме опробованных мощностей значительно больше той, которая соответствует выявленной зависимости между количеством руд и содержанием в них металла. Это завышение необходимо устранить, сократив для этого длину пробы, но оставив неизменным показанное ею содержа-

величине содержанию — 4044,5 г/т, находится на верхней границе полосы расположения основной массы проб, заметно возвышаясь над срединной прямой. Так как влияние этой пробы на определяемое среднее содержание тоже очень велико, представляемую ею мощность также надо скорректировать.

С этой целью из обеих точек параллельно оси Y проводим линии до срединной прямой и находим, что вероятность наличия проб с содержанием до 4044,5 г/т должна быть равна 0,960, а проб с содержанием до 4231,6 г/т — 0,963. Вероятность наличия проб с содержанием до 2510,4 г/т (третьей по величине пробы в данной выборке) составляет 0,924. Отсюда вычисляем вероятность наличия проб с содержанием от 2510,4 до 4044,5 г/т:

$$P(2510,4 < C < 4231,6) = \\ = 0,960 - 0,924 = 0,036$$

и с содержанием от 4044,5 до 4231,6 г/т:

$$P(4044,5 < C < 4231,6) = \\ = 0,963 - 0,960 = 0,003$$

Умножая найденные вероятности на объем выборки, то есть на общую сумму опробованных мощностей 17,6 м (см. табл. 3), находим скорректированные мощности (м') проб 4044,5 и 4231,6 г/т:

$$m'_{4044,5} = 0,036 \cdot 17,6 = 0,634 \text{ м}$$

$$m'_{4231,6} = 0,003 \cdot 17,6 = 0,053 \text{ м}$$

Тогда скорректированное относительное количество металла, которое должно быть представлено этими пробами и которое определяется произведениями $m'C$, будет:

$$m'C_{4044,5} = 0,634 \cdot 4044,5 = 2564,2$$

$$m'C_{4231,6} = 0,003 \cdot 4231,6 = 224,27$$

Следовательно, мощность, представляемую пробой с содержанием 4044,5 г/т, следует уменьшить с 0,9 до 0,634 м, а с содержанием 4231,6 г/т — сократить с 0,5 до 0,05 м. Однако такая замена привела бы к тому, что в подсчете средних содержаний по сечениям,

6. Вспомогательная таблица для расчета исправленных мощностей ВП в бедных рудах тела 35

C	m	mC	m'	m C
95,8	0,5	47,9	1,58	151,4
157,2	0,25	39,3	0,306	48,1
365,5	0,9	328,95	0,05	18,3
Итого:	1,65	416,15	1,936*	217,8

* — увеличение суммы m' по сравнению с суммой m обусловлено корректировкой мощности, характеризующей пробой с содержанием 48,2 г/т

мов и запасов руды участвовали бы различные значения мощностей, что осложнило бы подсчет запасов, поэтому необходимое уменьшение количества включаемого в подсчет металла лучше осуществить путем соответственного ограничения содержаний! Содержание C' находим делением $m C$ на неисправленную мощность m (табл. 5).

В нашем примере, учитывая близость показаний проб, а также их случайность, лучше оба значения ограничить одной и той же величиной $C'' = \sum m' C / \sum m = 1991,8$ г/т. После замены ВП на эту величину содержание в рудах уменьшилось с 853,0 до 684,4 г/т или на 19,8 %.

В верхней части тела 35 были проведены пробные эксплуатационные работы, что представило возможность сравнить данные отработки с результатами подсчета запасов, который проводился описанным выше методом раздельно для рядовых и богатых руд отработанного участка. Богатые руды оконтуривались по содержанию 15 г/т, а рядовые — 3 г/т. Затем были выделены подсчетные блоки раздельно для богатых и рядовых руд и определены запасы этих двух сортов руд. При этом в подсчет запасов богатых руд приняты скорректированные содержания только двух самых высоких проб. Расхождение составило лишь 3,3 %.

Таким образом, раздельный подсчет запасов руд, резко различающихся между собой по качеству, в данных условиях дает возможность получить более точные и правдоподобные результаты, чем усредненный подсчет, производимый без описанного разделения. Одним из указаний на необходимость раздельного учета различных сортов руд является статистическая неоднородность

ломом выпрямленной диаграммы накопления их эмпирических вероятностей.

К сожалению, разграничение богатых и рядовых руд на планах и разрезах бывает невозможно из-за недостаточной плотности сети опробования или из-за очень малых размеров спорадически располагающихся скоплений богатых руд. Такая картина, например, установлена внутри контура рядовых руд тела 35.

После оконтуривания богатых руд тела 35 за контурами последних, внутри рядовых разностей, остались три расположенные поодиночке пробы с содержанием 95,8; 157,2 и 365,5 г/т. На графике распределения проб рядовых руд этого тела (рис. 2, Д) видно, что все три пробы значительно отклоняются от срединной линии, что не позволяет включить их в общую массу рядовых руд.

С этими пробами проводятся операции, полностью аналогичные описанным выше. В результате получаем, что вероятность проб с содержанием до 95,8 г/т должна быть равной 0,9934, проб с содержанием до 157,2 г/т — 0,9983; проб с содержанием до 365,6 г/т — 0,9991. Тогда:

$P(48,2 < C < 95,8) = 0,9934 - 0,68 = 0,0254$ (вероятность проб с содержанием до 48,2 г/т также пришлось несколько скорректировать в сторону уменьшения, так как соответствующая этому содержанию точка немного возвышается над проведенной прямой);

$$P(95,8 < C < 157,2) = 0,9983 - 0,9934 = 0,0049;$$

$$P(157,2 < C < 365,5) = 0,9991 - 0,9983 = 0,0008.$$

Исходя из этого скорректированные мощности (объем выборки — 62,4 м) и

$$m_{95,8} = 0,0254 \cdot 62,4 = 1,58 \text{ м}$$

$$m_{C_{95,8}} = 1,58 \cdot 95,8 = 151,4$$

$$m_{157,2} = 0,0049 \cdot 62,4 = 0,306 \text{ м}$$

$$m_{C_{157,2}} = 0,306 \cdot 157,2 = 48,1$$

$$m_{365,5} = 0,0008 \cdot 62,4 = 0,05 \text{ м}$$

$$m_{C_{365,5}} = 0,05 \cdot 365,5 = 18,3$$

Дальнейшие расчеты приводятся в табл.

6.

В заключение надо подчеркнуть, что новая экономическая ситуация, когда многие золоторудные объекты продаются иностранным и совместным компаниям, требует крайне внимательного отношения к проблеме выявления и ограничения ВП. Неоправданное излишнее ограничение содержаний приводит к тому, что часть запасов, пригодных к использованию, неправильно относится к забалансовым, а это влечет за собой потери при эксплуатации. Балансовые запасы металла оказываются при этом заниженными, как и оценка качества руд. Так создаются скрытые резервы, что ведет к снижению доходов как государства, так и регионов и создает почву для хищения золота или безвозвратных потерь его в недрах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Беус А.А., Родионов А.А. Использование статистических функций распределения для выявления ураганных содержаний при подсчете запасов // Разведка и охрана недр. 1964. № 11. С. 16—20.
2. Вилесов Г.И. К вопросу об учете проб с исключи-

тельным содержанием // Труды и материалы Свердловского горного института. 1940. Вып. VI.

3. Вилесов Г.И. Опыт геометризации золоторудных месторождений Урала. — М.: Углетехиздат, 1958.
4. Иванов М.П., Дейнега С.А., Петров В.А. О влиянии ураганных значений основных подсчетных параметров на оценку их средних величин // Советская геология. 1971. № 1. С. 107—114.
5. Каждан А.Б. Итоги дискуссии о способах выявления и замены ураганных проб // Разведка и охрана недр. 1971. № 8. С. 26—30.
6. Каллистов П.Л. Асимметрия распределения некоторых свойств золота и связанные с ней погрешности определения запасов // Сборник материалов по геологии золота и платины. 1948. Вып. 9. С. 58—79.
7. Каллистов П.Л. Учет высоких проб и самородков при подсчете запасов месторождений золота. — М.: ОБТИ Главспеццветмета, 1952.
8. Коган И.Д. Способы выявления и замены ураганных проб // Разведка и охрана недр. 1969. № 1. С. 10—16.
9. Марголин А.М., Шумилин М.В. О проблеме ураганных проб и возможных путях ее решения // Разведка и охрана недр. 1970. № 10. С. 14—17.
10. Матерон Ж. Основы прикладной геостатистики. — М.: Изд-во Мир, 1968.
11. Методы разведки и подсчета запасов россыпных месторождений полезных ископаемых / А.П.Божинский, М.А.Гневушев, П.Л.Каллистов и др. — М.: Изд-во Недра, 1965.
12. Петров В.А., Исаев П.Г., Денисов М.Н., Мартиросян С.В. Учет ураганных проб при подсчете запасов полезных ископаемых // Разведка и охрана недр. 1971. № 8. С. 18—26.
13. Рошин Ю.В. По поводу статьи Б.Я.Юфы «Способ выделения ураганных проб» // Разведка и охрана недр. 1964. № 11. С. 20—24.

Kallistov P. L., Kamyshev Yu. I.

ON THE PROBLEM OF SAMPLE SHOWINGS EQUALIZATION IN RESERVES ASSESSMENT FOR DEPOSITS WITH HIGH MINERALIZATION VARIABILITY

This article has been first published in Proceedings of TsNIGRI, 1978, Issue 128, pp. 68—95. However, because of insufficient circulation of that edition, it could hardly become familiar enough to researchers specializing in exploration of mineral deposits. The article is devoted to the problem of due account for high («hurricane») assays being still urgent as of now. This work presents a detailed description of methodology of marking out and accounting for high assays; being exemplified herein by gold deposits, this procedure is therewith applicable to any other mineral deposits featuring high variability of commodity contents. This new edition of the article is somewhat shortcut, its essentials and mathematical framework being, however, presented here absolutely intact.

УДК 553.048:552.124.4(26)

©Е. Н. Былинский, 1995

ПРИНЦИПЫ ОЦЕНКИ ПРОГНОЗНЫХ РЕСУРСОВ КОБАЛЬТОМАРГАНЦЕВЫХ КОРКОВ В МИРОВОМ ОКЕАНЕ

Е. Н. БЫЛИНСКИЙ (ЦНИГРИ Роскомнедра)

Рассматриваются основные принципы и методика оценки прогнозных ресурсов кобальтомарганцевых корков дна Мирового океана исследователями США и Российской Федерации, в частности, методика предварительной оценки, разработанная в ЦНИГРИ.

Железомарганцевые корки, распространенные на склонах подводных гор, хребтов и плато Мирового океана, содержат обычно наибольшую (иногда более 1 %) концентрацию кобальта среди всех других осадков и пород. Так, например, содержание кобальта в корках в 2—5 раз превышает его концентрацию в наиболее полно изученных железомарганцевых конкрециях зоны Клариян-Клиппертон и в богатых кобальтом рудах Заира [10]. Поэтому эти корки обычно называют кобальтомарганцевыми корками (КМК). В океанах обнаружены также и железомарганцевые корки, бедные кобальтом и приуроченные обычно к зонам подводной гидротермальной активности [1]. Однако в данной статье такие корки не рассматриваются.

Хотя первые сведения о КМК были получены еще в конце XIX века, особенно большой интерес к их изучению возник с начала 80-х годов, когда состоялась первая экспедиция «Мидпак» на исследовательском судне «Зонне» под руководством П.Хальбаха (в 1981 г.). Исследователи Российской Федерации (бывшего СССР), США и Германии, а впоследствии и других стран провели широкое изучение КМК. Американские геологи ведут исследования в пределах 200-мильной экономической зоны США. С 1987 г. региональное изучение КМК и поисковые работы на четырех гайотах в Западном секторе Северной приэкваториальной зоны Тихого океана (ЗС СПЗТО) были начаты АО «Дальморгеология», и к настоящему времени они близки к завершению.

Под зонами особых интересов нами понимаются 200-мильные экономические зо-

наемые государствами с целью последующего оформления своих прав на разведку и промышленное освоение выявленных минерально-сырьевых ресурсов. Следует указать, что США и Российская Федерация в этом отношении находятся в неодинаковом положении. Если экономические зоны США в Тихом океане включают акватории со значительными ресурсами КМК, то России приходится ориентироваться лишь на участки в пределах Международного района Мирового океана. Соответственно и геолого-поисковые работы этих стран ориентированы по-разному: на собственные экономические зоны — США и акватории в пределах Международного района — Российской Федерации.

В результате проведенных исследований корков выяснилось, что значительные по площади участки верхних склонов многих гайотов и подводных гор покрыты КМК толщиной от 1—2 мм до 24 см. В центральной части Тихого океана средняя толщина корков составляет 3 см, но чаще всего она колеблется от 2 до 5 см [9]. При этом наиболее толстая и почти непрерывная полоса КМК обычно фиксируется в верхней части склона, где уклоны колеблются от 5 до 20°. В пределах гайотов эта полоса обычно бывает приурочена к их бровкам.

Средняя часть склонов подводных гор характеризуется прерывистым распространением КМК, чередующихся с отложениями оползней и осыпей. Здесь нередко встречаются слои, состоящие из корковых плиток, образованных при размыве и смещениях коркового слоя сверху. В нижней части склона КМК отличаются малой толщиной и еще

осыпей и оползней. Иногда КМК бывают распространены и в пределах плоских поверхностей плато, но лишь в том случае, если они длительное время (несколько миллионов лет) промывались морскими течениями, уносившими обломочный материал и растворенные карбонаты за пределы данного участка. Подобные КМК распространены, например, на плато Блейк близ Флориды (юго-восток США).

КМК чаще всего приурочены к тропическим и приэкваториальным широтам, в меньшей степени к умеренным поясам в диапазоне от 35° с.ш. до 50° ю.ш., хотя имеются и исключения из этого правила. Характерной особенностью распространения КМК является их преимущественная приуроченность к глубинам от 800 до 2400 м. Особенно высокое содержание кобальта в КМК (до 2 %) наблюдается в центральной части Тихого океана на глубинах 1000—1500 м. Нередко фиксируется резкое уменьшение содержания кобальта при увеличении глубины в интервале 2450—3000 м [4]. Тем не менее в ряде случаев КМК с достаточно высоким содержанием кобальта встречаются и на больших глубинах (вплоть до 6000 м), поэтому необходимы дальнейшие исследования КМК в пределах всего диапазона глубин склонов. О частых исключениях из правила приуроченности КМК к глубинам 800—2500 м указывается и в недавней сводке по химическому составу КМК [11].

Другой характерной особенностью распространения КМК является обычно резкая граница с подстилающими породами и независимость состава КМК от характера подстилающих пород [2, 3, 8], что свидетельствует о преимущественно гидрогенном их происхождении. КМК встречаются на базальтах и продуктах их изменения, известняках, гнаукластитах, смектитовых и фосфоритовых породах, аргиллитах и другом субстрате. Возраст подстилающих пород чаще всего определяется в диапазоне от позднемиоценового до раннемиоценового. Формированию толстых КМК способствует отсутствие в данном районе молодой вулканической и гидротермальной деятельности, активного сноса с суши.

Исходя из вышеперечисленных закономерностей распространения КМК, в середи-

ресурсов КМК применительно к стадии региональных геолого-геофизических исследований [7, 9, 12]. Были выделены «рекомендуемые площади», под которыми понимались участки акваторий с глубинами в пределах подводных гор и островов от 800 до 2400 м, где в соответствии с результатами многочисленных исследований были встречены КМК наибольшей толщины. Объем руды КМК в конкретном регионе определялся по формуле [9]:

$$CP = 0,01PDTA,$$

где CP — рудный потенциал в млн тонн;

P — процент покрытия «рекомендуемой площади» корками;

D — плотность сухой руды, принятой равной 1,34 г/см³ для Гавайского хребта и о.Джонстон и 1,33 г/см³ для остальных акваторий;

T — средняя толщина КМК в см;

A — размер «рекомендуемой площади» в км².

Минерально-сырьевой потенциал для каждого металла в каждой зоне был вычислен по формуле:

$$MP = CP \cdot MC,$$

где MP — ресурсный потенциал каждого металла в млн тонн;

CP — рудный потенциал в млн тонн (см. выше);

MC — среднее содержание металла в руде в %.

Определение «рекомендуемой площади» производилось следующим образом. На наиболее детальные батиметрические карты накладывалась палетка в соответствии с масштабом на каждой широте и подсчитывалась площадь склонов подводных гор и гайотов в пределах глубин 800—2400 м. При среднем уклоне в 15° и более вводилась поправка — измеренные величины увеличивались на 3,5 % за счет увеличения площади на склонах [10].

Более детальная методика оценки прогнозных ресурсов КМК была разработана отечественными исследователями при экспедиционных работах, проведенных в 1987—1994 гг. в пределах ЗС СПЗТО [5]*. Наиболее широко применялся способ геоло-

* В разработке методики оценки прогнозных ресурсов

Сопоставление расчетов ресурсного потенциала КМК в Западном секторе Северной приэкваториальной зоны Тихого океана при проведении работ по различной методике

Поля КМК	Полезная площадь, км ²	Ресурсный потенциал корок, млн т	Ресурсный потенциал коралла, тыс. т	Средний % содержания коралла	Средняя толщина корки, см
Данные [6]:					
ЮЗ часть Северо-Западной котловины Тихого океана	13600	136,0	816,0	0,6	2,0
Магеллановы горы	41625	416,2	2497,2	0,6	
Горы Маркус-Уэйк	44200	442,0	3094,0	0,7	
Горы Уэйк-Неккер (Мидпасифик)	61250	612,5	5512,5	0,9	
Итого:	160675	1606,7	11919,7	0,7	2,0
Данные АО «Дальморгеология» по тем же полям КМК	33529	1791,4	9736,4	0,55	4,6
Разница между подсчетами [6] и данными АО «Дальморгеология» (последние за 100 %)	+127146 (479,2 %)	-184,7 (89,7 %)	+2183,3 (122,4 %)	+0,15 (127,3 %)	-2,6 (43,5 %)

гических блоков. Под геологическим блоком понимается геологически однородный по характеру оруденения и изменчивости основных параметров КМК участок гайота, обладающий близкими технологическими свойствами и находящийся в одинаковых горно-технических условиях, т. е. представляющий по существу рудную залежь. В пределах одного гайота может быть выделено от 2 до 10 таких блоков. Блоки выделяются по принадлежности к определенным морфологическим элементам гайотов (обычно бровка с прилегающими к ней склонами) и по соответствию КМК требованиям оценочных кондиций.

Прогнозные ресурсы сухой руды КМК по блоку определялись по формуле:

$$Q = PSK,$$

где Q — сухая руда в кг;

P — средняя плотность залегания сухих КМК по блоку в кг/м²;

S — площадь блока в м²;

K — средний коэффициент рудоносности в %.

При этом

$$P = MY10[(100 - W) : 100],$$

где M — средняя толщина корок в см;

Y — удельная плотность в г/см³;

W — средняя естественная влажность КМК с поправкой на минерализацию поровых вод в %.

Следует отметить, что блоки выделялись лишь по тем станциям донного пробоотбора, на которых плотность залегания сухих КМК была не менее 55 кг/м², что соответствует толщине корок 4—4,5 см.

Площади блоков определялись с помощью палеток в три приема, в расчет принималось среднее арифметическое значение из трех замеров. В определяемые площади вводились поправки на искажение истинной площади за счет изменения широты и наклона поверхности, а также в результате определения коэффициента рудоносности. Площадной коэффициент рудоносности по блоку определялся методом средневзвешенного среди линейных коэффициентов рудоносности. Последние получались в результате определения длин рудных и безрудных участков на фототелевизионных профилях, пересекающих данный блок. Использование способа геологических блоков, широкое применение фотопрофилирования и применение оценочных кондиций выгодно

отличает работы отечественных исследователей от зарубежных.

Данные о средней толщине КМК, их удельной плотности и влажности определялись в результате донного пробоотбора, при этом количество станций пробоотбора в каждом блоке было не менее 3. Среднее содержание каждого полезного компонента по станции выявлялось как среднее арифметическое значение из всех взятых проб.

Ресурсы конкретного металла по блоку равны:

$$Q_m = QC_m : 100,$$

где Q_m — ресурсы металла в кг;

Q — сухая руда в кг (см. выше);

C_m — среднее содержание конкретного металла по блоку в %.

Прогнозные ресурсы сухой руды и конкретных металлов КМК всего гайота определялись как сумма данных по всем выявленным в его пределах блокам.

Оценка прогнозных ресурсов КМК рудной провинции ЗС СПЗТО проведена для рудных полей большинства гайотов применительно к категории P_3 , для рудных полей четырех гайотов М-15, МЖ-35, МБ-22Б и МБ-23Б по категории P_2 , а для детализационного участка гайота МЖ-35 — по категории P_1 .

Таким образом, основные принципы и методика определения прогнозных ресурсов КМК отечественными и зарубежными учеными близки, но отечественными учеными оценка ресурсов вышеупомянутых четырех гайотов проведена, по нашему мнению, с большей детальностью и надежностью.

На основе изучения многих акваторий Мирового океана американский исследователь Ф.Т.Манхейм сделал ряд обобщающих выводов по оценке минерально-сырьевого потенциала [10], которые позволили нам в 1990 г. провести предварительную прогнозную оценку ресурсов КМК в Мировом океане за пределами 200-мильных экономических зон государств [6]. Выводы Ф.Т.Манхейма состоят в следующем. Полезной площадью КМК являются лишь 40 % площади перспективных участков, характеризующихся достаточно толстыми слоями КМК. Ресурсный потенциал КМК на площади 300 км² при средней толщине корок 2 см составляет около 3 млн т руды.

Карта прогнозных ресурсов КМК за пре-

делами экономических зон государств была составлена Е.Н.Былинским и Ю.А.Улицким на основе карты рельефа дна Мирового океана масштаба 1:25000000, изданной ГУНиО Министерства Обороны СССР в 1980 г. Площади океанского дна с полями и районами КМК были выделены по геологическим и геоморфологическим данным с учетом особенностей распространения КМК, изложенных выше, и карты находок КМК в [10]. Под таксономической единицей «район КМК» мы объединили две смежные единицы «рудный узел» и «рудное поле», выделяемые в [5].

Далее с помощью палетки и с учетом поправочного коэффициента на широту данного района была подсчитана площадь полей и районов КМК. Полезная площадь составляла 40 % площади перспективных участков, ресурсный потенциал КМК рассчитывался по соотношению: на 100 км² добыча должна составить около 1 млн т сухой руды (см. выше). Ресурсный потенциал кобальта рассчитывался по данным о его среднем содержании в тонне КМК, определенных для полей и районов КМК на дне Тихого океана по фиг. IX-23 в сводке [11], а для Атлантического и Индийского океанов — по среднему содержанию кобальта соответственно 0,54 и 0,37 % (ограниченное количество определений содержания кобальта в этих океанах не позволило пока составить соответствующие карты для Атлантического и Индийского океанов).

Определенные таким способом прогнозные ресурсы КМК и кобальта являются весьма предварительными и приближены к категории P_3 , поскольку положенные в основу расчета данные учитывают лишь потенциальную возможность формирования залежей КМК, представляющих интерес на основании благоприятных геолого-геоморфологических предпосылок, выявленных при рекогносцировочных и региональных исследованиях.

В итоге проведенной работы оказалось, что полученные при наших предварительных расчетах ресурсного потенциала КМК данные [6] оказались для ЗС СПЗТО в целом близки аналогичным расчетам по результатам относительно детальных работ АО «Дальморгеология» (Задорнов и др., 1994), что иллюстрируется в таблице.

Результаты расчетов ресурсного потенциала таковы. Ресурсный потенциал КМК по нашим данным оказался на 10,3 % меньше, чем по расчетам АО «Дальморгеология», а ресурсный потенциал кобальта — на 22,4 % больше. В то же время разница в определении полезных площадей распространения КМК получилась существенно большей (почти в 4,8 раза) по сравнению с данными АО «Дальморгеология». Такая разница объясняется тем, что под «полезной площадью» мы понимали 40 % общей площади всех крупных гайотов или их скоплений до глубины 4000 м и без учета коэффициента рудоносности. В то же время АО «Дальморгеология» учитывала только участки с коэффициентом рудоносности не менее 0,5. Но за счет того, что нами принималась существенно меньшая мощность корок (2,0 см по сравнению с 4,6 см), общий ресурсный потенциал КМК оказался лишь на 10,3 % меньше, чем по расчету АО «Дальморгеология».

Таким образом, проведение предварительных расчетов ресурсов КМК и кобальта, разработанных в ЦНИГРИ Ю.А.Улицким и Е.Н.Былинским [6], правомерно и на других участках дна Мирового океана. Оно может быть использовано для сугубо предварительной оценки ресурсов как акваторий экономических зон государств, так и участков Международного района морского дна лишь там, где нет более точных данных. Точность расчетов зависит от масштаба и надежности батиметрической карты той акватории, на которой проводится оценка ресурсов. Однако определяемая таким способом полезная площадь в 4—5 раз больше, чем в реальности, что следует учитывать при корректировке получаемых данных.

Bylinsky Ye. N.

PRINCIPLES OF EVALUATION OF COBALT-RICH MANGANESE CRUSTS PROBABLE RESOURCES IN THE WORLD OCEAN

General concepts and methodology of probable resources estimation in versions accepted by researchers from USA and Russian Federation as regards cobalt-rich manganese crusts occurring at the floor of the World Ocean are considered. In particular, a peculiar pre-evaluation procedure elaborated by TsNIGRI is discussed.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Батулин Г.Н. Руды океана. — М.: Наука, 1993.
2. Железомарганцевые руды — образования подводных гор океана / Ю.А.Богданов и др. // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1987. № 7. С. 103—120.
3. Железомарганцевые корки и конкреции подводных гор Тихого океана / Ю.А.Богданов и др. — М.: Наука, 1990.
4. Кобальтоносные железомарганцевые корки океана / С.И.Андреев и др. // Обзор ВИЭМС. Сер. Морская геология и геофизика. 1989.
5. Методические указания по оценке прогнозных ресурсов кобальтомарганцевых корок Мирового океана / Гл. ред. И.М.Мирчиник. — М.: Роскомнедра, 1994.
6. Улицкий Ю.А., Былинский Е.Н. Предварительная оценка прогнозных ресурсов кобальтоносных марганцевых корок Мирового океана / Науч.-техн. достижения и передовой опыт в области геологии и разведки недр. — М.: АО «Геоинформмарк», 1993. № 5. С. 57—67.
7. Clark A.L., Johnson C.J. Cobalt-rich manganese crust potential of the U.S. trust and affiliated territories // Proc. of the Offshore Technol. Conference. Houston, Texas. OTC 5233. 1986. P. 111—118.
8. Cobalt-rich and platinum-bearing manganese crust deposits on seamounts: nature, formation, and metal potential / P.E.Halbach, C.-D.Sattler, F.Teichmann et al. // Marine Mining. 1989. Vol. 8, № 1. P. 23—39.
9. Ferromanganese crust resources in the Pacific and Atlantic Oceans / R.F.Commeau, A.Clark, C.Johnson et al. // Oceans '84 Conference and Exposition Proc. 10—12 Sept. 1984. Vol. 1. № V. P. 421—430.
10. Manheim F.T. Marine cobalt resources // Science. 1986. Vol. 232, № 4750. P. 600—608.
11. Manheim F.T., Lane-Bostwick, C.M. Chemical composition of ferromanganese crusts in the World Ocean: A review and comprehensive database. Woods Hole, MA: U.S. Dept. of the Interior Geol. Survey, 1989. (Open-File Rep. 89—020).
12. Mining development scenario for cobalt-rich manganese crusts in the Exclusive Economic Zones of the Hawaiian Archipelago and Johnston Island / C.J.Johnson, A.L.Clark, J.M.Otto et al. Resource assessment // Hawaii. Dept. of Planning and Economic Development. Honolulu, 1987. P. 19—78.

КОМПЛЕКСНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ



УДК 669.2/8.013.8:628.511

© Коллектив авторов, 1995

ОЧИСТКА ГАЗОВ ОТ СЕРНИСТОГО АНГИДРИДА МАРГАНЕЦСОДЕРЖАЩИМИ ПРИРОДНЫМИ СОРБЕНТАМИ

А. И. РОМАНЧУК, В. П. ИВАНОВСКАЯ, Т. Н. МАТЕВИЧ, А. Б. КОРОЛЕВ
(ЦНИГРИ Роскомнедра)

Приводятся результаты исследований по использованию железомарганцевых конкреций в качестве поглотителя диоксида серы из отработанных газов. Предложена технология переработки насыщенного сорбента с получением товарных металлов. Экспериментально и технико-экономическими расчетами показана перспективность разрабатываемого направления, позволяющего повысить комплексность использования ЖМК с одновременным решением природоохранных задач.

Повышение степени урбанизации сопровождается увеличением выбросов вредных веществ в атмосферу. Основными источниками загрязнения воздушного бассейна городов являются предприятия энергетики, химической и металлургической промышленности. Так, при получении 1 Гкал/час на действующих ТЭС образуется и выбрасывается в атмосферу 2 т сернистого ангидрида, тонны окислов азота, 1,14 т золы. К числу наиболее вредных соединений относятся сернистый ангидрид, ежегодные выбросы которого в атмосферу в бывшем СССР оценивались в 10 млн т, причем более 50 % от общего количества выбросов приходится на предприятия теплоэнергетики и около 20 % на предприятия цветной металлургии.

В отечественной практике газы с концентрацией сернистого ангидрида менее 3 % не используются в производстве серной кислоты и выбрасываются в атмосферу в большинстве случаев без очистки.

В качестве одного из наиболее эффективных методов очистки газов от сернистого ангидрида признается использование искусственных сорбентов на основе окислов марганца, однако в связи с высокими затратами на производство и регенерацию сорбентов они имеют лишь ограниченное применение в зарубежных странах.

привело к открытию нескольких глубоководных месторождений железомарганцевых образований (ЖМО) — железомарганцевых конкреций (ЖМК) и кобальтомарганцевых корок (КМК), основной составляющей которых являются гидроксиды марганца и железа. Кроме того, ЖМО содержат еще ряд сорбционно-активных компонентов (окислы кальция, магния, натрия, калия, двуокись кремния, трехокись алюминия и др.), а также обладают высокой пористостью (до 60 %) и развитой поверхностью пор (до 300 м²/г).

Впервые использовать ЖМО для очистки отходящих газов предложили специалисты ЦНИГРИ. Позднее аналогичные разработки выполнены в ряде зарубежных стран (патент США 4533531, ВО1Д, 53/54, з. 02.05.84, оп. 06.08.85, «Способ обессеривания отходящего газа», заявка Японии 2-139033, ВО1Д 20/06, ВО1Д53/34, з. 18.11.88, оп. 29.05.90 «Адсорбент для отравляющих газовых компонентов и его приготовление и применение для очистки отходящих газов»). В настоящей статье приведены результаты по очистке отходящих газов от сернистого ангидрида путем контактирования с сухими ЖМК (табл. 1) зоны Кларифон-Клиппертон или с пульпой, содержащей различные количества ЖМК.

1. Химический состав железомарганцевых конкреций

Компоненты	Содержание, %
Никель	1,2
Кобальт	0,22
Медь	1,1
Железо	5,6
Марганец	26,0
Окись кальция	4,6
Окись магния	4,0
Трехокись алюминия	4,5
Окись натрия	2,9
Окись калия	1,3
Сера	0,22
Свинец	0,04
Фосфор	2,0

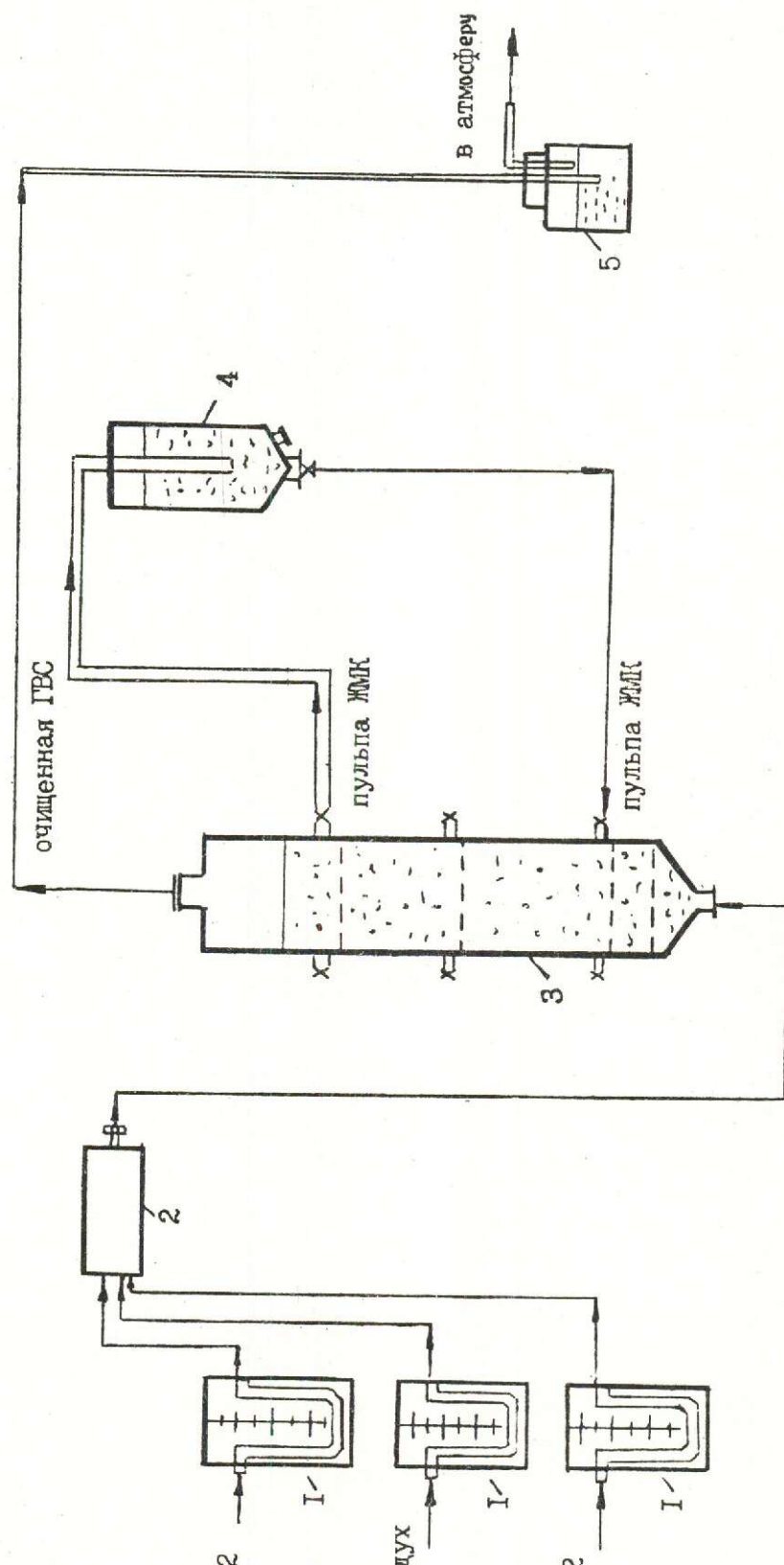
с воздушным перемешиванием (объем каждой секции — 0,1 л); литровый реактор с механическим перемешиванием и колонный абсорбер с непрерывной циркуляцией пульпы, объемом 5 л. В двух первых аппаратах проведены эксперименты с широким пределом варьирования отдельных параметров — расхода газовой смеси (ГВС) (от 3 до 5 л/мин), плотности пульпы сорбента (Т:Ж от 3 до 20), продолжительности (от 30 мин до 30 ч), концентрации диоксида серы в исходной ГВС (от 0,2 до 20 %). Температура процесса поддерживалась на уровне 45—50°C за счет экзотермического эффекта химического взаимодействия диоксида серы с окислами металлов. При проведении экспериментов использовали двух- (сернистый ангидрид—воздух) и трехкомпонентные (сернистый ангидрид—воздух—диоксид углерода) газовые смеси. Все газовые составляющие подавались с заданным расходом в смеситель, откуда объединенная ГВС поступала непосредственно в пульпу с ЖМК. В ходе экспериментов контролировалось содержание диоксида серы в газовой фазе на входе и выходе из реакционного объема. Эффективность процесса газоочистки оценивалась тремя показателями — степенью очистки от диоксида серы, количеством поглощенного сернистого ангидрида одним кубическим метром пульпы ЖМК и степенью сульфатизации цветных металлов, железа и марганца. На завершающем этапе были про-

лонном абсорбере с циркуляцией пульпы (схема установки приведена на рис. 1).

В первой серии опытов, проведенных в трехкамерном пачуке с исходной концентрацией диоксида серы в ГВС 1,4 и 5,0 %, при содержании ЖМК в пульпе — 5 % достигнута степень очистки газов 95—99 %, при практически полной сульфатизации никеля, кобальта и марганца. Варьирование плотности пульпы сорбента, продолжительности процесса, исходной концентрации сернистого ангидрида в газе позволило выявить влияние указанных факторов на показатели очистки и определить оптимальные условия абсорбции. По мере увеличения содержания ЖМК в пульпе ее емкость по отношению к сернистому ангидриду и время полного насыщения закономерно увеличивается (рис. 2). Двуокись серы окисляется и связывается в основном в сульфаты марганца, железа и цветных металлов. Снижение общего количества поглощенного пульпой диоксида серы при очистке разбавленных газов (см. рис. 2, а, кривая 3) очевидно связано с увеличением его выноса из раствора с отходящими газами, объем которых по мере разбавления увеличивается.

Изучение динамики процесса газоочистки позволило установить ряд зависимостей, из которых наиболее значима взаимосвязь извлечения металлов в раствор с количеством поглощенного диоксида серы (рис. 3): марганец, никель и кобальт достаточно равномерно переходят в раствор по мере увеличения поглощения диоксида серы. При достижении величины 200—300 кг/т ЖМК и снижении величины pH до 3,0 и менее наблюдается резкое увеличение скорости перехода этих металлов в раствор. Таким образом, поддерживая определенный режим очистки, соответствующий оптимальной величине pH и количеству поглощенного диоксида серы, можно селективно перевести в раствор никель, кобальт и марганец, сохранив в твердой фазе медь и железо. В результате длительных испытаний в колонном абсорбере достигнуты следующие показатели: степень очистки ГВС от диоксида серы более 99 %, количество поглощенного сернистого ангидрида 49—53 кг/т пульпы абсорбента.

«Сухой» способ очистки осуществлялся в адсорбционной колонне с электрическим



1. Схема лабораторной установки для очистки серосодержащих газов от диоксида серы:
 реометры для подачи газа; 2 — смеситель; 3 — абсорбер; 4 — буферная емкость; 5 — емкость с йодом

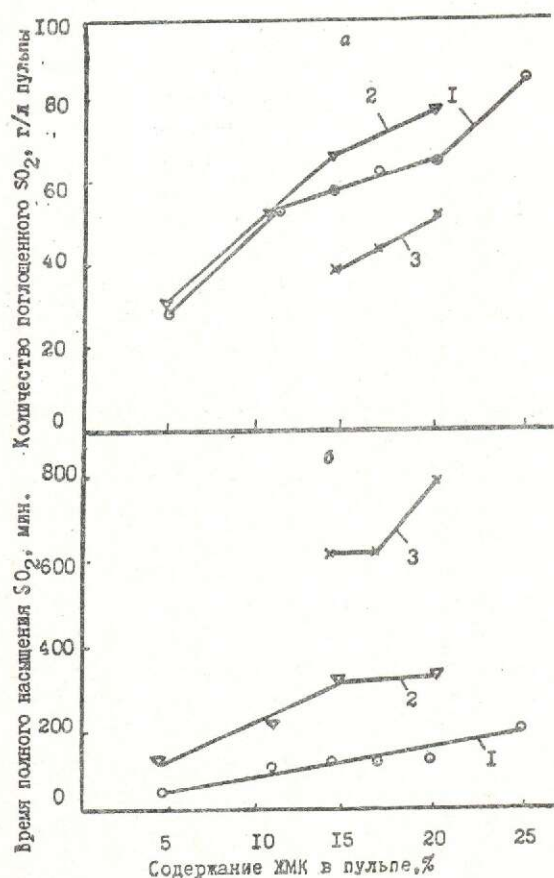


Рис. 2. Зависимость количества поглощенного диоксида серы (а) и времени полного насыщения (б) от плотности пульпы, при различной концентрации сернистого ангидрида в исходной ГВС.

Содержание диоксида серы в исходной ГВС, %: 1 — 5,0; 2 — 1,8; 3 — 0,5

ний были установлены оптимальная величина загрузки сорбента, крупность материала и скорость подачи ГВС, которые обеспечили приемлемую для лабораторного масштаба длительность опытов. Температура ГВС варьировалась от 150 до 300°C, причем верхний предел ограничивался рабочей температурой газов в электрофильтре (до 250°C). Основными показателями «сухого» способа очистки являлись степень обессеривания ГВС и степень сульфатизации насыщенного адсорбента, которая косвенно оценивалась извлечением цветных металлов и марганца в раствор при водном выщелачивании отработанных ЖМК. Постоянный контроль состава ГВС на входе и выходе (при скорости

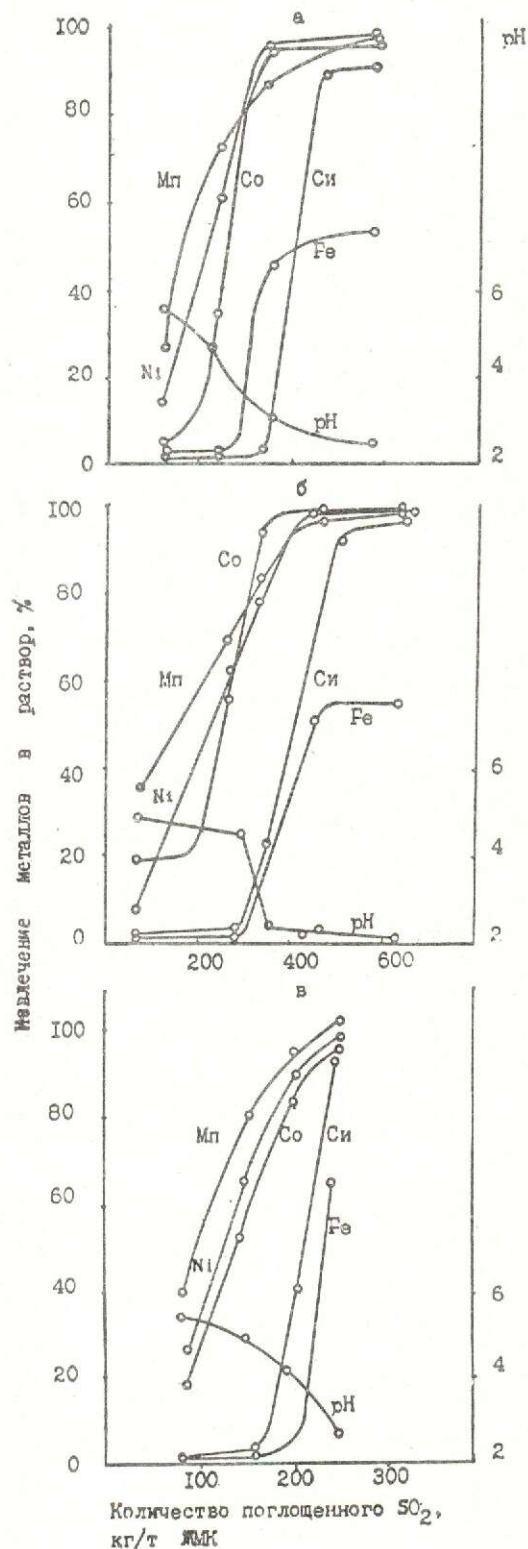


Рис. 3. Зависимость извлечения металлов в раствор от количества поглощенного диоксида серы пульпой ЖМК.

Концентрация диоксида серы в исходной ГВС, %: а —

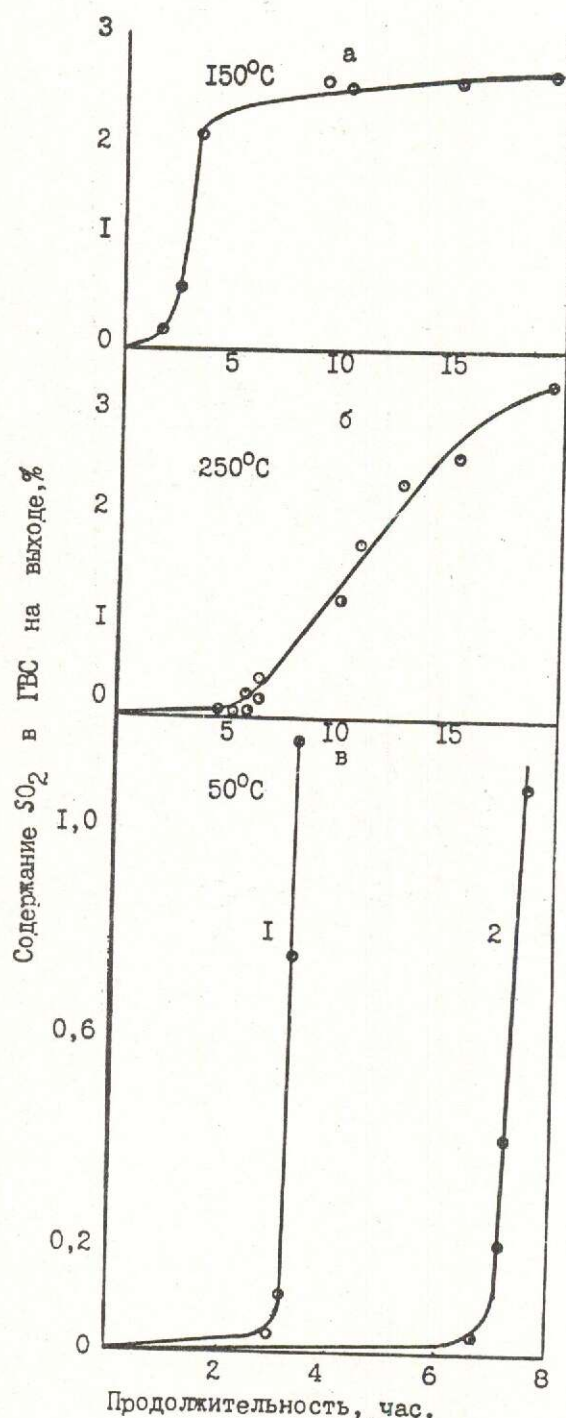


Рис. 4. Динамика «сухого» (а, б) и «мокрого» (в) способов очистки газов от диоксида серы.

мику процесса газоочистки. Согласно полученным данным, при температуре около 150°C (рис. 4, а, в) сорбент эффективно

первых минут наблюдается резкое возрастание концентрации диоксида серы в отходящих газах. Иная картина наблюдается при температуре выше 250°C: процесс идет более равномерно и существенно растянут во времени, что, вероятнее всего, связано с большей сульфатизацией металлов сорбента (см. рис. 4, б). Исследованиями установлено, что температура влияет на степень и скорость поглощения диоксида серы: с ростом ее от 150 до 300°C последняя возрастает почти в 2 раза (табл. 2), при этом скорость насыщения увеличивается в 1,7 раза. Снижение исходной концентрации диоксида серы с 4,8 до 0,6 % приводит к уменьшению количества поглощенного газа при значительном увеличении времени насыщения (см. табл. 2).

Эксперименты, поставленные в оптимальном режиме (температура 200—250°C, крупность сорбента -4 — $+2,5$ мм), позволили при степени очистки более 99 % достичь сульфатизации цветных металлов и марганца до 50 %, при максимальном количестве поглощенного диоксида серы 360 кг/т ЖМК.

Отработанные сорбенты после «мокрого» и «сухого» способов очистки были подвергнуты обработке для извлечения ценных металлов, содержащихся в продуктах газоочистки. Технологическая схема с «мокрым» способом очистки включала следующие операции (рис. 5): сорбция газа; очистка растворов от железа с помощью ЖМК как окислителя и нейтрализатора; осаждение сульфидов цветных металлов металлическим марганцем и элементарной серой; упаривание и кристаллизация сульфата марганца. В случае «сухого» способа очистки дополнительно вводится водное выщелачивание отработанного сорбента и сернистоокислотное выщелачивание остатка, остальные операции аналогичны предыдущей схеме. Товарными продуктами являются сульфидный концентрат, который может быть переработан по традиционной пиро- или гидрометаллургической схеме с получением металлов, и кристаллический сульфат марганца.

Технико-экономическая оценка показала высокую эффективность предложенного варианта комплексного использования ЖМК, причем экономический эффект складывался на 55 % за счет получения товарных продуктов из отработанного поглотителя и на 45 % — за счет снижения выбросов

2. Результаты «сухой» очистки ГВС от диоксида серы с помощью ЖМК

Условия адсорбции		Выход отработанного адсорбента, % от загруженной массы	Время насыщения, ч	Количество поглощенного SO_2 , кг/т ЖМК
Температура, °C	Исходная концентрация SO_2 в ГВС, %			
150	4,8	122,0	29,2	190,0
200	4,8	127,7	21,4	280,0
250	4,8	134,0	17,8	350,0
300	4,8	134,4	17,0	360,0
200	2,5	138,9	43,1	360,0
200	0,6	126,2	40,5	278,0

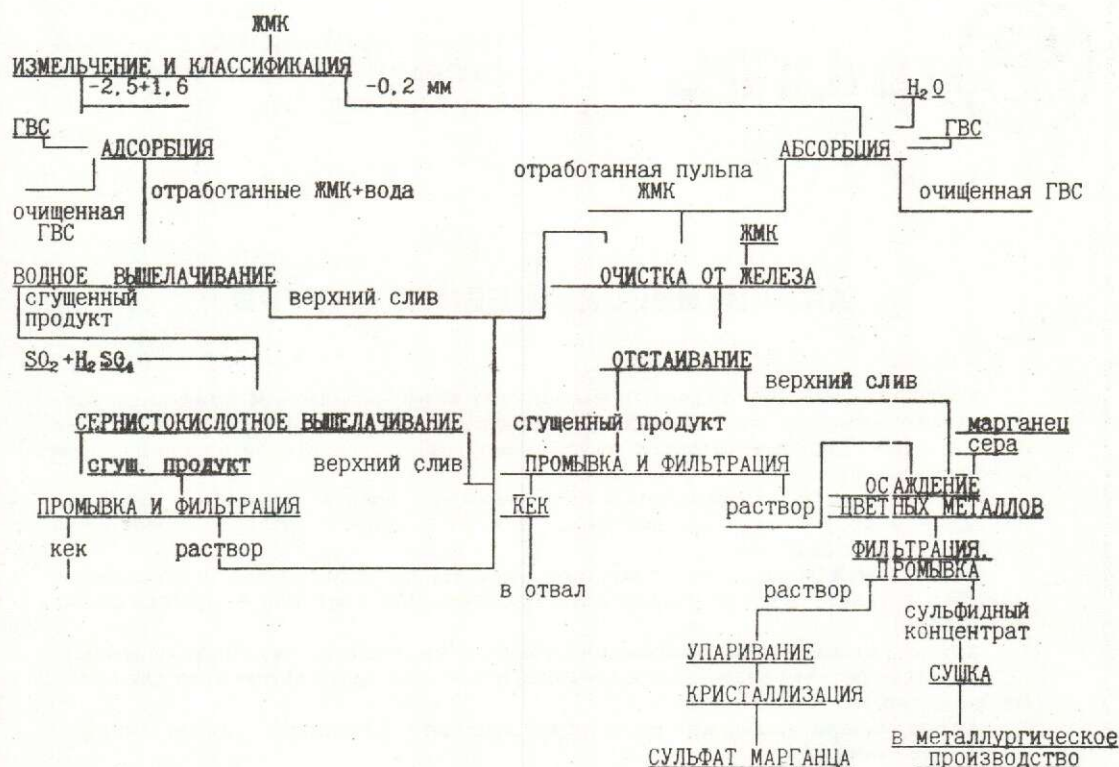


Рис. 5. Принципиальная технологическая схема извлечения ценных металлов из отработанных сорбентов «мокрого» и «сухого» способов очистки отходящих газов от диоксида серы.

Таким образом, проведенными исследованиями показана высокая эффективность использования в качестве поглотителя диоксида серы железомарганцевых конкреций с последующей переработкой отработанного сорбента с получением товарных металлов. Разработаны два способа глубокой (более 99 %) очистки: «сухой», основанный на контактировании газа с ЖМК при температуре 200—250°C, и «мокрый» — с использованием

технология извлечения цветных металлов и марганца из отработанного продукта газоочистки.

Нетрадиционное применение ЖМК в качестве сорбента является перспективным направлением, позволяющим повысить комплексность использования и эффективность технологии переработки этого уникального сырья с одновременным решением природоохранных задач.

Romanchuk A. I., Ivanovskaya V. P., Matevich T. N., Korolev A. B.

REMOVAL OF SULFUR DIOXIDE FROM GASES BY MEANS OF MANGANESE-BEARING NATURAL SORBENTS

The results of inquiries into the problem of using ferromanganese nodules (FMN) for sulfur dioxide absorption from waste gases are reported. A technology of saturated sorbent reprocessing is proposed to provide production of commercial-grade metals. Experimental and feasibility estimation studies have corroborated the promise shown by this research lead providing a progress in all-round utilization of FMN in combination with environmental control.



ЦНИГРИ

ЦЕНТРАЛЬНЫЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫЙ ИНСТИТУТ
ЦВЕТНЫХ И БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ

АНАЛИТИЧЕСКИЙ ЦЕНТР ЦНИГРИ

Аналитический центр ЦНИГРИ выполняет количественный анализ разнообразного минерального сырья и продуктов его переработки на содержание благородных, цветных металлов их спутников, а также алмазов по следующим направлениям:

анализ руд на содержание благородных (золота, серебра, платины, палладия и др.) и цветных металлов для обеспечения разведки и подсчета запасов месторождений;

анализ руд и продуктов их переработки на содержание благородных, цветных металлов и их спутников для обеспечения и контроля технологических процессов;

анализ самородных благородных металлов (золота, серебра, платины); высокочувствительное определение широкого круга элементов для обеспечения геохимического поиска;

определение содержания мелких алмазов в породах любых типов и продуктах синтеза;

арбитражный анализ руд и продуктов их переработки на содержание цветных и благородных металлов;

анализ руд и продуктов их переработки, вывозимых за пределы Российской Федерации, на содержание в них благородных металлов.

Аналитический центр располагает пробирным, нейтронно-активационным, атомно-абсорбционным, атомно-эмиссионным и другими видами анализа.

Аналитический центр ЦНИГРИ аккредитован Госстандартом Российской Федерации с правом проведения количественных анализов на содержание благородных, цветных металлов и ряда других элементов в рудах и продуктах их переработки.

Адрес: 113545, г. Москва, Варшавское шоссе, 129"Б", ЦНИГРИ
Телефон: (095) 313-18-18, 315-26-38
Телетайп: 114142 АДУЛЯР
Факс: (095) 315-27-01



ЭКОГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ УГОЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ МОСБАССА

П. А. ИГНАТОВ, А. Г. ЛЫХИН, А. Д. ЖИЖИН, А. И. ФРИДМАН, В. В. ЧЕРНОВ
(МГГА-МГРИ)

Обсуждаются результаты определения содержаний ряда токсичных микропримесей в углях, золошлаках и отвалах угледобычи Московского бурого угольного бассейна. Отмечены повышенные концентрации цинка, бериллия, урана, тория и некоторых других токсичных металлов. Обоснована необходимость предварительной экогеохимической экспертизы использования отвалов в качестве закладки отработанного пространства, поскольку при этом возможно техногенное выщелачивание тяжелых и радиоактивных металлов в водоносные горизонты. По степени вероятного радионувыделения выделено два типа золошлаков, один из которых можно, а второй — недопустимо использовать при производстве материалов для жилищного строительства.

Деятельность горнодобывающих предприятий является одним из наиболее серьезных процессов, ухудшающих экологическую обстановку. Не составляют исключения и угольные шахты, разрезы, обоганительные фабрики Мосбасса, большинство из которых расположено в Тульской области. Несмотря на имеющиеся разработки по утилизации отходов угольной промышленности, вопросы оценки степени их экологической опасности изучены недостаточно. Наиболее полный материал по данному направлению приведен в монографии Я. Ю. Юдовича с соавторами [13]. Однако и в этой обобщающей работе сведений об экологических особенностях Мосбасса практически нет.

Наиболее остро стоит проблема заражения отходов радиоактивными и тяжелыми металлами. Проблема повышенной радиоактивности получаемых из отходов угледобычи и золошлаков строительных материалов для жилищного строительства (прессованные стеновые материалы, шлакоблоки, бетон для фундамента и пр.) и продуктов для сельского хозяйства (гуминовые кислоты, биологически активные вещества, компоненты, улучшающие структуру почв, раскислители и пр.), усугубляется наличием

территорий Центральной России от аварии на Чернобыльской АЭС. Становится очевидным, что без предварительной геолого-экологической экспертизы применение отходов угледобычи и угольной энергетики невозможно. Особенно актуальны поставленные задачи в пределах Мосбасса, где есть большие перспективы использования отходов [3].

Ниже приведена экогеохимическая характеристика углей (товарной продукции шахт и разрезов), продуктов их обогащения, зол некоторых ГРЭС и ТЭЦ, использующих бурый уголь Мосбасса, а также первые данные по геохимическим особенностям отвалов угольных шахт Каменецкой и Смирновской.

В основе анализа лежат результаты спектральных и рентгеноспектральных определений, выполненных в лабораториях ВНИИХТА (материалы П. Р. Петрова с соавторами) по более чем двум с половиной тысячам проб из 24 горных предприятий Мосбасса, пяти обоганительных фабрик, четырех ГРЭС и ТЭЦ (Щекинская, Новомосковская, Черепетская, Алексинская и др.). Основная масса проб отбиралась из дубликатов суточных, среднемесячных и арбит-

составленным по каждой шахте, изучались отходы флотации, представленные глинами и продуктами гравитационного обогащения (пирит-марказитовые конкреции). В аналитическом центре ГИН РАН выполнены анализы 30 проб, взятых с поверхности отвалов шахт Каменецкая и Смирновская.

Обработка геохимической информации велась следующим образом. Средние значения содержаний элементов сравнивались со средними содержаниями этих элементов в близких по составу типах пород [6]. Попытки провести сравнение с ПДК, на наш взгляд, несостоятельны. Это обусловлено тем, что значения ПДК разрабатывались только для почв и существуют далеко не для всех элементов. Само применение ПДК для почв вызывает споры, поскольку главную опасность представляют токсичные элементы в растворенном (подвижном) состоянии, а определяются валовые количества элементов. Форма нахождения элементов в почве или в породе требует особого анализа, что существенно удорожает эти работы. Сравнение со средним содержанием для определенного типа пород (кларком) дает возможность определить, какие элементы находятся в повышенных количествах и, следовательно, могут представлять опасность.

Токсичные элементы, согласно ГОСТ (1982), принято делить на три группы опасности, которых мы и придерживались, с некоторыми дополнениями, вызванными уточнением этого списка в последние годы. Помимо сравнения со средним (табл. 1, рис. 1), применялась методика составления геохимических рядов ведущих элементов (табл. 2), разработанная и применяемая в институте минералогии и геохимии редких элементов.

Методика заключается в следующем. Для каждого элемента подсчитывается кларк концентрации, представляющий собой отношение среднего содержания элемента в выборке к его породному кларку. В нашем случае значения кларковых содержаний элементов приняты по глинам и глинистым сланцам по А.П.Виноградову [6]. Элементы, в которых эта величина превышает единицу, выстраиваются в ряд по мере убывания кларка концентрации. Подсчитывается также суммарный показатель concentra-

приятия (СПК), представляющий собой сумму кларк-концентраций элементов, превышающих единицу, минус количество элементов, участвующих в подсчете. Величина СПК наглядно демонстрирует степень обогащения исследуемой выборки по сравнению с кларковыми значениями.

Обработка геохимических данных по углям Мосбасса показала, что существует несколько элементов с высокой токсичностью, заметно превышающей их средние содержания (в 2—6 раз). Это прежде всего бериллий, кадмий и цинк, которые существенно превышают кларки в углях большинства угледобывающих шахт. Кроме этих токсинов можно предположить, что возможно обнаружение повышенных количеств таллия, который как рассеянный элемент обычно сопровождается скоплениями цинка. Этот элемент не определялся в лаборатории ВНИИХТа. Токсичные тяжелые металлы свинец и молибден широко распространены в субкларковых содержаниях и не представляют экологической опасности. Токсичные мышьяк, уран, торий и бор встречаются в повышенных концентрациях в единичных шахтах (Нелидовская, Липковская, разрез Ушаковский и др., см. табл. 1). В повышенных количествах обнаружены слабо токсичные или нетоксичные элементы — серебро, скандий, германий, иногда вольфрам.

Отметим экогеохимические особенности некоторых элементов, концентрирующихся в углях. Так, бериллий в металлическом виде относится к наиболее сильным ядам. Однако в нерастворимых соединениях он практически безвреден, даже в высоких концентрациях [1]. Повышенные концентрации этого элемента в углях должны настаивать, поскольку они могут указывать на его миграцию в виде карбонатных или гуматных комплексов и осаждение на кислотом и сорбционном барьерах. Согласно [13], при сжигании углей образуется тонкодисперсная, не улавливаемая фильтрами, высокотоксичная окись бериллия, которая была причиной отравления работников ряда ТЭЦ и ГРЭС.

Цинк и бор относятся к биологически необходимым микроэлементам почв и растений, а кадмий, таллий, уран, торий и свинец считаются наиболее опасными [8].

1. Геохимическая характеристика товарной продукции угольных предприятий Мосбасса (средние значения)

Шахта, разрез	Be	Cd	As	Ag	Zn	Pb	Sc	Mo	Ge	Ga	W	Y	Zr	U	Th	B
Нелидовская	20,5 6,8	20 6,7	40 6,1	0,4 4,0	286 3,6	26 1,3	13 1,3	5 2,5	5,6 2,8	28 0,9	7 3,5	22 0,7	250 1,2	3 1	13 1,2	67 0,7
Сафоновская	10,8 3,6	—	26 3,9	0,1 1	198 2,5	32 1,6	17,5 1,7	6,4 3,2	3,7 1,8	37 1,2	—	50 1,7	97 0,5	—	8 0,8	29 0,3
Грызловский	9,4 3,1	2,5 8,3	—	0,14 1,4	155 1,9	23 1,2	15,2 1,5	2,3 1,1	1,4 0,7	28 0,9	9,3 4,6	22 0,7	186 0,9	—	9 0,9	33 0,3
Владимирская	9,0 3	2,2 7,3	—	0,15 1,5	121 1,5	22 1,1	15 1,5	1,4 0,7	4,2 2,1	30 1	—	16 0,5	162 0,8	—	5 0,5	16 0,2
Никулинская	23 7,6	0,8 2,7	—	0,07 0,7	123 1,5	20 1	14 1,4	0,7 0,4	3,4 1,7	31 1,0	—	50 1,7	220 1,1	—	34 3,0	60 0,6
Ушаковский	10 3,3	1,3 4,3	—	0,12 1,2	188 2,4	14 0,7	11 1,1	1,6 0,8	3,2 1,6	28 0,9	—	25 0,8	163 0,8	10,8 3,1	6 0,6	56 0,6
Щекинская	14 4,6	—	—	0,17 1,7	208 2,6	19 0,9	16 1,6	2,2 1,1	5,3 2,7	27 0,9	—	33 1,1	197 1	—	7,4 0,7	65 0,7
Каменская	10 3,1	1 3,1	—	0,14 1,4	214 2,6	15 0,8	12 1,2	2,8 1,4	3,3 1,7	24 0,8	—	28 0,9	173 0,8	—	7 0,7	31 0,3
Комсомольская	10,8 3,2	1,0 3,1	—	0,09 0,9	152 1,9	20 1,0	13 1,3	1,9 1,0	5,7 2,8	27 0,9	—	26 0,9	125 0,6	—	5 0,5	20 0,2
Подмосковная	6,1 2,0	—	—	0,15 1,5	364 4,6	23 1,1	6,0 0,6	2,4 1,2	6,3 3,1	30 1	—	20 0,7	123 0,6	—	7,3 0,7	158 1,5
Кимовский	10,8 3,2	1,1 3	—	0,1 1	209 2,6	17 0,8	12,4 1,2	2,1 1,05	2,4 1,2	25 0,8	—	18 0,6	140 0,7	—	15 1,3	31 0,3
Бородинская-13	16 5,3	—	—	0,15 1,5	198 2,5	22 1,1	8,3 0,8	1,9 1	5,0 2,5	27 0,9	—	35 1,2	91 0,4	—	5,0 0,5	11 0,1
Дубовская	9,1 3,0	—	—	0,15 1,5	245 3,1	22 1,1	5,3 0,5	2,2 1,1	6,3 3,0	24 0,8	—	25 0,8	104 0,5	—	5,0 0,5	86 0,9

Шахта, разрез	Be	Cd	As	Ag	Zn	Pb	Sc	Mo	Ge	Ga	W	Y	Zr	U	Th	B
Айская	10 3,1	0,7 2,1	—	0,16 1,6	206 2,6	18 0,9	4,0 0,4	2,3 1,1	3 1,5	22 0,7	—	23 0,7	107 0,5	—	6 0,6	218 2,2
Горнодобывающая-17	9,4 3,1	0,5 1,7	—	0,14 1,4	237 3,0	21 1,0	8,3 0,8	1,7 0,8	6,0 3,0	29 1	—	18 0,6	91 0,4	—	5 0,5	99 1
Горнодобывающая	10,8 3,2	—	—	0,11 1,1	220 2,7	20 1	12 1,2	2,5 1,2	3,0 1,5	24 0,8	—	10 0,3	177 0,9	—	7 0,7	16 0,2
Горнодобывающая	10,5 3,2	—	20 3	0,03 0,3	100 1,2	16 0,8	12 1,2	1,0 0,5	3,5 1,7	20 0,7	—	30 1	160 0,8	—	3 0,3	22 0,7
Горнодобывающая	10 3,3	0,7 2,1	—	0,14 1,4	204 2,6	23 1,1	6,0 0,6	1,9 1	1,5 0,8	14 0,5	—	23 0,8	170 0,8	—	—	40 0,4
Горнодобывающая-16	8,2 2,7	—	—	0,16 1,6	160 2,0	20 1	5,7 0,6	1,4 0,7	6,3 3,1	27 0,9	—	18 0,6	94 0,5	5 1,7	6,5 0,7	17 0,2
Горнодобывающая-9	4,3 1,4	0,8 2,7	—	0,06 0,6	134 1,7	21 1	5,0 0,5	0,9 0,5	6,0 3,0	29 1	—	24 0,8	160 0,8	—	3,4 0,3	15 0,2
Горнодобывающая	10,4 3,1	—	—	0,15 1,5	159 2,0	23 1,1	5,0 0,5	1,1 0,6	5,0 2,5	29 1	—	28 0,9	107 0,5	—	7 0,7	114 1,1
Горнодобывающая	7,2 2,4	—	—	0,16 1,6	232 2,9	24 1,2	5,0 0,5	1,8 0,9	2,0 1	10 0,3	3 1	24 0,8	52 0,4	—	—	12 0,1
Горнодобывающая	4,2 1,4	0,5 1,7	—	0,04 0,4	103 1,6	25 1,2	16 1,6	1,8 0,9	3,6 1,7	31 1	—	12 0,4	243 1,2	—	8 0,8	16 0,1
Горнодобывающая	3,4 1,1	—	—	0,18 1,8	138 1,7	15 0,8	6 0,6	3 1,5	3,8 1,9	30 1	—	18 0,8	117 0,6	—	7 0,7	44 0,4
Горнодобывающая по обсиду	10,8 3,2	0,6 2	—	0,14 1,4	198 2,2	20 1	10,4 1,4	2,3 1,1	4,2 2,1	27 0,9	—	26 0,8	153 0,7	2 0,7	7,7 0,7	55 0,5

— среднее содержание, г/т; в знаменателе — кларк концентрации (отношение среднего содержания к кларку в глинах и глинистых сланцах), прочерк — значение ниже чувствительности метода.

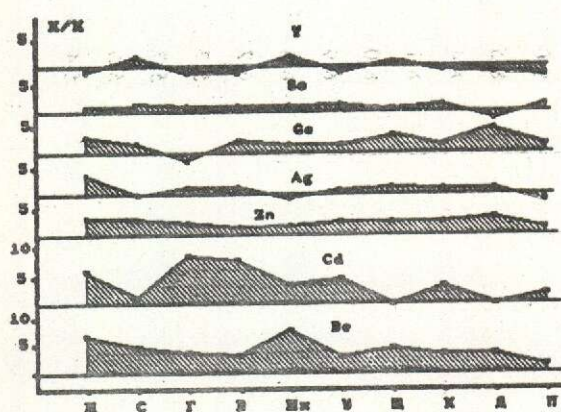


Рис. 1. Распределение элементов в углях шахт и разрезов Мосбасса:

Н — Нелидовской, С — Сафоновской, Г — Грызловском, В — Владимирской, Ни — Никулинской, У — Ушаковском, Щ — Шекинской, К — Каменецкой, Д — Дубовской, П — Прогресс

ские, но и канцерогенные свойства [2, 4, 7, 12]. Отмечается усиление токсичности меди, цинка и свинца в условиях недостатка кислорода и определенный антагонизм в экологическом влиянии цинка и кадмия [5].

Анализ пространственного размещения горных предприятий с повышенными содержаниями микроэлементов в их товарной продукции показал, что стабильных закономерностей в распределении не наблюдается. Бросается в глаза только заметное обогащение микроэлементами шахт Нелидовская (Тверская обл.) и Сафоновская (Смоленская обл.), расположенных на крайнем северо-западном фланге Мосбасса. В то же время Грызловский разрез, отличающийся тоже высокими содержаниями микроэлементов, расположен на противоположном юго-восточном фланге Мосбасса. Заметно загрязнен токсичными элементами также уголь шахт центральной части Мосбасса — Владимирской, Никулинской, Каменецкой, Комсомольской, Зап. Щекинской и Ушаковского разреза.

Требуется более подробный анализ радиогеохимических особенностей углей Мосбасса. Известны данные Л.П.Рихванова [11] по характеристике содержания урана и тория в углях многих угольных бассейнов. Вынесенные на диаграмму в координатах торий — уран имеющиеся единичные дан-

ные (рис. 2). Эти значения близки к норме торий-урановых отношений для осадочных пород (2,5—5,0).

В то же время ранее мы указывали, что в Мосбассе к угленосным отложениям приурочен ряд аномальных концентраций, рудопроявлений и даже мелких месторождений урана [9]. Кажущееся противоречие, заключающееся в отсутствии повышенных фоновых концентраций урана и наличии урановых руд, объясняется тем, что урановые руды и сопровождающие их ореолы располагаются за пределами промышленных угольных пластов и поэтому не попали в анализируемые пробы товарной продукции.

Опробование отвалов шахт Каменецкая и Смирновская, формируемых с 50-х годов, показало, что содержание в них ряда элементов заметно ниже, чем в товарной продукции (табл. 3, рис. 3). Это можно объяснить двумя причинами: либо экзогенным выносом вещества из отвалов (во всяком случае из верхней части терриконов), либо разубоживанием концентраций, обусловленным преобладанием в отвалах безугольных перекрывающих карбонатно-терригенных пород с относительно низкими содержаниями рассматриваемых элементов. Более вероятен первый вариант, что косвенно подтверждается анализом распределения соединений серы, радия и урана.

Изучение форм нахождения серы в отвалах показало, что значительная ее часть находится в окисленной сульфатной форме. Это является указанием на существование сернокислотной среды, благоприятной для миграции многих металлов. Значение отношения радия к урану также указывает на выщелачивание урана из техногенных отложений (табл. 4, рис. 4). Коэффициент радиоактивного равновесия изменяется в значительных пределах от 20 до 414 % и в большинстве случаев превышает 100 %, что свидетельствует о накоплении радия и выносе части урана.

Вопросы вероятного выщелачивания и миграции в отложениях терриконов ряда элементов и, прежде всего, урана, цинка, кадмия, меди и мышьяка, требуют дальнейшего изучения. Если такое явление имеет место, то в окружающее отвалы пространство должны были поступать значительные

2. Геохимическая характеристика угольных предприятий Мосбасса по кларкам концентраций и СПК

Горнорудное предприятие (шахты, разрезы)	Геохимический ряд ведущих элементов												Суммар- ный по- каза- тель на- копления (СПК)
	Be _{6,8}	Cd _{6,7}	As _{6,1}	Ag _{4,0}	Zn _{3,6}	W _{5,5}	Ge _{2,8}	Sc _{1,3}	Pb _{1,3}	Ga _{1,2}	Zr _{1,2}		
Нелидовская												27,5	
Сафоновская	As _{3,9}	Be _{3,6}	Mo _{3,2}	Zn _{2,5}	Ge _{1,8}	Sc _{1,7}	Y _{1,7}	Pb _{1,6}		Ag _{1,1}		11,2	
Грызловский	Cd _{8,3}	W _{4,6}	Be _{3,1}	Zn _{1,9}	Sc _{1,5}	Ag _{1,4}	Pb _{1,2}	Mo _{6,2}				15,3	
Владимирская	Cd _{7,3}	Be _{3,0}	Ge _{2,1}	Sc _{1,5}	Zn _{1,5}	Pb _{1,1}	Ga _{1,1}					10,5	
Никулинская	Be _{7,6}	Th _{3,0}	Ge _{1,7}	Zn _{1,5}	Sc _{1,4}	Zr _{1,1}	Ga _{1,1}	Y _{1,1}				10,5	
Ушаковский	Cd _{4,3}	Be _{3,3}	U _{3,1}	Zn _{2,4}	Ge _{1,6}	Sc _{1,1}	Ce _{1,1}					9,8	
Щекинская	Be _{4,6}	Ge _{2,7}	Zn _{2,6}	Y _{1,7}	Ag _{1,7}	Sc _{1,6}	Mo _{1,1}	Ce _{1,1}				9,0	
Каменецкая	Be _{3,4}	Cd _{3,3}	Zn _{2,7}	Ge _{1,6}	Ag _{1,4}	Sc _{1,2}						9,0	
Комсомольская	Be _{3,6}	Cd _{3,3}	Ge _{2,8}	Zn _{1,9}	Ag _{1,6}	Sc _{1,3}	Pb _{1,1}					8,5	
Подмосковная	Zn _{4,6}	Ge _{3,1}	Be _{2,0}	Ag _{1,8}	Bi _{1,6}	Mo _{1,2}	Pb _{1,2}					8,4	
Кимовский	Cd _{3,7}	Be _{3,6}	Zn _{2,6}	Th _{1,4}	Ag _{1,4}	Sc _{1,2}	Ge _{1,2}	Mo _{1,1}				8,1	
Бородинская-13	Be _{5,3}	Ge _{2,5}	Zn _{2,5}	Ag _{1,5}	Pb _{1,1}	Y _{1,1}						8,0	
Дубовская	Zn _{3,1}	Be _{3,0}	Ge _{3,0}	Ag _{1,4}	Hg _{1,2}	Mo _{1,1}	Pb _{1,1}					6,9	
Майская	Be _{3,4}	Zn _{2,6}	Cd _{2,3}	B _{2,2}	Ge _{1,5}	Ag _{1,5}	Mo _{1,1}					6,6	
Бородинская-17	Be _{3,1}	Ge _{3,0}	Zn _{2,9}	Ag _{1,1}	Pb _{1,1}							6,2	
Смординская	Be _{3,6}	Zn _{2,6}	Ge _{1,5}	Ag _{1,4}	Mo _{1,3}	Sc _{1,2}						5,7	
Серидейская	Be _{3,5}	As _{3,0}	Ge _{1,7}	Zn _{1,3}	Sc _{1,2}							5,7	
Львовская	Be _{3,3}	Zn _{2,6}	Cd _{2,3}	Ag _{1,2}	Pb _{1,1}	Ce _{1,1}						5,5	
Липковская-16	Ge _{3,1}	Be _{2,7}	Zn _{2,0}	Ag _{1,6}	Pb _{1,1}							5,4	

Горнорудное предприятие (ахты, разрезы)	Геохимический ряд ведущих элементов											Суммар- ный по- казатель накопле- ния (СПК)
	Ge _{3,0}	Cd _{2,7}	Zn _{1,7}	Ag _{1,5}	Be _{1,4}	Pb _{1,1}						
Ипковская-9 Еченская мирновская прогресс ельковская	Be _{3,5}	Ge _{2,5}	Zr _{2,0}	Bi _{1,1}	Pb _{1,1}							5.4
	Zn _{2,9}	Be _{2,4}	W _{1,5}	Pb _{1,2}	Ge _{1,1}							5.3
	Ge _{1,6}	Cd _{1,6}	Sc _{1,6}	Be _{1,4}	Zn _{1,3}	Pb _{1,3}						4.0
												3.2
	Zn _{1,7}	Mo _{1,5}	Ag _{1,5}	Ge _{1,5}	Be _{1,1}	Mo _{1,4}	Ga _{1,1}					2.7

Примечание. Сквозные элементы: Be, Cd, Zn, (Ag, Pb, Mo, Sc, Ge).

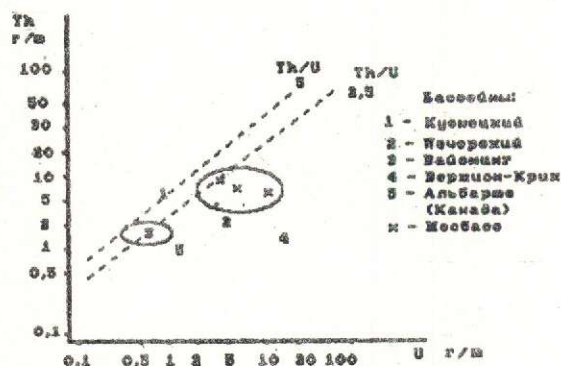


Рис. 2. Радиогеохимическая характеристика углей различных бассейнов мира (по Л.П.Рихванову, М.М.Рихвановой, 1993 с добавлениями авторов).

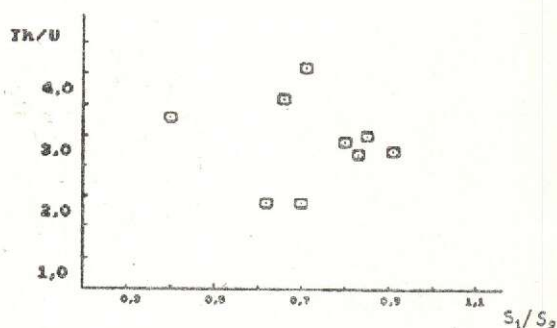


Рис. 3. Зависимость отношений Th/U , S_1 (остаточной) и S_2 (общей) в отложениях терриконов шахт Смирновская и Каменецкая.

3. Средние содержания некоторых элементов в отвалах шахт Каменецкая и Смирновская, г/т

Шахта, количество проб	Cu	Pb	Cd	Zn	S_1	S_2
Каменецкая, 29	0,2	0,2	0,035	2,8	9270	8843
Смирновская, 33	0,25	0,2	0,036	2,6	11039	4153

Примечание. S_1 — сера валовая, S_2 — сера остаточная.

4. Результаты гамма-спектрометрических анализов отвалов шахт Смирновской и Каменецкой

Шахта	$Ra \cdot 10^{-9}$, %	$U \cdot 10^{-4}$, %	$Th \cdot 10^{-4}$, %	$Ra/U \cdot 10^{-7}$	K_{pp}	Th/U
Каменецкая	0,31	5,2	13	5,96	175	2,5
	0,17	4,2	4,6	4,05	119	1,1
	<0,03	4,3	6,0	0,7	20	1,4
	0,28	4,2	9,8	6,87	202	2,3
	0,28	4,0	12	7,0	206	3,0
	0,1	3,1	9,0	3,22	95	2,9
	0,13	2,3	5,9	5,65	166	2,56
Смирновская	0,24	3,2	9,0	7,5	220	2,8
	0,05	2,7	5,3	1,85	54	1,96
	0,08	1,2	4,0	6,67	196	3,3
	0,2	3,5	9,5	5,71	168	2,71
	0,19	2,3	8,3	8,26	243	3,61
	0,31	2,2	9,1	14,1	414	4,1
	0,24	3,4	10	7,06	208	2,94
	0,22	4,0	11	9,5	279	2,75
	0,15	3,0	5,7	5,0	147	1,9

Примечание. K_{pp} — коэффициент радиоактивного равновесия; анализы выполнены в аналитическом центре ГИН РАН.

5. Геохимическая характеристика зол

Предприятие	Число проб	Средние содержания, г/т											
		Be	Sc	Y	La	Ga	Zn	Mo	Ag	Pb	Au	U	Th
Щекинская ГРЭС	38	6,7	4,4	82	30	20	400	5,0	0,3	50	0,1	22	52
Н/московская ГРЭС	43	8,1	18,5	72	38	11	550	5,1	0,3	34	0,5	22	56
Черепетская ГРЭС	48	16,2	23,1	70	63	12	510	3,7	0,4	80	0,4	21	41
Алексинская ТЭЦ	10	23,0	40,0	140	100	—	640	6,0	0,8	34	0,5	37	60

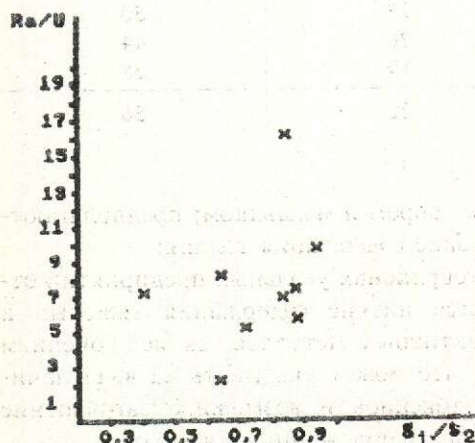


Рис. 4. Зависимость Ra/U , S_1 (остаточной) и S_2 (общей) в отвалах угольных шахт Каменецкой и Смирновской.

но, могут существовать участки их концентрации, представляющие собой определенную экологическую опасность.

В настоящее время отвалы некоторых шахт используются для закладки отработанного пространства недр. Присутствие в отвалах значительных количеств сульфатной серы должно настораживать, поскольку в этом случае возможно загрязнение артезианских вод из водоносных горизонтов, используемых в качестве источников хозяйственно-питьевого водоснабжения. Необходимо убедиться в том, может ли сульфатная сера нейтрализоваться вмещающими угли карбонатно-терригенными породами. В этой связи полезно выявить закономерности поведения в процессе закладки и после нес тяжелых и радиоактивных металлов, концентрации которых, как это показано выше, в угленосных отложениях Мосбасса доста-

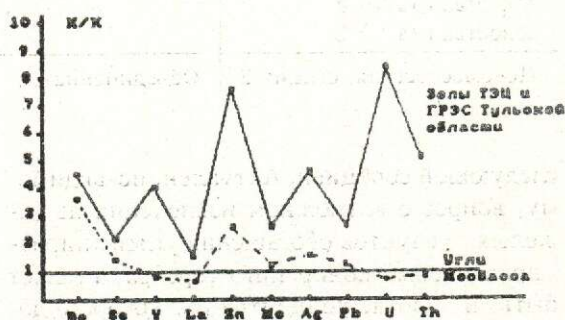


Рис. 5. Распределение некоторых элементов, концентрирующихся в углях и золах Мосбасса.

гнозе можно ожидать явления техногенного сернокислотного выщелачивания токсинов из вмещающих пород и обогащение ими чистых пресных подземных вод южного крыла Московского артезианского бассейна. Возможности такой экологической опасности трудно переоценить.

В настоящее время наибольшую экологическую опасность представляют золы и шлаки ТЭЦ и ГРЭС, использующих при сжигании угли, обогащенные токсичными элементами. В ряде работ [11, 13 и др.] показано, что в золах происходит существенное накопление элементов по сравнению с углями. В табл. 5 приведены средние содержания концентрирующихся элементов по некоторым ГРЭС и ТЭЦ Тульской области. На рис. 5 видно, что такие элементы, как бериллий, цинк, серебро, скандий, иттрий, лантан и, особенно, уран и торий накапливаются в золах на порядок и более.

Обсуждались вопросы возможного промышленного извлечения скандия, иттрия и галлия из зол гидрометаллургическим спо-

6. Радиогеохимическая характеристика складированных вол уноса

ТЭС, ГРЭС	Виды пробы	U (по Ra), г/т	Th, г/т
Первомайская, секция 1	Рядовые	23—24	43—53
	Объединенная	15	52
Первомайская, секция 2	Рядовые	13—26	32—50
	Объединенная	14	45
Щекинская	Рядовые	18—25	40—59
	Объединенная	25	56
Черепетская:			
секция 1 з/о 1	Объединенная	21	53
секция 3 з/о 1		23	53
золоотвал (з/о) 2		26	44
золоотвал (з/о) 3		19	38
Новомосковская, секция 3	Объединенная	22	56

следующей сорбцией. Актуален, по-видимому, вопрос о возможном извлечении из тяжелых продуктов обогащения углей (пирит-марказитовых конкреций) серебра, а может быть, и золота, концентрации которого достигают 1,1 г/т [3]. Эта проблема также требует дополнительных исследований в свете возможности применения новейших эффективных технологий выщелачивания металлов из рыхлых отложений.

Отмеченный выше факт повышения содержания урана и тория в золах, на наш взгляд, требует особого внимания. Имеющие место содержания урана 20—30 г/т и тория 40—50 г/т (табл. 6) по нормам радиационной безопасности находятся на границе предельно допустимых. Выделены золы уноса двух типов, содержащие радионуклиды ниже и выше предельно допустимых концентраций. Золы уноса Щекинской ГРЭС, секции № 1 отвалов Первомайской ТЭЦ и секции № 3 Алексинской ТЭЦ, в которых активность превышает 10 нКи/г, не могут быть использованы при строительстве жилых и общественных зданий. Стеновые материалы для жилищного строительства, приготовленные на их основе, будут представлять опасный источник эманирования радона и торона.

Приведенный материал позволяет сделать следующие выводы:

угли и угленосные отложения Мосбасса обогащены токсичными металлами: берил-

лием, ураном, бором и мышьяком; предполагаются высокие содержания таллия;

в терриконах угольных предприятий отмечаются низкие содержания тяжелых и радиоактивных металлов, за исключением радия, что может указывать на выщелачивание токсинов и возможное загрязнение ими близрасположенных участков;

золы и шлаки ряда энергетических предприятий заметно обогащены некоторыми тяжелыми металлами, в связи с чем могут представлять интерес с точки зрения их промышленного извлечения, с другой стороны, являются источником экологической опасности, особенно в связи с эманированием радона из приготовленных из них строительных материалов;

работы по экогеохимическому изучению углей, вмещающих пород, продуктов их переработки и сжигания находятся только на начальной стадии и требуют дальнейшего продолжения и развития.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бандман А.Л. и др. Вредные химические вещества. Неорганические соединения V—VIII групп: Справ. изд. — Л.: Химия, 1989.
2. Бычинский В.А., Сутурин А.И. Геохимические аспекты токсичности элементов // Геохимия техногенных процессов. — М., 1990. С. 94—103.
3. Ваулин Л.Л., Сычев А.И. Перспективы использования углей Подмосковного бурогоугольного бассейна // Разведка и охрана недр. 1993. № 9. С. 15—16.

- геохимических данных для решения экологических задач: Обзор. — М.: ВИЭМС, 1991.
5. *Вонн М.И.* Геохимическая составляющая экологии горнорудных районов: Обзор. — М.: МГП «Геоинформбанк», 1992.
 6. *Войткевич Г.В.* и др. Краткий справочник по геохимии. — М.: Недра, 1977.
 7. *Зигель Х., Зигель А.* Некоторые вопросы токсичности металлов. — М.: Мир, 1993.
 8. *Иванов В.В.* Экологическая геохимия элементов. S-элементы. Кн.1. — М.: Недра, 1994.
 9. *Игнатов П.А.* и др. Радиогеоэкологические районы Тульской области // Известия вузов. Сер. Геология и разведка. 1994. № 6. С. 95—101.
 10. *Ломоносов И.С.* Основные процессы техногенного рассеяния и концентрирования элементов и принципы их оценки // Геохимия техногенных процессов. — М., 1990. С. 26—59.
 11. *Рихванов Л.П., Рихванова М.М.* Введение в радиоэкологию. — Томск: изд-во ТПУ, 1994.
 12. *Сает Ю.Е.* и др. Геохимия окружающей среды. — М.: Недра, 1990.
 13. *Юдович Я.Э.* и др. Элементы-примеси в ископаемых углях. — Л.: Наука, 1985.

Ignatov P.A., Lykhin A.G., Zhizhin A.D., Fridman A.I., Chernov V.V.

ECOGEOCHEMICAL PECULIARITIES OF MOSBASS COAL DEPOSITS

Concentrations of some toxic admixtures in coals, ash slags and coal production waste have been determined. Among the results obtained one should note enormously high concentrations of zinc, berillium, uranium, thorium and some other toxic metals. It is substantiated that preliminary ecogeochemical expertise is necessary when utilizing waste materials for goaf packing in mines, because this latter process may be accompanied by technogenic leaching of heavy and radioactive metals into water-bearing horizons. Two types of ash slags are distinguished by the amount of possible radon emanation; one of them could be used in the production of home building materials, while another one is prohibitive in this respect.

УДК 628.396:502.654

© Л. С. Соколов, Е. Д. Астрахан, 1995

ТЕХНОГЕННОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПОЧВ КАК ИНДИКАТОР ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ

Л. С. СОКОЛОВ, Е. Д. АСТРАХАН (ИМГРЭ Роскомнедра)

Рассмотрены количественные взаимосвязи геохимических параметров почв г.Москвы и показатели здоровья детского населения города. Создается основа для разработки прогнозных экологических карт на базе геохимических.

Результаты хозяйственной деятельности человека ощутимо воздействуют на среду его обитания. Неблагоприятная экологическая обстановка сложилась во многих промышленно-территориальных комплексах России, в том числе и в Московской агломерации, включающей тысячи промышленных предприятий г.Москвы и сопредельных территорий. Здесь проживает около 15 млн человек. За счет многопрофильного про-

изводства, а также коммунально-бытовой деятельности в самой Москве и на прилегающей к ней территории сформировался мощный техногенный пресс.

К числу наиболее распространенных и опасных загрязнителей природной среды относятся металлы. Все компоненты природной среды по реакции на поступающие металлы можно разделить на две группы: миграционную — транспортирующую их, и

1. Шкала загрязнения почв металлами (по степени опасности для здоровья человека)

Интенсивность загрязнения	Z_c	Степень опасности для здоровья человека	Оценка экологической ситуации
Минимальное	8	не опасно	относительно удовлетворительная
Слабое	8—16	слабо опасно	напряженная
Среднее	16—32	умеренно опасно	критическая
Сильное	32—64	опасно	чрезвычайная
Очень сильное	64—128	высоко опасно	чрезвычайная
Максимальное	128	максимально опасно	экологическое бедствие

шественно накапливаются. Миграционная группа включает поверхностные и подземные воды, атмосферный воздух. В депонирующую входят почвы, донные отложения, растения и живые организмы. Обе группы взаимосвязаны. Вещественный состав техногенного загрязнения металлами транспортирующих сред с некоторым опозданием во времени наследуется в депонирующих средах.

Одним из наиболее информативных показателей техногенного загрязнения территорий является состояние почвенного покрова (особенно его верхней части), в котором происходит долговременное накопление металлов. Поскольку основная часть металлов поступает в почву за счет атмосферных выпадений, а атмосферный воздух является жизнеобеспечивающей средой, то концентрации металлов в почвах фиксируют степень экологического неблагополучия территорий, степень риска для здоровья проживающего здесь населения.

Ситуация, однако, осложнялась тем, что до недавнего времени не существовало апробированных оценок экологической ситуации по геохимическим параметрам техногенного загрязнения почв. Можно было сделать лишь качественные оценки на уровне «хорошо—плохо».

С 1976 г. в Институте Минералогии, геохимии и кристаллохимии редких элементов (ИМГРЭ) по инициативе Э.К.Буренкова и Ю.Е.Саета были начаты опытно-методические эколого-геохимические исследования, в которых методы прикладной геохимии использовались для разномасштабного картирования и выявления очагов техногенного загрязнения урбанизированных территорий, для оценки степени экологического

Работы проводились в различных регионах СССР.

К 1987 г. была разработана утвержденная впоследствии Министерством здравоохранения СССР шкала, отражающая опасность для здоровья человека загрязнения почв металлами. В 1992 г. Министерство охраны окружающей среды и природных ресурсов России утвердило важный нормативный документ — «Критерии оценки экологической обстановки территорий для выявления зон чрезвычайной экологической ситуации и зон экологического бедствия». В разработке этих критериев участвовало большое количество институтов, министерств и ведомств. В данной работе регламентируется 5 оценок экологической обстановки по возрастанию степени экологического неблагополучия: относительно удовлетворительная; напряженная; критическая; кризисная (или зона чрезвычайной экологической ситуации); катастрофическая (или зона экологического бедствия) (табл. 1).

В этой работе (как и в «Шкале» 1987 г.) в качестве одного из основных показателей загрязнения почв металлами используется т.н. «Суммарный показатель химического загрязнения» — Z_c . Данный показатель рассчитывается как сумма концентраций отдельных металлов, участвующих в загрязнении:

$$Z_c = \sum_{i=1}^n \frac{C_i - C_{\text{фн}}}{C_{\text{фн}}} = \sum_{i=1}^n (K_{\text{кн}} - 1),$$

где n — число определяемых металлов,
 C_i — концентрация i -го металла в пробе,
 $C_{\text{фн}}$ — концентрация i -го металла в фоновой почве,
 $K_{\text{кн}}$ — коэффициент концентрации i -го

Суммарный показатель используется в качестве одного из наиболее важных геохимических параметров при составлении эколого-геохимических карт.

Шкала опасности отражает не только качественные параметры, но и частично количественные показатели влияния техногенного загрязнения металлами на здоровье детского (наименее мигрирующего) населения. При умеренно опасном загрязнении почв увеличивается общая заболеваемость детского населения до 15 %. В случае опасного загрязнения резко возрастает число детей с хроническими заболеваниями, возникают нарушения функционального состояния сердечно-сосудистой системы, суммарная же заболеваемость увеличивается при этом на 40 %. Высокоопасное загрязнение почв фиксирует увеличение общей заболеваемости уже до 70 %, нарушается репродуктивная функция женщин.

В г.Москве эколого-геохимические исследования проведены дважды с интервалом 10 лет — в 1977 и 1987 гг. Площадь г.Москвы составляет около 1000 км². Пробы почв и грунтов отбирались из их верхнего горизонта по средней сети 1 пункт на 1 км². Для исключения влияния локальных факторов в каждом пункте пробы отбирались из 5 мест (метод «конверта») в навесках 0,1—0,2 кг, которые объединялись в одну пробу. После сушки, дробления, просеивания через сито 1 мм, квартования, истирания до 200 меш пробы поступали на спектральные анализы на 40 элементов. Для исключения влияния дрейфа анализов часть проб 1977 г. вторично проанализирована в 1987 г.

Результаты работ показывают, что за 10-летний период загрязнение почв г.Москвы существенно изменилось (рис. 1, 2). Территория распространения загрязненных почв выросла с 20 до 60 %, причем очень сильное загрязнение почв увеличилось в 8 раз, а максимальное загрязнение почв — почти в 20 раз.

Удалось выявить некоторые закономерности техногенного загрязнения почв металлами: в жилых кварталах, где нет промышленных производств, первыми признаками антропогенного загрязнения являются серебро, цинк, вольфрам. Ближе к промышленным объектам проявляется специфика-

зом, кадмием, никелем, хромом, ванадием и т.д.

Таким образом, проявляется антропогенная зональность техногенного воздействия на окружающую среду.

На основе временной динамики отдельных металлов в почвах и грунтах г.Москвы разработана прогнозная геохимическая карта на последующий период. Естественно, что прогноз по двум точкам методом линейного приближения является весьма приблизительным. В системе мониторинга г.Москвы необходимо проведение по крайней мере еще одного цикла геохимических исследований, что обеспечит более близкий к реальному прогноз техногенного загрязнения.

Предложенная модель загрязнения почв г.Москвы металлами позволяет ретроспективно оценить развитие загрязнения города в прошлом. Расчеты по уравнению регрессии показали, что современное загрязнение началось в конце пятидесятых годов.

Авторы рассматривают геохимический прогноз как основу экологического прогноза.

В 1989—1991 годах в процессе эколого-геохимических работ в Московском регионе авторами была предпринята попытка выявить количественную связь между геохимическими параметрами загрязнения почв и показателями здоровья детей. С этой целью в 8 городах Московской области, существенно различающихся по типам и интенсивности техногенного пресса, проведены детальные геохимические исследования. В каждом городе выбраны по 3 детских сада, расположенные в зонах различной интенсивности техногенного загрязнения (рис. 3). По этим детским садам выполнен сбор информации о количестве дней болезни на одного ребенка в год. Всего статистическая информация была собрана на 5 тыс. детей на глубину 3 года. Количество дней болезни на 1 ребенка в год варьирует от 5 до 39 дней. 65—70 % всей заболеваемости детей в возрасте до 6,5 лет приходится на заболевания верхних и нижних дыхательных путей.

В результате исследований по зонам проживания детей установлена достоверная корреляционная связь между концентрациями некоторых металлов в почвах и средними показателями количества дней болезни

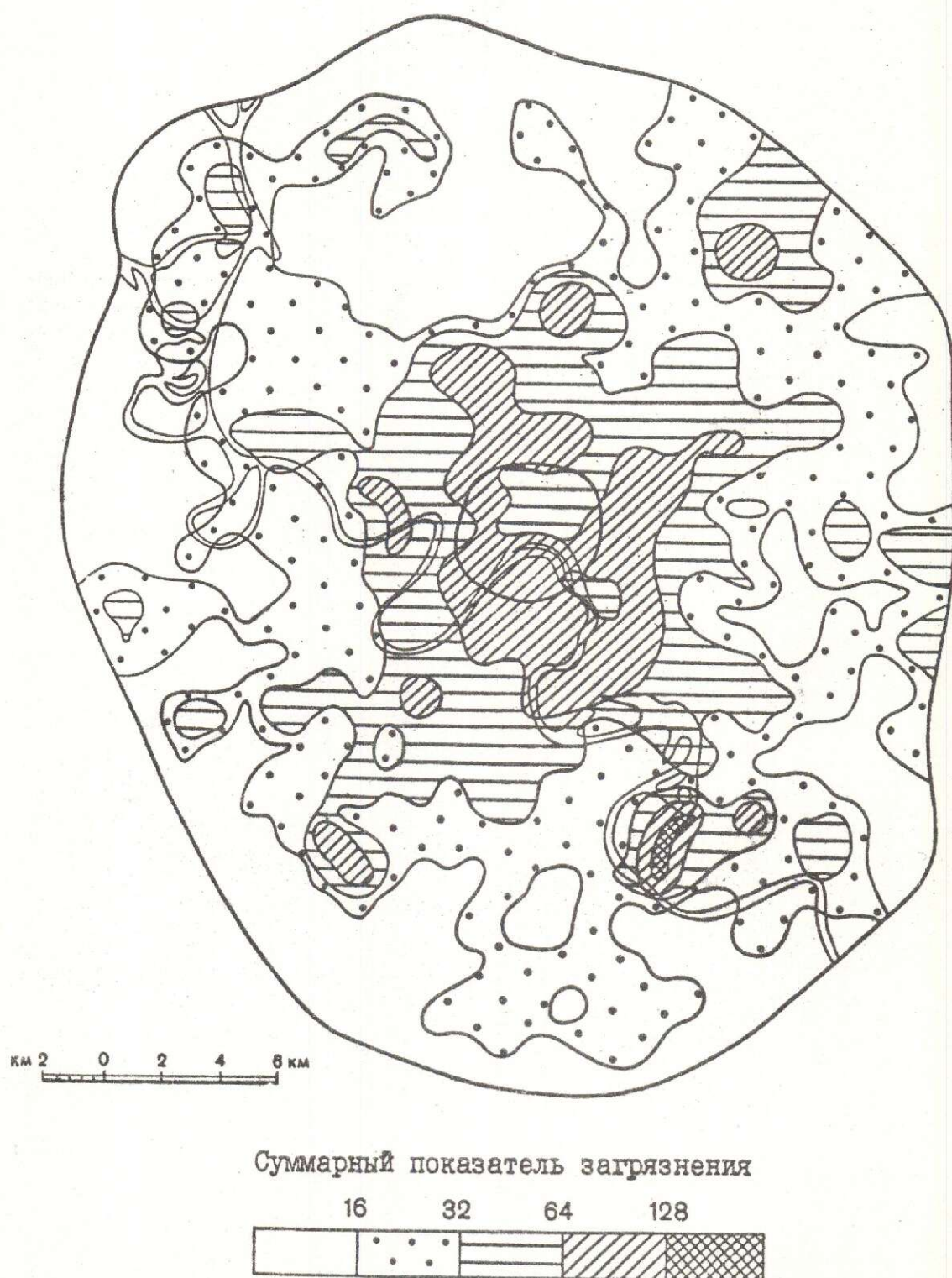


Рис. 1. Загрязнение металлами почв г.Москвы в 1977 г.

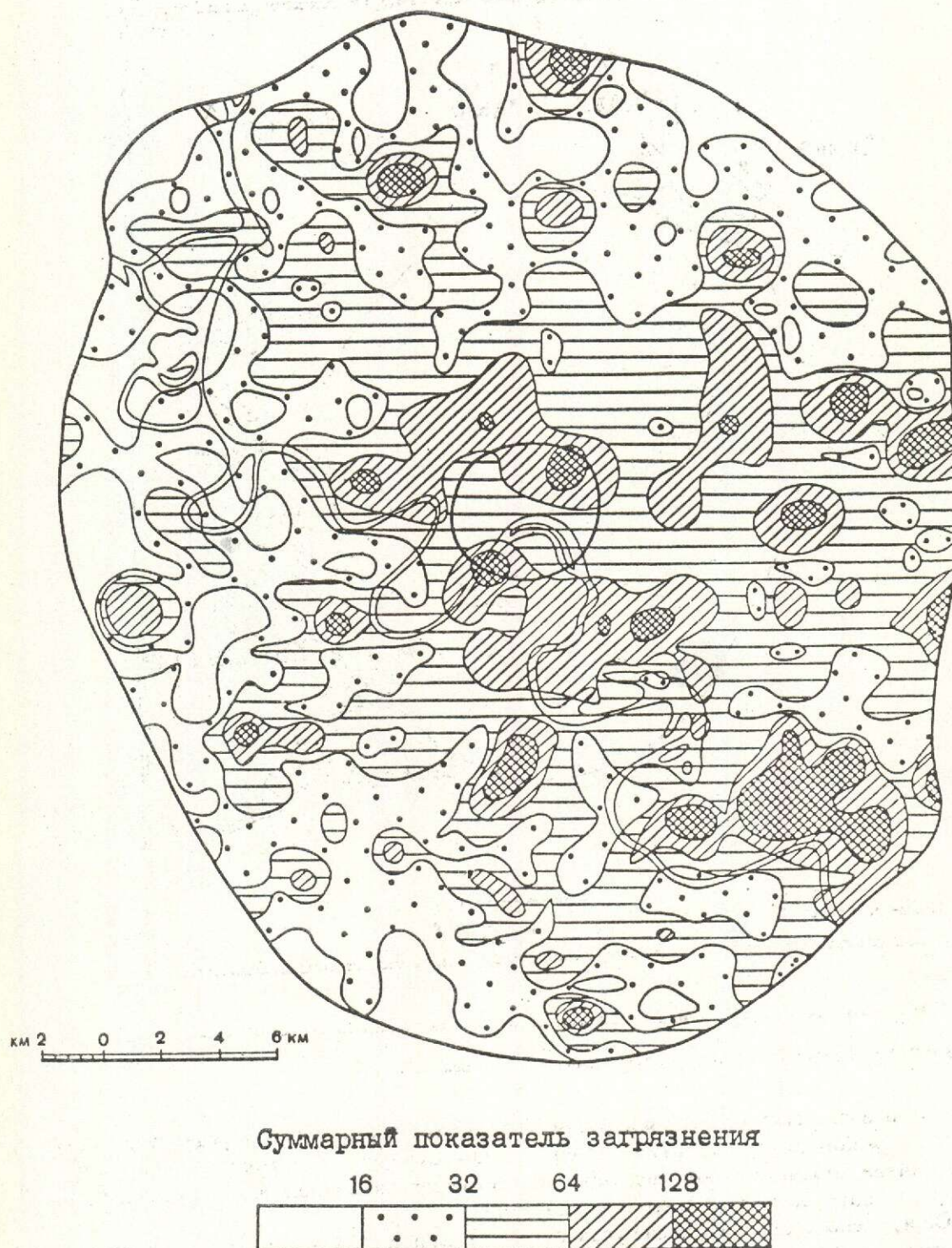


Рис. 2. Загрязнение металлами почв г.Москвы в 1987 г.

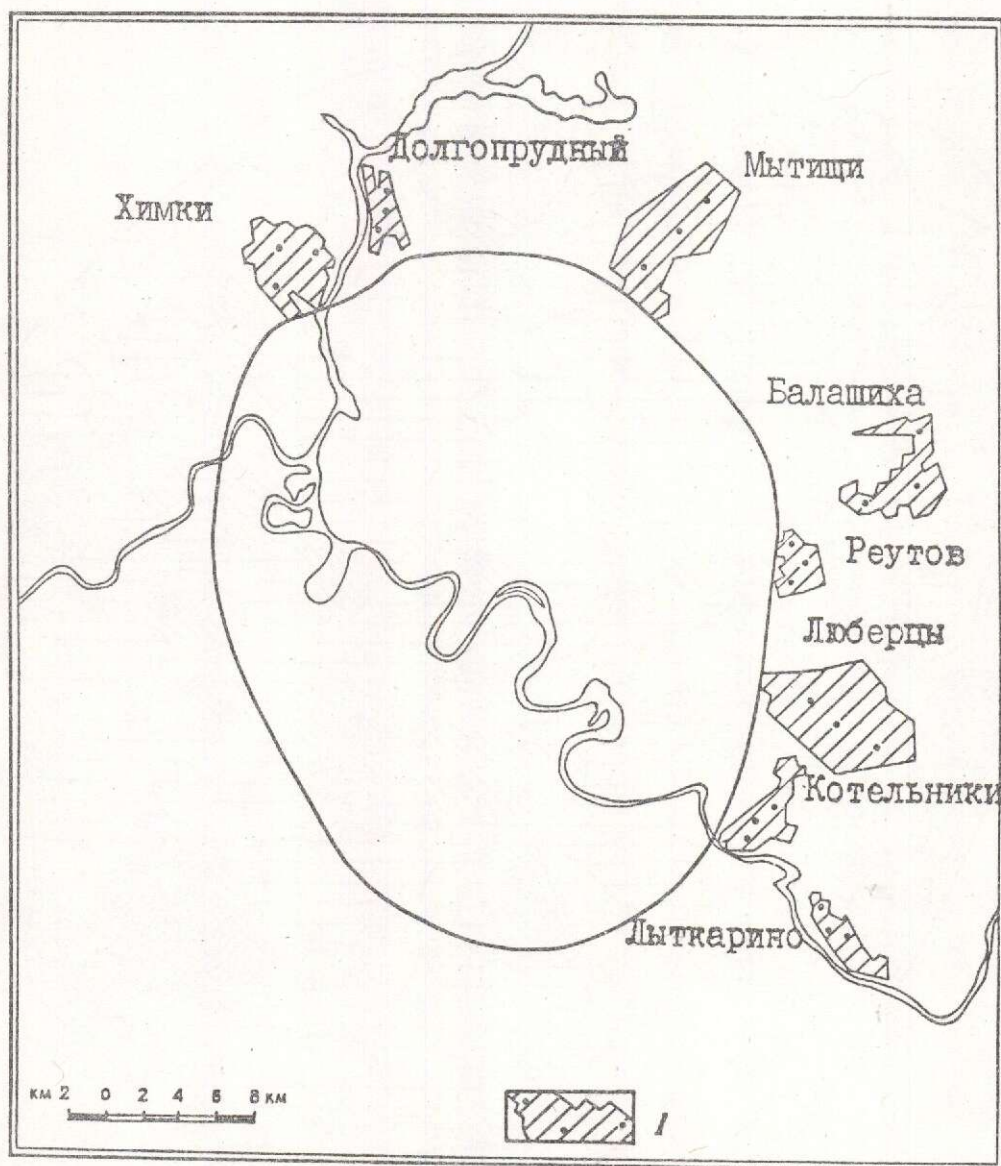


Рис. 3. Схема размещения пунктов медико-геохимических исследований в Московской области:

1 — пункты исследований — города и детские дошкольные учреждения

Уровень заболеваемости детей коррелирует с содержаниями в почве таких элементов как литий, стронций, хром, медь, цинк, фосфор, скандий, бериллий, висмут, барий и др. Определены соответствующие уравнения регрессии. Значения уровня заболеваемости по 24 детским садам, как фактические, так и рассчитанные по установленным формулам регрессии, приведены в табл. 2.

Уровень заболеваемости по различным городам и детским садам варьирует в пределах значимой величины корреляционной связи на уровне 0,8—0,9.

Нам представляется, что апробация разработанной технологии прогноза может иметь высокую социальную значимость. В пределах одного города зоны, отстоящие друг от друга лишь на несколько километ-

2. Общая заболеваемость детей в детских садах Московской области по фактическим и расчетным геохимическим данным

Объект исследования	Количество дней болезни на 1 ребенка в год	
	Фактические данные	Расчетные данные
г. Балашиха:		
ул. Ленина, д/с 58	13,8	13,9
ш. Энтузиастов, д/с 38	8,2	9,4
пр. Мира, д/с 64	10,1	11,6
г. Лыткарино:		
квартал 7, д/с 12+20	13,3	15,2
квартал 2, д/с 24	14,1	14,6
ул. Парковая, д/с 5	16,0	15,3
г. Люберцы:		
ул. Побратимов, д/с 53	12,6	12,8
ул. Толстого, д/с 57	20,9	20,4
Октябрьский пр., д/с 3	7,9	4,8
г. Котельники:		
ул. Ленина, д/с 60	21,0	21,3
ул. Пушкина, д/с 107	18,2	16,4
ул. Томилинская, д/с 67	12,9	13,0
г. Долгопрудный:		
ул. Циолковского, д/с 5	18,8	17,5
ул. Первомайская, д/с 117	9,6	11,1
ул. Пацаева, д/с 21	5,8	8,8
г. Реутов:		
ул. Мира, д/с 1	18,6	18,2
ул. Дзержинского, д/с 15	8,5	6,9
ул. Победы, д/с 11	16,7	18,7
г. Мытищи:		
Н. Мытищинский пр., д/с 3	25,4	21,8
ул. Силикатная, д/с 7	20,3	21,0
ул. Каргина, д/с 53	19,8	21,4
г. Химки:		
ул. Маяковского, д/с 15	15,1	12,9
ул. Московская, д/с 17	29,2	33,1
ул. Панфилова, д/с 54	39,4	36,0

логической обстановке. При разработке проектов жилой застройки необходимо учитывать данные предварительно проведенных геохимических исследований. В зонах сложившейся жилой застройки возможна реальная экономическая оценка негативного экологического воздействия промышленных объектов.

В настоящее время прорабатывается вопрос количественной связи геохимических параметров загрязнения почв и отдельных типов заболеваний. С этой целью по 137 детским поликлиникам г. Москвы на глубину 2 года собраны данные по 47 типам заболеваний. Всего выборкой охвачено 1 млн 700 тыс. детей в возрасте до 14 лет. Эти данные

формацией по зонам обслуживания поликлиник с помощью программы «РЕГРЕССИОННЫЙ АНАЛИЗ» из пакета программ «МИКРОСТАТ» США. Работы еще не завершены. Но уже сейчас по нескольким типам заболеваний и по отдельным нозологическим формам болезней установлены значимые корреляционные связи между геохимическими и медицинскими параметрами. В формулах регрессии участвуют, например:

болезни иммунной и эндокринной систем — литий, титан, ванадий, хром (рис. 4, 5);

для сахарного диабета инсулинозависимого — никель, кобальт;

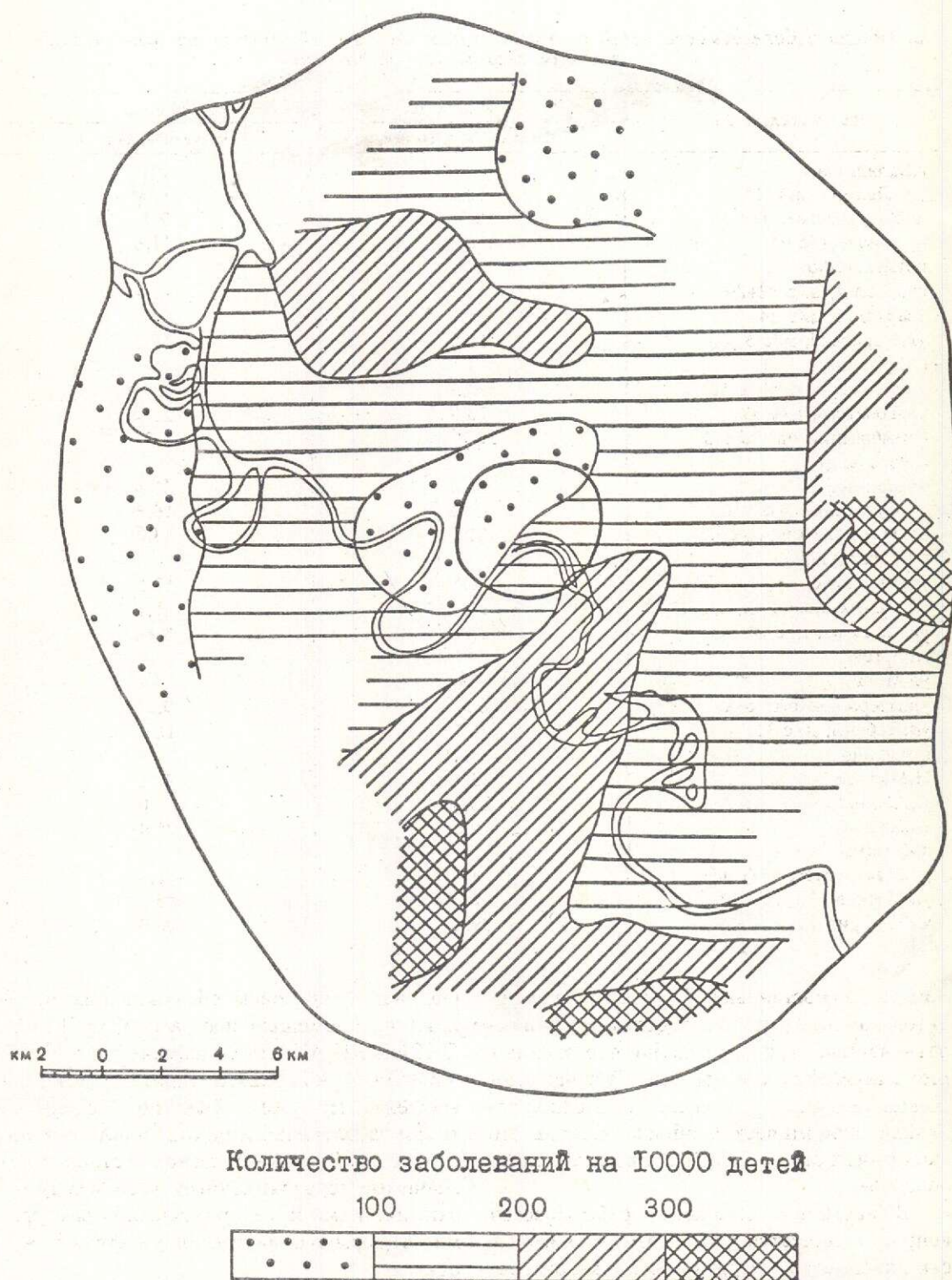


Рис. 4. Схема фактических данных заболеваний иммунной и эндокринной систем у детей г.Москвы по состоянию на 1989 г.

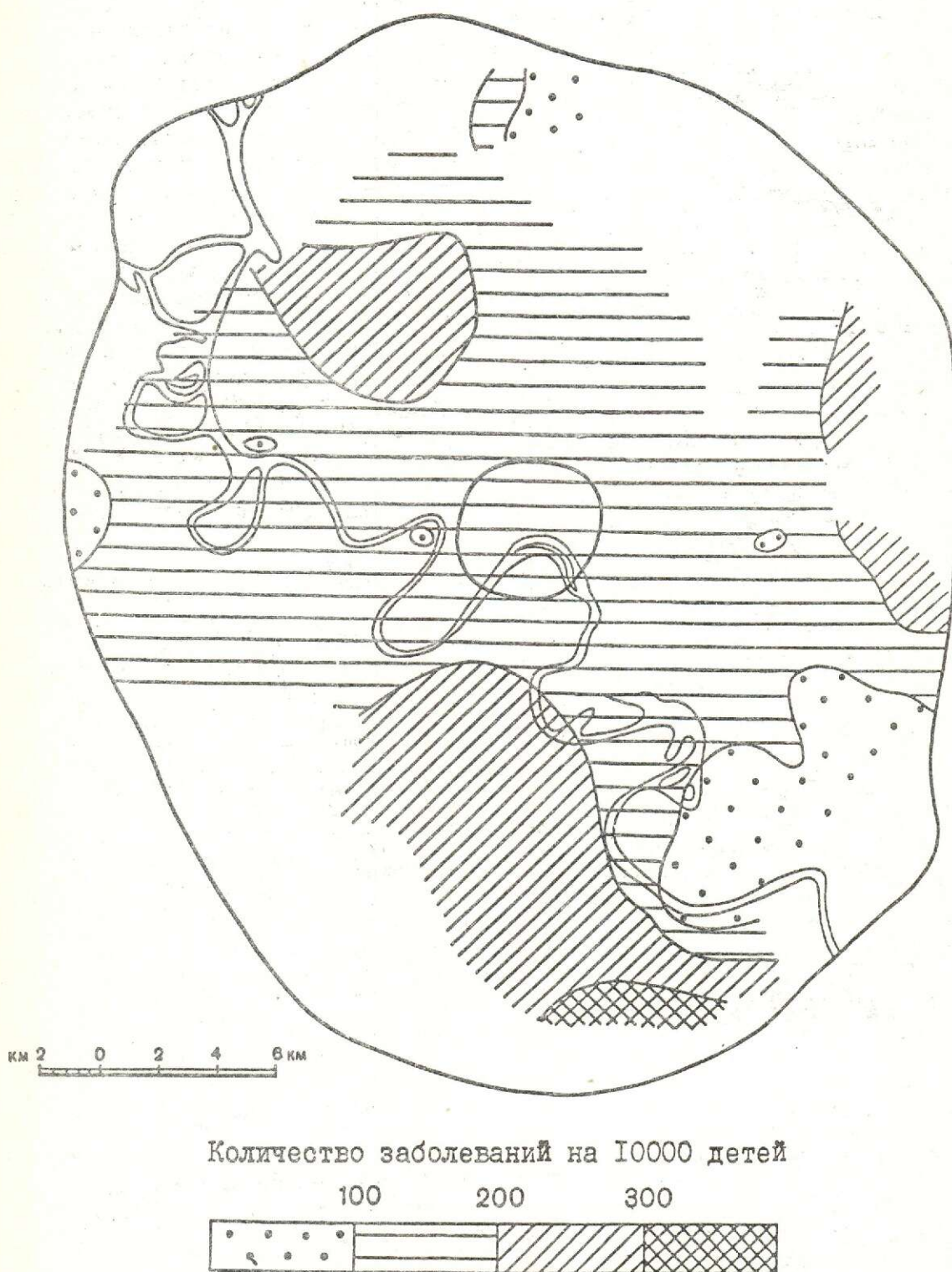


Рис. 5. Схема расчетных (по геохимическим параметрам) данных заболеваний иммунной и эндокринной систем у детей г.Москвы по состоянию на 1987 г.

симого — никель, кобальт, скандий, ниобий, ванадий.

Из болезней органов дыхания:

для аллергического ринита — ванадий, бериллий, лантан;

для бронхита хронического и эмфиземы — стронций, свинец, бериллий.

В то же время, исследования атмосферного воздуха г.Москвы показывают, что концентрации металлов в приземном воздухе обычно значительно ниже установленных гигиенических нормативов ПДК. Большинство элементов, участвующих в формулах регрессии, не относятся к высокотоксичным и не могут являться компонентами, определяющими повышенный экологический риск. Техногенное загрязнение почв формируется преимущественно за счет атмосферных выпадений. Нам представляется, что указанные металлы являются лишь спутниками каких-то неизвестных нам высокотоксичных веществ (органических, металлоорганических и др.) в атмосферных выбросах и, соответственно, индикаторами в почвенном покрове зон их влияния. Вредные производства фиксируются именно комплексом металлов-спутников.

Широко используемый в экогеохимических работах суммарный показатель загрязнения (Z_c) безусловно сыграл положительную роль на этапе становления работ. Но сейчас он вызывает справедливую критику со стороны многих специалистов. В частности, подвергается сомнению равнозначное участие в Z_c токсичных и нетоксичных элементов, а также зависимость величины Z_c от вида анализа, т.е. от количества элементов, участвующих в расчетной формуле. Нам представляется, что виден путь для разработки показателей загрязнения нового поко-

ления: частных и общих. В качестве частных показателей (Z_i) могут рассматриваться формулы регрессии по отдельным типам заболеваний, например: Z_i — иммунная система, Z_c — бронхит и т.д. Общий Z_c может формироваться на базе частных показателей с учетом состава элементов и их веса в расчетных формулах.

Количественные взаимосвязи геохимических параметров и показателей здоровья населения создают основу для разработки прогнозных экологических карт на базе прогнозных геохимических карт. Такие карты могут быть использованы для принятия обоснованных градостроительных, природоохранных, медико-санитарных и других решений. Сведения о зонах повышенного риска для здоровья людей должны учитываться при определении стоимости городских земель.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Астрахан Е.Д., Соколов Л.С. Геохимический прогноз загрязнения почв Москвы // Экологическое обследование почв г.Москвы: Тез. докл. общесоюзной науч.-практич. конф. (25—26 февраля 1993 г.). — М., 1993. С. 7.
2. Критерии оценки экологической обстановки территорий для выявления зон чрезвычайной экологической ситуации и зон экологического бедствия. — М., 1992.
3. Методические указания по оценке степени опасности загрязнения почв химическими веществами // Минздрав СССР. — М. 1987. С. 16, табл. 4.
4. Соколов Л.С., Астрахан Е.Д. Загрязнение территории Москвы металлами. // Природа. 1993. № 7. С. 68—73.
5. Соколов Л.С., Астрахан Е.Д., Милов Ю.В. Почвы как индикатор здоровья детского населения // Экологическое обследование почв г.Москвы: Тез. докл. общесоюзной науч.-практич. конф. (25—26 февраля 1993 г.). — М., 1993. С. 36.

Sokolov L. S., Astrakhan Ye. D.

TECHNOGENIC CONTAMINATION OF SOILS AS AN INDICATOR OF ECOLOGICAL SITUATION IN GEOENVIRONMENT

Quantitative relationships between geochemical parameters of soils tested in Moscow and infantile health showings in this city are considered. A basis for elaboration of ecological prediction maps based on geochemical ones is reported to be under development.

ПОЗДРАВЛЯЕМ



К ШЕСТИДЕСЯТИЛЕТИЮ И. Я. ПОЛЫВЯННОГО

Игорь Яковлевич Полывянный — кандидат геолого-минералогических наук, ученый секретарь института.

Основные научные разработки, осуществленные им, связаны с развитием минерально-сырьевой базы Рудного Алтая. Его работы посвящены вещественному составу рудовмещающих формаций, литолого-фациальным и палеотектоническим условиям их формирования, а также размещению в них колчеданно-полиметаллического оруденения. Он автор карт прогноза по Рудному Алтаю, соавтор атласа литолого-палеогеографических и палеотектонических карт юго-запада территории СНГ. И. Я. Полывянном опубликовано более сорока научных работ.

На посту ученого секретаря Казахского института минерального сырья он приложил много усилий для четкой организации отраслевой науки в Мингео КазССР. Его деятельность в этот период способствовала высокой эффективности научных разработок КазИМСа в области геологии бокситов, горнохимического сырья, золота, редких металлов, меди, свинца и цинка.

Вот уже четырнадцать лет Игорь Яковлевич — ученый секретарь ЦНИГРИ. Высокий профессионализм, глубокое понимание проблем, стоящих перед институтом, четкая организация тематических планов и отслеживание их выполнения, оперативность решений и неизменная требовательность — характерные черты деятельности Игоря Яковлевича Полывянного за этот период.

Являясь человеком высокой культуры, Игорь Яковлевич исключительно редко прибегает к административному нажиму, находя в любой ситуации способы мягкого решения задач, возникающих при управлении научными исследованиями. Он неизменно доброжелателен, открыт в общении, весьма деликатен, что иногда неправильно воспринимается как излишняя покладистость.

Игорь Яковлевич — образец ученого секретаря крупной научной организации периода плановой экономики и ее перехода к рыночной. Он сочетает высокий интеллектуальный уровень, специальные знания в области наук о Земле с добрым отношением к окружающим, уважением их мнений и достоинств.

Поздравляя Игоря Яковлевича с шестидесятилетием, желаем ему доброго здоровья и дальнейшей плодотворной деятельности.


ЦНИГРИ

ЦЕНТРАЛЬНЫЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫЙ ИНСТИТУТ
ЦВЕТНЫХ И БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ

КОМБИНИРОВАННЫЙ ПРИБОР ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ МИКРОКЛИМАТА ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ «ПОТОК-12»

Предназначен для экспрессного измерения скорости, влажности и температуры воздушного потока в производственных помещениях и вентиляционных трубопроводах.

Прибор состоит из электронного блока и трех приемных устройств.

Техническая характеристика

Диапазоны измерения:	
скорости воздуха, м/с:	
в трубопроводах	3,0–20,0
в приточно-вытяжных устройствах помещений	0,2–3,0
относительной влажности, %	30–95
температуры, °С	0–0
Питание прибора от автономного источника	
постоянного тока напряжением, В	6
Масса прибора, кг	не более 4

Преимущества

Прибор надежен в работе и удобен в эксплуатации.
Позволяет в 10–12 раз быстрее проводить измерения на объектах работ.
Может быть изготовлен с учетом требований заказчика (конструктивное исполнение, диапазоны измерения, условия эксплуатации и др.).

Адрес: 113545, г. Москва, Варшавское шоссе, 129"Б", ЦНИГРИ
Телефон: (095) 313-18-18, 315-26-38
Телетайп: 114142 АДУЛЯР
Факс: (095) 315-27-01

Технический редактор Н. П. Кудрявцева
Редакция: Н. И. Назарова, И. В. Крейтер, А.Э.Седельникова, Г. С. Королева

Сдано в набор
14.06.95
Подписано в печать
14.07.95
Тираж 300 экз.

Формат 185×270 1/8
Бумага офсетная №1
Печать офсетная
Заказ 150

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



ЦНИГРИ

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

В соответствии с планом Роскомнедра ЦНИГРИ совместно с Роскомнедра, Академией минеральных ресурсов (АМР) и Российской Академией естественных наук (РАЕН) проводит в декабре 1995г. симпозиум:

«Рудноформационный анализ: состояние и перспективы»

На симпозиуме намечается рассмотреть состояние и дальнейшее развитие исследований по следующим главным направлениям:

научно-методические основы и практика рудноформационных построений;

ряды и сочетания рудных формаций;

рудноформационный анализ в осадочных бассейнах;

рудноформационный анализ и прогнозирование новых и нетрадиционных типов месторождений.

Заявки на участие в симпозиуме с указанием темы доклада принимаются до 15 сентября 1995г. по адресу: Москва, 113545, Варшавское шоссе, 129<Б>, ЦНИГРИ, в секретариат Оргкомитета — Донцу Александру Ивановичу или Гирфанову Михаилу Миргалимовичу.

Оргкомитет оставляет за собой право отбора докладов для устного изложения. Материалы симпозиума намечается опубликовать в виде статей в журналах «Отечественная геология», «Руды и металлы».

Телефоны: для справок 313-18-18,

Оргкомитет 315-28-38.

Факс: (095) 315-27-01

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

Телефон: (095) 313-18-18, 315-27-74

Телетайп: 114142 АДУЛЯР

Факс: (095) 315-27-01



цнигри

ЦЕНТРАЛЬНЫЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫЙ ИНСТИТУТ
ЦВЕТНЫХ И БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ

КАТАЛОГ ПРОМЫШЛЕННЫХ УСТАНОВОК РОССИИ И ЗАРУБЕЖНЫХ СТРАН ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ ЗОЛОТОСОДЕРЖАЩЕГО СЫРЬЯ

Содержание каталога:

— **перечень установок и оборудования, выпускаемого российскими организациями и фирмами:** передвижные и модульные установки для обогащения россыпей и руд различных типов, шлиходоводочные комплексы на основе магнитной и феррогидростатической сепарации, центробежные сепараторы, концентрационные столы, отсадочные машины и т.д.;

— **перечень установок и оборудования, выпускаемых зарубежными фирмами:** передвижные установки для обогащения руд и россыпей драгоценных металлов, сепараторы Кнелсон, Кнудсен, Фелкон, отсадочные машины различных модификаций, оборудование для сухого обогащения россыпей, шлюзы, концентрационные столы и т.д.;

— **техническая характеристика оборудования,** краткое описание, принцип действия, рисунки и схемы;

— **примеры использования оборудования и установок на конкретных объектах;**

— **цены на оборудование;**

— **адреса изготовителей, контактные телефоны.**

В каталоге приведены сведения за последние 10 лет.

Объем каталога 290 с., 30 таблиц, 47 рисунков.

Ориентировочная стоимость каталога 100 долларов США (в рублях по курсу ММВБ на момент оплаты).

Заявки принимаются по адресу: 113545, г. Москва, Варшавское шоссе, 129«Б», ЦНИГРИ, тел. 315-27-56, 113-68-22, факс (095) 315-27-01. Расчетный счет 208620 в Коммерческом Интерпрогрессбанке г. Москвы МФО 201508; кор./сч 402161100 в РКЦ г. Москвы ГУЦБ РФ МФО 201791