

РУДЫ И МЕТАЛЛЫ



ЦНИГРИ МПР России

Главный редактор
И.Ф. Мигачёв



5-6/2003

ISSN 0869-5997



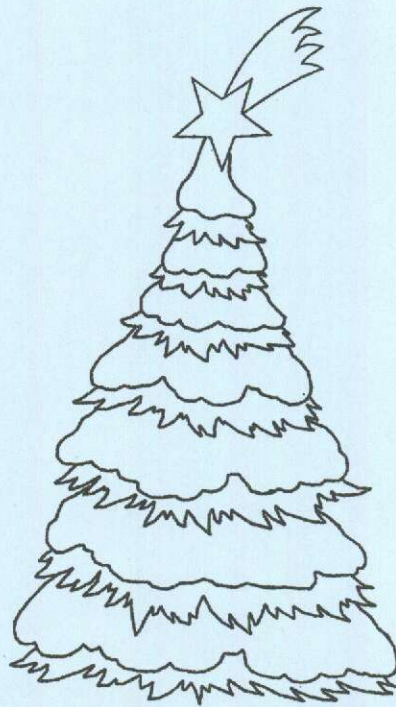
С НОВЫМ



2004



ГОДОМ!



РУДЫ И МЕТАЛЛЫ



5-6/2003

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

ВЫХОДИТ 6 РАЗ В ГОД

ОСНОВАН В 1992 ГОДУ

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор И.Ф.МИГАЧЕВ

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



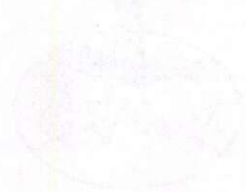
УЧРЕДИТЕЛЬ

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

Издается при участии

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

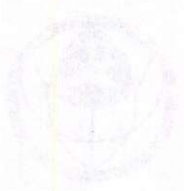
Москва ЦНИГРИ 2003



МЕТАЛЛЫ

ПЕРИОДИЧЕСКИЙ ВЫПУСК
№ 3 2003 г.
Содержание

0-012003-3



Редакция: Н.И.Назарова, Г.В.Вавилова
Компьютерный набор, верстка и оригинал-макет: Г.В.Земскова, Н.И.Назарова

Сдано в набор 18.10.2003 г.
Подписано в печать 07.12.2003 г.
Тираж 430 экз.

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

Адрес редакции: 117545 Москва, Варшавское шоссе, 129«Б», ЦНИГРИ
Телефон: 315-28-47
Типография ЦНИГРИ: Варшавское шоссе, 129«Б»

© «Руды и металлы», 2003

Прикладная металлогения и недропользование*Мазуров А.К.*

Металлогенические комплексы континентальных палеорифтов Казахстана и их перспективная оценка

5

Мызенкова Л.Ф.

О тенденциях развития минерально-сырьевых баз золота мира

12

Методы и методики прогноза, поисков, оценки и разведки месторождений*Коньшев В.О., Савостьянов Е.В., Власов Г.Н.*
Месторождение Федоровское-1 в Кемеровской области и особенности методики разведки объектов с крупным золотом

20

Зималина В.Я.

Достоверность разведки

35

Исаков М.У.

Методика оценочных работ на золоторудном месторождении Балпантау, Центральные Кызылкумы

45

Строение рудных месторождений*Исакович И.З.*

Минералогические ореолы золото-полиметаллических месторождений Береговского рудного поля

53

Илупин И.П.

Кимберлиты Якутии — линейное расположение трубок и вещественный состав

60

Аппаратурно-технические средства и технологии геологоразведочных работ*Лавренчук В.Н., Стряпков А.В.*

Лавкоровское месторождение цинка в Северном Казахстане и технологические возможности переработки руды

69

Applied Metallogeny and the Subsurface Use*Mazurov A.K.*

Metallogenic complexes of Kazakhstan continental paleorifts and their prospective evaluation

Myzenkova L.F.

Trends of the world gold's mineral base development

Methods and Methodology of Prediction, Prospecting, Evaluation and Exploration of Mineral Deposits*Konyshov V.O., Savostyanov E.V., Vlasov G.N.*

Fyodorovskoye-1 deposit, Kemerovo region, and methodology of exploration for properties hosting coarse gold

Zimalina V.Ya.

Reliability of exploration

Isakov M.U.

Methodology of evaluation at Balpantau gold deposit, Central Kyzylkumy

Structure of Ore Deposits*Isakovich I.Z.*

Mineralogical haloes of gold-polymetallic deposits at Beregovskoye ore field

Ilypin I.P.

Kimberlites of Yakutia — linear arrangement of pipes and material composition

Equipment and Technologies for Geological Prospecting*Lavrenchuk V.N., Stryapkov A.V.*

Lavkorovskoye zinc deposit, Northern Kazakhstan, and technological capabilities of ore processing

Краткие сообщения**Brief messages***Лихачев А.П.*

Вода как определяющий фактор формирования и эволюции Земли

76

Likhachev A.P.

Water as determinant of the Earth formation and evolution

Поздравляем с юбилеем**Congratulations**

А.И.Кривцова

Б.В.Рогачева

78

A.I. Krivtsov

81

B.V.Rogachev

Список статей, опубликованных в журнале «Руды и металлы» в 2003 году

82

List of papers published in «Ores and metals» in 2003



МЕТАЛЛОГЕНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ КОНТИНЕНТАЛЬНЫХ ПАЛЕОРИФТОВ КАЗАХСТАНА И ИХ ПЕРСПЕКТИВНАЯ ОЦЕНКА

А.К.Мазуров (Комитет геологии и охраны недр Республики Казахстан)

На основе рифтогенной концепции применительно к тектоническим структурам Казахстана выделены металлогенические комплексы континентальных рифтов. Установлены главные металлогенические типы связанных с этими комплексами месторождений полезных ископаемых. С учетом их особенностей рассмотрены перспективы выявления новых месторождений различных геолого-промышленных типов.

В связи с развитием теории мобилизма учение о рифтогенезе, играющем важную роль в формировании структур земной коры и минерализации, получило широкое распространение. Работами Н.Л.Добрецова, Е.Е.Михайловского, Л.П.Зоненшайна, И.Ромберга, П.Моргана и других исследователей охвачен круг вопросов, касающихся геодинамики рифтогенных структур и связи с ними полезных ископаемых, включая промышленные скопления нефти и газа. В Казахстане принадлежность отдельных тектонических структур к рифтовым отмечалась в работах Г.Ф.Ляпичева [8], А.А.Абдуллина [1], В.Н.Любецкого [4, 5], Х.А.Беспяева, Н.В.Полянского, Г.Д.Ганженко [2], Л.А.Мирошниченко [9, 10].

На современной стадии изучения палеозойд Казахстана рудоносные рифты, развитые на континентальной коре, установлены для раннедевонского и ордовикского времени. В раннем девоне они развиваются в субплатформенных условиях на каледонской континентальной коре, в ордовике основанием служат древние массивы допалеозоя. Рифты наследуют ослабленные зоны фундамента и связаны с активизацией глубинных разломов в процессе тектонической и тектономагматической активизации как на стадии заложения, так и в процессе осадконакопления. В геофизических полях континентальные рифты выражены положительными гравитационными аномалиями. Магматизм в их пределах проявлен эпизодически и зафиксирован в единичных зонах (Жаильма-Талдыкудукская, Успенская, Кызылэспе-Текелийская). Как и в мировых системах рифтов, в магматитах казахстанских континентальных рифтов, наряду с вулканитами натровой щелочности, широко

развиты вулканиты с повышенной калиевой щелочностью. Среди первых это массивные оливковые базальты, среди вторых — трахибазальты, трахиандезиты, трахиты. Субвулканические и малые интрузии пестрого состава представлены габбро-монцонитами, габбро-диабазами, диабазами, сиенодиоритами, диоритовыми порфиритами. В большинстве структур континентальных рифтов щелочной магматизм (щелочно-базальтовый, пироксенитовый, габброидный, сиенитовый) проявлен на завершающих стадиях их формирования. Развита в осевых частях рифтовых зон (Каратауская, Успенская) или в трансформных разломах, ориентированных под углом к простираанию рифтогенных структур (Аксоран-Акжальская, Успенская).

Континентальные рифтогенные структуры были ареной мощного рудообразования и формирования крупных стратиформных месторождений свинца, цинка, марганца, железа, бария. По сумме запасов свинца и цинка месторождения этого типа близки к сумме запасов Pb и Zn колчеданно-полиметаллических месторождений Рудного Алтая. По марганцу и барии альтернативных им месторождений в Казахстане нет. Все рудные компоненты, составляющие металлогенические комплексы континентальных рифтов, образуют самостоятельные рудные залежи свинца, цинка, железа, марганца, бария. Металлогению континентальных рифтов представляют металлогенические комплексы: Атасуйский барит-свинцово-цинково-железо-марганцевый, трахибазальт-трахириолит-углеродисто-кремнисто-карбонатный позднедевонский (фаменский); Джездинский марганцевый красноцветно-терригенный позднедевонский (позднефранский);

Кызылэспинский железо-марганцево-свинцово-цинковый глинисто-карбонатный позднеордовик-раннесилурийский; Текелийский марганцево-баритово-свинцово-цинково-карбонатно-кремнисто-углеродистый ордовикский [6].

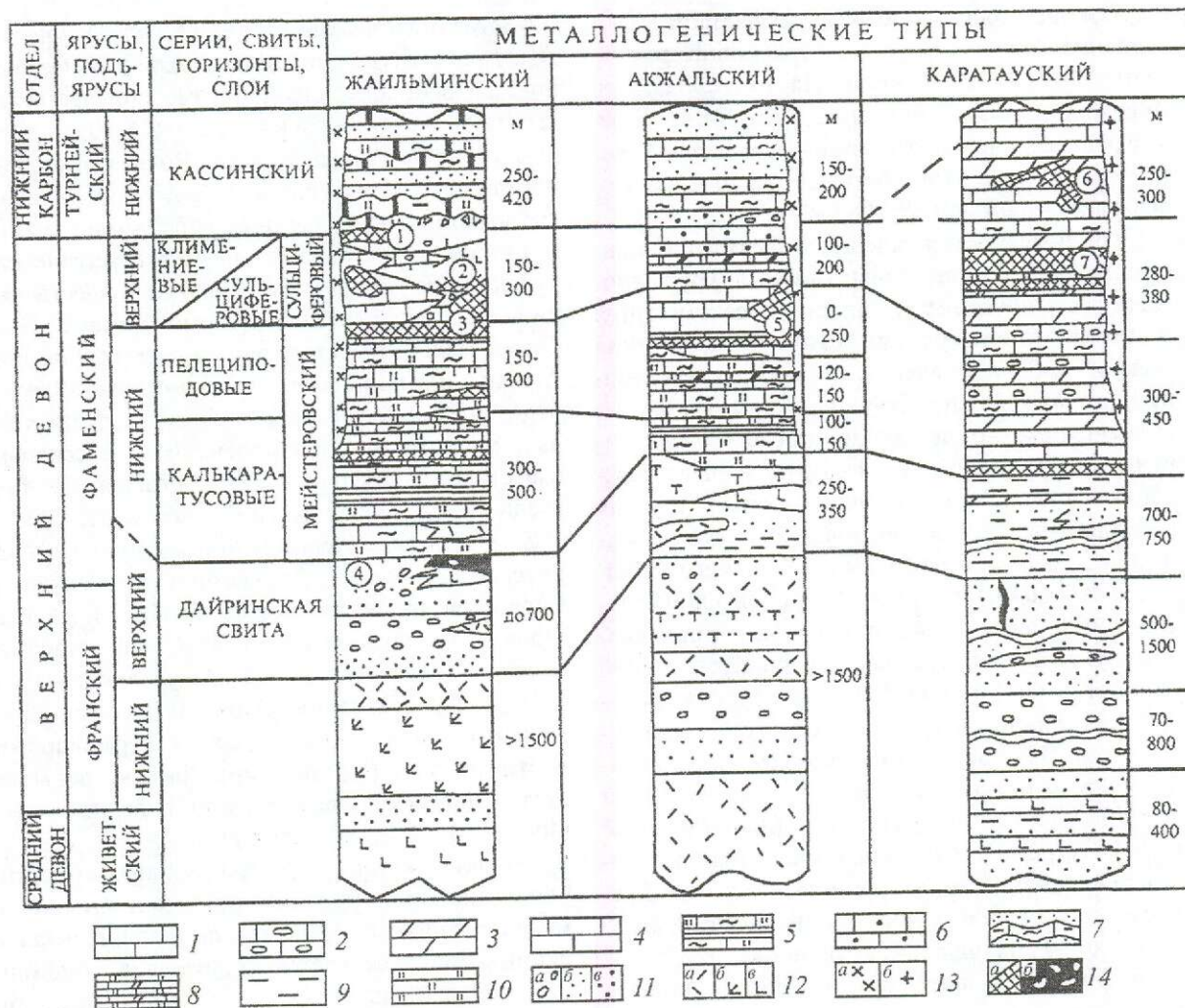
Атасуйский металлогенический комплекс — классический пример генетической ассоциации стратиформных месторождений свинца, цинка, барита, железа и марганца, связанных с рифтами, заложенными на континентальной коре. Комплекс представляют крупнейшие и крупные месторождения цинка и свинца — Жайрем, Шалкия, Акжал, Узунжал, Карагайлы, Ачисай, Миргалымсай, железа — Каражал, Кеньтюбе, марганца — Каражал, Ушкатын, барита — Бестюбе, Жайрем, Миргалымсай. Результаты разведки и изучения месторождений и отдельных рудоносных структур изложены в работах Г.Н.Щербы, А.А.Рожнова, Н.М.Митряевой, М.М.Каюповой, Е.И.Бузмакова, Е.А.Соколовой, И.П.Новохатского, В.В.Колесникова и др. По мнению многих исследователей, месторождения Атасуйского комплекса приурочены к зонам смятия и разломов (Успенская тектоническая зона) или к структурам, производным параллельно тафрогеосинклинального режима (Акжал-Аксоранская, Акбастауская, Жайльминская и другие синклинали) [8].

С позиций рифтогенеза проанализирована металлогения Каратауской зоны [10]. В.Н.Любецкий [5] в пределах Центрально-Казахстанского гравитационного минимума выделил фаменские рифтогенные структуры. М.К.Бахтеев, Ю.А.Васюков, Н.М.Сорокина, анализируя вулканизм в западной части Центрального Казахстана, отмечают близость Каракенгир-Жайльминского грабена к современным рифтовым зонам. На сходство Жайльминской синклинали и современных впадин межконтинентального Красноморского рифта указывают А.В.Веймарн и М.К.Мартынова. Все исследователи акцентируют внимание на густой сети малоамплитудных ступенчатых сбросов на дне подобных структур, что типично для рифтогенных долин. На фоне выдержанного кремне-терригенно-карбонатного осадконакопления в фаменское время фациальный состав и строение рудовмещающих отложений рифтогенных зон были изменчивы в автономных грабен-синклинальных структурах [11]. По набору пород, мощности, качественному составу руд, масштабам месторождений, парагенезисам рудных скоплений, степени преобразований и другим особенностям выделены жайльминский, акжалский и каратауский метал-

логенические типы (рисунок). Жайльминский металлогенический тип принят в качестве эталонного для анализа других типов Атасуйского комплекса, а также для разрешения дискуссионных вопросов при отнесении к этому комплексу других групп месторождений с рудами близкого вещественного состава.

С жайльминским металлогеническим типом связаны крупные промышленные месторождения свинца, цинка и барита (Жайрем, Ушкатын I, III, Бестюбе), железа и марганца (Каражал, Кеньтюбе, Ушкатын III) в Жайльма-Талдыкудукском и Успенском рифтах. Во всех рифтовых структурах месторождения данного типа расположены в различно углеродистых породах позднедевонской вулканогенно-кремнисто-терригенно-карбонатной формации и вулканитах контрастно-дифференцированной базальт-риолитовой формации (см. рисунок). Породы рудоносной позднедевонской (фаменской) вулканогенно-осадочной формации находятся между красноцветной франской базальт-риолит-молассовой формацией, углисто-карбонатными и терригенно-карбонатными отложениями раннего карбона. Вулканогенно-кремнисто-терригенно-карбонатная формация фамена, вмещающая все известные железо-марганцевые и свинцово-цинковые месторождения и рудопроявления жайльминского металлогенического типа, унаследованно развивалась только в тех рифтогенных структурах, которые были заложены во франское время и выполнены породами позднефранской базальтово-молассовой формации. Среди магматитов жайльминского металлогенического типа особое место занимают субинтрузивные породы основного состава (габбро-монзониты, габбро, габбро-диабазы, диабазы, сиенито-диориты, фельзит-порфиры), образующие штоки, силлы и дайки. Строгой пространственной сопряженности субинтрузивов и фаменских вулканитов не наблюдается. Как правило, они приурочены к трансформным разломам, поперечно ориентированным к осевым зонам рифтогенных структур. Эта закономерность отчетливо проявлена в рудных полях крупных месторождений (Карагайлы, Кеньтюбе).

Месторождения с промышленными запасами руд закономерно приурочены к фаменским отложениям. За их пределами объекты с практически ценными скоплениями руд не выявлены. Крупнейшие скопления цинковых и баритовых руд сосредоточены в верхней части пелициподовых слоев раннего фамена, сложенных преимущественно черными углеродистыми тонкослоистыми



Атасуйский и Джездинский металлогенические комплексы. Геохронологические уровни размещения месторождений:

1 — известняки; 2 — комковатые известняки; 3 — доломиты; 4 — глинисто-кремнистые узловато-слоистые известняки; 5 — глинисто-кремнистые известняки, углистые аргиллиты; 6 — красноцветные кремнистые узловато-слоистые известняки; 7 — углисто глинисто-кремнисто-карбонатные породы, сероцветные песчаники, прослойки гипса, ангидрита; 8 — ритмиты (каратауский тип — углеродисто-глинисто-кремнисто-известковые); 9 — аргиллиты; 10 — черные силициты, кремни; 11 — конгломераты (а), песчаники сероцветные (б), красноцветные (в); 12 — трахиандезиты (а), андезит-базальты (б), трахибазальты, базальты (в); 13 — габбро, габбро-диориты, диоритовые порфиры, сиенито-диориты, фельзит-порфиры (а), щелочные пироксениты и габброиды, шонкиниты, фергуситы, сиениты (б); 14 — пласти, линзы, метасоматические залежи руд (а — свинцово-цинковых, баритово-свинцово-цинковых, б — марганцевых); цифры в кружках — месторождения: 1 — Ушкатынская группа, 2 — Каражал, 3 — Жайрем, 4 — Джезды, 5 — Акжал, 6 — Ачисай, 7 — Миргалымсай, Шалкия, Талап

(флишоидными) аргиллитами с пачками известняков. Все руды и слагающие их парагенетические минеральные ассоциации жайльминского металлогенического типа считаются производными трех последовательных этапов рудообразования: гидротермально-осадочного, гидротермально-метасоматического и жильного [7]. С первым этапом связаны стратифицированные железные (Каражал, Кентюбе), марганцевые (Ка-

ражал, Ушкатын III), свинцово-цинковые и баритовые руды; со вторым — гидротермально-метасоматические руды свинца, цинка и бария (Жайрем, Карагайлы, Бестюбе); с третьим — существенно медные (Успенское, Большая линза на Карагайлах) руды. С жайльминским металлогеническим типом связана обнаруженная в последние годы специфическая редкоземельная (существенно цериевая) минерализация, проявленная (как и

в других регионах мира) в высококалийных субвулканических порфирах, завершающих магматизм фаменского времени. На месторождении Каражал высококремнистые железо-марганцевые руды верхней части залежи обогащены золотом и серебром. Мощность залежи 20–25 м. Содержание Au 0,2–1,8 г/т, Ag 5–50 г/т.

Крупные месторождения существенно цинковых (Акжал) и свинцовых (Узунжал) руд относятся к акжалскому металлогеническому типу. В них в отличие от руд жаильминского типа весьма слабо проявлена железная минерализация, полностью отсутствуют марганец и барий. Повышенные концентрации последних фиксируются в свинцово-цинковых рудах. Месторождения и рудопроявления локализованы в узких рифтовых депрессиях, выполненных существенно карбонатными породами фаменского (мощность 400–600 м) и турнейского (200–500 м) ярусов. Длина рифтов, связанных с фамен-раннекаменноугольными мульдами, варьирует от 400 (Акбастауский) до 600–700 м (Аксоран-Акжалский), ширина — в пределах первого десятка километров. На востоке они срезаются позднепалеозойским поясом, на западе — коллизией тектурмасской структурой (Акбастауский рифт). Широко проявленный магматизм в районах рифтогенных структур объясняется положением их в тыловой зоне позднепалеозойского Джунгаро-Балхашского вулканоплутонического пояса, где развиты гранодиорит-гранитные интрузии карбон-пермского возраста. В экзоконтактах и надинтрузивной области как малых, так и крупных массивов вмещающие породы контактово-метаморфически преобразованы. Глинисто-кремнисто-карбонатные известняки в основном гранитизированы, а массивные известняки повышенной кремнистости превращены в кварц-воластонитовые скарноиды.

Руды акжалского металлогенического типа подразделяются на гидротермально-осадочные и гидротермально-метасоматические. К гидротермально-осадочным относятся сфалерит-пиритовые и галенит-сфалеритовые руды с различными соотношениями основных минералов и сопутствующего барита. Формировались они синхронно с вмещающими массивными известняками, подверглись складчатости и метаморфическим преобразованиям. Рудные тела имеют ленто- и пластообразную формы. Содержание Pb до 1%, Zn до 2–3%, Ba — первые проценты.

Практически ценные скопления руд гидротермально-осадочного этапа не установлены. Промышленные руды связаны с гидротермаль-

но-метасоматическим этапом (Акжал, Узунжал). Это галенит-сфалеритовые залежи с отношением галенита к сфалериту 10:1 в существенно свинцовых рудах (Узунжал) и 1:(60–70) — в существенно цинковых (Акжал). Во всех разновидностях руд содержится до 12% Ba. В отличие от гидротермально-осадочных содержание свинца и цинка в гидротермально-метасоматических рудах резко возрастает. Богатые существенно цинковые руды связаны с термокарстами. Наиболее яркий представитель — месторождение Акжал с миллионными запасами цинка. Здесь в отдельных линзо- и пластообразных рудных телах, повсеместно приуроченных к массивным известнякам, содержание Zn достигает 20% при среднем по месторождению около 5%, Pb — 1,2%. Руды гидротермально-осадочного и гидротермально-метасоматического этапов отличаются и по элементам-примесям. Так, в рудных телах термокарстов гидротермально-метасоматического этапа содержание Au увеличивается в 8–10 раз и составляет в среднем 0,14 г/т, а в агрегативных рудах трубообразных термокарстов достигает 5 г/т (Касакангир). Заметно повышается в метасоматических рудах содержание Ag (40–90 г/т) и Cd (0,46–0,54%) [8].

Каратауский рифт северо-западного простирания, контролирующей руды одноименного металлогенического типа, по геологическим данным прослеживается (в пределах обнаженных Тяньшанских структур) на 400–500 км, а по геофизическим — на 700–800 км (под мезозойским чехлом Тургая). С северо-востока он ограничен главным Каратауским, на юго-западе — Сырдарьинским разломами. Ширина рифта 30–45 км, по площади соответствует территории Большого Каратау. Стратиграфический разрез с рудами каратауского металлогенического типа не содержит силурийских и нижнедевонских отложений. Непосредственно на зеленоцветных песчаниках ордовика с резким несогласием залегает красноцветная моласса (конгломераты, песчаники, алевролиты) тюлькубасской свиты среднего-верхнего девона. Профилирующие руды — цинковые, свинцовые и баритовые. Марганцевая и железная минерализация, характерная для руд эталонного жаильминского металлогенического типа, в каратауском проявлена слабо (первые доли процента). Эпизодическая флюоритовая минерализация не выходит за рамки мелких объектов.

В стратиграфическом разрезе руд каратауского металлогенического типа расположены на трех уровнях (снизу вверх) (см. рисунок).

Нижний уровень — граница фаменских «свинцово-цинковых» карбонатных отложений с франскими «медными» аргиллитами. К этому уровню приурочен карбонатно-кремнистый горизонт со слоистым и массивным баритом. Горизонт прослеживается на отдельных участках (месторождение Акшишек) до 10 км, его мощность 1,5–7,5 м, среднее содержание Ва 35,8%, Си до 0,73%, Рb и Zn до 0,76%, Мп до 5%. Выше баритоносного горизонта в известняках на нескольких уровнях локализуется стратифицированная свинцово-цинковая минерализация. Это маломощные пластовые тела с содержанием Рb и Zn 0,38–0,87%, редко 1,2–2%, и мелкими линзами (0,05–0,1 м) пиролюзита с содержанием Мп до 10–15% [7].

Средний уровень — средняя часть верхнефаменских отложений. На этом уровне сосредоточена основная масса свинцово-цинковых руд каратауского металлогенического типа, составляющих 90–95% запасов Рb и Zn (месторождения Миргалымсай, Шалкия, Талап). Промышленные скопления свинцово-цинковых руд закономерно связаны с углеродисто-кремнисто-доломитовыми ритмитами (Шалкия, Талап, Бурабай) и тонкослоистым углеродисто-известняково-доломитовым горизонтом; мощность залежей 60–160 м. В ритмитах кремнезем составляет 42–45%, углеродистое вещество 1–2%; в тонкослоистом горизонте органического углерода до 4–5%, кремнезема первые проценты, эпизодически встречаются марганец до 6% и железо до 5–7%. Рудные тела пластовой формы, строго стратифицированы, смяты в складки и осложнены разрывами вместе с вмещающими породами. Длина рудных тел достигает 11 км, по падению они прослеживаются до 1500–1900 м, мощность до 20 м [8]. Из сопутствующих элементов в свинцовых рудах содержится Ag (в среднем 20–30 г/т), в цинковых — Cd (0,3–0,8%). Обогащение свинцом, цинком, серебром и кадмием наблюдается в регенерированных рудах локальных участков (контакты даек, зоны интенсивных деформаций, брекчирования и т.п.).

Положение в стратиграфическом разрезе верхнего уровня пока дискуссионно. Одни исследователи (М.М. Морфинкова) относят рудовмещающие известняки и доломиты (искристые) к низам турнейского яруса, другие (А.М. Садыков) — к отложениям, завершающим карбонатный разрез верхнего фамена. Как в первом, так и во втором варианте рудовмещающие известняки и доломиты находятся выше стратифицированных рудоносных отложений верхнего фамена

среднего уровня. По запасам свинца и цинка месторождения верхнего уровня многократно уступают стратифицированным рудам и составляют не более 5% суммарных запасов Рb и Zn каратауского металлогенического типа. Однако по богатству свинцом и цинком и хорошей технологии руды этого уровня превосходят многочисленные скопления стратифицированных руд среднего уровня.

С Джездинским металлогеническим комплексом связаны мелкие (запасы до 10 млн. т) месторождения (Джезды, Промежуточное, Жаксыкотыр) и многочисленные рудопроявления (запасы первые сотни тысяч тонн, Найзатас, Мынаральская группа и др.) марганцевых руд. Все они приурочены к франской терригенно-вулканогенной молассоидной формации, а в пределах последней — к верхнефранским красноцветным существенно терригенным отложениям с подчиненными базальтами и риолитами. В Центральном Казахстане они выделяются в дарьинскую, а в Каратау ей соответствуют песчано-аргиллитовая толща переслаивания и аргиллитовый корпешский горизонт. Рудные пластовые залежи в основании аркозового горизонта на месторождениях Джезды и Жаксы-Котр ассоциируют с яшмами, которые по латерали перемежаются с туффитами. В других районах и зонах эта закономерность не выдерживается. Промышленные пластовые марганцеворудные залежи джездинского металлогенического комплекса сочетаются с марганценосными, редко барит-гематитовыми жилами и штоками, залегающими преимущественно в верхнефранской джездинской свите, для которой пластовое марганцевое оруденение не свойственно. Главные минералы марганцевых руд комплекса — псиломелан и браунит. Содержание Мп в первичных рудах 9,5–28%, Fe₂O₃ 2–4%, SiO₂ 25–40%, CaO 1–3%. Постоянные спутники марганцевых руд — Рb (до 0,4%), Ва (до 4%), Та (до 29 г/т), а также Вi и Ве. В гематит-магнетитовых рудах отмечается до 86 г/т Ge [7].

Кызылэстинский металлогенический комплекс расположен в Северо-Западном Прибалхашье. С ним связаны свинцово-цинковые месторождения Кокзабой, Гульшад, Кызылэспе, медно-цинковое — Акчагыл, железорудные — Бапы, Каратас и железо-марганцевое — Уштобе. В Южной Джунгарии известны свинцово-цинковое месторождение Биже и несколько мелких рудопроявлений. За исключением среднего по масштабам свинцово-цинкового месторождения Кокзабой, все другие рудные объекты комплекса — мелкие.

Фактический материал наиболее изученных рудных полей (месторождения Кызылэспе, Гульшад, Акчагыл, Кокзабой и др.) позволяет охарактеризовать отдельные фрагменты состава и строения геологических разрезов комплекса.

Силурийские отложения в пределах большинства рудных полей несогласно залегают на мраморизованных известняках и доломитах, аналогичных карбонатной жиландинской свите в Текелийском районе, и на оолитовых известняках кембрийской босагинской свиты в Северо-Западном Прибалхашье (месторождение Кызылэспе). Минерализация приурочена к контактовой зоне силурийских отложений с нижележащими породами карбонатных свит (марганцево-железородное месторождение Уштобе, железородное — Бапы, медно-цинковое — Акчагыл, свинцово-цинковые — Гульшад, Кызылэспе, Кокзабой и многие рудопроявления). Многочисленные рудные тела (до 60) разбросаны на площадях до 60–70 км² (месторождение Гульшад). Их длина варьирует от 10 до 300 м, мощность — от 1 до 10 м, на глубину прослеживаются до 400 м (отдельные рудные тела месторождений Гульшад, Кокзабой не имеют признаков выклинивания). Форма рудных тел пластовая и линзообразная на месторождениях железных и железо-марганцевых руд, пласто- и жилообразная, линзо- и гнездообразная, сложная для рудных карстов на месторождениях свинцово-цинковых руд. Наиболее богатые руды среднемасштабного месторождения Кокзабой содержат в среднем Pb 3,5%, Zn 7,5%. Около 10–15% Pb и Zn содержалось в отработанных рудных карстах месторождений Кызылэспе, Акчагыл и Гульшад. Запасы таких руд не превышают 5–20 тыс. т. В рудах всех месторождений 8–200 г/т Ag, сотые и десятые доли процента Bi, до 0,5% Cd, 100–180 г/т Se и Te. В свинцово-цинковых рудах с арсенопиритом до 10 г/т Au [7].

С Текелийским металлогеническим комплексом связаны крупное Текелийское месторождение (запасы Pb и Zn — первые миллионы тонн) и ряд мелких — Яблоновое, Сууктубе, Коксу (запасы Pb и Zn — первые сотни тысяч тонн). Все месторождения и рудопроявления комплекса находятся в Текелийской металлогенической зоне, которая сложена докембрийскими и нижнепалеозойскими породами, претерпевшими глубокие тектонометаморфические преобразования. Последние представлены разгнейсованием пород, гранитизацией, мощной мраморизацией, а в надвнутрузивных областях роговиками, скарноидами и скарнами. Широко развиты чешуйчатые

надвиги, блоковые перемещения. Напряженная складчатость выражена сложной системой нарушенных разрывами изоклиальных складок. Месторождения и рудопроявления комплекса приурочены к двум ордовикским свитам — текелийской и перекрывающей ее сууктубинской.

Текелийская свита вмещает наиболее крупные месторождения Текели и Большой Озек, ряд мелких месторождений и рудопроявлений свинцово-цинковых (Яблоновое) и медно-свинцово-цинковых (Коксу) руд. Руды стратифицированы и залегают согласно с вмещающими породами. Характерны динамометаморфические преобразования — будинаж, разлинзование руд, графитизация углеродистого вещества и широкое развитие шунгита. Наряду с высокой углеродистостью (C_{TB} 0,5–18%) и высоким содержанием в промышленных рудах Pb (2,8%) и Zn (4,2%), они обогащены пиритом, количество которого в среднем составляет 8–10%. На хорошо изученных месторождениях (Текели, Яблоновое) размер рудных тел варьирует от 400 до 850 м в длину, по падению прослежены до 1200 м, мощность 2–80 м (Текели). В рудах широко развиты перекристаллизация, структуры течения и регенерации. Преобладают метаморфогенные руды: пирит-галенит-сфалеритовые, флюорит-пирит-галенит-сфалеритовые (Яблоновое) и халькопирит-пирит-галенит-сфалеритовые (Коксу). На отдельных месторождениях (Большой Озек) в составе руд до 17% Ba, в метаморфогенных рудах много пирротина и сульфоантимонитов свинца. Элементы-примеси руд: Ag (до 42 г/т), Cd, Sb, In.

Сууктубинская свита карбонатного состава имеет мощность 500–700 м. Связанные с ней месторождения — мелкие, сложные по строению рудных полей и рудных тел с весьма широким диапазоном содержания Pb и Zn — от первых до десятков (свинчаки) процентов. Рудные тела тяготеют к замкам складок (Сууктубе), зонам повышенной трещиноватости (Гельмановское) и смятия [8]. Форма рудных тел приближается к пласто- и линзообразной. Состав руд существенно галенитовый с пирротинном при резко подчиненном значении сфалерита. Отношение свинца к цинку 4:(0,5–1), содержание Ag до 27,0 г/т, Sb до 0,64%, Cd до 0,27%.

Выявленные металлогенические особенности позволяют сделать следующие выводы.

Атасуйский комплекс перспективен для обнаружения новых свинцово-цинковых месторождений. При планировании поисков месторождений жаильминского металлогенического

типа следует определиться в востребованности выявленных крупных месторождений свинцово-цинковых руд. В перспективе для поисков свинцово-цинковых и ассоциирующих с ними марганцевых руд наиболее благоприятны северо-западный сектор Жаильма-Талдыкудукского рифта и Сарысу-Тенизский рифт. В последнем первоочередной оценки заслуживают верхнефаменские кремнисто-карбонатные породы, прорванные субвулканическими интрузиями. Поиски полиметаллов и марганца следует сосредоточить в Каракенгир-Жаильминском субширотном рифте. Железо- и марганценозные горизонты руд жаильминского металлогенического типа необходимо изучить на золото и серебро как в первично стратифицированном залежании, так и в местах сопряжения их с интрузивными массивами. Выявление стратифицированной золотоносности предопределяет перспективы обнаружения промышленных россыпей золота, поиски которых в таких районах не проводились.

Поиски промышленных стратиформных месторождений свинцово-цинковых руд акжальского металлогенического типа перспективны, в первую очередь, в Аксоран-Акжальской рифтовой зоне. По сумме прогнозных критериев (литолого-палеонтологических) на востоке зоны наиболее перспективны участки между месторождением Акжал и западным бортом позднепалеозойского Джунгаро-Балхашского вулканоплутонического пояса, на западе зоны — между месторождениями Акжал и Аксоран. Положительным фактором для поисков богатых существенно цинковых руд в восточной части рифтогенной структуры является насыщенность пермско-каменноугольными интрузиями, термополю которых благоприятны для регенерации и формирования богатых существенно цинковых руд карстового типа.

Перспективы каратауского металлогенического типа связаны с поисками месторождений эпигенетических агрегативных богатых руд, особенно в карстах ачисайского типа. Наиболее благоприятна Ачисайская троговая структура северо-восточного простирания, особенно в местах сопряжения ее со структурами северо-западного направления. Практический интерес представляет площадь сопряжения Каратауского рифта с субширотными структурами Тяньшаня, где известны мелкие месторождения богатых агрегативных свинцово-цинковых руд, аналогичных или близких ачисайским. Поиски новых объектов стратифицированного свинцово-цинкового оруденения не отвечают современным экономическим требованиям.

Перспективы Текелийского металлогенического комплекса на свинец и цинк рассматриваются с позиции ордовикского возраста рудоносной толщи и индикаторной роли регенерированного оруденения сууктюбинского типа. С этой позиции необходимо проанализировать фактический материал и выделить площади, наиболее благоприятные для поисков текелийской рудоносной толщи на глубине.

Кызылэспинский металлогенический комплекс Северо-Западного Прибалхашья перспективен на выявление богатых (ΣPb и Zn 8–10%) рудных залежей при переоценке известных месторождений и рудопроявлений.

Кроме основных полезных ископаемых (Fe, Mn, Pb, Zn, Cu), руды рифтогенных месторождений богаты элементами-примесями — Ge, Bi, Cd, In, Ag, Au. Последние два элемента представляют интерес для практической оценки золото- и сереброносности железных и марганцевых руд месторождений Атасуйского металлогенического комплекса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Абдуллин А.А.* Геология и минеральные ресурсы Казахстана. — Алматы: Гылым, 1994.
2. *Беспяев Х.А., Полянский Н.В., Ганженко Г.Д.* Геология и металлогения Юго-Западного Алтая. — Алматы: Гылым, 1997.
3. *Государственная геологическая карта Атасуйского рудного района.* Масштаб 1:50 000. Объяснительная записка. — Л., 1991.
4. *Любецкий В.Н., Любецкая Л.Д.* Рифтогенная палеозойская история рудной провинции Каратау // Геотектоника. 1988. № 5. С. 69–76.
5. *Любецкий В.Н., Любецкая Л.Д.* Рифтогенные структуры Центрального Казахстана // Советская геология. 1989. № 9. С. 58–64.
6. *Мазуров А.К.* Металлогения океанических и континентальных палеорифтов Казахстана // Изв. Томского политех. ун-та. 2002. Т. 305. Вып. 6. С. 76–89.
7. *Месторождения свинца и цинка Казахстана.* — Алматы: Гылым 1997.
8. *Металлогения Казахстана.* Металлогенические комплексы и закономерности их проявления. — Алма-Ата: Наука, 1983.
9. *Минералогическая карта Казахстана / Л.А. Мирошниченко, Н.М. Жуков, Х.А. Беспяев и др.* // Геология Казахстана. 2001. № 3–4. С. 73–86.
10. *Мирошниченко Л.А.* Тектоническая позиция и рудоносность Каратау / Геология и металлогения Каратау. 1987. Т. 2. С. 5–20.
11. *Стратиформные месторождения Атасуйского района / А.А. Рожнов, Е.И. Бузмаков, Н.М. Митряева и др.* // Вопросы генезиса стратиформных месторождений цветных металлов. Алма-Ата, 1983. С. 27–45.

УДК 622.342.1

© Л.Ф.Мызенкова, 2003

О ТЕНДЕНЦИЯХ РАЗВИТИЯ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВЫХ БАЗ ЗОЛОТА МИРА

Л.Ф.Мызенкова (ЦНИГРИ МПР России)

На основе анализа зарубежных опубликованных материалов рассмотрено развитие процессов глобализации и консолидации мировой золотодобычи в контексте изменений ценовой ситуации последних лет, затрат на геологоразведочные работы в различных регионах мира, динамики запасов и производства золота. Показаны результаты деятельности ведущих мировых золотодобывающих компаний, укрупнение их активов за счет поглощения более слабых партнеров в борьбе за право доступа к минерально-сырьевым базам золота различных стран.

За всю историю золотодобычи в мире к 2002 г. было извлечено из недр 142,6 тыс. т Au. Из них 15% — безвозвратные потери, в том числе и при промышленном использовании золота. Оставшиеся 121 тыс. т находятся в официальных золотых резервах центральных банков и мировых финансовых институтов (33 тыс. т), частных накоплениях в виде монет, слитков и ювелирных изделий (около 88 тыс. т). Золото продолжает оставаться надежным средством защиты от кризисных явлений. Национальные золотые резервы играют важную роль в обеспечении устойчивости экономики стран. 2002–2003 годы демонстрируют возвращение подорванного доверия к золоту — цена на него в 2002 г. возросла на 14% [9].

Золотодобывающая отрасль мира в 90-е годы XX столетия развивалась в сложных условиях политической и экономической нестабильности. Финансовый кризис 1997 г. еще более осложнил ситуацию. Не столько соотношение потребления и производства золота, сколько состояние экономики, развитие инфляционных процессов, устойчивость доллара и соотношение курсов основных валют определяют конъюнктуру мировой цены на золото.

Во второй половине 90-х годов цены на золото упали с 12,47 дол./г в 1996 г. до 8,71 дол./г в 2001 г., когда был отмечен минимальный уровень среднегодовой цены за последние 22 года (рис. 1). К одной из причин снижения цены относили нерегулируемые продажи золота на мировом рынке официальным сектором. В связи с этим в конце 1999 г. было подготовлено Соглашение банков 15 стран об ограничении продажи золотых слитков из своих резервов — 400 т/год на протяжении пяти лет. К другой причине сис-

тематического снижения цен на золото относят укрепление доллара США, устойчивость которого обеспечивает стабильность экономики США. Некоторые аналитики полагают, что Федеральная резервная система США и ряд центральных банков сознательно сбивали цены, чтобы поддержать доверие к бумажному доллару и дискредитировать золото.

В 2002 г. вялость экономики США, борьба с проявлениями терроризма вызвали понижение курса доллара на мировых рынках, что способствовало оживлению инвесторского спроса на золото. Президент компании Newmont считает, что рынок вступает в стадию повышения цены и, называя наиболее важной причиной этого — ослабление доллара, отмечает еще и другие долговременные причины: прогнозируемое снижение годового производства золота в результате падения расходов на ГРП в последние годы и ослабление политики хеджирования продуцентов в будущем [15]. Все это может привести к устойчивому росту цены на золото на мировом рынке, что пока подтверждается динамикой цен 2001–2003 гг. (см. рис. 1): среднегодовые цены устойчиво возрастали от 8,71 дол./г в 2001 г. до 9,97 дол./г в 2002 г., а в конце сентября 2003 г. достигнут максимальный уровень цены за более чем семилетний период (12,3 дол./г).

Сформировавшаяся с 1980 г. тенденция постоянного роста добычи золота в мире была обусловлена как положительной многолетней динамикой в странах-лидерах (США, Австралия, Канада), при спаде в ЮАР, так и значительным увеличением производства в развивающихся странах (Перу, Индонезия, Гана, Папуа-Новая Гвинея), занимающих к 2001 г. устойчивое положение в десятке крупнейших стран-продуцентов

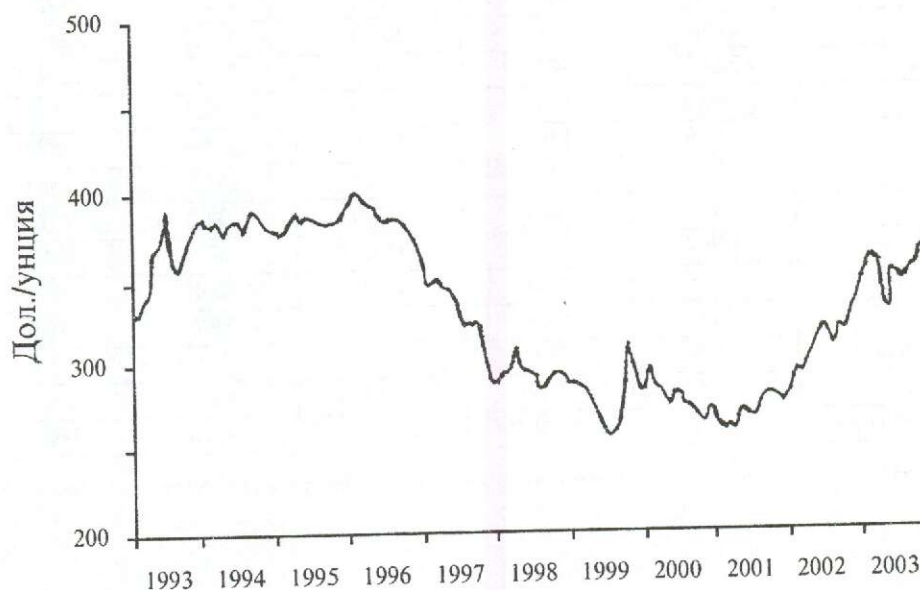


Рис. 1. Цена на золото (январь 1993 г. – сентябрь 2003 г.)

(табл. 1). Особенно значительным в 90-е годы был рост добычи золота в странах Латинской Америки (в Перу в 9 раз, в Мексике в 2,5 раза), а также в Индонезии (в 5,7 раза), Гане (в 2,7 раз). Более чем в 1,5 раза вырос объем производства в Китае, который, начиная с 1997 г., превосходит российскую золотодобычу [2, 3].

Рост мировой добычи золота продолжался и в наступившем десятилетии (1,5%). Однако в 2001 г. впервые отмечено снижение уровня добычи в США и Австралии, а незначительное увеличение мировой добычи обеспечили рост объемов в Индонезии и резко повысившаяся добыча в Мали (в 1,5 раза до 45 т) и Танзании (в 2 раза до 34 т).

В 2002 г. впервые после 1974 г. снизился общемировой (без России) объем добычи на 33 т (т.е. чуть более 1%). Отмечен спад в трех ведущих странах-лидерах золотодобычи (США, Австралия, Канада), которые в сумме потеряли 80 т Au. Впервые с 1993 г., хотя и незначительно (на 1,5 т), выросло производство золота в ЮАР. Значительным был рост лишь в Китае (на 30 т) и Перу (23 т) [1, 2, 4–8].

В жестких условиях низкой цены на золото отрасль принимала самые разнообразные меры

для выживания: закрывались малорентабельные рудники, приостанавливались неперспективные проекты, изыскивались и разрабатывались эффективные способы добычи, производства и управления. Сокращение расходов, в том числе и производственных издержек, было единственным действенным способом выживания компаний.

В число компаний с наиболее низкими издержками обычно входят диверсифицированные многонациональные компании. В борьбе за снижение производственных издержек изыскиваются различные подходы к организации работы. Так, список из 10 компаний с самыми низкими производственными издержками в первом полугодии 2001 г. (2,5–5 дол./г) возглавляют три компании, имеющие в активах особый рудник, затраты на котором и обуславливают низкие стоимостные показатели всей компании. Для компании Meridian это чилийский подземный рудник El Pepon (содержание Au в руде до 17 г/т) с производственными издержками до 0,8 дол./г, что обусловлено еще и попутным извлечением серебра. Для компании Goldcorp это новый подземный рудник Red Lake (2 г/т) с издержками около 2 дол./г. Третьей в списке компании

1. Рудничное производство золота ведущими странами-производителями в 1998–2002 гг., т [1, 2, 8]

Страны	1998	1999	2000	2001	2002
ЮАР	464,0	449,5	428,0	393,7	395,0
США	366,0	341,9	355,2	334,5	299,0
Австралия	314,5	302,0	296,4	285,0	264,0
Китай	160,0	156,0	175,0	172,7	202,0
Россия	114,0	138,0	154,0	165,0	183,0
Индонезия	124,0	129,0	124,6	182,9	158,0
Перу	97,0	128,0	132,6	134,0	157,0
Канада	166,0	157,9	153,8	157,4	148,0
Узбекистан	81,0	83,0	85,5	85,4	87
Гана	74,0	81,0	73,6	71,7	70,0
Папуа-Новая Гвинея	60,3	66,0	74,3	68,1	65,0
Мали	23,0	24,0	30,4	44,6	56,0
Мир (без России)	2386,0	2390,0	2403,0	2439,0	2406,4

Примечание. В список ведущих производителей включены страны с производством Au более 50 т/год в 2002 г.

Randgold принадлежит недавно введенный в эксплуатацию открытый рудник Mogila (Мали), обрабатывающий руды с содержанием 6,5 г/т Au с производственными издержками 3,4 дол./г.

В 2002 г. впервые за пять лет была нарушена тенденция снижения издержек. Средневзвешенные производственные издержки западных стран, снизившись в период 1996–2001 гг. с 8,61 до 5,66 дол./г (общие — с 10,5 до 7,33 дол./г), увеличились в 2002 г. до 5,78 дол./г (7,55 дол./г). Впервые не США, а ЮАР продемонстрировала наиболее низкий уровень издержек — 5,76 дол./г (6,3 дол./г) в 2002 г. [8], что в значительной мере связано с ослаблением национальной валюты.

Рост подтвержденных запасов золота в мире замедлился в 1990–2000 гг., к концу периода их объем вырос лишь на 1,5% и составил около 50 тыс. т [2]. Снизились объемы запасов в США, Канаде и особенно в ЮАР (на 4,5 тыс. т). Запасы золота в мире уменьшились с 52,7 тыс. т в 1996 г. из-за падения цены на золото и пересмотра запасов горнорудными компаниями. Эта тенденция, по данным USGS, распространилась и на 2001–2002 гг., когда мировые (без России) запасы снизились до 39,5 тыс. т [9]. По оценкам компании Barrick Gold Corp., существующая ресурсная база золота мира будет истощена в течение 10 лет, если компании не предпримут значительного увеличения своих расходов на ГРП. К аналогичным выводам пришли ранее и авторы работы [3].

По оценкам Metals Economics Group (MEG), в первой половине 90-х годов расходы на развед-

ку в мире устойчиво росли, достигнув наивысшего уровня в 5,2 млрд. дол. в 1997 г. (табл. 2). Тенденция изменилась в 1998 г., когда ассигнования на ГРП резко (на 29%) сократились. Снижение продолжалось и в последующие годы, однако темпы его замедлились (с 2,7 млрд. дол. в 1999 г. до 2 млрд. дол. в 2001–2002 гг.) [4, 10–13].

Расходы на ГРП с 1998 г. сократили практически все горнорудные компании, даже самые крупные (см. табл. 2). Уменьшение расходов привело к снижению запасов, при этом вероятность их пополнения, по крайней мере в ближайшем будущем, невелика. Наматывающаяся тенденция неизбежно вызовет падение производства, что прогнозируется в ряде исследований. Опасения по поводу возможного снижения объемов добычи из-за отставания ГРП высказало официальное ведомство (China State Gold Administration) такой динамично развивающейся страны, как Китай. Проблемы истощения запасов страны возникли во всех важнейших золотодобывающих провинциях. Североамериканские аналитики прогнозируют усиление снижения производства золота после 2005 г. и оценивают его уровень в 2010 г. в 71% от уровня 2001 г. [6, 14].

Крупнейшая золотодобывающая компания Newmont признала, что в 2001 г. ей впервые за 10 лет не удалось добиться воспроизводства своих запасов золота. Компания Barrick после снижения затрат на ГРП до 52 млн. дол. в 2001 г. приняла решение увеличить их в 2002 г. до 95 млн. дол. Данная компания проводит энергичную стратегию ГРП также с целью компенсации снижения объе-

2. Расходы на ГРР крупных горных компаний за период 1992–1999 гг., млн. дол.

Компании	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
BHP	64	71	151	163	158	177	156	117
De Beers	91	65	80	85	90	117	112	115
Rio Tinto	170	232	240	290	215	115	105	106
Anglo American	62	771	79	102	103	91	83	87
Barrick Gold	8	15	62	92	139	109	87	80
Placer Dome	80	77	81	110	98	145	110	75
AngloGold	—	—	—	—	—	—	51	66
WMC	53	42	53	58	81	84	66	61
Newmont	52	52	69	72	100	109	71	60
Всего	580	625	815	972	984	947	841	767
Общие расходы на разведку в мире	2200	2400	2900	3600	4600	5200	3500	2700

мов ГРР юниорными компаниями, которые традиционно работали активно на начальных стадиях ГРР, подготавливая объекты к развитию крупными горнорудными компаниями. В 90-е годы на долю юниорных компаний приходилось около 50% новых открытий [15].

Произошедшее сокращение затрат на ГРР во всех регионах отражает ухудшение конъюнктуры рынка цветных и благородных металлов. Кризис 1998 г. в азиатских странах имел далеко идущие последствия для всей отрасли. Снижение спроса в этом регионе на сырьевые материалы отрицательно повлияло на рыночную конъюнктуру: цены на цветные металлы достигали самых низких за 10 лет уровней, а цены на золото приближались к критической отметке, за которой эксплуатация многих горнорудных предприятий становится нерентабельной.

Большая часть мировых расходов на ГРР (до 75%) обычно приходилась на золото. Золото — приоритетный объект для проведения геолого-разведочных работ и последующей подготовки проектов освоения месторождений горнорудными компаниями. Однако в 1998 г. впервые было отмечено уменьшение доли расходов на ГРР на золото до 55,1% (1,56 млрд. дол.) по сравнению с 65% (2,61 млрд. дол.) в 1997 г. от суммарного бюджета всех компаний. Расходная часть на ГРР на все цветные металлы в эти годы увеличилась до 33%. Эта тенденция была вызвана низкими ценами на золото на мировом рынке и необходимостью принятия мер по снижению производственных издержек. Расходы на ГРР на золото в мире упали на 28%, что практически обусловило падение на 31% затрат на ГРР на все виды твердых негорючих полезных ископаемых [13].

В 2000 и 2001 гг. общемировая доля затрат на ГРР на благородные металлы составила соот-

ветственно 57 и 53% при снижении доли объемов на все цветные металлы до 25–26% (33% в 1998 г.). Такое увеличение обусловлено ростом ГРР на металлы платиновой группы в связи с резким подъемом цен на платину и палладий в эти годы. По оценке MEG (2000 г.) [10], отрасль уже подходит к низшей точке цикла, появились обнадеживающие предпосылки изменения тенденции снижения расходов на ГРР. Наблюдается оживление в секторе потребления цветных металлов, цены на них несколько повысились с минимального уровня 1999 г., с середины 2001 г. начали стабилизироваться цены на золото.

За прошедшее десятилетие исключительно привлекательной для инвесторов, бесспорно, была Латинская Америка. В странах этого региона сосредоточена одна из крупнейших в мире минерально-сырьевых баз цветных и благородных металлов. Ее доля от подтвержденных запасов мира в 2000 г. составляла для золота 11,5%. Высокий сырьевой потенциал поддерживается политической устойчивостью, стабилизацией экономики (устойчивый рост ВВП — 3,8% почти во всех странах региона), законодательством, поощряющим развитие рыночной экономики и привлечение иностранных инвестиций. Все это и определяет значительные суммарные объемы затрат на ГРР по сравнению с другими странами и регионами (табл. 3). Доля таких затрат увеличилась от 10% в 1991 г. до 29% в 1995 г. Высокий долевым показателем сохранился и в последующие годы, даже в 1998–1999 гг., когда резко снизились ассигнования на ГРР в мире (рис. 2). В 2000 г. затраты на ГРР в Латинской Америке составили 662 млн. дол., второе место занимает Австралия (404,8 млн. дол.), затем следуют Канада (348 млн. дол.), Африка (293,1 млн. дол.) и США (235 млн. дол.). Замыкают список Тихо-

3. Суммарные затраты на ГРП в различных регионах и странах за 1995–2000 гг., млн. дол.

Страна, регион	Затраты
Латинская Америка	6355
Австралия	4553
Канада	3423
Африка	3111
США	3070
Тихоокеанский регион, Юго-Восточная Азия	2163
Другие страны и регионы	1311

океанский регион, Юго-Восточная Азия (139 млн. дол.), Европа, Азия и СНГ (197 млн. дол.). Следует отметить, что, по оценкам представителей зарубежных горнорудных компаний, произошло резкое падение доверия к странам СНГ. По данным MEG, расходы на ГРП в 2000 г. составили 2,6 млрд. дол., при этом затраты компаний на все страны СНГ оцениваются в 33,9 млн. дол. (для сравнения: затраты в странах Европы — 90,1 млн. дол.).

Объемы затрат на ГРП определили уровень и динамику запасов в различных странах в 2000 г. Наиболее высокий рост во второй половине 90-х годов отмечен в Австралии (на 35%) и странах Латинской Америки (Перу в 2,8 раза, Чили на 72%, Мексика на 36%, Аргентина на 22%).

Значительные расходы на ГРП в мире в 90-е годы (более 30 млрд. дол. за 10 лет) способствовали открытию крупных месторождений золота в различных регионах. Тенденция расширения географии золотодобычи, выход на арену новых золотодобывающих стран-лидеров из числа развивающихся стран Латинской Амери-

ки (Чили, Перу), Азии (Индонезия, Папуа-Новая Гвинея) и Африки (Танзания, Мали) обусловлены глобализацией деятельности горнорудных компаний.

Как развитию МСБ в самых различных регионах мира, так и подготовке к освоению новых месторождений, в первую очередь, способствует активность крупных горнорудных компаний. Именно они обычно открывают крупные месторождения, зачастую вместе с партнером — юниорной компанией, имеющей ограниченные ресурсы капитала. Основная задача компании — наращивание запасов и производства. Однако компании, ведущие разведку золота, предпочитают в настоящее время наращивать запасы на своих проектах, а не развивать их быстрыми темпами до стадии производства. Фондовые рынки оценивают акции компаний главным образом по принадлежащим им запасам. Запасы, в сущности, конечны, и с уменьшением бюджета на ГРП возможность и темп новых открытий замедляются. Поэтому известные существующие месторождения вызывают большой интерес.

В 90-е годы подготовка к освоению практически всех крупных месторождений в различных странах с запасами более 100 т Au (Alumbreira, Brisas de Guyani, Las Cristinas, Pierina, Yanacocha, Cerro Corona, Refugio, Tarkwa, Morila, Sadiola, Geita, Bulyanhulu, Batu Hijau, Lihir, Grasberg) проводилась с участием горнорудных компаний США, Канады, Австралии, ЮАР и Великобритании.

В середине 90-х годов 15 крупнейших мировых золотодобывающих компаний (табл. 4) производили 960 т Au, что составляло около 45% мировой (без России) добычи (1996 г.). В 2002 г. состав компаний-лидеров в основном сохранил-

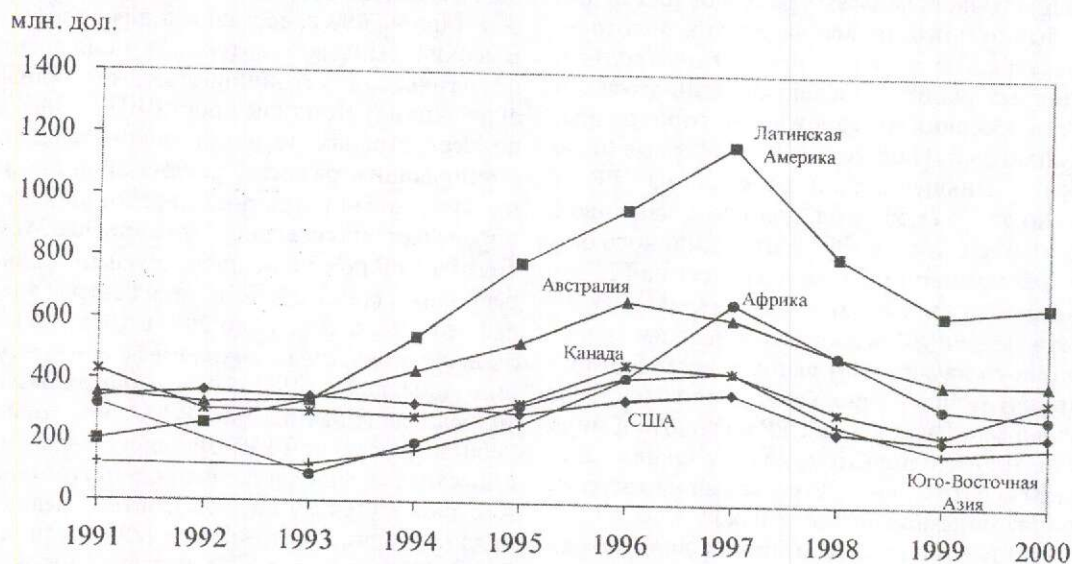


Рис. 2. Расходы на ГРП в странах и регионах мира в 1991–2000 гг.

ся, их суммарное производство увеличилось на 30%, а доля в общем объеме мировой золотодобычи возросла до 52%.

Процесс консолидации мировой отрасли, укрупнения компаний и их активов идет в различных странах. В результате практически все компании из 15 ведущих претерпели различного рода укрупнения и преобразования, за исключением Freeport McMoRan, владеющей совместно с RTZ крупнейшим в мире золотодобывающим карьером Grasberg.

Компания Newmont (США) в 2000 г. поглотила Battle Mountain, в 2002 г. — Franco-Nevada и получила контроль над компанией Normandy, ведущим австралийским продуцентом золота. Стратегия Newmont, последовательно укрупнявшей свои активы, привела к смене лидеров в списке крупнейших золотодобывающих компаний. После многолетнего первенства корпорация AngloGold уступила свое место компании Newmont, объем добычи которой в 2002 г. на 50 т превзошел добычу AngloGold. Newmont стала самой крупной и мощной золотодобывающей компанией в мире, владеющей 20 рудниками в самых различных регионах мира (США, Канада, Перу, Узбекистан, Индонезия, Австралия, Новая Зеландия, Турция). Новые запасы компании после слияния оцениваются примерно в 3000 т Au и позволяют наращивать добычу. Около 70% золотодобычи приходится на Северную Америку и Австралию, при этом большая часть австралийской золотодобычи перешла в руки заокеанских партнеров.

Стремлением компании AngloGold вернуть утраченное лидерство объясняются ее переговоры о приобретении компании Ashanti Goldfields (Гана). Годовое производство новой компании может составить 230 т Au.

Компания Barrick переместилась со второго на третье место, при этом ее золотодобыча за последние шесть лет увеличилась в 1,8 раза, что является результатом слияния с компанией Homestake в 2001 г., которая, в свою очередь, ранее также вела активную политику поглощения активов других компаний (Prime Resources и Plutonic Resources).

В 1996–2000 гг. в 1,5 раза увеличили объем производства золота компании Gold Fields и Harmony (ЮАР), Rio Tinto (Великобритания), Placer Dome (Канада). В результате три компании ЮАР — AngloGold, Gold Fields и Harmony — обеспечивают 80% общенациональной золотодобычи (см. табл. 4).

Процессы консолидации в ЮАР проходят под знаком передачи владения частью недр инвесторам из коренных жителей страны. Центром такой активности стала группа African Rainbow Minerals (ARM), под контролем которой находится около 8% общенационального объема добычи. Она вошла в список 15 ведущих компаний, заняв в 2002 г. 11-е место. Закон о полезных ископаемых ЮАР, опубликованный в конце 2002 г., предусматривает передачу в ближайшие пять лет около 15% активов под контроль чернокожих менеджеров, а в последующие пять лет — еще 11%. Пока в результате передачи контроля

4. Крупнейшие мировые компании-продуценты золота

Компания, страна	Производство, т					Запасы Au, т
	1998	1999	2000	2001	2002	
Newmont, США	127	130	154	168	237	2715
AngloGold, ЮАР	239	215	225	217	185	2124
Barrick Gold, Канада	100	114	116	190	177	2559
Gold Fields Ltd., ЮАР	123	119	121	117	139	2454
Rio Tinto, Великобритания	88	93	85	111	97	1247
Harmony, ЮАР	31	41	67	71	94	1011
Placer Dome Inc., Канада	91	98	93	86	88	1573
Freeport McMoRan, США	69	74	59	82	71	2006
Ashanti Goldfields, Гана	48	48	54	51	50	812
Buenaventura, Перу	Нет данных	24	28	32	39	1084
African Rainbow Minerals, ЮАР				16	34	Нет данных
ГМК «Норильский Никель», Россия		3	3	5	30	«
Durban Roodepoort, ЮАР	18	28	36	32	29	448
Kinross, США	26	31	29	29	26	177
AurionGold, Австралия				30	23	454

над активами компании AngloGold совместно предприятию компаний ARM и Harmony золотодобыча в штате Free State в 2002 г. упала на 13% по сравнению с предыдущим годом. Развитием процесса консолидации золотой отрасли в ЮАР стало соглашение в 2003 г. компаний ARM и Harmony о слиянии. Новая компания, которая будет называться Harmony, может претендовать на роль крупнейшего продуцента золота в ЮАР и пятого — в мире.

В декабре 2002 г. корпорация Placer Dome Inc., победив в борьбе компании, AngloGold, Gold Fields Ltd., Barrick Gold и Newmont Corp., приобрела австралийскую компанию AurionGold. Последняя была образована лишь в 2001 г. в результате слияния австралийских компаний Goldfields и Delta Gold. Одним из ключевых моментов объединения, кроме консолидации уже существующих совместных предприятий Porgera и Granny Smith, является объединение всех земельных владений и горнорудных предприятий в районе Калгурли в единый комплекс с возможностями переработки окисленных и упорных руд с любого из действующих или проектируемых рудников.

Объединенная компания Placer Dome будет иметь 17 предприятий на четырех континентах (в Северной и Южной Америке, Австралии, Африке — ЮАР) и большие земельные владения в золотодобывающих регионах мирового класса (Западная Австралия, Невада, Онтарио, Витватерсранд). Общая ресурсная база составляет 4453,5 т, запасы 1573,7 т Au. Placer Dome при реализации планируемого увеличения золотодобычи до 118,2 т может стать пятым продуцентом в списке компаний, потеснив Rio Tinto и Harmony. Она стала в 1999 г. крупнейшим иностранным инвестором горнодобывающего сектора ЮАР, заплатив 235 млн. дол. наличными за 50% участие в объектах, принадлежащих компании Western Areas. Запасы объектов (рудник Western Areas и проект South Deep) составляют 1835 т Au.

Процессы консолидации, характерные для крупнейших компаний, распространяются и среди компаний среднего звена. В конце 2002 г. стало известно об объединении компании Kinross Gold с Echo Bay и TVX Gold. Новая компания может стать одним из крупнейших продуцентов Северной Америки (62 т/год). Предполагаемое слияние Bema Gold с EAGC Ventures (последняя недавно приобрела одну из южноафриканских горных компаний) укрепляет позиции Bema Gold в России (рудник Джульетта, соглашение о приобретении 75% участия в золото-серебряном руднике Купол) и увеличивает производство Au до 10 т/год. Объединение канадских компаний

IAMGOLD и Repadre Capital укрепит их присутствие в Западной Африке (участие в рудниках Tarkwa, Damang, Sadiola, Yatela) и увеличит объем производства вдвое (до 14 т/год).

Ведущим золотодобывающим компаниям ЮАР, США, Канады и Великобритании принадлежат крупнейшие действующие рудники по добыче золота, расположенные в различных регионах мира. Таких предприятий, производящих более 25 т Au в 2001 г., насчитывается 10 (табл. 5).

Процесс консолидации золотой отрасли развивается и в России. В нем участвуют как отечественные, так и зарубежные компании. Впервые в список компаний-лидеров мировой золотодобычи 2002 г. вошло российское предприятие ГМК «Норильский Никель». В октябре 2002 г. НорНикель приобрел за 226 млн. дол. все акции ЗАО «Полюс», крупнейшего продуцента золота в России, разрабатывающего Олимпиадинское месторождение с запасами около 800 т (только балансовые). В 2002 г. добыча золота НорНикеля, включая Полюс, составила 29,6 т при собственном производстве 3,3 т (см. табл. 4) [1].

ГМК «НорНикель», будучи крупным стратегическим инвестором (можно вспомнить о его планах приобрести американскую компанию Stillwater), планирует принять участие в покупке 44,9% акций ОАО «Лензолото», принадлежащих Минимущество РФ. Лензолото объединяет 11 золотодобывающих предприятий в Иркутской области, добыча в 2002 г. составила 9,4 т Au, запасы 200 т. Среди достоинств Лензолота называется развитая инфраструктура, необходимая для освоения месторождения Сухой Лог, расположенного по соседству. ГМК «НорНикель» ставит перед собой цель в ближайшие 4–5 лет стать крупной горизонтально интегрированной горнорудной компанией мирового уровня с добычей до 100 т Au в год и подтвержденными запасами до 2000 т.

Кроме этих сделок, в России в последнее время произошли и другие слияния и поглощения. Британско-российская компания Highland Gold Mining, учрежденная с участием английского инвестиционного фонда Fleming Family (40%) и крупного южноафриканского продуцента Harmony (30%), в 2002 г. получила контроль над ЗАО «Многовершинное», владеющим одноименным месторождением и предприятием на нем (5,7 т Au в 2002 г.).

Канадская компания Kinross стала почти 100%-ным владельцем Омолонской компании, обрабатывающей одно из крупнейших российских месторождений Кубака (Магаданская область). В начале 2003 г. Kinross выплатила

5. Крупнейшие действующие рудники мира в 1998–2001 гг.

Объект, страна	Компания	1998	1999	2000	2001
Grasberg, Индонезия	Freeport (85,9%)	88	96	76	108,5
Carlin, США	Newmont (100%)	49	42,8	42,2	83,9
Yanacocha, Перу	Newmont (52,35%)	42	52	55,9	59,2
Мурунтау, Узбекистан	Navoi Mining (100%)	59	56,1	51,6	56,8
Betze Post, США	Barrick (100%)	47	35,2	51,2	50,1
Driefontein, ЮАР	Gold Fields (100%)	47	44	43	40,2
Cortez, США	Placer Dome (60%)	35	41,5	31,4	36,9
Kloof, ЮАР	Gold Fields (100%)	43	26	33,3	35,3
Great Noligwa, ЮАР	AngloGold (100%)	33	31,2	30,2	31,2
Pierina, Перу	Barrick (100%)	–	26,1	25,6	28,3

Примечание. Данные по рудникам с годовой производительностью Au более 25 т/год в 2001 г.

45 млн. дол. за акции миноритариев Омолонской ЗРК.

Таким образом, крупнейшие золотодобывающие компании мира распространяют свое влияние и на золотодобычу России, несмотря на трудности работы в стране. По оценкам специалистов института Фрейзера, обобщивших в 2002 г. мнения 150 горнорудных компаний об инвестиционной привлекательности России, она занимает 14-е место (после ЮАР и Китая, на первых местах — Чили, Канада — Квебек, Австралия). При этом потенциал МСБ России в ранге ведущих стран — шестое место после Чили, Канады (Квебек), Бразилии, Перу и Австралии. По показателю политической привлекательности наша страна не входит в первую десятку стран [7].

Глобализация деятельности крупнейших горнорудных компаний мира приведет к созданию открытого рынка минерально-сырьевых баз. Крупнейшие компании считают крайне важным набрать «критическую массу», чтобы добиться роста котировок своих акций. Фондовые рынки оценивают акции компаний главным образом по принадлежащим им запасам. В связи с уменьшением возможности открытия новых крупных месторождений золота конкурентная борьба между наиболее мощными компаниями за получение доступа к имеющимся запасам обостряется. Усиливаются процессы консолидации мировой золотодобычи. Крупнейшие горнорудные компании работают практически во всех регионах мира.

Однако финансовые рынки вынуждены принимать решения, основанные на необъективной информации, обусловленной, прежде всего, отсутствием надежной технологии измерения стоимости ресурсов. Реальные сырьевые ресурсы в результате торговых операций, разнообразие

которых определяется развивающимися процессами глобализации, интеграции, капитализации, обмениваются на долларовые купюры, печатаемые в любом объеме. Отсутствие естественной меры обеспечения (до 1971 г. ею служило золото) становится прямой угрозой устойчивого развития мировой экономики.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Золото 2003*. – М.: НБЛЗолото, Gold Fields Mineral Services Ltd., 2003.
2. *Минеральные ресурсы мира*. – М.: МПР РФ, ГНПП «Аэрогеология», 2002.
3. *Мировая минерально-сырьевая база благородных и цветных металлов 1970–2000–2025* / А.И.Кривцов, И.Ф.Мигачев, Б.И.Беневольский и др. – М.: ЦНИГРИ, 2003.
4. *Corporate Exploration Strategies. A worldwide analysis*. – Metals Economics Group, 1996.
5. *Dummett H. T. Minerals resource development — our new challenges* // *Mining Engineering*. 2000. Vol. 52. № 7.
6. *Engineering & Mining Journal*. 2000. Vol. 201. № 1.
7. *Engineering & Mining Journal*. 2003. Vol. 204. № 2.
8. *Gold 1999–2003*. – Gold Fields Mineral Services Ltd., 1999–2003.
9. *Mineral Commodity Summaries*. – USGS, 2002, 2003.
10. *Mining Engineering*. 2000. Vol. 52. № 12.
11. *Mining Magazine*. 2003. Vol. 188. № 5.
12. *SEG*. 2003. № 53.
13. *Supplement to Mining Journal*. 1999. Vol. 332. № 8519.
14. *World Gold*. 2002. Vol. 5. № 3.
15. *World Gold*. 2002. Vol. 5. № 9.



МЕСТОРОЖДЕНИЕ ФЕДОРОВСКОЕ-1 В КЕМЕРОВСКОЙ ОБЛАСТИ И ОСОБЕННОСТИ МЕТОДИКИ РАЗВЕДКИ ОБЪЕКТОВ С КРУПНЫМ ЗОЛОТОМ

В.О.Коньшев (ЦНИГРИ МПР России), Е.В.Савостьянов (ОАО «МНК»),
Г.Н.Власов (ОАО «КЕМО»)

Охарактеризованы геологическое строение и вещественный состав руд крупного золоторудного месторождения, выявленного и частично разведанного в Кемеровской области в 2001–2003 гг. Показана необходимость оценки достоверности ряздового опробования в рудах с преобладанием крупных частиц самородного золота. Предложены пути совершенствования геологоразведочного процесса и оптимизации затрат на его производство.

В известных золотороссыпных районах и узлах Новосибирской, Кемеровской, Иркутской, Магаданской областей (Егорьевский, Бердзинский, Ортон-Федоровский, Витимский, Ленский, Омсукчанский, Каркадонский), Хакаской, Якутской, Бурятской, Башкирской республик (Магызы-Балыксинский, Алданский, Куларский, Кедровский, Авзянский), Красноярского края (Партизанский, Раздольнинский) и многих других субъектов России обнаружено немало рудопоявлений с крупными зёрнами самородного золота в рудах. Многократно проводимые на них по стандартной методике геологоразведочные работы долгое время не приводили к открытию значимых по масштабам коренных месторождений.

В Ортон-Федоровском рудном узле Кемеровской области за последние три года силами и средствами горнорудной компании «Кемерово-Москва» (ОАО «КЕМО»), созданной правительством г. Москвы и администрацией Кемеровской области, выявлено и разведывается крупное золоторудное месторождение Федоровское-1.

Полученный положительный опыт поисковых и разведочных работ вскрывает некоторые причины былых неудач при обнаружении подобных месторождений как в этом, так и в других регионах и может быть полезен для совершенствования методики геологоразведочных работ и расширения минерально-сырьевой базы России.

Месторождение Федоровское-1 выявлено, оценено и частично разведано на территории Междуреченского района Кемеровской области

на водоразделе р. Федоровка и ее правого притока ручья Большой Калмык.

Положение районов и рудных узлов в структурах Кузнецкого Алатау, металлогения и описание известных главнейших месторождений золота наиболее полно отражены в трудах ЦНИГРИ [4], Ю.Г.Щербакова [10], а с позиции тектоники плит — в монографии Л.В.Алабина и Ю.А.Калинина [1].

Федоровско-Балыксинский рудный район приурочен к Ортонскому тектоническому блоку каледонской океанической Мартайгинско-Верхнелебедской структурно-формационной зоны (СФЗ), заложеной в позднем рифее — кембрии (рис. 1). В то время она представляла собой энсиматическую вулканогенно-осадочную островную гряду в восточном борту рифтовой долины срединно-океанического хребта (СОХ) Кузнецко-Алатауского океана. Сама рифтовая впадина СОХ располагалась западнее. Ее реликты на современном эрозионном срезе представлены офиолитовым комплексом Золотокитатско-Кондомской СФЗ, известной в литературе как Кузнецко-Алтайский глубинный разлом. К западу от него расположена Тельбесско-Бийская СФЗ, сложенная вулканогенно-осадочным комплексом западного борта СОХ, перекрытым палеозойскими отложениями Кузбасса.

Субширотные дизъюнктивы, оперяющие Кузнецко-Алтайский разлом и делящие Кузнецкий Алатау на поперечные блоки, в кембрии представляли собой трансформные океанические разломы (рифтовые впадины 2-го порядка), разграничивающие участки океанической пли-

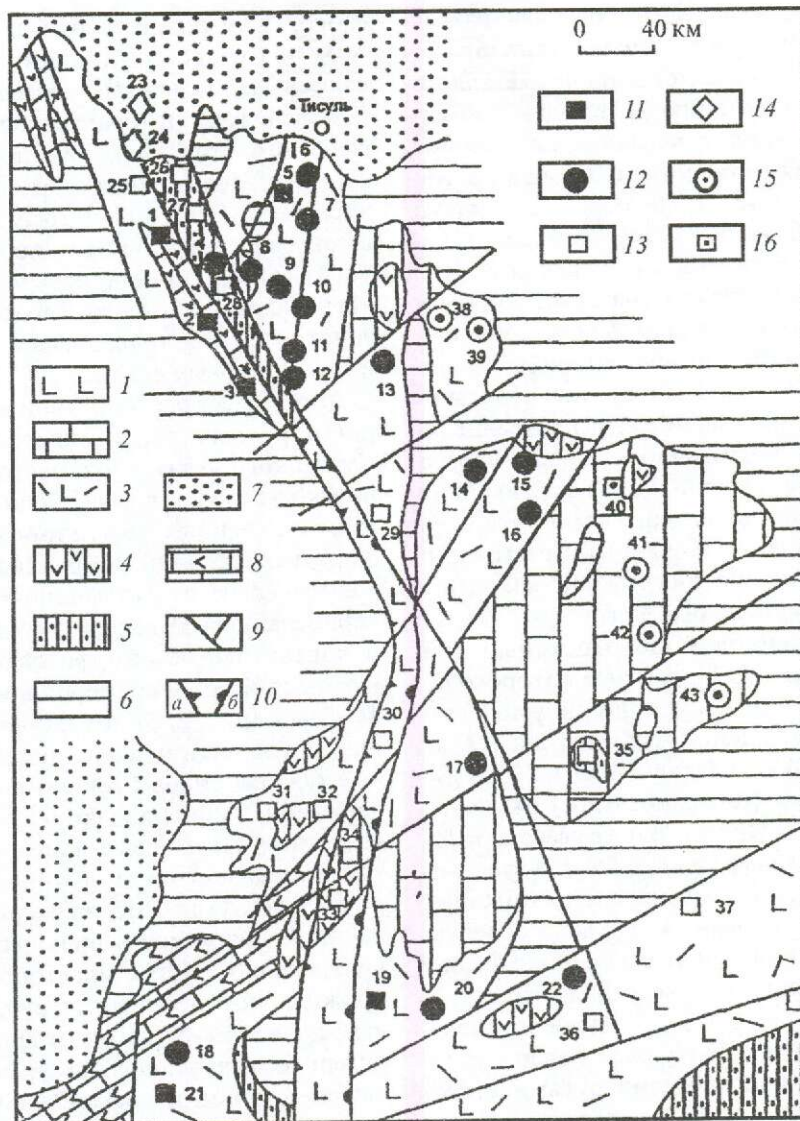


Рис. 1. Схема размещения важнейших эндогенных месторождений в главных типах тектонических структур Кузнецкого Алатау, по Л.В.Алабину, Ю.А.Калинину, 1999 с дополнениями авторов:

типы тектонических структур: 1 — океаническая (R_3-C_1), 2 — окраинно-континентальная (R_3-C_1), 3 — ранняя островодужная ($V-C_1$), 4 — поздняя островодужная (E_2^1), 5 — коллизионная (E_2^2-S), 6 — рифтогенная внутриконтинентальная ($D_{1,2}$); 7 — мезозойский (J-K) чехол Западно-Сибирской плиты; 8 — палеоокеанические острова с карбонатным чехлом и базальтовым толеитовым основанием (R_3-C_1); 9 — Кузнецко-Алтайский глубинный разлом и оперяющие его разрывы: центральная палеозона спрединга (рифтовая впадина СОХ) в $V-E_2^1$, палеозона коллизии в E_2^2-S ; 10 — направление движения структур субдукции (a), коллизии (б); типы месторождений: 11 — золото-скарновые, 12 — золото-сульфидно-кварцевые; скарново-магнетитовые: 13 — выходящие на поверхность, 14 — под покровом мезозойских рыхлых отложений; 15 — молибденовые жильные; 16 — шеелитовые скарновые; золоторудные месторождения: 1 — Ольгинское; 2 — Филатьевское; 3 — Федоровско-Талановское; 4 — Федотовское; 5 — Натальевское; 6 — Комсомольское; 7 — Берикольское; 8 — Центральное; 9 — Кундат-Кундустуюльская золоторудная зона; 10 — Первомайское; 11 — Ударное; 12 — Горы Зеленой; 13 — Саралинское рудное поле (Андреевское, Каскадное, Ивановское, Встречное и др.); 14 — Базанское; 15 — Коммунарское рудное поле; 16 — Балахчинское; 17 — Федоровское-1; 18 — Ульменское; 19 — Лебедское (Чаньшпский рудный узел); 20 — Верхнемарское; 21 — Синюхинское (Горный Алтай); 22 — Кызасский рудный узел (Западный Саян); железорудные месторождения: 23 — Ампалькское; 24 — Петропавловское; 25 — Кайгадатское; 26 — Суразовское; 27 — Мурюкское; 28 — Михайловское; 29 — Терсинский рудный узел; 30 — Ташелгинское; 31 — Тельбесский рудный узел; 32 — Тазский рудный узел; Кондомский рудный район: 33 — Таштагольское, 34 — Шерегешское; 35 — Тейское; 36 — Анзасское (Западный Саян); 37 — Абаканское (Западный Саян); редкометалльные месторождения: 38 — Ничкурюпское; 39 — Агаскырское; 40 — Княльх-Узенское; 41 — Сорское; 42 — Бейское; 43 — Саксырское

ты с различными скоростями спрединга (разрастания океанического дна). Как известно [6], скорость спрединга определяет ширину, металлогеническую специализацию и продуктивность межтрансформных блоков ископаемых океанов.

Золоторудная металлогения блоков восточного борта СОХ обусловлена погружением (субдукцией) прилегающей к нему океанической плиты Кузнецко-Алатауского палеоокеана под древние микроконтиненты (Батеневский кряж, Мрасская глыба) и тяжелые плиты Минусинских впадин в эпоху позднекембрийско-ордовикской каледонской складчатости. При этом происходили мигматизация и переплавление богатых металлами погружаемых пород с образованием массивов габбро-диорит-плагитгранитной формации мартайгинского комплекса, с которыми парагенетически связаны известные золото-кварцевые и золото-сульфидно-кварцевые месторождения Кузнецкого Алатау.

Мартайгинский блок (золоторудный район), из месторождений и россыпей которого добыто около 60 т золота, имеет ширину до 80 км. Главные месторождения удалены на 12 км (Центральное), 40 км (Натальевское), 50 км (Бериккульское), 60 км (Комсомольское) от рифтовой впадины СОХ. Причем ближе всего к рифту тяготеют золото-сульфидные и золото-сульфидно-кварцевые месторождения. Подчиненную роль играют золото-кварцевые рудные объекты.

Коммунарковский район, из месторождений и россыпей которого получено более 100 т металла, имеет ширину 120 км. Главное штокверковое месторождение Подлунный Голец с золото-хлорит-амфибол-кварцевыми рудами в габбро-диоритах, Масловская золото-кварцевая жила и Калиостровская залежь золото-кварца-магнетитовых руд находятся в 90–100 км, Балахинское в 80 км, Базанское в 60 км от борта ископаемой рифтовой впадины СОХ.

Саралинский блок, из главных месторождений и россыпей которого добыто более 80 т золота, имеет ширину до 130 км. Мощные и протяженные субсогласные с напластованием жильные месторождения Андреевское, Каскадное, Ивановское, Встречное золото-сульфидно-кварцевой формации, поперечно рассеченные многочисленными дайками диабазов, удалены от рифтовой впадины СОХ на 50–70 км.

Ортонский блок, из россыпей которого получено более 25 т золота, имеет ширину от 40 до 80 км. Крупное по запасам и прогнозным ресурсам месторождение Федоровское-1 и россыпи находятся в 30–60 км от рифтовой впадины СОХ. По этой позиции оно занимает промежуточное положение между объектами Саралин-

ского, Коммунарковского и Мартайгинского блоков. Соответственно, в его пределах наблюдаются всевозможные совмещенные комбинации рудных тел и характерных элементов геологического строения, присущих золото-кварцевым жильным, золото-сульфидно-кварцевым жильным, золото-хлорит-амфибол-кварцевым штокверковым в габбро-диоритах, золото-магнетит-сульфидно-кварцевым субпластовым в черносланцевых толщах, золото-сульфидным и золото-сульфидно-кварцевым приконтактовым и межпластовым телам.

Все известные морфологические разновидности рудных тел и минеральных типов руд Кузнецкого Алатау на месторождении Федоровское-1 являются особенностями строения многочисленных крупнообъемных стратиформных залежей прожилково-вкрапленных золото-магнетит-сульфидно-кварцевых руд в черносланцевых толщах, филлитизированных и контактово-метаморфизованных, пересеченных густой сетью субмеридиональных диабазовых даек (рис. 2, 3), а участками переработанных магматогенными процессами в субпластовые тела гибридных габбро-диоритов со штокверковой минерализацией. В частности, известные стержневые жилы и линзы кварца, как и на аналогичном крупнообъемном месторождении Сухой Лог, занимают на месторождении Федоровское-1 лишь небольшой объем в центральных частях пластообразных залежей прожилково-вкрапленных руд. Они приурочены также к межпластовым срывам между терригенными, вулканогенными и карбонатными пачками пород и диагональной сетке сколов, оперяющих эти дизъюнктивы в слоистых толщах. Самородное золото, сульфидная и магнетитовая вкрапленность распространены в филлитизированных рассланцованных и нарушенных складками волочения пластах углеродистых аргиллитов, алевролитов и прилегающих частях пластов мраморизованных известняков, жилах и прожилках кварца. В хрупких пластах песчаников и силлах порфирированных габбро-диоритов, раздавленных, брекчированных и будинированных между этими пластичными породами, развита прожилково-вкрапленная штокверковая минерализация.

На рудном поле выявлено более 90 протяженных субпараллельных пластообразных залежей, простирающихся в северо-восточном направлении в полосе пород шириной около 3 км (см. рис. 2) и длиной до 4,5 км. Небольшая часть из них (семь тел) разведана горными выработками и скважинами колонкового бурения (рис. 4, 5). Разведенные части залежей круто падают на севе-

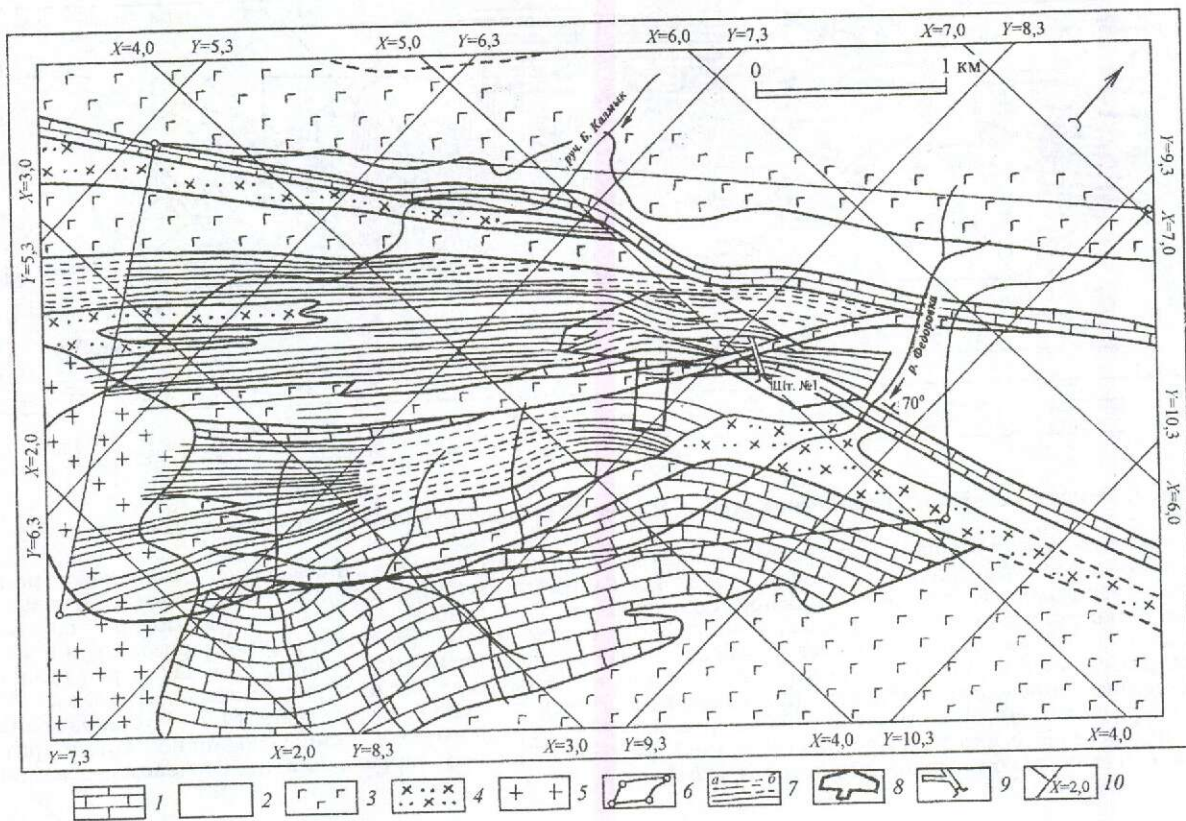


Рис. 2. Геологический план рудного поля Федоровское-1:

1 — известняки темно-серые в различной мере мраморизованные (ϵ_{1-2}); 2 — углеродистые известняк-песчаник-алевролит-аргиллитовые черносланцевые толщи в различной степени ороговикованные (ϵ_{1-2}); габбро-диорит-плаггиогранитный мартайгинский интрузивный комплекс (ϵ_{1-2} —O); 3 — габбро порфировидное, 4 — диориты, габбро-диориты гибридные и милониты по ним с эпидот-биотит-актинолитовой и хлорит-серицит-карбонат-кварцевой минерализацией с сульфидами, 5 — плаггиограниты; 6 — контур горного отвода № 1373 от 21.12.2000 г. ОАО «КЕМО»; 7 — пестроокрашенные охристо-глинисто-песчано-древяные линейные залежи ЗКХВ, представляющие собой окисленные до средней глубины 24,4 м части крутопадающих пластов углеродистых хлорит-серицит-полевошпат-кварцевых сланцев и роговиков с прожилково-вкрапленной золото-магнетит-сульфидно-кварцевой минерализацией (a — разведанные и выявленные при поисковых работах; б — возможные продолжения тел залежей ЗКХВ на неисследованных территориях); 8 — контур площади (4% территории горного отвода) геолого-маркшейдерской съемки м-ба 1:500, где обнаружены и инструментально привязаны блоки 27 пластообразных залежей ЗКХВ (прогнозные ресурсы P₁), а часть залежей (50% выделенной площади) разведана горными выработками и скважинами (запасы категории C₁₋₂); 9 — разведочная штольня № 1 по штреком; 10 — местная координатная сетка

ро-запад. Контуров их определены по данным опробования. Мощности разведанных залежей изменяются от нескольких до десятков метров при различных значениях бортовых и средних содержания золота. Буровыми скважинами залежи вскрыты на глубинах до 240 м от дневной поверхности, ниже они не прослеживались.

Формирование пластообразных залежей прожилково-вкрапленных золото-магнетит-сульфидно-кварцевых руд в пачках углеродистых сланцев, алевролитов, брекчированных песчаников, лакколитах и сидлах габбро-диоритов можно объяснить отгонкой углеродистого вещества и рудных элементов из областей гранитооб-

разования и высокого метаморфизма вдоль слоистости, разрывных нарушений, сланцеватости и трещиноватости в менее метаморфизованные участки ороговикованных и мраморизованных первично золотоносных вулканогенно-осадочных толщ. Рудная минерализация в последних сопровождалась привнесом углеродистого вещества, окварцеванием, серицитизацией, хлоритизацией, амфиболитизацией, эпидотитизацией пород, кварцевым и серпентин-талек-карбонатным метасоматозом.

В рудных залежах наблюдается бананцевое, полосовое и крупногнездовое распределение самородного золота в жильном кварце, сланцах,

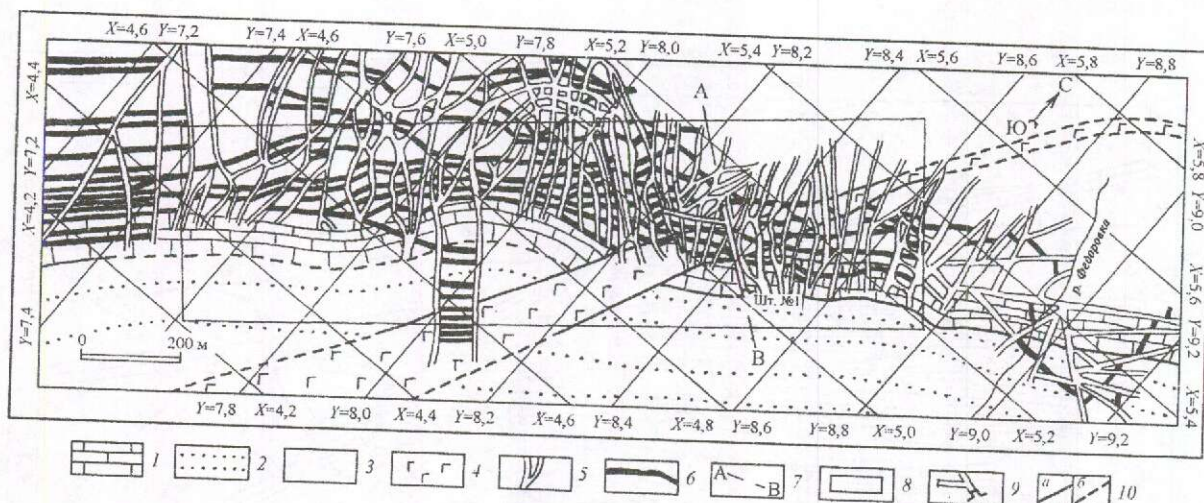


Рис. 3. Геологический план размещения рудных блоков 27 крутопадающих пластообразных залежей ЗКХВ:

1 — известняковая толща; 2 — песчаник-алевролитовая толща; 3 — черносланцевая рудоносная известняк-песчаник-алевролит-аргиллитовая толща с золотоносными горизонтами углеродистых хлорит-серицит-полевошпат-кварцевых сланцев; 4 — массив порфиридных габбро и диабазов; 5 — дайки диабазов; 6 — пластообразные крутопадающие залежи прожилково-вкрапленных золото-магнетит-сульфидно-кварцевых руд в углеродистых сланцах, преобразованные вблизи дневной поверхности в ЗКХВ; 7 — линия разреза (см. рис. 4) вдоль оси разведочной штольни; 8 — контур участка подсчета запасов окисленных руд разведанных залежей; 9 — подземные разведочные выработки (штольня № 1 и штрек); 10 — геологические границы (а — установленные; б — предполагаемые); контуры блоков в центральной части рудного поля установлены по поисковым критериям при геолого-маркшейдерской съемке м-ба 1:500 или по данным опробования при бортовом содержании 0,4 г/т и среднем содержании 2,1 г/т, или 4,4 г/м³

хлорит-биотит-амфиболовых, серицитовых, серпентин-тальк-карбонатных просечках и прожилках. Сульфиды развиты незначительно от долей до 3%. Среди них преобладают пирит и пирротин, редко встречается халькопирит, крайне редко — герсдорфит, сфалерит, гёссит, пираргирит, аргентит, полибазит, андорит, агвиларит, фрейбергит, определенные по микрозондовым исследованиям Н.В.Росляковой. Присутствуют хромит, титаномагнетит и высокозолотоносный магнетит. Минеральный и химический составы руд приведены в табл. 1 и 2. Руды легкообогащаемые. В них отсутствуют столь характерные для

стратиформных месторождений в черносланцевых толщах низкотемпературные минералы мышьяка, сурьмы, ртути, которые обычно локализуются в породах, измененных на более низких ступенях зеленосланцевого и контактового метаморфизма вулканогенно-осадочных толщ.

Если на месторождениях сухоложского типа гипотетические очаги выноса металла фиксируются по геофизическим данным на глубинах 2–6 км в виде легких масс, то на месторождении Федоровское-1 вынос и перераспределение рудного вещества происходили из зоны метаморфизма, расположенной, вероятно, на уровне

1. Минеральный состав первичных руд по лабораторным технологическим пробам (ЛТП)

Минералы и группы минералов	Массовая доля в ЛТП, %		
	№ 2	№ 3	№ 4
Кварц рудный и породообразующий	51,0	48,3	68,7
Карбонаты (кальцит)	14,0	13,7	6,0
Полевые шпаты (микроклин и др.)	2,8	1,8	1,4
Железо-магниево-силикаты (биотит, хлорит и др.)	29,3	32,5	17,6
Мусковит, серицит, каолинит	1,0	2,1	2,0
Сульфиды (пирит, пирротин и др.)	0,1	0,6	0,2
Оксиды железа (лимонит, ярозит и др.)	1,8	5,0	4,3
Акцессорные примеси — рутил, апатит, ильменит, хромит	Редкие зерна		
Всего	100,0	100,0	100,0

Примечание. Анализы выполнены в ОАО «Иргиредмет».

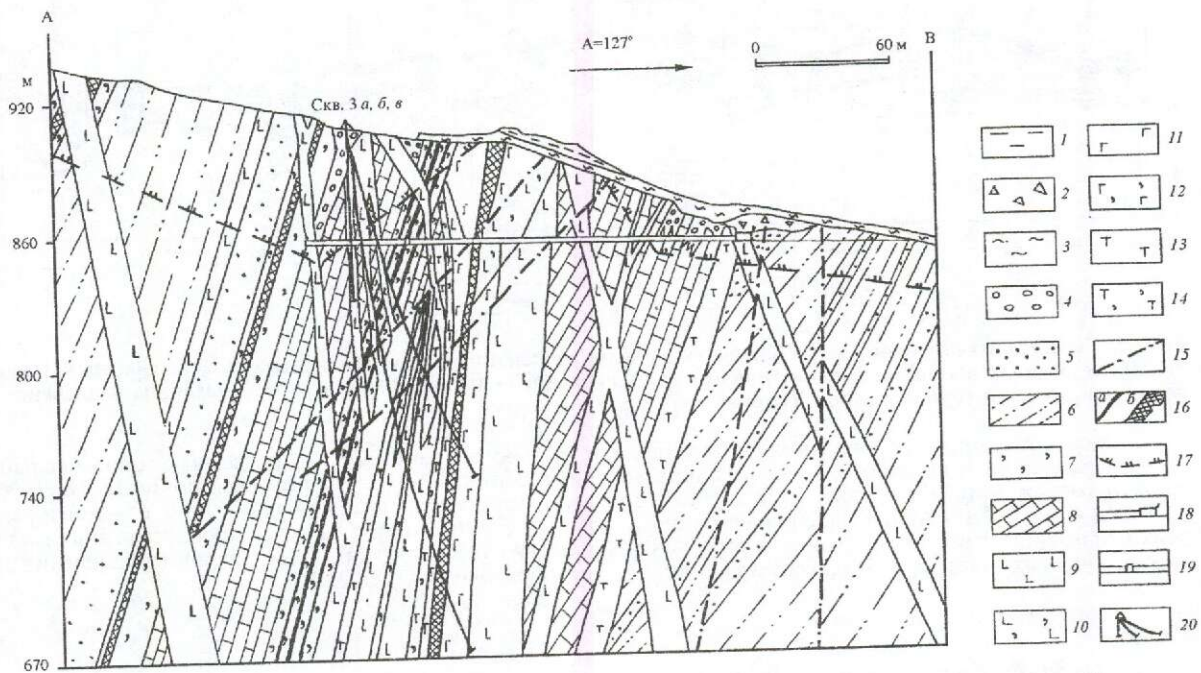


Рис. 4. Геолого-структурный разрез месторождения вдоль оси разведочной штольни № 1:

1 — техногенные отложения; покровные отложения: 2 — щебень и глыбы диабазов и песчаников с примесью желтых суглинков, 3 — желтые суглинки с редкими глыбами и щебнем диабазов; 4 — карстовые пестроокрашенные глины, суглинки и супеси с обломками диабазов, известняков, кварца, песчаников и других устойчивых в зоне окисления пород; 5 — песчаники; 6 — алевриты; 7 — золотосные углеродистые серицит-хлорит-полевошпат-кварцевые сланцы; 8 — известняки; 9 — диабазы; 10 — то же, с прожилково-вкрапленной зорит-полевошпат-кварцевые сланцы; 11 — порфировидное габбро; 12 — то же, с прожилково-вкрапленной золото-магнетит-сульфидной минерализацией; 13 — серпентин-тальк-карбонатные породы; 14 — то же, с золото-магнетит-сульфидной минерализацией; 15 — разрывные нарушения; 16 — пластообразные залежи прожилково-вкрапленных золото-магнетит-сульфидно-кварцевых руд (по борту >1,0 г/т Au); а — немасштабные, б — изображенные в масштабе; 17 — граница структурной коры химического выветривания и нижний контур развития ЗКХВ по пластообразным залежам первичных руд; 18 — разведочная штольня № 1 и ее портик; 19 — штрек, пройденный по жиле Стержневая; 20 — буровые скважины

кровли габбро-диорит-плагиигранитного интрузива. Он обнажен на дневной поверхности в юго-западной части горного отвода и подстилает рудное поле на глубинах до 1–2 км (см. рис. 2).

Таким образом, месторождение Федоровское-1 по геолого-структурным условиям локализации, генезису и морфологии рудных тел и минеральному составу руд, вероятно, является фациальным аналогом корневых частей месторождения Сухой Лог. От слабо вскрытых эрозией объектов сухоложского типа оно отличается более высокой степенью метаморфизма рудоносных пород, незначительной долей золота, связанного в сульфидах (табл. 3), преобладани-

ем в рудах крупных зерен самородного золота над мелкими и тонкими (табл. 4, 5). Это определяет легкую обогатимость руд.

Проведенные испытания по обогащению первичных руд на ЛТП № 2 и № 5 выявили возможность получения гравиконоцентрата с высокими содержаниями золота при двухстадиальной схеме измельчения до конечной крупности –0,1 мм (85–90% класса –0,074 мм). Общее извлечение золота по гравитационной схеме 72–75% (табл. 6). При этом в «золотую головку», с содержанием Au 75–105 кг/т и пригодную для плавки в слиток, извлекается 57,2–58,3% Au. В промпродукте и хвостах гравитации содержится

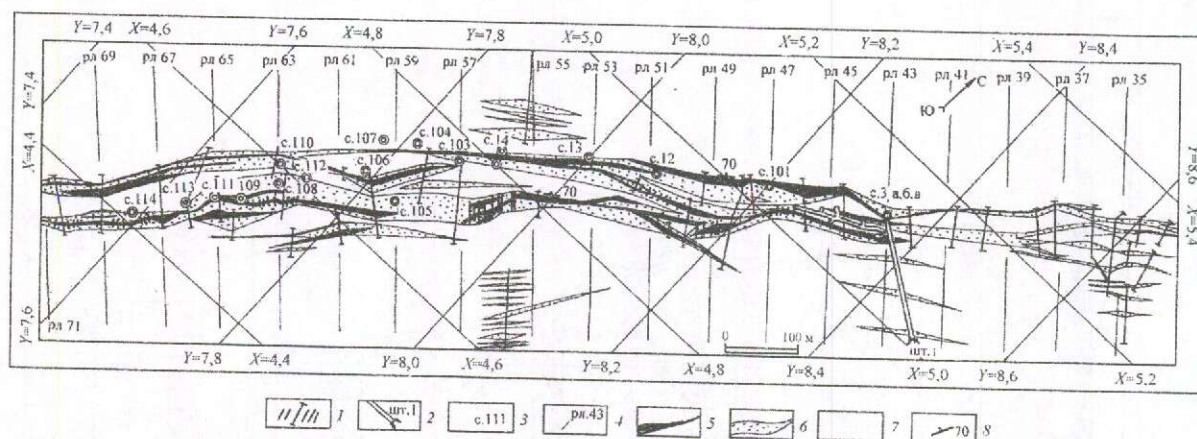


Рис. 5. Геологоразведочный план к подсчету запасов разведанных крутопадающих пластообразных залежей ЗКХВ, сложенных рыхлыми рудами, окисленными до средней глубины 24,4 м и пригодными для извлечения золота по россышной технологической схеме:

1 — линии бороздового опробования по разведочным канавам и траншеям; 2 — подземные горные выработки; 3 — разведочные скважины; 4 — система разведочных линий; 5 — контуры залежей по борту 0,8 г/т Au и среднем содержании 3,7 г/т, или 7,6 г/м³, по результатам пробирных анализов рядовых проб; 6 — контуры залежей по борту 0,2 г/т Au и среднем содержании 1,1 г/т, или 2,4 г/м³, по результатам пробирных анализов рядовых проб; 7 — известняк-песчаник-алевролит-аргиллитовая углеродистая толща с рудомещающими горизонтами черных сланцев; 8 — элементы залегания пластообразных залежей ЗКХВ

от 81,5 до 89,6% Au в цианируемой форме. Хвосты гравитационного обогащения можно перерабатывать гидрометаллургическим путем совместно с рудами, предназначенными для кучного выщелачивания (КВ).

Полупромышленные испытания первичных руд на обогатимость по методу КВ произведены на материале технологической пробы № 7 массой 1766,8 кг со средним содержанием Au 1,46 г/т при крупности дробления до -10 мм. Продолжительность процесса выщелачивания до прекращения растворения золота составила 35 суток, а полного цикла с влагонасыщением и дренированием — 48 суток. Извлечение Au равнялось 79,8% при остаточном содержании в хвостах 0,31 г/т. Требуемый расход реагентов: цианид натрия 0,26 кг/т, гидроксид натрия 0,1 кг/т, цемент 3 кг/т. При обезвреживании сбросовых растворов израсходовано: «активного хлора» 0,32 кг/м³, железного купороса 0,16 кг/м³. При обезвреживании хвостов КВ получены следующие показатели: плотность орошения 160 л/м² в сутки, продолжительность 50 суток, расход активного хлора 0,34 кг/т, железного купороса 0,42 кг/т сухой руды.

До средней глубины в 24,4 м рудные залежи представлены окисленными рудами или непрерывной структурной золотоносной корой химического выветривания (ЗКХВ). Золото из ЗКХВ, как это установлено на крупнообъемной пробе в 1,2 м³, может извлекаться (при минимальных капиталовложениях для организа-

ции добычи) по технологической схеме обогащения россыпей из песчано-глинистой фракции, составляющей более 90% массы выветрелых руд (табл. 7). Вся эта шламовая фракция ЗКХВ на обычном промприборе ПГШ-50 может быть удалена в эфельный отвал с содержанием Au 0,1 г/т. При этом извлекается более 23% Au в шлиховые концентраты и 74% Au концентрируется в галечно-щебенчатом отвале промприбора и на шлюзах в объеме около 10% от массы исходной руды. После измельчения отмытой дресвяно-щебенчатой массы до класса -3 мм с последующим обогащением на отсадочной машине и концентрационном столе (с перемешиванием или доводкой концентратов на лотке) в шлиховые концентраты извлекается еще до 47% Au. В хвостах гравитации, составляющих 8,5% массы исходной руды, содержится 27% Au, которое может быть извлечено на 80% по технологии кучного выщелачивания или гидрометаллургическим путем.

Предпосылками для обнаружения месторождения золота Федоровское-1 послужили богатейшие россыпи в вершине р. Федоровка и ее правого притока ручья Большой Калмык, из которых было добыто в XIX в. 12 т уценного золота. В XX в. на территории района горными работами было обнаружено более 20 жил с видимым золотом. Азарт кустарных разработок гасился после легких поисковых работ на флангах жил, не дававших положительных результатов

2. Химический состав первичных руд месторождения по технологическим пробам

Компоненты	Массовая доля в ЛТП, %		
	№ 2	№ 3	№ 5
SiO ₂	59,06	56,2	78,2
TiO ₂	0,30	0,59	0,52
Al ₂ O ₃	4,41	7,20	3,98
Fe общее	3,91	5,31	3,38
CaO	8,41	7,15	3,45
MgO	7,30	7,82	8,98
P ₂ O ₅	0,15	0,21	0,15
S общая	0,083	0,48	0,03
S окисленная	0,004	0,07	0,01
S сульфидная	0,079	0,41	0,02
As	0,043	0,03	0,007
Sb	0,001	0,001	0,001
Cr ₂ O ₃	0,061	0,69	0,04
Cu	0,001	0,001	0,001
Pb			
Zn			
Ni	0,041	0,029	0,05
C органическое	0,004	0,004	0,005
K ₂ O	0,4	4,3	0,37
Na ₂ O	0,7	2,8	0,6
П.п.п.	13,0	11,6	8,12
Итого	100,0	100,0	100,0

Примечание. Анализы выполнены в ОАО «Иргиредмет».

3. Результаты рационального анализа золота первичных руд рудного тела Карьерное по кварцевой жиле Стержневая

Формы нахождения Au и характер его связи с рудными компонентами	ЛТП № 2, Au		ЛТП № 3, Au		ЛТП № 5, Au	
	г/т	%	г/т	%	г/т	%
Золото с чистой поверхностью	8,75	91,6	0,23	43,5	2,41	72,2
Золото в виде сростков	0,60	6,3	0,10	18,9	0,53	16,6
Всего в цианируемой форме	9,20	97,9	0,33	62,4	2,94	88,2
Упорное, не извлекаемое цианированием	0,20	2,1	0,20	37,6	0,36	11,8
Итого в исходной руде	9,40	100,0	0,53	100,0	3,30	100,0

Примечание. ЛТП № 2 — материал жилы; ЛТП № 3 — материал той же жилы, разубоженный в 10 раз боковыми породами при проходке рудного штрека; ЛТП № 5 — материал той же жилы, разубоженный в 2 раза боковыми сланцами (товарная руда из магазина опытно-промышленного блока). Анализы выполнены в ОАО «Иргиредмет».

по причине «низких» содержаний золота на продолжениях рудных столбов по данным рядового опробования сомнительной достоверности.

В 60-х годах прошлого столетия разведочной канавой № 33 был обнаружен богатый отрезок жилы Стержневая, забракованный при поисковых работах по той же причине. ЗАО ГРК «Плутон» в 1996–1997 гг. повторно вскрыло его, но уже продольной разведочной траншеей на протяжении 120 м. Блоки жилы с видимым золотом были отработаны на глубину до 15 м от по-

верхности. При этом было вынута 1500 т кварца, из бонанцев которого отобрано 34 т руды с видимым золотом. При переработке этой отборной руды на гравитационной установке извлечено и сдано на аффинажный завод 50 кг химически чистого золота. Расчетное среднее содержание золота в отобранном золотоносном кварце было определено в 1850 г/т с учетом содержания его в хвостах обогащения (380 г/т). После ручного отбора бонанцевых руд среднее содержание Au в оставшемся кварце составило 0,5 г/т. Рас-

4. Ситовой анализ крупной фракции золота класса +0,6 мм, составляющей 64% всего золота в рудах

Класс, мм	Количество знаков, шт.	Суммарная масса знаков, г	Выход, %	Средняя масса знака, г	Массовая доля от всего Au, %
+10	2	0,510	19,5	0,255	12,5
+9	0	0,000	0		0
+8	1	0,640	24,4	0,640	15,6
+7	0	0	0		0
+6	1	0,030	1,1	0,030	0,7
+5	5	0,310	11,8	0,062	7,6
+4	9	0,730	27,9	0,081	17,8
+3	12	0,290	11,1	0,024	7,1
+2	48	0,090	3,4	0,002	2,2
+1	22	0,020	0,8	0,001	0,5
+0,6	0	0	0		0
Сумма	100	2,62	100	0,026	64

Примечание. Анализ выполнен в ОАО «КЕМО».

5. Ситовой анализ мелкого и тонкого свободного золота (36% общего количества) первичных руд в технологических пробах по исследованиям ОАО «Иргиредмет»

Класс крупности, мм	Массовая доля Au в ЛТП, %			Массовая доля от всего Au в рудах, %		
	№ 2	№ 3*	№ 5*	№ 2	№ 3*	№ 5*
-0,6+0,5	32,0	—	—	11,5		
+0,2	25,0	—	—	9,0		
+0,15	20,0	53,0	43,0	7,2	19,1	15,5
+0,074	18,6	26,0	10,0	6,7	9,4	3,6
-0,074	4,4	21,0	47,0	1,6	7,6	16,9
Итого	100,0	100,0	100,0	36	36	36

* Крупные золотинки не попали в навески для исследований ОАО «Иргиредмет», хотя в крупнокусковом материале проб они присутствовали. ЛТП № 2 была доставлена для исследований в измельченном до -2 мм состоянии и поэтому более представительна.

четное среднее содержание документально учтенного золота во всей 1500-тонной массе кварца из отработанной части жилы оценено в 42,4 г/т. Все это послужило причиной для продолжения геологоразведочных работ (ГРР) созданным в 1999–2000 гг. разведочно-эксплуатационным предприятием (РЭП) ОАО «КЕМО».

Проведенные ОАО «КЕМО» в 2001–2003 гг. ГРР включали участок детализации, созданный проходкой разведочной штольни, штрека и других подземных горных выработок в количестве 640 п.м. под известным богатым участком жилы Стержневая (рудное тело Карьерное). Произведена отбойка и магазинирование одного из блоков жилы с глубины 45 м почти до границы отработки его предшественниками с дневной поверхности с оставлением 5 м потолочины. В изученной небольшой части жилы Стержневая (северо-восточный фланг рудных тел Карьерное и № 6) разведанные запасы по состоянию на

01.04.02 г. составили 780 кг Au в 156 тыс. т руды со средним содержанием 5,0 г/т при бортовом содержании 1 г/т и мощности жилы 0,6–1,6 м (табл. 8). Это понизило интерес инвесторов к дальнейшей разведке объекта, и темпы разведочных работ резко пошли на убыль.

В руде блока опытно-промышленной отработки по 100 рядовым бороздовым пробам стандартного сечения среднее содержание Au оценено в 16,8 г/т. Переработка на гравитационной установке ОАО «КЕМО» (при крупности дробления -3 мм и извлечении 65,8% Au) части вынудой из этого блока руды массой 54,1 т позволила получить 2248 г химически чистого золота, 432,6 г Ag и 1,2 г Pd. Пробность лигатурного золота по данным аффинажной переработки 839%.

Переработанная масса руды в 54,1 т может считаться представительной валовой пробой детально изученного блока жилы, среднее содер-

6. Технологические показатели гравитационного обогащения первичных руд по исследованиям ОАО «Иргиредмет»

Наименование продуктов	ЛТП № 2 (20 кг)			ЛТП № 5 (100 кг)		
	Выход, %	Au, г/т	Извлечение, %	Выход, %	Au, г/т	Извлечение, %
«Золотая головка» при доводке гравитационного концентрата	0,005	105 248,0	57,2	0,003	69 984,00	58,32
Промпродукт доводки	0,13	1033,23	14,6	0,030	2002,8	16,69
Конечные хвосты	99,865	2,60	28,2	99,967	0,90	24,99
Исходная руда	100,00	9,20	100,00	100,00	3,60	100,00

7. Технологические показатели гравитационного обогащения окисленных частей (до средней глубины 24,4 м) залежей, представленных золотоносной корой химического выветривания, по лабораторным испытаниям ОАО «КЕМО»

Продукты обогащения	Масса, кг	Выход, %	Au, г/т	Au, г	Извлечение, %
Исходные ЗКХВ объемом 1,2 м³	2496	100	3,1	7,78	100,00
Песчано-глинистая фракция класса -3 мм	2256	90,38	0,1	0,23	2,96
Промпродукт бутары после извлечения из концентрата шлиха на лотке и отбора магнетита	0,076	0,003	524,0	0,04	0,52
Шлих из концентрата бутары после извлечения из него золота класса +0,6 мм и отбора магнетита	0,010	0,0004	3286,0	0,03	0,39
Лигатурное золото из шлиха концентрата бутары класса +0,6 мм	0,0018	0,0001		1,75	22,6
Дресвяно-щебенчатая фракция ЗКХВ, раздробленная до класса -3 мм	240	9,6	17,6	5,74	74,16
Хвосты концентратора стола	212,3	8,5	9,9	2,10	27,06
Промпродукт отсадочной машины после извлечения из концентрата шлиха на лотке	6,7	0,268	61,0	0,41	5,30
Промпродукт концентратора стола после извлечения из концентрата шлиха на лотке	20,69	0,829	17,2	0,36	4,64
Шлих из гравитационного концентрата стола после извлечения золота класса +0,6 мм и магнетита	0,0465	0,0019	1670,5	0,08	1,03
Объединенные шлихи из гравитационных концентратов стола и отсадочной машины после извлечения золота класса +0,6 мм и магнетита	0,0951	0,0038	2049,3	0,20	2,58
Шлих операции контроля промывочной ванны	0,104	0,0042	205,5	0,02	0,30
Объединенный магнетитовый концентрат из шлихов концентратов бутары, отсадочной машины и концентратора стола	0,0977	0,0039	329,0	0,03	0,38
Лигатурное золото класса +0,6 мм из шлихов отсадочной машины и концентратора стола	0,0026	0,0001		2,62	33,76

жание в которой по балансу металла в продуктах обогащения составило 63,4 г/т. Фактическое содержание золота оказалось в 3,8 раза выше, чем определенное по данным рядового опробования. Это несоответствие позволило поднять вопрос о низкой достоверности рядового опробования и заострить внимание на возможности снижения бортового содержания и прирезке к контурам жил объемов прилегающих пород с прожилково-вкрапленной минерализацией, в которых нередко содержания золота равны и даже превышают таковые в кварцевых жилах.

В летний период 2002 г. для разведки обнаруженных в 2001 г. рудных тел Карьерное, №№ 5, 6 и 17 пройдено 50 бульдозерных и экскаваторных канав и траншей, вскрывших залежи на протяжении 1,5 км к юго-западу от ранее разведанного участка детализации. Проходка горных выработок сопровождалась бороздовым опробованием их полотна и стенок и определением золота в пробах пробирным и шлиховым методами. Контурные залежей устанавливались по данным опробования, а не по геологическим границам жил. Для прослеживания залежей на

8. Общая сводка разведанных запасов* по состоянию на 01.07.2003 г.

Сводка запасов	C ₁ , кг	C ₂ , кг	Σ C ₁ +C ₂ , кг
Запасы, разведанные на 01.04.02 г. по северо-восточным флангам рудных тел Карьерное и № 6	204,4	575,6	780,0
Прирост запасов окисленных руд (ЗКХВ) на 01.07.03 г. по рудным телам центральной части горного отвода	998,3	1573,3	2571,6
Прирост запасов первичных руд на 01.07.03 г. по рудному блоку № 29 юго-западного фланга рудного тела № 6	—	706,7	706,7
Сумма запасов	1202,7	2855,6	4058,3

*Соотношение C₁:C₂=29:71, что отвечает требованиям ГКЗ (более 20%).

глубину были пробурены 14 разведочных скважин общей длиной 1526 м.

При бортовом содержании 0,8 г/т установлено, что основу месторождения составляют крупнопадающие субсогласные с напластованием пород залежи прожилково-вкрапленных руд в черносланцевых толщах, в которых ранее разведывавшиеся жилы и линзы кварца занимают лишь небольшие центральные участки (от нескольких до 20% объема). Запасы разведанных частей семи рудных тел ЗКХВ подсчитаны в количестве 2572 кг Au до средней глубины 24,4 м при бортовом 0,8 г/т и среднем 3,7 г/т, или 7592 мг/м³, содержания (см. табл. 8). Средняя мощность залежей определена в 4,2 м.

При бортовых содержаниях 0,4 и 0,2 г/т средние содержания Au в окисленных рудах 2,1 и 1,1 г/т (4368 и 2350 мг/м³) соответственно (табл. 9). Средние мощности залежей ЗКХВ при этом оценены в 8 и 16 м, при колебаниях от нескольких до 50 м. По контуру низких бортовых содержаний ряд залежей почти соприкасаются друг с другом, образуя зону минерализованных пород мощностью 50–100 м (см. рис. 5), которая может разрабатываться единым нагорным карьером при незначительных коэффициентах вскрыши.

В разведанной части горного отвода, равной 1,8% территории (см. рис. 5), запасы Au подсчи-

таны в количествах 2,5 т по окисленным рудам и 1,5 т по двум блокам детализации первичных руд. Прогнозные ресурсы категории P₁ в зоне окисления между разведанными блоками оценены в 700 кг при тех же содержаниях Au: бортовом 0,8 г/т и среднем 3,7 г/т. Прогнозные ресурсы категории P₁ по первичным рудам от границы зоны окисления до глубины 220 м при данных параметрах содержаний оценены в 26,3 т. Продуктивность 1 км разведанных минерализованных зон (суммарная протяженность рудных тел равна 5,03 км при общей протяженности зон минерализованных пород 7820 м) оценена в 410 кг по ЗКХВ и в 3,4 т Au по первичным рудам.

На ближайших флангах разведанных рудных тел (2% территории горного отвода) геолого-маркшейдерской съемкой м-ба 1:500 по поисковым критериям откартированы еще 20 пока не вскрытых горными выработками и не опробованных в должной мере рудных залежей и их блоков длиной от 100 до 1700 м и общей протяженностью 7,5 км. Осуществлена точная топографическая привязка точек наблюдения по контурам блоков этих залежей, разграниченных дайками диабазов (см. рис. 3). Прогнозные ресурсы категории P₁ оценены в них, как и в разведанной части, 3,2 т по ЗКХВ и 26,3 т Au по первичным рудам (табл. 10).

Прогнозные ресурсы категории P₂ еще по 64 минерализованным залежам, выявленным по поисковым критериям и глазомерно привязанным в процессе геологических маршрутов м-ба 1:25 000 на юго-западном фланге (50% территории горного отвода) рудного поля (см. рис. 2), оценены в 94 т по первичным рудам и 12,8 т Au по ЗКХВ (см. табл. 10). Оценка произведена по цифрам продуктивности при суммарной длине залежей 64,6 км и понижающем коэффициенте подобия 0,5. Понижающий коэффициент был

9. Сводка разведанных запасов золота в ЗКХВ месторождения Федоровское-1 при различных бортовых содержаниях

Бортовое содержание, г/т	Запасы		Содержание Au	
	руды, тыс. т	Au, кг	г/т	мг/м ³
0,2	2844	3281	1,13	2350
0,4	1361	2862	2,1	4368
0,8	707	2572	3,7	7592

10. Сводка прогнозных ресурсов рудного поля Федоровское-1 в пределах уточненных границ горного отвода

Категории	Разведанные и оцененные залежи в центральной части горного отвода, т		Залежи, откартированные на ближайших флангах разведанной части горного отвода, т		Залежи, выявленные посовыми маршрутами в юго-западной половине горного отвода, т		Всего прогнозных ресурсов Au в изученной части горного отвода, т		Металлогенический потенциал неопроискованной части горного отвода, т	
	ЗКХВ	Первичные руды	ЗКХВ	Первичные руды	ЗКХВ	Первичные руды	ЗКХВ	Первичные руды	ЗКХВ	Первичные руды
P ₁	0,7	26,3	3,2	26,3			3,9	52,6		
P ₂					12,8	94	12,8	94		
Без категории									3,2	26,3
Сумма	0,7	26,3	3,2	26,3	12,8	94	16,7	146,6	3,2	26,3

введен в связи с увеличением доли гибридных магматических пород в осадочных толщах в этой части горного отвода.

Большинство найденных залежей протягиваются, вероятно, и на неопроискованную часть горного отвода (46,2% территории). При аналогичных параметрах бортового и среднего содержания металлогенический потенциал пока неисследованной части рудного поля принят равным 3,2 т Au в ЗКХВ и 26,3 т в первичных рудах. Сводка разведанных запасов и оцененных прогнозных ресурсов золота, приведенная в табл. 8–10, свидетельствует о наличии в пределах территории горного отвода крупного месторождения золота.

Переработка больших масс рудного материала показала, что количество и качество запасов и прогнозных ресурсов могут существенно возрасти при проведении заверочного валового опробования, которое позволит с высокой достоверностью определить средние содержания золота в рудных телах и компенсировать часть затрат на разведку попутной добычей золота. Так, в рудном блоке № 29 залежи № 6, разведанном продольной траншеей на поверхности и скважиной на глубинах от 14 до 26 м, по шести разведочным пересечениям средневзвешенное содержание Au 1,02 г/т, бортовое 0,3 г/т. Средняя мощность рудного тела составила 5,9 м. Вдоль разведочного пересечения № 30-2 (среднее содержание 0,7 г/т; мощность 6,6 м) экскаватором была взята полупромышленная проба ППТП № 10 массой 23,1 т и объемом 9,2 м³ по маркшейдерскому замеру. Расчетная плотность руды составила 2,51 т/м³. Опробование днища этой экскаваторной выемки семью бороздовыми пробами показало средневзвешенное содержание Au 0,86 г/т. Таким образом, в месте отбора ППТП № 10 содержание Au всего 0,77 г/т, что незначи-

тельно отличается от среднего содержания (1,02 г/т) по всему блоку № 29 рудного тела № 6.

Точечное опробование отобранной рудной массы в кузовах самосвалов по схеме конверта показало содержания Au 3,4 и 2,5 г/т. Опробование перевезенной руды в штабеле на промплощадке ЗИФ ОАО «Коммунарковский рудник» дало среднее содержание Au 6,8 г/т по 12 пробам, отобранном геологической службой рудника.

Проба ППТП № 10 подверглась полупромышленным испытаниям на ЗИФ ОАО «Коммунарковский рудник». После измельчения в шаровой мельнице до класса –8 мм среднее содержание Au в руде по 14 пробам составило 5,03 г/т. Измельченная руда по фабричной схеме подверглась гравитационному обогащению на отсадочной машине. При 5%-ном выходе концентрата отсадки содержание Au в нем было 75,4 г/т, а в измельченных до класса –2 мм продуктах обогащения (хвосты отсадки) — от 16,8 до 17,8 г/т по данным пробирных анализов. Среднее содержание золота в исходной раздробленной руде по балансу металла в продуктах обогащения составило 20,7 г/т.

Это достоверное содержание в 26 раз превышает среднее содержание по двум разведочным пересечениям (0,77 г/т), расположенным в кровле и подошве крупнообъемной борозды ППТП № 10. Оно также в 20,3 раза превышает средневзвешенное содержание (1,02 г/т), определенное по шести разведочным пересечениям рудного блока № 29 рудного тела № 6, и в 10,4 раза средневзвешенное содержание (2 г/т) по 50 разведочным пересечениям всей совокупности рудных блоков №№ 20–36 юго-западного фланга рудного тела № 6. Фактическое содержание золота, установленное в процессе обогащения, оказалось в 4,1 раза выше его средних содержаний (5,03 г/т), определенных по 14 пробам руд, раздробленных

в шаровой мельнице до класса -8 мм. Все это поставило под сомнение достоверность рядового опробования и позволило авторам рассчитать повышающие коэффициенты к содержаниям, зависящие от крупности выделений золота в рудах.

Из 2248,3 г химически чистого золота, попутно добытого ОАО «КЕМО», только 1448 г, или 64%, было извлечено из зерен величиной $+0,6$ мм, а 800 г — из частиц меньшего размера, не отделенных от золото-сульфидно-кварцевого концентрата при обогащении. На 36% металла в рудах приходятся частицы размером $-0,6$ мм. Из них, по исследованиям ОАО «Иргиредмет» (см. табл. 5), зерна золота величиной от $-0,6$ до $+0,20$ мм составляют еще 57% металла. Таким образом, на долю крупного и среднего золота приходится 84,5% свободного Au, а на мелкое и тонкое с величиной зерен менее 0,20 мм — лишь 15,5%.

Ситовой анализ 2,62 г деформированных дробилкой зерен золота размером $+0,6$ мм, извлеченного из 240 кг дресвяно-щепнистого материала, отмытого от песчано-глинистой фракции ЗКХВ технологической пробы № 7 (подвергся дроблению до -3 мм и обогащению на гравитационной установке ОАО «КЕМО»), показал наличие частиц золота величиной до 11 мм (см. табл. 4). Кроме того, в россыпях встречались самородки массой от 52 до 800 г, представляющие собой золотые плитки с раковистой поверхностью толщиной до 1,5 см.

Массу представительной пробы и навески на пробирный анализ в зависимости от размера частиц золота можно определить по известной формуле Ричарда-Чечетта:

$$Q = kD^2,$$

где Q — масса пробы, кг; k — коэффициент, равный 1 при крайне неравномерном содержании золота; D — диаметр частиц золота в пробе, мм.

В 50 г навеску для пробирного анализа при коэффициенте 1 могут попасть золотины с величиной зерен 0,22 мм. Таким образом, большая часть золота (85,5%) чаще всего не фиксировалась пробирными анализами, а разноразной в параллельных анализах вследствие попадания этих или более крупных золотинок исключался в лаборатории дополнительными анализами, выполненными по стандартной методике. Теоретический повышающий коэффициент определяется соотношением крупного и среднего золота к мелкому и тонкому, как $(84,5\%:15,5\%)+1=6,4$.

Чтобы уловить металл с величиной частиц от 0,20 до 0,6 мм (20,5% всего золота), дающий теоретический повышающий коэффициент 2,3 к содержаниям, определенным пробирными ана-

лизами по мелкому и тонкому (15,5%) золоту, навеска для анализов должна превышать 360 г. Это вызывает необходимость проведения семи пар стандартных пробирных анализов по 25 г вещества, что не рационально и очень дорого. По известной методике ЦНИГРИ [2] стандартного сечения бороздовая проба должна быть измельчена до класса $-0,2$ мм и обогащена гравитационным методом. Продукты обогащения должны подвергаться пробирным анализам. По балансу свободного металла и обнаруженного пробирными анализами в хвостах, промпродукте и «золотой головке» (три пары пробирных анализов), с учетом весового свободного золота, должны рассчитываться содержания металла в каждой пробе. При этом количество пробирных анализов возрастает в 3 раза по сравнению с рядовым опробованием, резко увеличивается время на процесс гравитационного обогащения и рудоподготовку каждой пробы.

Золотины величиной от 0,6 до 3 мм занимают 4,2% от количества (64%) крупного золота или 2,7% от всего золота. Теоретический повышающий коэффициент к данным пробирного анализа по золоту этой крупности оценивается в 1,2. Для обнаружения такого металла необходимо выполнить анализ по всей 9 кг массе рядовой бороздовой пробы стандартного сечения $0,1 \times 0,05 \times 1,0$ м³, раздробленной до $-0,20$ мм, что нереально. Здесь еще применима методика ЦНИГРИ, включающая цикл гравитационного обогащения пробы и трех пар пробирных анализов по продуктам обогащения, т.е. аналогична определению содержаний в пробах с золотины среднего ($+0,20-0,6$ мм) размера.

Золотины величиной от 3 до 7 мм занимают 51,9% от количества (64%) крупного золота, или 33,2% от всего золота. Теоретический повышающий коэффициент к данным рядового пробирного анализа для учета такого золота оценивается цифрой 3,1. Здесь уже не работает методика ЦНИГРИ [2], предназначенная для рядовых проб. Для обнаружения подобного золота необходимо выполнить анализ по 49 кг массе, полученной отбором сопряженных четырех проб стандартного сечения. С учетом того, что по каждому разведочному пересечению должно отбираться от 10 до 50 таких серий рядовых проб длиной от 0,5 до 2 м, можно представить невероятные объемы опробования. По существу, каждая такая серия проб обрабатывается как малая технологическая проба. Из совокупности таких проб по разведочным пересечениям могут составляться картировочные технологические пробы при заданных параметрах бортовых содержаний. Соответственно, затраты по отбору,

транспортировке, хранению, рудоподготовке и гравитационному обогащению возрастают во много раз. Наряду с получением свободного золота, требуются полная выплавка золота из всей массы гравитационного концентрата (шлиха), магнитного концентрата, производство пробирного анализа по хвостам обогащения, промпродукту и исходной руде. Именно золото такой крупности не улавливалось при рядовом опробовании, но обнаруживалось в продуктах обогащения валовых проб.

Наконец, золотины размером от 7 до 11 мм составляют 43,9% от количества (64%) крупного золота, или 28,1% от всего золота. Теоретический повышающий коэффициент к данным рядового пробирного анализа при выявлении такого золота оценивается цифрой 2,8. Для его обнаружения необходим анализ, рекомендованный ЦНИГРИ [2] по 121 кг массе, полученной отбором сопряженных 10 проб стандартного сечения. Объемы опробования и переработки проб на крупнообъемных телах месторождения при этом возрастают до невероятных размеров.

Естественно, что при проведении предшествующими ГРП отбор, обработка и технологическая переработка подобных расчетных масс рудного материала не проводились. Это объясняет неудачи многократных разведок участков с видимым золотом. Кустарная разработка золотоносных тел и извлечение золота лабораторными способами из валовых проб были рентабельны. Но при переходе к поисковым и буровым работам на флангах для оценки масштабов объектов рядовое опробование искусственно губило перспективы, не отражая закономерности распределения металла в рудах и занижая его количество по теоретическим расчетам в 6,4 раза.

Выход из тупика на стадиях поисковой, оценочной и предварительной разведки ОАО «КЕМО» представился в необходимости введения для учета крупного и среднего золота теоретического поправочного коэффициента, в 6,4 раза повышающего содержания, определенные по данным рядового опробования. Бортовые содержания Au 0,2, 0,4 и 0,8 г/т в разведанных запасах предположительно будут обозначать контуры рудных залежей на уровне 1,1, 2,2 и 4,5 г/т соответственно. Средние содержания золота в разведанных рудных телах, в частности, могут составить 7,2, 13,4 и 23,7 г/т. Заверочные работы по двум валовым полупромышленным технологическим пробам фактически подтвердили правомочность использования коэффициентов по двум блокам.

Представляется рациональным при ГРП на рудах с крупным золотом, после определения теоретического поправочного коэффициента по нескольким пересечениям, производить оконтуривание залежей по рядовому опробованию для подсчета запасов без учета и с учетом коэффициентов на крупное золото. Правомочность учета коэффициента при подсчете запасов рациональнее всего заверять не огромным количеством дорогостоящих рядовых и сопряженных с ними крупнообъемных проб, а валовым задириковым опробованием отдельных рудных блоков и тел в установленных контурах повышенных содержаний золота.

Переработку валовых проб желательно производить на промышленных установках методами гравитационного обогащения с оценкой баланса металла по всем продуктам обогащения. Указанная операция будет давать достоверную оценку содержаниям золота в рудных блоках и залежах для подсчета запасов месторождения и сопровождаться получением попутного металла. Она предотвратит распыление денежных средств на недостаточно механизированный отбор, обработку, документацию и обогащение мелких заверочных проб и производство по ним многочисленных дорогостоящих анализов.

Месторождение Федоровское-1 является великолепным подготовленным объектом для быстрого завершения заверочных работ к подсчету запасов из-за наличия зоны окисленных руд (ЗКХВ), могущих обогащаться по россыпной схеме (см. табл. 7). Для производства валового опробования достаточно по каждому из 50 разведанных рудных блоков экскаватором или бульдозером произвести задиру руды со всей поверхности на глубину 1–2 м в количестве 500–1000 м³. Промывка материала каждой такой пробы ЗКХВ на промприборе ПГШ-50 в условиях РЭП может быть выполнена в течение суток. При этом из каждой пробы может быть извлечено (см. табл. 7) от 0,8 до 1,4 кг лигатурного крупного золота и примерно такое же количество золота из концентрата шлюза, подвергнутого дополнительному дроблению и обогащению в гравитационной лаборатории ОАО «КЕМО». Здесь же может быть произведено извлечение золота из крупнообъемных проб щебенчатого (гали) материала, отмытого на промприборе. Фактическое извлечение и баланс содержаний золота в продуктах обогащения определяют достоверное содержание золота к подсчету запасов по каждому блоку. Кроме того, имеется возможность окупить все затраты на заверку получением от 50 до 150 кг попутно добытого свободного золота.

Распределение золота на глубину в ЗКХВ достаточно показать на нескольких блоках опытно-промышленной эксплуатации, осуществленной последовательным отбором послонных валовых задинок вплоть до нижней границы распространения окисленных руд.

Использование охарактеризованной методики доразведки месторождения позволит в течение 2004 г. осуществить прирост запасов золота в ЗКХВ в количестве до 20 т, утвердить их в ГКЗ, приступить к промышленной добыче золота, установить приоритеты по дальнейшему наращиванию запасов золота в окисленных и первичных рудах и отработке их в объемах, предусмотренных лицензионным соглашением и рабочим проектом с дополнениями.

Итак, месторождение Федоровское-1 оценивается авторами как крупный объект, перспективный для наращивания сырьевой базы России [3, 7, 8, 11]. По ряду признаков он аналогичен месторождению Сухой Лог [5, 9], положительно отличаясь от последнего легкообогатимыми рудами с крупными выделениями самородного золота.

Наличие крупных частиц золота в рудах, наряду с широким развитием коры химического выветривания и 4–8-метрового слоя перекрывающих руды суглинков, создавало определенные трудности при обнаружении и оценке месторождения легкими поисковыми и оценочными работами. Эйфория кустарных разработок богатых золотом рудных блоков гасилась низкими содержаниями золота по данным рядового опробования сомнительной достоверности. По теоретическим расчетам, проверенным на двух валовых пробах, происходило занижение в 6,4 раза истинных содержаний золота в рудах.

Подсчет запасов и оценка прогнозных ресурсов даже по заниженным данным рядового опробования показали наличие на территории горного отвода крупного месторождения золота, окисленные руды которого могут быть быстро вовлечены в эксплуатацию по малозатратным технологиям, принятым для обогащения россыпей, и по методу КВ.

Завершение разведки, с определением истинных содержаний золота в рудах, рекомендовано произвести валовым задириковым опробованием выявленных тел ЗКХВ с первичным обогащением на промприборе ПГШ-50 и получением попутного металла в условиях РЭП.

Для дальнейшего укрепления материальной базы РЭП и быстрого освоения месторождения

федерального значения, находящегося в благоприятных географо-экономических условиях, необходимо привлечение в дополнение к вкладам инвесторов госбюджетных средств в форме, предусмотренной Законом о разделе продукции, или иной, отвечающей законодательству Российской Федерации.

Положительный опыт оценки и разведки месторождения Федоровское-1 может быть применен для производства ревизионных работ на десятках рудопоявлений различных регионов России для укрепления ее экономического могущества.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алабин Л.В., Калинин Ю.А. Металлогения золота Кузнецкого Алатау. – Новосибирск: СО РАН, 1999.
2. Временное методическое руководство по обработке геологических проб золоторудных месторождений с предварительным извлечением металла / М.Н.Савосин, В.А.Захваткин, В.А.Саклаков. – М.: ЦНИГРИ, 1975.
3. Геолого-генетические основы прогноза и поисков месторождений золота в корях выветривания / Н.М.Риндзюнская, Р.О.Берзон, Т.П.Полякова и др. – М.: ЦНИГРИ, 1995.
4. Золоторудные месторождения СССР. Т. 3. Геология золоторудных месторождений Западной и Восточной Сибири / Н.А.Фогельман, Д.А.Тимофеевский, В.О.Коньшев и др. // Тр. ЦНИГРИ, 1986.
5. Константинов М.М., Некрасов Е.М., Сидоров А.А., Стружков С.Ф. Золоторудные гиганты России и мира. – М.: Научный мир, 2000.
6. Коньшев В.О. Тектоника и золотоносность западной части Восточного Саяна // Геология и минеральные ресурсы Центральной Сибири. Красноярск, 2000. С. 108–123.
7. Мигачев И.Ф., Беневольский Б.И. Золото России: современность и будущее // Отечественная геология. 1997. № 3. С. 7–11.
8. Минеральное сырье. Золото. Справочник / Ю.М.Щепотьев, В.И.Куторгин, В.Н.Натоцинский и др. – М.: ЗАО «Геоинформмарк», 1998.
9. Шаров Г.Н., Башлыкова Т.В., Пахомова Г.А. Технология извлечения благородных металлов из руд месторождений основных геолого-промышленных типов (Атлас. Кн. 2). – Москва–Кемерово: КЕМ КПП МПР России, АКО, ООО «Геокон», 2002.
10. Шербаков Ю.Г. Геохимия золоторудных месторождений в Кузнецком Алатау и Горном Алтае. – Новосибирск: Наука, 1974.
11. Яцкевич Б.А. Минерально-сырьевой комплекс России в XXI веке. Стратегия развития // Горный вестник. Юбилейный спецвыпуск. 2000. С. 19–26.

УДК 550.812.1:553

© В.Я.Зималина, 2003

ДОСТОВЕРНОСТЬ РАЗВЕДКИ

В.Я.Зималина (Институт минеральных ресурсов, Республика Узбекистан)

Анализ достоверности разведки путем сравнения разведочных и эксплуатационных данных позволяет повышать достоверность подсчитанных запасов, вырабатывать оценочные критерии для вновь открываемых месторождений и оказывать помощь при проектировании и отработке рудников.

Основная задача методики разведки состоит в нахождении способов определения и норм требуемой достоверности качественной, количественной и картографической характеристик месторождений минерального сырья. Для характеристики степени надежности результатов разведки используют понятия «изученность», «достоверность», «разведанность»; при определении запасов оперируют также понятием «погрешность» или «точность».

Изученность минерального сырья определяется полнотой геологических и горно-технологических характеристик месторождения. Например, изученность средних содержаний полезного компонента в руде может быть пяти степеней: среднее по всему месторождению, по отдельным участкам, по технологическим типам руд, по сортам руд, по очистным блокам.

Достоверность разведки — это качество разведки и произведенного на ее основе подсчета запасов. Включает представления о: геологическом строении месторождений, участков, рудности блоков, рудных тел; форме и пространственном положении рудоконтролирующей структуры; контурах рудных образований на всех уровнях строения и их связей с элементами геологического строения; строении рудных образований и их продуктивности; количественной оценке прогнозных площадей; содержании полезных компонентов и запасах в масштабах рудных полей, месторождений, участков, блоков, рудных тел; представительности всех видов опробования, осуществляемых на месторождениях; геолого-геометрических построениях.

Суммарная достоверность разведки (запасов) определяется влиянием геологических, методических и технических факторов на достоверность каждого параметра, входящего в формулу подсчета запасов: $Q=S \cdot m \cdot d \cdot C$, где Q — запасы металла, S — площадь, m — мощность, d — объемный вес, C — содержание полезного ископаемого.

Приведенное определение достоверности разведки по содержанию близко определению, данному в Геологическом словаре (1973 г.), где под достоверностью понимается степень соответствия получаемых при разведке параметров действительным, характеризующим природные объекты.

Однако поскольку наряду с качественными показателями (представления о геологическом строении — форме и пространственном положении рудоконтролирующей структуры, морфологии рудных тел, составе рудовмещающих пород и т.д.) рассматриваются числовые характеристики геолого-разведочных параметров и запасов, понятие «достоверность разведки» переплетается с понятием «точность разведки». Последнее, по Геологическому словарю, — это «точность установления числовых значений геолого-промышленных параметров месторождения или тела полезного ископаемого, определяющих его конфигурацию, условия залегания, качественную характеристику полезного ископаемого и промышленную оценку в целом». Точность разведки обратно пропорциональна сумме погрешностей, возникающих в процессе топогеофизических и маркшейдерских работ, геологической документации и опробования, подсчета запасов, технологических испытаний и т.п. Точность разведки не может быть выше точности определения любого параметра, установленного с максимальной относительной погрешностью.

Таким образом, понятия «достоверность разведки» и «точность разведки» рассматриваются совместно, так как они взаимно дополняют друг друга.

Существует тенденция заменять понятие «достоверность» понятием «разведанность», что нельзя признать правильным. Минеральные тела могут быть хорошо разведанными, но плохо (не достоверно) изученными. Например, в случае, когда разведка не сопровождается нужными технологическими испытаниями, вследствие чего не может быть проведено правильное оконтуривание типов руд.

Методы оценки достоверности. Долгое время основным методом оценки достоверности был статистический, и кажущееся достоинство его стало немаловажной причиной застоя в разработке обсуждаемых вопросов. Продвижение вперед обозначилось в результате работ Д.А.Зенкова, И.П.Шарапова, В.В.Богацкого, А.Б.Каждана, А.И.Гольдфельда, В.Я.Зималиной.

Начиная с 60-х годов и до настоящего времени направление «достоверность разведки» развивается в Институте минеральных ресурсов (ИМР, ранее САИГИМС) Узбекистана. Основными направлениями этого направления являются В.П.Федорчук и П.А.Шехтман. Исследованы длительно разрабатываемые ртутно-сурьмяные месторождения (Хайдаркан, Никитовка, Чаувай, Сымап, Чонкой), сурьмяные (Кадамжой, Джижикрут), висмутовые (Устарасай), полиметаллические (Алтын-Топкан, Курусай, Замбарак), золоторудные (Кокпатас, Чадак, Кочбулак, Кызылалма, Марджанбулак). По достоверности разведки изданы четыре монографии и около сотни статей, защищены четыре кандидатских и одна докторская диссертации.

В настоящее время применяются четыре метода оценки достоверности: сравнительный, статистический, аналитический, геологический [7, 19].

При использовании *сравнительного метода* результаты предыдущего этапа изучения месторождения сопоставляются с последующими, считающимися более достоверными. Одним из видов этого метода является разрежение разведочной сети, при котором параметры (запасы, мощности, содержания), полученные по данным наиболее густой сети разведочных пересечений, принимаются за эталонные. С последними сравниваются результаты более разреженных сеток. К недостаткам метода относятся:

- принимаемая априори степень достоверности эталонного результата. Заранее считается, что он является самым точным и достоверным. Однако это далеко не так: зачастую запасы высоких категорий менее достоверны, чем запасы низких. Иногда за эталон принимаются данные, полученные в результате эксплуатации месторождения, в ходе которой допускаются крупные ошибки и неточности;

- слабо разработанная методика сравнения;

- отсутствие критерия оценки результатов сравнения. Последние обычно получают в виде показателя погрешности в абсолютных цифрах или процентах. Допустимость полученного результата определяется суждением.

Условия и возможности применения *статистического метода* изложены в работах П.А.Рыжова [15], И.П.Шарапова [18], В.И.Смелянец и др. [16], Д.А.Родионова [14]. Поскольку теоретическая база метода безупречна, применение его должно быть признано надежным. Однако область применения статистического метода ограничена из-за несоответствия признаков геологических явлений признакам статистической совокупности. Но и при отсутствии указанного несоответствия (опробование отбитой руды, вывод средних показателей минерализации для крупных месторождений) не всегда можно преодолеть сложности фактических распределений вариантов, в результате чего допускаются грубые ошибки при их аппроксимации. Численные значения ошибок оцениваются суждением.

Сущность *аналитического метода* заключается в разработке математического обоснования анализируемого геологического явления и использовании полученных теоретических положений для оценки достоверности его параметров. Так, достоверность вывода средних зависит от характера распределения вариантов совокупности. При ее оценке устанавливается тип статистического распределения, производится выбор соответствующего ему способа определений математического ожидания и вычисления доверительных границ этой статистики.

Геологический метод основан на тщательном изучении геологической обстановки, анализе и оценке достоверности методики получения геологической информации. Для большинства частных методик подобная оценка относительна. Пример использования геологического метода — оценка достоверности геологоразведочных разрезов, предложенная Д.А.Зенковым [3]. Вопросы оценки достоверности опробования рудных интервалов в скважинах освещены в работах С.А.Денисова [2], А.В.Поварова и Т.М.Марипова [13], А.Б.Натальина [12]. Достоверность разведки ангренических угольных месторождений проанализирована С.С.Айходжаевым [1]. Анализ применения методов достоверности показывает, что при оценке достоверности следует использовать все перечисленные методы, а не какой-либо один.

Рассмотрим методику оценки достоверности по отдельным параметрам с применением разных методов для каждого из них [6, 7, 11]. Анализ проводится по следующей схеме:

- достоверность геолого-геометрических построений: разведочных разрезов, структурных планов и проекций, оконтуривания геологических (рудных) тел;

достоверность параметров подсчета запасов: средних содержаний элементов в рудах, мощностей геологических тел, различных коэффициентов;

связь достоверности с техническими, методическими и геологическими факторами;

достоверность запасов как синтетический показатель прогнозных и промышленных запасов разных категорий.

В соответствии с основной задачей — выявлением причин, влияющих на достоверность разведки, фактический материал подбирается таким образом, чтобы найти факторы, определяющие достоверность вычисления каждого параметра, участвующего в подсчете запасов. Факторы, определяющие достоверность параметров оруденения, разделены нами на три группы [4, 5]:

Технические: а) искривления скважин и отклонения горных выработок, влияющие на точность определения площадей рудных блоков и мощностей рудных тел; б) выход керна, влияющий на достоверность данных по средним содержаниям и мощностям рудных тел; в) способы взятия проб; г) способы анализа проб;

методические: а) густота разведочных пересечений, характеризующая надежность разведочных данных; б) расположение разведочных выработок, определяющее степень достоверности выявления формы и пространственного поло-

жения рудоконтролирующих структур; в) форма разведочной сети; г) метод оконтуривания рудоносных блоков;

геологические: а) форма рудных тел, их размеры, ориентировка в пространстве и по отношению к рудоконтролирующим поверхностям, влияющие на выбор методики разведки и, следовательно, на достоверность ее данных; б) степень неравномерности распределения рудных тел в пределах рудоконтролирующей структуры, характеризующая различную вероятность подсекаания их разведочными выработками; в) форма и пространственное положение рудоконтролирующих структур, определяющие точность оконтуривания подсчетных блоков.

От перечисленных факторов зависит степень точности основных подсчетных параметров. В результате проведенных исследований выводятся общие коэффициенты, которые можно использовать при определении степени достоверности каждого из них (табл. 1).

Технические факторы. Искривление скважин влияет на точность определения площадей подсчетных блоков и мощностей рудных тел. Площадь блока, оконтуренного скважинами, должна соответствовать параметрам разведочной сети (рис. 1, S_1). В действительности же в результате искривления скважин она может изменяться от S_{II} до S_{III} в зависимости от радиуса отклоне-

1. Факторы, влияющие на ошибки параметров при подсчете запасов (численные значения для ртутного месторождения)

Учтенные факторы	Ошибки определения подсчетных параметров, ±%				Наибольшее значение ошибок, %
	<i>S</i>	<i>m</i>	<i>C</i>	<i>d</i>	
<i>Технические</i>					
Искривление скважин	8	15	—	—	15
Выход керна	—	9	+8	—	17
Отбор проб	—	—	+22	—	+22
Анализы и объемный вес	—	—	4	3	7
<i>Методические</i>					
Густота сети	50	15	25	—	20
Ориентировка сети	25	—	—	—	25
Форма сети	20	—	—	—	20
Метод оконтуривания рудоносных блоков	70	—	—	—	70
<i>Геологические</i>					
Морфология рудных тел	15	15	—	—	30
Степень неравномерности распределения рудных тел	60	60	—	—	120
Форма и пространственное положение рудоконтролирующей структуры	50	—	—	—	50
Средние ошибки	30	19	18	3	70
Наибольшие значения ошибок, %	70	60	60	—	—

Примечание. Средняя ошибка ±35%, максимальная — ±77%.

ния забоя скважины от проекции ее устья. Так, на ртутных месторождениях джаспероидного типа азимутальные искривления вертикальных скважин достигают 66° (в среднем 26°), зенитные — 43° (в среднем 17°). При глубине бурения около 200 м радиусы отклонения забоев составят в среднем 25 м (см. рис. 1). Фактически же оконтуренная площадь вместо 40×60 м может изменяться от 4×24 до 76×96 м. Фактические расхождения на примере упомянутых месторождений составляют 1–84% (в среднем 8%) на элементарный блок. Совершенные методы замера искривления буровых скважин позволяют уменьшить ошибку до предела точности замера искривления в соответствии с данными геологических и подсчетных разрезов.

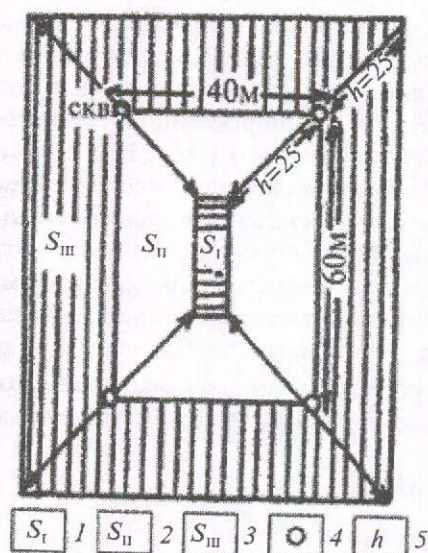


Рис. 1. Влияние искривления скважин на определение площади элементарного подсчетного блока (в плане):

1 — площадь прямоугольника со сторонами, равными средней густоте разведочной сети, принятой для месторождения $40 \times 60 = 2400 \text{ м}^2$; 2 — минимальная площадь прямоугольника, оконтуренная по искривившимся скважинам; 3 — максимальная площадь прямоугольника, оконтуренная по искривившимся скважинам; 4 — колонковые скважины; 5 — среднее отклонение забоев скважин (в плане)

Возможную величину ошибок в определении мощности геологического тела, обусловленную искривлением скважин, можно оценить по формуле: $m = n(\sin\beta \cos\delta - \sin\alpha \pm \cos\beta \sin\delta)$, где n — измеренное расстояние от кровли до подошвы геологического тела; β — угол падения геологического тела; δ — угол наклона линии измерения (ствола скважины); α — угол между азимутами простираения пород и линией измерения.

При отклонении ствола скважины по вертикали до ± 20 м истинная мощность может уменьшиться на 20–30%, при отклонении азимута ствола на 30° она может исказиться на 5–10%.

На 28 скважинах ртутного месторождения мощность рудовмещающего горизонта колеблется от 8 до 22 м (среднее 12 м), отклонения от истинной мощности, вызванные зенитным искривлением скважин, — 0–35% (среднее $\pm 15\%$).

Выход керна влияет на точность определения средней мощности геологических тел и средних содержаний элементов в полезном ископаемом. Определение мощности геологических тел по буровым скважинам зависит от точности установления контактов с вмещающими породами, а последняя, в свою очередь, — от интервалов бурения и секций керна. Обозначим интервал бурения im , выход керна по интервалу km . Тогда точность определения контакта, который мог возникнуть в любой точке бескернавого промежутка, равна $i-k$, а двух (лежащего и висячего) — $2(i-k)$ м. Общая точность определения мощности проходки (m) составит: $m = \pm 2(i-k)$ м.

На выбранном в качестве примера ртутном месторождении уходка за один рейс равна 0,04–4 м. Среднее ограничение рейса по рудной зоне 0,4 м. При мощности рудоносной зоны 20 м и отсутствии выхода керна по двум крайним подъемам оно составит 20 ± 8 м, или $\pm 4\%$. Максимальная ошибка при средней мощности рудных тел 9 м составит $\pm 9\%$. Таким образом, точность определения средних содержаний элементов зависит от выхода керна.

Опытами С.А.Денисова (последовательное додрабливание керна) установлено, что для богатых ртутных руд минимальный допустимый выход керна 55%, для средних — 47%, бедных — 40%. Фактический выход керна по рудоносным горизонтам 0–100% (среднее около 65%). Ошибка в определении содержаний ртути, подсчитанная для 63 проверенных восстающими скважин с более низким выходом керна, составит $\pm 8\%$. Эта цифра принимается в качестве показателя влияния выхода керна на точность определения среднего содержания при подсчете запасов.

При подсчетах запасов используются преимущественно результаты анализа керновых или бороздовых проб [10]. Достоверность каждой отдельно взятой пробы сравнительно невысока и зависит от изменчивости полезного ископаемого. Опробование (бороздовое, точечное) противоположных стенок горных выработок, повторное взятие бороздовых проб («борозда по борозде»), опробование дубликата рудного кер-

на дают, как правило, различные результаты. На ртутном месторождении до 1959 г. в пробу отбиралась продольная половина керна. При анализе дубликатов выявлено расхождение между результатами в среднем на 22% [12]. В нашем случае ошибка определения объемных весов руд составляет $\pm 3\%$.

Ошибки подсчитываются по данным внутренних и внешних контрольных анализов. На ртутном месторождении точность определения среднего содержания ртути $-0,03...+16\%$, что составит в среднем около $\pm 4\%$ (случайная ошибка).

Методические факторы. Густота разведочной сети обуславливает точность определения площадей, мощностей и содержаний. Для оценки влияния данного фактора на результаты подсчета запасов используется метод разрежения, который осуществляется двумя способами. Обычным является статистический, когда учитываются подсчетные параметры по всем пересечениям, а затем исключаются каждая вторая, третья и так далее выработки. За 100% принимаются запасы, подсчитанные для всех выработок. При меньшем числе выработок изменяются средние мощности рудных тел, содержания полезных компонентов и коэффициенты рудоносности. Оптимальной считается такая густота разведочной сети, при которой запасы подсчитаны с допустимыми отклонениями от истины.

Результаты расчетов на одном из участков ртутного месторождения приводятся в табл. 2. Для обеспечения точности подсчета запасов с ошибкой $\pm 25\%$ необходима разведочная сеть $26,7 \times 26,7$ (вариант 9). Как показали исследования, отклонения в подсчете запасов уменьшаются с увеличением площади участка независимо от числа разведочных пересечений. При интервале разведочной сети 50 м и достаточно значи-

тельной площади, соизмеримой с масштабами шахтных полей ртутного месторождения, отклонения средней мощности составляют $\pm 15\%$, среднего содержания металла $\pm 60\%$, средней площади $\pm 50\%$.

Достоверность данных разведки и подсчета запасов зависит от расположения разведочных пересечений. При этом играют роль направление интерполяции и ошибка аналогии. В общем виде эти зависимости выразить невозможно, однако они доступны для конкретного исследования. Запасы участка подсчитываются при разной ориентации сеток. Фактические данные проанализированы для трех ртутных месторождений. За 100% приняты запасы, подсчитанные при сетках 40×15 и 60×10 м, ориентированных строго вкрест простирания рудоносных зон. При изменении ориентировки разведочной сети расхождения в определении площадей рудоносных блоков составляют $\pm 50\%$ (среднее около $\pm 25\%$).

Ошибка возникает в результате несоответствия между формой разведочной сети и формой рудных тел. Для ртутных месторождений сравнение квадратной сетки $25 \times 25 = 625 \text{ м}^2$ с прямоугольными (от $30 \times 20 = 600 \text{ м}^2$), характеризующимися той же плотностью размещения разведочных выработок, позволяет во всех случаях отдать предпочтение прямоугольным. Сетка ориентирована вкрест простирания рудоносных зон, но расстояния между разведочными профилями и скважинами изменяются от 25 до 5 м. Минимальное отклонение подсчетных параметров и запасов наблюдается в тех случаях, когда отношение расстояний между разведочными профилями к интервалам между скважинами в профилях соответствует отношению длины рудных залежей к их ширине (оно колебалось от 3:1 до 6:1). Ошибка в определении площадей рудоносных блоков за счет формы сети 15–25% (среднее около 20%).

Как известно, запасы должны подсчитываться в контурах геологически и технологически однородных блоков, которые отстраиваются с учетом следующих факторов:

геологической позиции (размещение в однородной геологической позиции);

ведущего типа рудных тел и типа руд. В пределах каждого подсчетного блока рудные тела близки по структурно-геологическому типу, а руды характеризуются общим вещественным составом, т.е. технологически однотипны;

условий обработки. Каждый блок должен располагаться на одном эксплуатационном участке и обрабатываться по единой системе.

2. Изменение запасов по мере разрежения сети на одном из отработанных участков ртутного месторождения

Варианты подсчета	Число сечений	Сторона сети, м	Отклонение запасов, %
1	4886	6,0	0
2	2443	8,7	0
3	1699	10,6	0
4	1222	12,3	-15
5	977	13,7	+22
6	698	16,2	0
7	489	19,2	-6
8	376	22,1	0
9	258	26,7	-25

Нарушение перечисленных условий приводит к тому, что при нарезке очистных блоков часть запасов, относящихся к другим однородным блокам, не учитывается или списывается. Резко возрастают ошибки определения запасов по отдельным блокам и рудоносной структуре в целом. На ртутном месторождении запасы, подсчитанные в геометрических контурах, опирающихся на разведочные пересечения, сопоставлены с запасами естественных геологических контуров. Расхождения достигают в среднем 70%; эта цифра принимается за предел возможной ошибки.

Геологические факторы. Форма рудных тел, их размеры и расположение по отношению к рудоконтролирующим поверхностям влияют на определение их площади и мощности. Влияние морфологии рудных тел на ртутном месторождении оценивается путем сравнения геологических объектов с формами отработанных эксплуатационных камер. В геологической документации отсутствуют данные, необходимые для достоверного оконтуривания рудных тел; детальность опробования для этой цели недостаточна. Эксплуатационные камеры также не отражают истинных форм рудного тела. Они могут объединять несколько сближенных рудных тел или приспосабливаться к условиям отработки. Особенно часто остаются целики руды со стороны лежащего бока вследствие сохранения отметки подошвы откаточных выработок.

Морфология рудных тел является решающим фактором при определении достоверности подсчитываемых запасов. Причем, кроме формы, на степень достоверности определения запасов влияет и ориентировка рудных тел. На основе геологической документации установлено, что форма рудных тел на ртутных месторождениях близка к линзообразной, соотношение длины, ширины и мощности составляет в среднем 3:2:1, а угол падения рудного тела колеблется от 30 до 60°.

Таким образом, ориентировка разведочных выработок влияет на точность определения подсчетных параметров. Сопоставлялись мощности и площади рудных тел, определенные по данным вертикальных (скважины и пройденные по ним восстающие) и горизонтальных (рассечки) выработок по одному из отработанных участков ртутного месторождения. Отклонения в определении средней мощности и площади рудных тел составили 10–30%. Следовательно, если в процессе предварительной буровой разведки участка ведущие типы рудных тел выделяются недо-

статочно четко, то в определении средних мощностей неизбежны ошибки $\pm 15\%$.

Степень неравномерности распределения рудных тел в пределах рудоконтролирующей структуры влияет на определение площадей подсчетных блоков. В ходе эксплуатации ртутного месторождения установлено, что 20–40% фактически выявленных и отработанных рудных тел располагаются за пределами контуров подсчета, определенных по данным рудничной разведки, но в границах геологически однородных блоков. Ошибка в определении запасов в контурах подсчетных блоков, обусловленная неравномерностью распределения рудных тел, может быть равной примерно 60%.

Строение рудных тел также отличается крайней неравномерностью (в пределах каждого из них выделяются обогащенные рудные гнезда), поэтому в скважине, попавшей в контур рудного тела, может не быть кондиционных скоплений руд [17]. Об этом свидетельствуют данные перебурки отдельных скважин. Среднее расхождение по 28 перебуренным после искривления скважинам составляет $\pm 15\%$. Однако в частных случаях оно превышает десятикратные значения.

Степень неравномерности распределения рудных тел можно косвенно характеризовать коэффициентом рудоносности, представленным отношением суммарной площади рудных тел к общей площади подсчетного блока. Как показали эксперименты на статистических моделях с различными условиями насыщенности площади рудными телами, по данным бурения в пределах подсчетного контура можно выявить лишь около 50% рудных тел, размеры которых меньше «шага» разведочной сети.

Достоверность геологического прогнозирования в масштабах отдельного рудного участка проверена на двух объектах. Как показали исследования, наблюдавшиеся отклонения в общем незначительны, вследствие чего общие черты геологического строения и структуры участков заметно не изменились. Однако выявленные вновь косые разломы существенно влияют на характер внутреннего строения участков. Последние оказываются более раздробленными, состоящими из более мелких фрагментов. Естественно, при этом меняется конфигурация обнаруженных первоначально рудоносных блоков: нарушается их сплошность и они распадаются на более мелкие блоки, контролирующиеся складчатыми и небольшими косыми разломами. Это обуславливает расхождение в определении пло-

щадей отдельных блоков, достигающее в среднем 80%.

Для оценки достоверности прогнозирования в зависимости от формы и пространственного положения рудолокализирующих структур применительно к конкретному рудному телу сопоставлены два варианта геологических разрезов. Подтверждаемость оруденения, вскрытого скважинами, 44%. Степень достоверности геологического прогнозирования и подсчета запасов должна быть различной. Как показали исследования по оконтуриванию рудных тел на разных этапах разведки (рис. 2), на точность подсчета запасов не влияет степень детальности разведки. Это парадоксальное явление объясняется крайней неравномерностью распределения оруденения. Поэтому степень достоверности запасов зависит в первую очередь от того, насколько правильно установлены геологические факторы рудолокализации, т.е. насколько четко выделены и оконтурены рудолокализирующие поверхности.

На рис. 3 приведены примеры ошибок интерпретации строения ртутных месторождений. На достоверность разведки влияют:

представления о морфологии рудных тел.

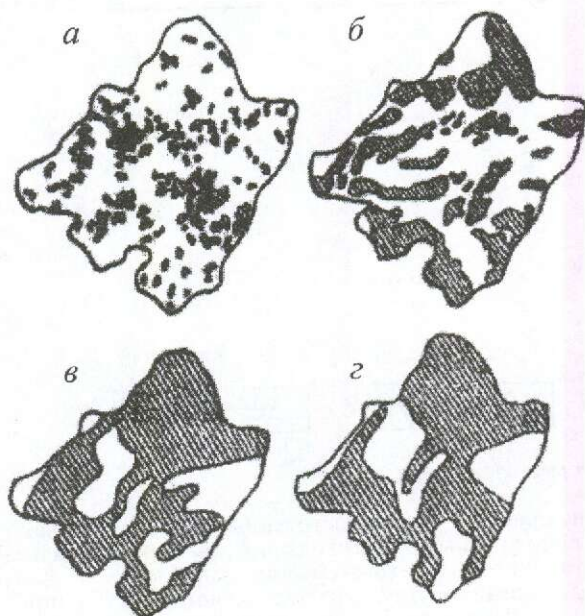


Рис. 2. Оконтуривание рудных блоков на участке в разных стадиях разведки:

a — эксплуатационной (рудничной) по максимальному числу выработок; *b* — детальной горной (без учета вееров скважин подземного бурения); *v* — детальной буровой; *z* — предварительной разведки

Рисовавшиеся на этапе разведки простые залежи усложняются на этапе эксплуатации, как и контуры рудных тел (Чонкой, Белокаменное, Перевальное);

крупные разрывные нарушения, считавшиеся при разведке безрудными (рудовыводящими), оказываются носителями оруденения (Караарчинский взброс на Хайдаркане и др.);

нарушение принципа однородности при оконтуривании рудоносных блоков, заключавшегося в выделении геологически однородных блоков с учетом их геолого-структурных позиций. Границы блоков должны быть по возможности геологическими. Желательно, чтобы рудовмещающие породы были представлены одними и теми же литологическими разностями, рудные тела характеризовались четко выраженными ведущими структурно-морфологическими типами, а слагающие их руды были однородными по условиям залегания, качеству и технологическим свойствам. Нарушение принципа однородности при оконтуривании вызвало значительные расхождения в запасах на ряде месторождений. Блоки должны включать всю мощность рудоносного горизонта (зоны), оконтуривание которого должно производиться по данным первичной документации, позволяющим выделить обогащенные участки с кондиционными рудами. Запасы в этом случае подсчитываются с применением коэффициента рудоносности;

неучитывание при оконтуривании и оценке запасов выклинивания оруденения на глубину. Этот факт на месторождении Перевальное (Кавказ) вызвал значительное расхождение подсчитанных и фактических запасов;

изменение в процессе изучения месторождения представлений о его структуре, которая значительно усложняется. Особенно хорошо это видно на структурных картах (см. рис. 3), где показан фрагмент структуры участка Южная Плавиковая гора (Хайдаркан) на этапе разведки и эксплуатации. Количество разломов, выявленных в период эксплуатации, увеличилось примерно втрое. А поскольку рудные тела локализуются на участках различных сочетаний разломов и трещин, естественно, неучет на начальных стадиях изучения роли разломов привел к неправильной оценке месторождения.

На полиметаллическом месторождении скарнового типа из-за отождествления понятия «скарн-руда» значительно расширены контуры промышленного оруденения, что вызвало неподтверждение запасов на нижних горизонтах [11].

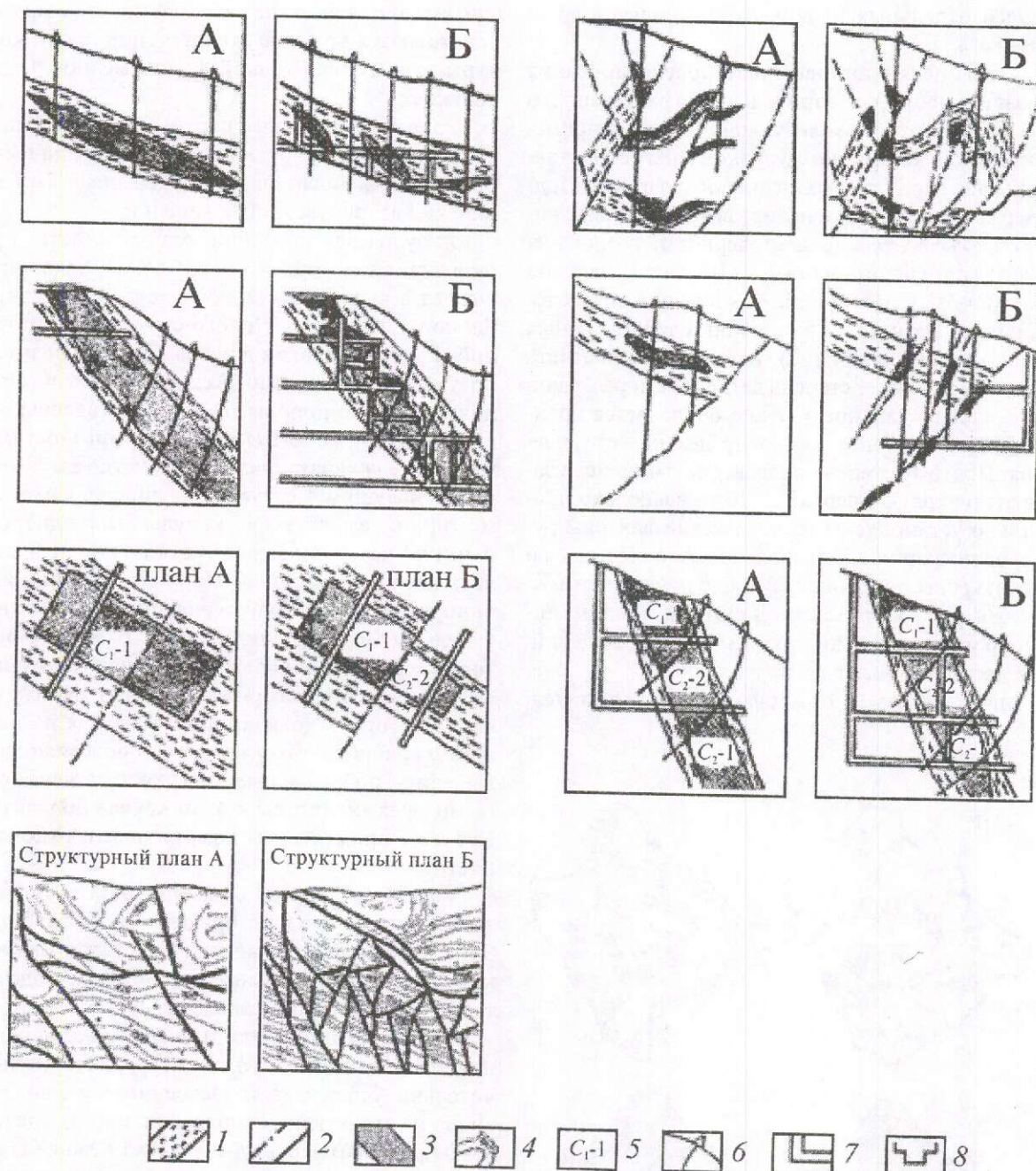


Рис. 3. Примеры ошибок интерпретации строения ртутных месторождений:

I — изменение представлений о морфологии рудных тел на просто- и сложнопостроенных месторождениях; II — усложнение контуров рудных тел; III — установление роли крупных рудовыводящих разломов в локализации оруденения; IV — нарушение принципа однородности при оконтуривании рудоносных блоков; V — выклинивание оруденения на глубину; VI — изменение представлений о структуре рудоносного участка; строение рудных тел и участков по данным: А — разведки, Б — эксплуатации; 1 — рудоносный горизонт; 2 — тектонические нарушения; 3 — контур оруденения; 4 — изогипсы; 5 — блокировки запасов; 6 — разведочные скважины; 7 — горные выработки; 8 — контур карьера

В связи с недостаточной изученностью морфологии рудных тел и геолого-структурных условий их локализации при геометризации под-

счетных блоков допускаются существенные ошибки. Так, на золоторудном месторождении Кокпатас (Узбекистан) из-за недоизученности

границы зоны окисленных и сульфидных руд не подтверждались запасы золота в блоках с окисленными рудами [8, 9].

Общая достоверность запасов. Использованные методы определения ошибок можно разделить на две группы: аналитические и статистические.

С помощью аналитических методов определены технические ошибки. Полученные для ртутного месторождения цифровые значения ошибок характеризуют точность определения данного параметра. Посредством статистических методов выявлены методические и геологические ошибки. На основе использования принципа уединения определяются суммарные ошибки, группирующиеся по степени изменения анализируемого фактора. Вычисляя допустимую ошибку определения подсчетной площади в зависимости от густоты сети, можно найти ошибку, для которой влияние всех остальных, в том числе и технических факторов, усреднено. Эти значения ошибок следует использовать с учетом приведенных выше соображений.

Данные табл. 1 позволяют судить о влиянии различных факторов на величину ошибок. Наибольшее значение суммарной ошибки — 70%, что обусловлено использованием приемов формального оконтуривания. Подобная ошибка возможна и при вычислении площади распространения полезного ископаемого.

Максимальные значения ошибок характерны при установлении мощности полезного ископаемого и содержания рудных компонентов.

Суммарную ошибку подсчета запасов можно вычислить по формуле

$$Q=(S\pm\delta_s)(m\pm\delta_m)(C\pm\delta_c)(d\pm\delta_d),$$

где δ_s — ошибки в определении площади, δ_m — то же, мощности, δ_c — то же, среднего содержания, δ_d — то же, объемного веса руды.

Усредняя данные табл. 1, мы исходим из того, что объемный вес найден безошибочно, остальные параметры определены с ошибкой $\pm 30\%$. Тогда $Q=(S\pm 0,3S)(m\pm 0,3m)(C\pm 0,3C)\cdot d=SmCd(1\pm 0,3)^3$. Следовательно, $Q_{\max}=SmCd1,3^3=2,2SmCd$; $Q_{\min}=SmCd0,7^3=0,3SmCd$.

Очевидно, ошибки для месторождений различного структурно-геологического типа будут различными. Для месторождений простого типа (выдержанный рудовмещающий горизонт, сравнительно простая морфология рудных тел и т.д.) их величина меньше, чем для месторождений сложных.

Степень достоверности закономерно повы-

шается и по мере увеличения масштабов разведанных объектов (при равных условиях разведанности). Так, запасы конкретного рудного тела, вскрытого единичной разведочной выработкой, могут не подтвердиться вовсе или в несколько (иногда до десятков) раз превысить ожидаемые. Для отдельных блоков, опирающихся на 4–8 разведочных выработок, границы расхождений составят 70–250%. Запасы обособленного рудного участка, оконтуренного 10–20 выработками, могут колебаться в пределах 30–150%. В целом по геологически индивидуализированной рудоносной структуре, соответствующей понятию «месторождение» (поле) или «рудный участок», расхождения в запасах не превышают в среднем $\pm 35\%$, лишь в редких случаях достигают $\pm 50\%$. Это необходимо учитывать в процессе эксплуатации.

Эталоны и аналогия при сопоставлении данных разведки и эксплуатации. Исследования достоверности разведки месторождений полезных ископаемых путем сравнения разведочных данных с эксплуатационными позволяют получить результаты, важные для теории и практики геологоразведочных работ. Они помогают рудничным (шахтным) геологам и горнякам в проектировании и ведении отработки тех месторождений, по которым проводится сравнительный анализ разведочных и эксплуатационных материалов. На основе анализа достоверности разведки могут быть выработаны оценочные критерии для вновь открываемых месторождений. Главным недостатком проводимых сравнений разведочных и эксплуатационных данных является во многих случаях ненадежность величин, фиксируемых при отработке: количества минерального сырья, объемов отработанных тел, средних содержаний полезных компонентов и др. В большинстве сопоставлений разведочных и эксплуатационных данных не указывается, как и в какой степени учитываются потери и разубоживание. Данные эксплуатационной разведки также бывают определены со значительными погрешностями и могут служить эталонами лишь там, где ставились специальные эксперименты для сравнительного анализа.

Для того чтобы сравнительный анализ разведочных и эксплуатационных данных был достаточно эффективен, необходимо тщательно определять эталонные значения соответствующих величин, выявляемых при отработке месторождения. В конечном счете получаемые запасы руды или полезного компонента должны быть близки к действительным.

Действительные запасы полезного ископаемого определяются из выражения $Z_3 - Q_D - Q^1 + q$, где Q_D — полное количество добытой минеральной массы на участке, на котором произведен подсчет запасов по данным разведки, предшествовавшей отработке; Q — количество пустых пород (в том числе некондиционного минерального сырья), извлеченных вместе с полезным ископаемым; q — потери в недрах полезного ископаемого, оставшегося или рассеянного на пути от места отбора до учета.

Как показали исследования по ряду рудных месторождений (ртутных, сурьмяных, висмутовых, вольфрамовых), потери (эксплуатационные, технологические) могут быть значительными. Например, на ртутно-сурьмяном месторождении Хайдаркан (Киргизия) за счет доработки запасов двух участков карьером дополнительная добыча ртути составила 34% от общего количества металла. В огарках, сточных водах и отходящих газах, по данным комбинатов, потери составляют не более 8%. Однако результаты опробования огарков и сточных вод показывают, что фактические потери здесь в 3–4 раза превышают данные, приведенные в технических отчетах завода. На вольфрамовом месторождении Ингички потери при эксплуатации в кровле более 30%.

На основании изложенного достоверность подсчитанных запасов может быть оценена объективно только с применением тщательного анализа комплексных данных разведки и отработки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Айходжаев С.С. К методике анализа достоверности разведки угольных месторождений на примере Ангрена // Тр. САИГИМС. Ташкент, 1964. Вып. 4.
2. Денисов С.А. Влияние принципов группировки данных опробования на достоверность средней оценки // Разведка и охрана недр. 1971. № 1.
3. Зенков Д.А. О точности разведочных разрезов // Советская геология. 1965.
4. Зималина В.Я. О некоторых ошибках разведки и подсчета запасов на ртутных месторождениях // Пути развития минерально-сырьевой базы горно-рудной промышленности Средней Азии. Ташкент, 1971.
5. Зималина В.Я. Определение достоверности разведки на ртутно-сурьмяном месторождении // Вопросы методики разведки, опробования месторождений полезных ископаемых и экономики минерального сырья. Ташкент, 1976. С. 91–105.
6. Зималина В.Я., Нехода Н.И., Тилляева Г.С. Достоверность разведки ртутно-сурьмяных месторождений согласного типа (Средняя Азия). — Ташкент: Фан, 1981.
7. Зималина В.Я. Достоверность разведки рудных месторождений Средней Азии с неравномерным распределением. — Ташкент: Фан, 1992.
8. Исаков М.У., Зималина В.Я. Геологическая достоверность золоторудного месторождения в вулканогенных породах // Узбекский геологический журнал. 1998. № 3. С. 45–50.
9. Исаков М.У., Исанова Г.Р., Зималина В.Я. Подтвержденность запасов на золоторудных месторождениях Республики Узбекистан // Руды и металлы. 2002. № 4. С. 31–40.
10. Коган И.Д. Подсчет запасов и геолого-промышленная оценка рудных месторождений. — Л.: Недра, 1971.
11. Королев В.Л., Зималина В.Я., Тилляева Г.С. Достоверность разведки некоторых полиметаллических месторождений Средней Азии. — Ташкент: Фан, 1977.
12. Натальин А.Б. К методике отбора керновых проб при разведке ртутно-сурьмяных месторождений // Разведка и охрана недр. 1963. № 10.
13. Поваров А.В., Маринов Т.М. Опыт анализа степени достоверности разведочных разрезов // Ученые записки САИГИМС. Ташкент, 1961. Вып. 5.
14. Родионов Д.А. Задача сопоставления средних содержаний логнормально распределенных компонентов в породах // Геохимия. 1962. № 8.
15. Рыжов П.А. Геометрия недр. — М.: Недра, 1964.
16. Смелянец В.И., Зималина В.Я., Королев В.А. Применение некоторых статистических задач при изучении закономерностей размещения оруденения (Методическое пособие). — Ташкент: САИГИМС, 1973.
17. Федорчук В.П. Методика поисков и разведки скрытого ртутно-сурьмяного оруденения. — М.: Недра, 1965.
18. Шаранов И.П. Применение математической статистики в геологии. — М.: Недра, 1965.
19. Шехтман П.А. Типы геологически однородных блоков и вопросы разведки эндогенных месторождений // Тр. Уральского политехнического института. Свердловск, 1977. Вып. 1. С. 77–100.

УДК 553 411:519.2 (575.1)

© М.У.Исаков, 2003

МЕТОДИКА ОЦЕНОЧНЫХ РАБОТ НА ЗОЛОТОРУДНОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ БАЛПАНТАУ, ЦЕНТРАЛЬНЫЕ КЫЗЫЛКУМЫ

М.У.Исаков (Институт минеральных ресурсов, Республика Узбекистан)

Рассматриваются особенности распределения золотого оруденения на месторождении Балпантау, расположенном в северной части Тамдытауских гор. Исходя из степени сложности геологического строения и уровня доступности внутреннего строения месторождения для визуального наблюдения применены методы математической статистики. Установлены основные статистические параметры, характеризующие распределение золотого оруденения в пределах рудных зон участков Южный и Северный Балпантау. Рекомендованы оптимальное количество разведочных выработок и возможная геометрия разведочной сети.

В связи с возрастанием темпов роста потребления минерально-сырьевых ресурсов перед разведчиками недр встает задача не только обеспечения текущих потребностей горнодобывающей отрасли экономики Узбекистана, но и сохранения опережающего роста разведанных (оцененных) запасов полезных ископаемых по сравнению с их добычей.

На территории Кызылкумского горнорудного района, располагающего значительной долей мировых запасов золота, наряду с известными крупными месторождениями золота (Мурунтау, Мютенбай, Амантайтау и др.) установлен ряд золоторудных объектов среднего и мелкого масштабов, характеризующихся достаточно обособленным набором признаков геологического строения. Некоторые из них — Аджибугут, Турбай и др. — прошли стадию предварительной оценки, и по ним подсчитаны запасы руды и металла. На территории Тамдытауских гор в пределах Тамдыбулак-Балпантауского рудного поля выявлено несколько объектов золоторудной минерализации (Тайман, Кызылташ, Кыныр, Коктас, Тамды, Балпантау, Джаманкум, Тамдыбулак и Майское). Среди них наибольший интерес представляет золоторудное месторождение Балпантау.

В структурном отношении площадь месторождения является фрагментом вулканокупольной структуры, по периферии которой развиты трещины отрыва и отслоения, послужившие вместилищем продуктов гидротермальной деятельности. На крайнем юге и юго-востоке отмечаются фрагменты крупной пологопадающей тектонической структуры надвигового типа.

Пликативные образования представлены редкими мелкими складками (размер крыльев 1–2 м). Оруденение локализовано в зонах дробления с гидротермальной проработкой пород в экзоконтакте с субвулканической интрузией.

Субгоризонтальные и пологопадающие рудные залежи располагаются по периферии интрузивного тела. Они содержат карбонатные и кварц-карбонатные, в меньшей степени кварцевые, полевошпат-кварцевые, барит-карбонат-кварцевые жилы и прожилки мощностью 0,5–1,5 м, протяженностью десятки метров.

По итогам ранее проведенных работ Аристовым в 1965 г. и Перепелицыным в 1984 г., площадь северного и южного экзоконтактов упомянутого субвулкана рассматривается как самостоятельное месторождение среднего масштаба, руды которого представляют интерес для кучного выщелачивания. Оценка промышленной значимости золоторудных объектов для кучного выщелачивания — новое направление для геологической отрасли Узбекистана. Вместе с тем, непрерывно усложняющиеся условия выявления, поисков и разведки новых источников минерального сырья требуют постоянного совершенствования научных и методологических основ проведения геологоразведочных работ (А.Б.Каждан, 1984).

Неравнозначная информативность горнобуровых работ и отсутствие обоснованных критериев выделения границ рудоносной зоны на Южном и Северном Балпантау негативно повлияли на определение пространственного положения и морфологических очертаний рудных тел. Выявление неоднородности строения рудо-

носовой зоны чрезвычайно важно для таких объектов, так как помогает выбирать методику и оптимальные условия проведения геологоразведочных работ. На основе количественных характеристик изменчивости важнейших свойств полезных ископаемых решаются все методические вопросы поисков, работ оценочной стадии, разведки, опробования и геолого-экономической оценки месторождений (А.Б.Каждан, 1984). Оценка изменчивости параметров и факторов, их взаимосвязей и пространственных соотношений — единая главная задача разведочных работ (С.А.Денисов, В.А.Королев, В.И.Смелянец, 1982).

Для количественной оценки изменчивости параметров рудного тела предложено более ста способов и показателей, которые можно объединить в группы математических, аналитико-эмпирических, графоаналитических методов. Математические методы основаны на использовании для количественного выражения изменчивости различных разделов математики (математическая статистика, теория случайной функции и др.).

Из всех показателей, количественно оценивающих случайную изменчивость, наиболее объективен и нагляден коэффициент вариации. В течение многих лет не прекращается работа над вопросом применения и совершенствования коэффициента вариации. В результате разносторонних исследований характеристики и количественной оценки закономерных взаимосвязей в распределении оруденения сделано заключение о том, что случайная составляющая изменчивости может использоваться для оптимизации методических решений при разведке (Ж.Матерон, А.Б.Каждан, Л.И.Четвериков). Поскольку месторождениям цветных, редких и драгоценных металлов в большинстве случаев свойственно преобладание случайной составляющей изменчивости, можно сделать вывод о том, что в основу оценки ошибки и оптимизации методики разведки должны быть положены показатели случайной изменчивости. Показатели же координированной изменчивости нужно использовать для уточнения (С.А.Денисов, В.А.Королев, В.И.Смелянец, 1982).

Статистические задачи, связанные с разведкой и эксплуатацией месторождений, сводятся в основном к оценке средних значений и характеристик рассеяния, анализу статистических связей между ними и проверке различных гипотез о средних значениях и дисперсиях различных выборок. Эти задачи решаются в условиях нормального закона распределения, поэтому иссле-

дование совокупности начинаем с проверки ее соответствия выборочным данным. Для нормального закона распределения функция имеет вид (С.А.Денисов, В.А.Королев, В.И.Смелянец, 1982):

$$F(x) = \frac{1}{\delta\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x e^{-(x-a)^2/2\delta^2} dx.$$

Кривая плотности нормального распределения симметрична относительно центра распределения и в идеале имеет значение функции $F(x)=1/2$. Вычислив значение нормальной функции распределения для каждого ряда параметров признака (среднее содержание золота, мощность, метрограмм), получаем долю координированной изменчивости $Q_{\text{зак}}$. Составив пропорцию $Q_{\text{зак}} \cdot 100\% / F(x)$, находим относительную долю координированной изменчивости $Q_{\text{зак}}$. При этом доля случайной изменчивости $Q_{\text{случ}} = 100\% - Q_{\text{зак}}$.

Таким образом, устанавливаются значения долей координированной и случайной составляющих изменчивости параметров золотого оруденения для Северного и Южного участков месторождения Балпантау по отдельности (из-за неравнозначности степени изученности).

Как показывают данные табл. 1, при среднем содержании Au 180 у.е. его колебания по рудным пересечениям колонковых скважин участка Северный Балпантау составляют от 80 до 1520 у.е. При среднем значении суммарной мощности по разведочным пересечениям 235 у.е. колебания составляют от 25 до 903 у.е. Метрограммы золота также варьируют в широких пределах — от 240 до 21 915; средний метрограмм по участку достигает 4233. При коэффициенте вариации общей изменчивости содержания золота участка Северный Балпантау 105,8% значение нормальной функции распределения составляет 0,21, или 42,4%, а доля случайной изменчивости — 57,6%. При коэффициенте вариации мощностей 83,4% значение нормальной функции распределения составляет 0,022, или 4,43%, доля случайной изменчивости — 95,57%. При коэффициенте вариации метрограммов Au 97,5% значение нормальной функции распределения составляет 0,012, или 2,35, а доля случайной изменчивости — 97,65% (рис. 1; см. табл. 1).

Таким образом, по всем параметрам золотого оруденения участка Северный Балпантау преобладает случайная составляющая изменчивости. При этом следует обратить внимание на то, что из всех параметров оруденения самое высокое значение коэффициента вариации присуще содержанию золота (103%), но при этом доля

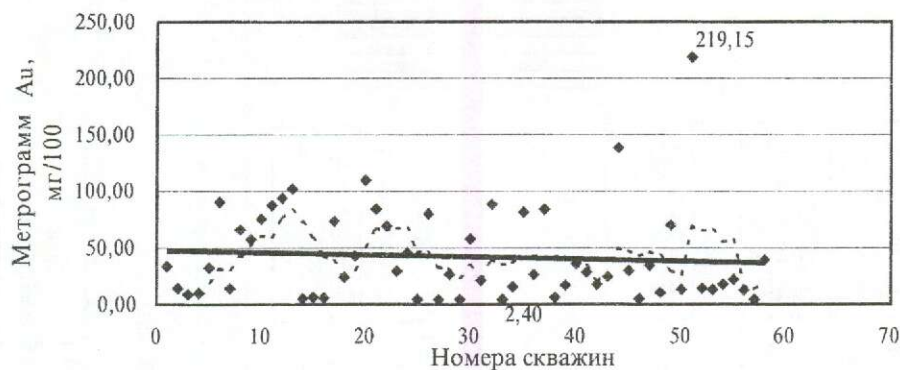


Рис. 1. Изменение метрограммов Au по разведочным пересечениям участка Северный Балпантау

случайной составляющей изменчивости самая низкая (57,6%). Скорее всего, это объясняется низким показателем дисперсии содержания Au (3,63). Как видно из графиков, при меньших колебаниях содержания золота наибольшие флуктуации сглаженной кривой (через пять точек) наблюдаются по мощностям и, следовательно, по метрограммам.

Интересен и тот факт (рис. 2, 3; см. рис. 1), что приведенные линии аппроксимации (линейный тип сглаживания) по всем параметрам золотого оруденения Северного Балпантау снижаются в восточном направлении, показывая общее уменьшение их значений с запада на восток.

Густота сети наблюдений предварительной оценки для Северного Балпантау не постоянная. Расстояние между разведочными профилями, ориентированными в меридиональном направлении, колеблется от 45–67,5 до 95 м, составляя в среднем 81,6 м.

В расчете средних расстояний между скважинами в профиле расстояния, равные 120, 160, 180 и 250 м, не учитывались, поскольку в этих частях профилей 26 и 32 проектом намечается бурение дополнительных скважин. Среднее расстояние между разведочными пересечениями в профилях изменяется от 40 до 84,2 м, а среднее расстояние между скважинами по всем разведочным профилям составляет 64,3 м. Таким образом, можно отметить, что длинная сторона ячейки с размером 81,6×64,3 м ориентирована в широтном направлении. Всего пробурено 102 скважины.

Пользуясь формулой вариационной статистики $P = \pm(Vt/n)^2$, где обоснована применимость коэффициента вариации для расчета ошибки P и коэффициента вероятности t , можно вычислить достаточное количество разведочных пересечений (при прочих равных условиях) в оцениваемом

мом объеме недр. Опираясь на коэффициент вариации, вычисленный по метрограммам, находим оптимальное число скважин n для участка Северный Балпантау (условно $P = \pm 10$; $t = 1,0$):

$$n = (tV/p)^2 = (1 \times 97,51/10)^2 = 95.$$

С определенной долей условности можно заключить, что количество разведочных пересечений, пройденных на Северном участке, при такой степени изменчивости наиболее характерного параметра, как метрограмм для золоторудных месторождений с неравномерным распределением оруденения, достаточно для определения подсчетных параметров с заданными ошибкой P и коэффициентом вероятности t ($102 > 95$).

По Южному участку результаты получены по схеме общей группировки данных в целом, а также в силу достаточного количества разведочных пересечений с разделением выборки по простиранию и падению рудоносной зоны. При такой группировке данных появляется возможность определения анизотропии в строении рудовмещающей структуры.

При коэффициенте вариации общей изменчивости содержания золота участка Южный Балпантау (табл. 2) 70,8% значение нормальной функции распределения составляет 0,18, или 36,3%, а доля случайной изменчивости — 63,7%. При коэффициенте вариации мощностей 82,5% значение нормальной функции распределения составляет 0,1, или 20%, доля случайной изменчивости — 80%. При коэффициенте вариации метрограммов Au 98,7% значение нормальной функции распределения составляет 0,045, или 9,1%, а доля случайной изменчивости — 90,9%. Таким образом, по всем параметрам золотого оруденения участка Южный Балпантау преобладает случайная составляющая изменчивости.

В отличие от Северного участка здесь самым

1. Статистические характеристики изменчивости параметров золотого оруденения участка Северный Балпангау

Наименование признака	Число данных	Колебания значений		Среднее значение	Стандартное отклонение	Коэффициент вариации	Экссесс	Дисперсия	Доля закономерной составляющей изменчивости, %	Закон распределения
		min	max							
<i>По пробам</i>										
Мощность	549	20	70	24,8	0,70	33,10	3,72	0,49		Нормальный
Содержание Au	549	80	1650	183	1,89	103,56	24,81	3,59		Логнормальный
Метрограмм Au	549	22	4950	4470	4,82	107,88	31,87	23,28		То же
<i>По сечениям</i>										
Мощность	58	25	903	234,9	19,60	83,44	1,18	384,2	4,43	Логнормальный
Содержание Au	58	80	1520	180	1,91	105,79	43,88	3,63	42,37	То же
Метрограмм Au	58	240	21 915	4233	41,28	97,51	4,66	1703,95	2,35	«

2. Статистические характеристики изменчивости параметров золотого оруденения участка Южный Балпангау (по сечениям)

Наименование признака	Число данных	Колебания значений		Среднее значение	Стандартное отклонение	Коэффициент вариации	Экссесс	Дисперсия	Доля закономерной составляющей изменчивости, %	Закон распределения
		min	max							
Мощность	200	20	520	143,0	11,80	82,50	0,70	138,80	20,0	Логнормальный
Содержание Au	200	80	900	176	1,20	70,80	10,10	1,60	36,3	То же
Метрограмм Au	200	160	16 320	2400	23,70	98,70	6,70	561,90	9,1	«

3. Статистические характеристики изменчивости параметров золотого оруденения по простиранию рудоносной зоны участка Южный Балпангау (по сечениям)

Наименование признака	Число данных	Колебания значений		Среднее значение	Стандартное отклонение	Коэффициент вариации	Экссесс	Дисперсия	Доля закономерной составляющей изменчивости, %	Закон распределения
		min	max							
Мощность	34	20	400	164,0	10,60	65,00	-0,70	113,30	7,3	Логнормальный
Содержание Au	34	80	630	190	1,90	67,90	3,20	1,70	46,4	То же
Метрограмм Au	34	160	7860	2900	2200	75,90	-0,50	484,10	2,8	«

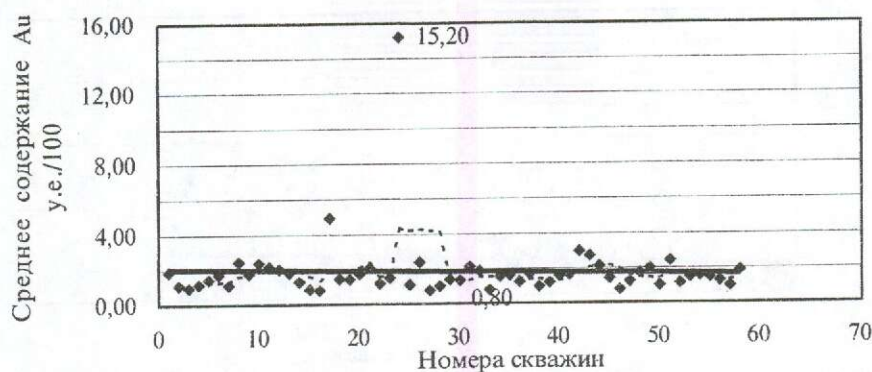


Рис. 2. Изменение среднего содержания Au по разведочным пересечениям участка Северный Балпантау

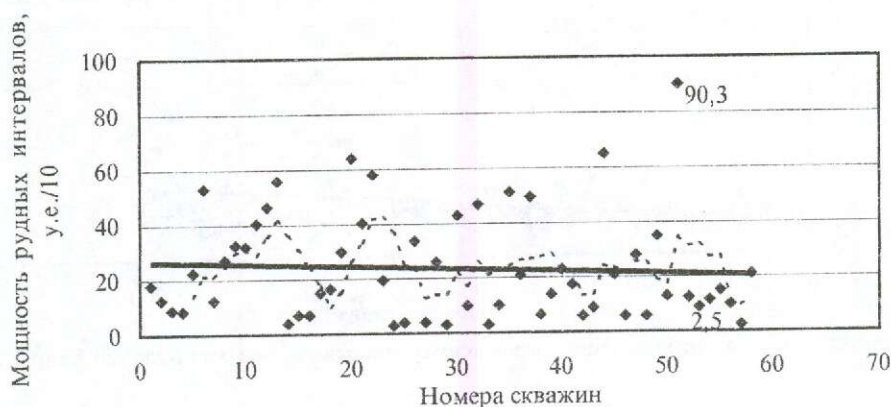


Рис. 3. Изменение мощности рудных интервалов по разведочным пересечениям участка Северный Балпантау

высоким значением коэффициента вариации (98,7%) и самым низким показателем доли координированной составляющей изменчивости (9,1%) характеризуется метрограмм золота. Это легко можно объяснить высоким показателем дисперсии метрограммов Au (561,9). Как видно из графиков (рис. 4–6), при меньших колебаниях содержания золота наибольшие флуктуации сглаженной кривой (через пять точек) наблюдаются по мощностям и, следовательно, по метрограммам.

На данном участке при незначительном снижении приведенной линии аппроксимации (линейное сглаживание) мощности с запада на восток в отличие от Северного Балпантау наблюдается четкая тенденция увеличения содержания золота по рудным пересечениям в восточном направлении. Этот фактор может служить существенным основанием для прогноза золотого оруденения (с промышленными содержаниями) восточного фланга южного экзоконтакта Балпантауского субвулкана (см. рис. 5).

Изменчивость параметров золотого оруденения по простиранию рудоносной зоны (по широте) относительно невысока по сравнению с общей изменчивостью (табл. 3). При среднем значении 190 у.е. содержание Au колеблется от 80 до 630 у.е. Коэффициент вариации содержания золота достигает 67,9%. Мощности рудных пересечений также варьируют в широких пределах от 20,0 до 400 у.е., среднее значение 164 у.е. Коэффициент вариации мощностей, вычисленный по разведочным пересечениям, 65%. Самый высокий коэффициент вариации наблюдается по метрограмму Au — 75,9%. Значимый показатель доли координированной составляющей изменчивости принадлежит содержанию Au — 46,4%, по мощностям — 7,34% и метрограммам — 2,78%. Вместе с тем, как видно из рис. 7, отмечается четкое увеличение среднего содержания золота по простиранию рудоносной зоны в восточном направлении от 0,9 у.е. (разведочная линия № 1) до 2,3 у.е. (разведочная линия № 17а).



Рис. 4. Изменение микрограммов Au по разведочным скважинам участка Южный Балпантау

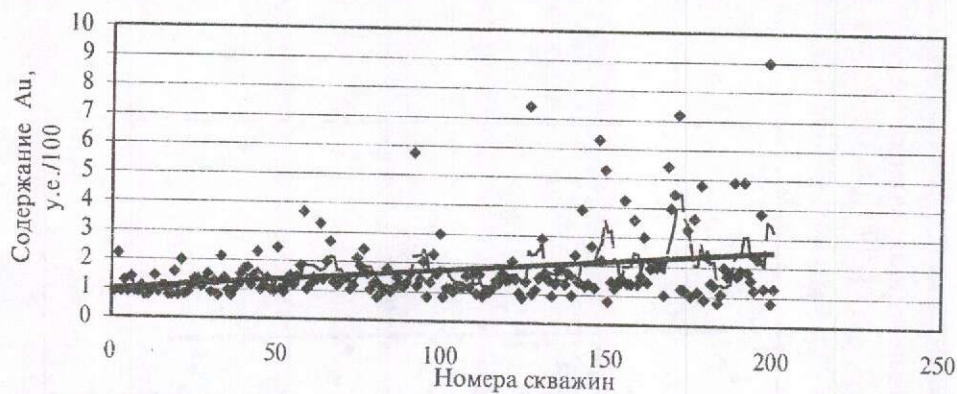


Рис. 5. Изменение среднего содержания Au по разведочным скважинам участка Южный Балпантау

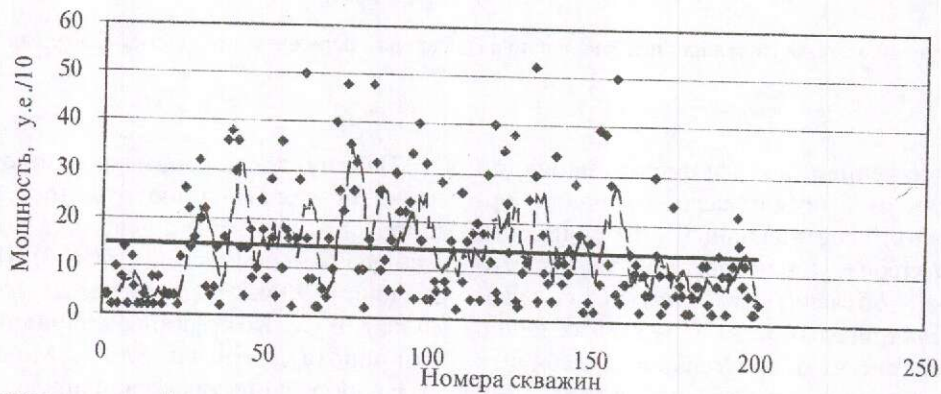


Рис. 6. Изменение мощностей рудных интервалов по разведочным скважинам участка Южный Балпантау



Рис. 7. Изменение содержания Au по простиранию рудоносной зоны участка Южный Балпантау (с запада на восток)

Исследования, проведенные для установления характера распределения оруденения по падению рудоносной зоны (в меридиональном направлении), показывают, что колебания средних значений параметров золотого оруденения также относительно высокие (табл. 4).

Метрограммы золота по падению рудоносной зоны Южного участка являются самым изменчивым параметром. Они колеблются от 420 до 4870 мг. Коэффициенты вариации от одной разведочной линии к другой меняются в очень широких пределах от 37,3 до 121,7%. Средний коэф-

4. Изменение коэффициентов вариации параметров золотого оруденения по падению рудоносной зоны участка Южный Балпантау

Номера линий		По мощностям зоны	По мощностям рудных пересечений	По метрограммам Au	По среднему содержанию Au
рудных	разведочных				
1	1a	113,8	68,3	73,1	22,1
2	2	156,1	61,2	62,2	27,5
3	2a	51,0	61,5	70,8	26,7
4	3	74,9	81,5	94,2	31,2
5	3a	56,0	43,3	37,3	42,9
6	4	56,9	89,0	80,0	56,6
7	5	69,7	52,5	69,5	30,9
8	5a	49,1	74,2	79,3	29,2
9	6	45,6	56,5	44,9	88,5
10	7	89,5	74,6	63,5	46,3
11	9	92,0	86,2	78,4	106,4
12	12	40,7	48,3	44,9	46,6
13	13	99,5	67,3	82,1	58,6
14	14	56,8	46,6	63,6	36,3
15	15	79,6	80,6	121,7	70,0
Средний коэффициент вариации, %		75,4	66,1	71,0	48,0

Примечание. За единицу совокупности приняты данные по скважинам, усредненные по разведочным линиям.

Содержание золота по разведочным линиям колеблется в относительно близких пределах от 100 до 320 у.е. Коэффициенты вариации содержания золота неравнозначны по отдельным разведочным линиям, колеблются в пределах от 22,1 до 106,4%. Вычисленное среднее значение коэффициента вариации содержания золота в целом по падению Южной зоны равняется 48%, т.е. в два раза меньше, чем его значение по простиранию.

Мощности рудных пересечений меняются в относительно широких пределах от 40–262 у.е. При среднем значении 66,1% коэффициенты вариации мощностей составляют от 43,3 до 89%. По сравнению с общим коэффициентом вариации мощностей в целом по Южному участку коэффициент вариации по падению зоны меньше на 20%, а по сравнению с простиранием зоны — на 11%.

коэффициент вариации по падению зоны 71,0%.

Если для определения анизотропности в распределении золотого оруденения как по простиранию, так и по падению рудоносной зоны Южного участка можно оперировать только значениями коэффициента вариации метрограммов, то можно констатировать, что по сравнению с общим коэффициентом вариации метрограммов в целом по участку (98,7%) по падению этот показатель (71,0%) меньше на 28% и что по сравнению со средним коэффициентом вариации метрограммов по простиранию рудной зоны (82,4%) по падению этот показатель меньше на 14%. Следовательно, неравномерное распределение золотого оруденения на участке Южный Балпантау в большей степени характерно для простирания рудовмещающей зоны (рис. 8).



Рис. 8. Изменение коэффициентов вариации содержаний Au по падению рудоносных зон по разведочным линиям участка Южный Балпангау (с запада на восток)

Для Южного участка плотность разведочной сети также не постоянна. В общей сложности пройдено 229 скважин (из них восемь колонкового бурения) в 34 разведочных линиях. Расстояние между разведочными разрезами от 22,5 до 69 м, в среднем составляет 41,2 м. Расстояние между скважинами в линиях изменяется от 20,8 до 56,7 м, а в среднем по всем разведочным линиям равняется 39,4 м. В среднем густота 40×40 м соответствует квадратной сетке. Учитывая относительно невысокую анизотропность в характере распределения оруденения, для условий Южного Балпангау больше соответствовала бы прямоугольная сеть с ориентировкой длинной стороны ячейки в меридиональном направлении.

Для проверки соответствия применяемой геометрии и плотности разведочной сети в условиях Южной рудоносной зоны используем формулу вариационной статистики $P = \pm(Vt/n)^2$, где обоснована применимость коэффициента вариации для расчета ошибки P и коэффициента вероятности t . Опираясь на коэффициент вариации, вычисленный по метрограммам, находим оптимальное число скважин n для участка Южный

Балпангау (учитывая большую разведанность Южного участка по сравнению с Северным, $P = \pm 7$; $t = 1,0$):

$$n = (tV/p)^2 = (1 \times 98,7/7)^2 = 199.$$

С определенной долей условности можно сделать вывод, что количество разведочных пересечений (229 скважин), пройденных на Южном участке, при такой степени изменчивости наиболее характерного параметра, как метрограмм для золоторудных месторождений с неравномерным распределением оруденения, больше чем достаточно для определения подсчетных параметров с заданными ошибкой P и коэффициентом вероятности t ($226 > 199$). Можно констатировать, что количество пройденных разведочных пересечений на 12% больше требуемого и, следовательно, можно сказать о незначительной переразведке Южного участка.

Итак, средние значения подсчетных параметров как Северного, так и Южного Балпангау в достаточной степени точны, а запасы руды и металла при прочих равных условиях (достоверности и представительности опробовательских работ и др.) достоверны.

СТРОЕНИЕ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ



УДК 553.2:550.84.092

© И.З.Исакович, 2003

МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ ОРЕОЛЫ ЗОЛОТО-ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ БЕРЕГОВСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ

И.З.Исакович (ЦНИГРИ МПР России)

Золото-полиметаллическое оруденение на Береговском рудном поле сопровождается ореолами прожилков и вкрапленностью кварца, карбонатов, сульфидов меди, свинца, цинка, оксидов и гидроксидов железа и т.д. Систематическое картирование агрегатов этих минералов с учетом их состава, структурно-текстурных особенностей и временных взаимоотношений позволяет проследить в пространстве скрытые рудные зоны и дать их предварительную оценку.

Береговское рудное поле расположено во внутренней зоне Карпат вблизи их сочленения с Паннонским срединным массивом [1]. В геологическом строении района участвуют образования двух структурных этажей. Нижний представлен комплексом вулканогенно-осадочных пород предположительно Т-Ж возраста, верхний — чередующимися осадочными и вулканогенными толщами неогена. На Береговском месторождении основная масса золото-полиметаллических руд локализована в туфовидных липаритах, являющихся, по мнению А.Я.Радзивилла и других исследователей, высказанному в 1978 г., субвулканическими образованиями. Золото-полиметаллическое оруденение концентрируется в мощных полях сольфатарных аргиллизитов, сменяющихся на глубине площадными ореолами адуляризации, альбитизации и локальными телами кварц-полевошпатовых (адуляровых, адуляр-альбитовых и альбитовых) метасоматитов. Внешние зоны метасоматических ореолов характеризуются господством каолининовых и гидрослюдистых преобразований с тенденцией к снижению на глубине роли кремнистых пород [5, 6]. Процессы адуляризации проявлены лишь на рудоносных участках, где они тесно связаны с золото-полиметаллическим оруденением, а адуляр является одним из основных минералов предрудных и синрудных парагенезисов.

В пределах Береговского рудного поля главная рудоконтролирующая роль принадлежит Береговскому разлому северо-западного простирания, а также серии вулканических куполов,

развитых по периферии рудного поля, — Торофюго, Золотистый, Керек и др. (рис. 1).

Рудные тела («рудные зоны», по терминологии местных геологов) приурочены к серии разрывных нарушений северо-восточного (Береговский участок) и субширотного (Мужиевский участок) направлений и выделяются некоторыми исследователями в качестве самостоятельных месторождений. Морфологически рудные тела представлены жилами и жильными зонами и штокверками. Первый тип характерен для основной массы рудных тел Береговского месторождения и для средних и глубоких горизонтов Мужиевского месторождения. Второй тип свойствен только верхним горизонтам Мужиевского месторождения. Жилы и жильные зоны сложены кварц-колчеданно-полиметаллической минерализацией с самородным золотом при варьирующем соотношении нерудной и рудной составляющих. Штокверки образуют на верхних горизонтах месторождения изометричные тела в плане, сходящиеся вниз на конус. Они сложены кварц-каолинит-диккитовой минерализацией с развитием тончайшей сети прожилков и вкрапленности кремневидного кварца с баритом, опалом, халцедоном и самородным золотом.

Рудные тела Береговского и Мужиевского месторождений трассируются прожилково-вкрапленными минералогическими ореолами, включающими весь набор минералов, характеризующих процесс рудообразования на изученных промышленных объектах. Детально вопросы минералогии, типоморфизма отдельных ми-

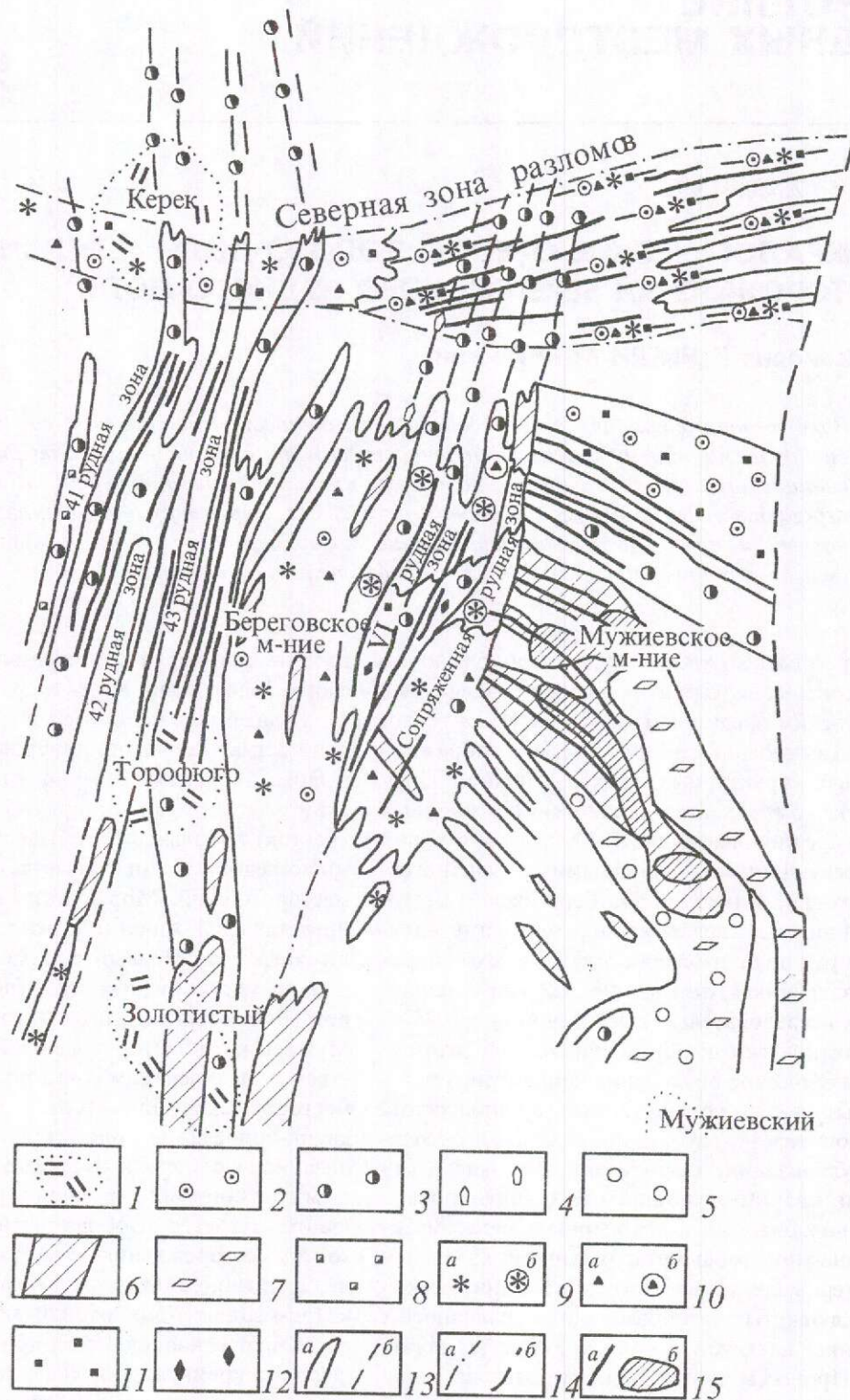


Рис. 1. Схематическая карта минералогических ореолов Береговского рудного поля:

1 — экструзивно-купольные тела риолитов; минералогические ореолы: 2 — молочно-белый кварц, 3 — амethystовидный кварц, 4 — друзовидный кварц, 5 — опал, халцедон, 6 — барит, прожилки, 7 — барит, вкрапленность, гнезда, 8 — гематит, 9 — сфалерит (а — прожилки, б — гнезда), 10 — галенит (а — прожилки, б — гнезда), 11 — пирит, 12 — халькопирит; 13 — границы ореолов (а — прослеженные, б — предполагаемые); 14 — тектонические нарушения (а — рудоконтролирующие разломы, б — прочие); 15 — рудные тела (а — золото-полиметаллические, жильные, б — собственно золотые, штокверковые)

нералов, а также последовательности минералообразования изложены в работах многих авторов (2, 3, 4; А.Е.Косенко и др., 1985). Анализ имеющихся материалов и наблюдения автора при минералогическом картировании на Береговском рудном поле в течение 1989–1991 гг. позволили выделить широкий спектр минералогических ореолов, определить их временные соотношения, а также составить карту минералогических ореолов (таблица; см. рис. 1). Были получены новые данные о строении известных рудных зон и их отдаленных флангов, выявлен характер минералогических ореолов в участках развития экстрозивно-купольных построек.

Приближение к рудным зонам месторождений фиксируется по последовательной смене в пространстве ореолов рассеянной вкрапленности пирита и сидерита ореолами анкеритовой минерализации. Данные ореолы, становление которых происходило в предрудную стадию, локализируются в вулканогенных породах, в различной степени затронутых пропилютоидными преобразованиями (см. таблицу). Анкерит отмечается в тесном сростании с минералами кварц-полевошпатовых метасоматитов, образуя пятнистые и прожилковидные обособления («веснушчатые» породы).

Интенсивность развития ореолов с анкеритовой минерализацией определяется интенсивностью развития рудовмещающих кварц-полевошпатовых метасоматитов с альбитом и адуляром, составляя 10–50% от объема вмещающих пород на Береговском месторождении и 5–20% на Мужиевском. При этом намечается общая тенденция в нарастании интенсивности процесса анкеритизации от флангов (5–10%) к центральной части (20–50%) рудных зон. Эта закономерность наиболее отчетливо проявлена на Береговском месторождении, что, по-видимому, обусловлено различиями в интенсивности предрудного окварцевания (большая на Береговском месторождении, меньшая на Мужиевском). В рудную стадию формировалась основная масса минералогических ореолов Береговского рудного поля (см. таблицу). Последние более разнообразны по составу. Из нерудных минералов широко развиты разновидности кварца (молочно-белый, аметистовидный, серый) с тонкозернистой, шестоватой и друзовидной структурой, характерны также опал, халцедон, барит. Сульфидная минерализация представлена пиритом, халькопиритом, галенитом, сфалеритом с различными соотношениями перечисленных минералов в ореолах. Типичные минералы гипогенного окисления — это гётит, гидрогётит, гидрогематит. Отме-

чаются широкие вариации в структурно-текстурных особенностях сульфидов. Наряду с прожилково-вкрапленной минерализацией, характерны их пятнистые и гнездовые обособления: аллотриоморфнозернистые агрегаты сменяются гипидиоморфнозернистыми, метакристаллическими, колломорфными и т.д.

Остановимся на тех типоморфных свойствах минералогических ореолов, которые фиксируются визуально и без труда прослеживаются при минералогическом картировании. Как видно из таблицы, становление продуктивных минералогических ореолов проходило в течение ранней и поздней рудных стадий, а также кварц-баритовой и карбонат-гидроксидной. Они приурочены к участкам протяженных линейных рудолокализирующих и рудоподводящих структур, трассируя рудные зоны и отдельные рудные тела (см. рис. 1). Мощность ореолов, обрамляющих рудные тела, обычно не превышает 50 м. В случае пространственного совмещения серии рудных тел она может резко возрастать вследствие суммарного эффекта до 500 м.

Колчеданно-полиметаллические ореолы ранней сульфидной стадии представлены прожилками молочно-белого и серого кварца тонкозернистой и шестоватой структуры с вкрапленностью и прожилковидными обособлениями пирита, халькопирита, сфалерита и галенита (соотношение кварца и сульфидов колеблется от 1:1 до 1:2, вплоть до полного преобладания сульфидов). Ореолы колчеданно-полиметаллического состава наиболее развиты на Береговском месторождении. На Мужиевском месторождении они проявлены лишь на участках развития осадочных пород, насыщенных дорудной пиритовой минерализацией. В зоне контакта жил и прожилков колчеданно-полиметаллического состава с альбит-кварцевыми метасоматитами, содержащими обильную вкрапленность «веснушчатого» анкерита, происходит укрупнение агрегатов последнего и соответственно обогащение прожилков анкеритом.

Поздняя сульфидная стадия характеризуется формированием ореолов аметистовидного кварца с постоянным присутствием галенита, сфалерита, пирита и гематита. Состав и соотношения сульфидных минералов существенно варьируют, что приводит к образованию ряда фациальных «аметистосодержащих» ореолов (аметист-сфалерит-галенитовых, аметист-сфалеритовых, аметист-гематитовых). Данные ореолы типоморфны для Береговского месторождения, а на Мужиевском развиты только на северном флан-

Последовательность формирования минералогических ореолов на Береговском рудном поле

Стадии	Ведущие минералы	Морфология ореолов и их минеральных скоплений	Интенсивность ореолов, %	Тип оруденения
Пропилитовидная (дорудная)	Пирит Сидерит	Мелкие линзовидные тела с рассеянной вкрапленностью кубического пирита Тела объемного замещения с рассеянной вкрапленностью сидерита	<1	
Полевошпат-кварцитовая (предрудная)	Кварц-гематит, кварц-пирит Сидерит-анкерит-пирит	Ореолы столбовообразной формы в жерловых частях экстремальных построек. Минерализация ориентирована согласно с флюидальностью пород. Гематит — сноповидные агрегаты, пирит тонкозернистый кубический Жилообразные и неправильной формы тела объемного замещения в участках развития рудопродвигавших структур. Пятнистые и гнездовые обособления минералов	15	
Ранняя сульфидная	Кварц-карбонат-пирит-халькопирит-сфалерит-галенит	Ореолы жилообразной и линзовидной формы с прожилками и вкрапленностью минеральных агрегатов, трассирующие тыловые части рудопродвигавших структур. Кварц прожилков молочно-белый, серый, тонкозернистый, шестоватый	25	Золото-колчеданно-полиметаллический
Поздняя сульфидная	Гематит-кварц-карбонат (Fe-кальцит, кальцит)-пирит-сфалерит-галенит	Протяженные жилообразные ореолы неважнодержанной мощности с прожилками, вкрапленностью, гнездовыми обособлениями минералов, трассирующих линейные разломные рудоносные структуры. Кварц амгистовидный, серый, шестоватый	35	Золото-полиметаллический
Кварц-баритовая	Кварц (халцедон, опал)-барит (флюорит)	Мелкие линзовидные, жило- и пластообразные ореолы с прожилками, пятнами, вкрапленностью и друзовидными обособлениями минералов в пустотах выщелачивания (фронтальные части рудопродвигавших и рудопродвигавших структур)	20	Собственно золотой
Карбонат-гидроксидная	Сидерит (Fe-кальцит, кальцит)-гематит-кварц, гидроксиды железа	Ореолы объемного замещения часто воронкообразной формы с вкрапленностью, пятнами и гнездовыми обособлениями минералов во фронтальных частях рудоносных структур	5	

ге. Ореолы аметистовидного кварца имеют значительную протяженность по простиранию и падению рудных зон, трассируя линейные разломные зоны.

Ореолы кварц-баритовой минерализации, формирующиеся в заключительный период рудообразования, содержат резко пониженное количество сульфидов, представленных прожилками и гнездами галенита, реже сфалерита. Барит в ореолах образует маломощные прожилки, сложенные тонкопластинчатыми агрегатами, а также выполняет многочисленные пустотки выщелачивания, развиваясь в виде друзовидных скоплений. В парагенезисе с баритом постоянно присутствуют волосовидные прожилки и друзовидные агрегаты кварца.

Ореолы кварц-баритового состава играют резко подчиненную роль на Береговском месторождении (1%), приобретая существенное значение на Мужиевском (до 15%), а также на южных флангах обоих месторождений (см. рис. 1). Минералогические ореолы ранней и поздней сульфидной и кварц-баритовой стадий вмещают основную часть промышленного золото-колчеданно-полиметаллического и собственно золотого оруденения (см. таблицу; рис. 1).

Описанные выше минералогические ореолы, довольно выдержанные в направлении простирания рудоносных структур, последовательно сменяют друг друга по их падению или восстанию, образуя зональный ряд различной контрастности. По характеру вертикальной зональности на Береговском рудном поле можно выделить три типа золотоносных рудных зон с проявлением неконтрастной, слабоконтрастной и контрастной зональности (рис. 2).

Рудные зоны с неконтрастной зональностью преимущественно развиты на Береговском месторождении (рудные зоны 41, 42, 43 — см. рис. 1, 2). Они сопровождаются протяженными ореолами аметистовидного кварца с вкрапленностью гематита, галенита, сфалерита. Данные ореолы выдержаны по составу как по простиранию, так и по падению рудоносных структур.

Рудные зоны с неконтрастной зональностью преимущественно развиты на Береговском месторождении (рудные зоны 41, 42, 43 — см. рис. 1, 2). Они сопровождаются протяженными ореолами аметистовидного кварца с вкрапленностью гематита, галенита, сфалерита. Данные ореолы выдержаны по составу как по простиранию, так и по падению рудоносных структур.

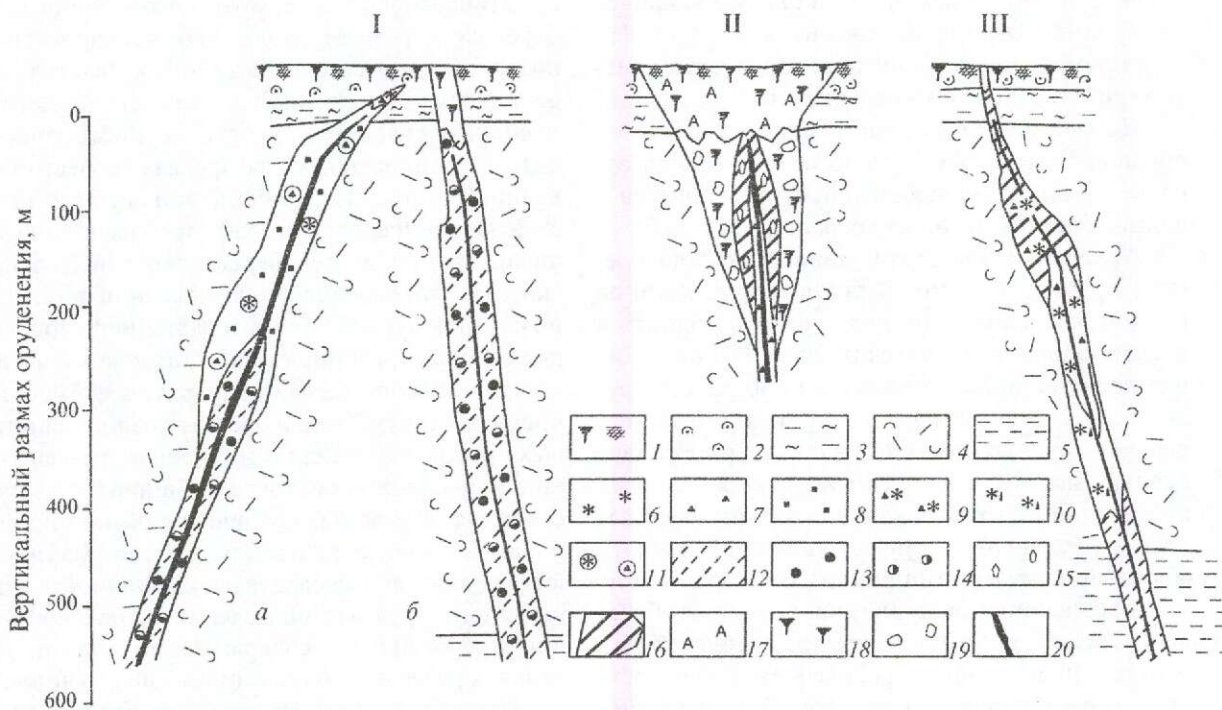


Рис. 2. Типы зональности минералогических ореолов рудных тел изучаемых месторождений:

I — Береговское месторождение (а — слабоконтрастная, б — неконтрастная зональность); II — Мужиевское месторождение (слабоконтрастная зональность); III — Мужиевское месторождение (контрастная зональность); 1 — почвенно-растительный слой; вмещающие породы: 2 — верхние туфы, 3 — верхняя осадочная толща, 4 — средние туфы и инъективные образования, 5 — нижняя осадочная толща; минералогические ореолы: 6 — сфалерит, 7 — галенит, 8 — пирит, 9 — галенит:сфалерит 2:1, 10 — сфалерит:галенит 2:11, 11 — гнезда сфалерита и галенита, 12 — прожилки пирит-галенит-сфалеритового состава; рудный кварц: 13 — серый, 14 — аметистовидный (тонкозернистые и шестоватые образования), 15 — друзовидный; 16 — барит; 17 — alunит; 18 — гидроксиды железа (пятна, прожилки); 19 — пустоты выщелачивания, заполненные друзовидными скоплениями кварца, карбоната, барита; 20 — рудные тела

Слабоконтрастная зональность свойственна рудным зонам как Береговского, так и Мужиевского месторождения (см. рис. 2). Для рудных зон Мужиевского месторождения этот тип зональности проявляется в развитии на верхних горизонтах рудных зон ореолов кварц-баритовых прожилков, насыщенных на глубине вкрапленностью галенита. На Береговском месторождении слабоконтрастный тип зональности выражается в изменчивости структурно-текстурных особенностей минеральных агрегатов. На верхних горизонтах в ореолах аметистовидного кварца распространены гнездовидные скопления сфалерита и галенита, сменяющиеся на глубине их прожилково-вкрапленной разностью с возрастающей ролью в ореолах колчеданно-полиметаллической минерализации.

Контрастный тип зональности (см. рис. 2) типичен для рудных зон Мужиевского месторождения и локально проявлен на флангах отдельных рудных зон Береговского месторождения. Данный тип зональности обусловлен развитием на верхних горизонтах ореолов кварц-баритовых и баритовых прожилков, сменяющихся на глубине существенно галениновой, далее сфалеритовой и на самых нижних горизонтах халькопирит-пиритовой минерализацией.

По генезису зональность минералогических ореолов Береговского рудного поля можно отнести к стадийно-фациальной, отражающей эволюцию состава рудоносных растворов.

Анализ состава картируемых минералогических ореолов с позиций установленных типов рудной зональности позволил автору подойти к решению ряда практических задач. Основной из них является прослеживание в пространстве рудолокализирующих структур, а в их пределах отдельных рудных тел. Эта задача приобретает особую значимость, поскольку увязка рудных подсечений при разведке скважинами представляет определенную трудность и может быть многовариантной. Например, на Береговском месторождении вследствие довольно однообразного состава минералогических ореолов большинства рудных зон с проявлением неконтрастного типа зональности ореолов. В то же время выдержанность в пространстве ореолов аметистовидного кварца с вкрапленностью сульфидов дает возможность уверенно прослеживать рудные зоны далеко за пределами месторождения и определять элементы залегания этих зон. Как показало минералогическое картирование на северном и южном флангах Береговского месторождения, простираение рудных зон меняется с

северо-восточного на субмеридиональное. В северном направлении наблюдается резкое уменьшение мощности ореолов, вплоть до их исчезновения, что свидетельствует о выклинивании рудных зон (см. рис. 1).

Увязку отдельных рудных подсечений в пределах минералогических ореолов необходимо проводить с учетом залегания последних. При отсутствии визуальной зональности минералогических ореолов достоверно оценивать уровни рудных подсечений можно только с помощью показателей геохимической зональности. На флангах Береговского месторождения, где «растянутая» и слабоконтрастная зональность ореолов сменяется контрастной, пространственная ориентировка рудных тел соответствует элементам залегания зонального ряда выявленных ореолов. На Мужиевском месторождении, где большинство рудных зон характеризуются контрастным типом зональности минералогических ореолов, увязка отдельных рудных подсечений осуществляется в плоскости развития зонального ряда минералогических ореолов.

Минералогическое картирование в пределах Береговского и Мужиевского месторождений позволило провести на отдельных участках переоценку промышленной значимости известных рудолокализирующих структур, а также проследить последние далеко за пределами месторождений (см. рис. 1). Наибольший интерес представляют минералогические ореолы в зоне сочленения рудных тел Береговского и Мужиевского месторождений. В выделенной нами Сопряженной рудной зоне развиты минералогические ореолы, представленные прожилками и гнездовыми обособлениями сфалерита в субмеридиональных структурах, и ореолы поздних баритовых прожилков с гнездами галенита, трассирующие зоны трещиноватости субширотного простираения. В участках сочленения разноориентированных минералогических ореолов наблюдаются значительные раздувы в их мощности с локализацией рудных подсечений, характеризующихся ураганными содержаниями золота. Детальная разведка Сопряженной зоны с учетом ее структурных особенностей представляет интерес для выявления рудных столбов золотосодержащих руд.

Минералогическое картирование на северном фланге Береговского рудного поля в пределах известной группировки рудных тел, локализующихся в зоне субширотного Северного разлома, позволило выделить наиболее перспективный участок с промышленным оруденением.

Как видно из рис. 1, в Северной зоне разлома рудные тела трассируются протяженными ореолами молочно-белого кварца с колчеданно-полиметаллической минерализацией (ранняя сульфидная стадия — см. таблицу). Данный суммарный ореол сужается в западном направлении и расширяется в восточном, распадаясь на несколько струй. В западной части Северного участка, наряду с ореолами колчеданно-полиметаллической минерализации субширотного простирания, фиксируется серия локальных крутопадающих ореолов аметистовидного кварца северо-восточного «береговского» простирания (поздняя сульфидная стадия — см. таблицу), что является отражением северного продолжения структур VI рудной зоны Береговского месторождения (см. рис. 1).

Анализ золотоносности руд северной группировки рудных тел, показал, что повышенные содержания золота в них характерны для контура сопряжения двух указанных типов минералогических ореолов, а за его пределами золотоносность резко падает. В последнем случае ореолы позднего аметистовидного кварца отсутствуют, и рудные тела сопровождаются минералогическими ореолами ранней сульфидной стадии (см. таблицу; рис. 1). Предполагается, что участки сопряжения ореолов аметистовидного кварца северо-восточного простирания и субширотных ореолов молочно-белого кварца с рассеянной вкрапленностью сульфидов благоприятны для локализации рудных столбов.

Представляет также интерес прослеживание известных рудолокализирующих структур за пределами участков промышленного оруденения. Так, на северном фланге Береговского месторождения ореолы аметистовидного кварца, продуктивные на золото-полиметаллический тип оруденения, уменьшаются в мощности и экранируются Северной зоной разломов, что свидетельствует о выклинивании «береговских» рудолокализирующих структур в северном направлении. В то же время на южном фланге рудного поля (район участков Торофюго и Золотистый — см. рис. 1) выдержанность ореолов аметистовидного кварца на значительных расстояниях указывает на продолжение рудолокализирующих структур в южном направлении. По латерали в этом направлении отмечаются элементы контрастной зональности минералогических ореолов, выражающиеся в появлении, наряду с аметистовидным кварцем, ореолов барита с опалом и халцедоном, количественная роль которых резко возрастает на крайнем юге

(участок Золотистый). Появление ореолов баритовой минерализации, постоянное присутствие опала и халцедона, являющихся типоморфными для собственно золотого типа оруденения, — благоприятный признак обнаружения последнего на южном фланге Береговского месторождения.

Как указывалось выше, собственно золотой тип оруденения существенно развит на Мужиевском месторождении, локализуясь в ореоле рассеянной кварц-баритовой минерализации (см. рис. 1). При минералогическом картировании выяснилось, что данный ореол прослеживается и за пределами промышленного оруденения, протягиваясь в южном и юго-западном направлениях со значительным расширением и погружаясь на глубину до 200 м. В вертикальной плоскости наблюдается зональный ряд минералогических ореолов (см. рис. 1). Это выражается в появлении на горизонтах +50–0 и 0–50 м ореолов аметистовидного кварца с вкрапленностью сфалерита. Появление на южном фланге зонального ряда разновозрастных минералогических ореолов позволяет предположить наличие здесь рудоподводящей структуры. Последняя по простиранию трассируется ореолами кварц-баритового состава, вмещает штокверковые золоторудные тела, приближение к которым фиксируется по резкому возрастанию интенсивности баритизации и окварцевания (см. рис. 1). Наличие на южном фланге Мужиевского месторождения рудоподводящей структуры отмечается и в геохимическом поле первичными ореолами Au, Ag, Pb, Cu, Zn. Благодаря проведенному минералогическому картированию на южном фланге Мужиевского месторождения расширяется фронт поисковых работ на обнаружение собственно золотого оруденения.

Практическое применение минералогических ореолов не исчерпывается вышеизложенным. Различные параметры картируемых ореолов были использованы нами при разработке комплекса критериев приближения к скрытым рудным объектам по латерали и вертикали, а также при оценке масштаба ожидаемого оруденения. Обобщение имеющихся материалов и углубленное изучение минералогических, околорудных метасоматических и геохимических ореолов позволило составить для золото-полиметаллического оруденения Береговского рудного поля поисковую минералого-геохимическую модель. Последняя была использована при оценке новых площадей, перспективных в отношении выявления промышленных рудных тел.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лазаренко Э.А., Гнилко М.К., Зайцева В.Н. Металлогения Закарпатья. – Львов: Изд-во Львовского ун-та, 1968.
2. Лазаренко Э.А., Козловский Л.М. Условия образования и закономерности пространственного размещения минералов во вторичных кварцитах Береговского района (Закарпатье) // Минералогия рудных месторождений Украины. Киев, 1984. С. 183–198.
3. Матковский О.И., Скаун Л.З., Ремешило Б.Г. Минералогическая зональность Береговского золото-полиметаллического месторождения (Закарпатье) // Мат-лы Всесоюзного совещания «Современные методы преподавания минералогических дисциплин и проблемы поисков минералов». Владивосток, 1990. С. 68–70.
4. Минералогия Закарпатья / Е.К.Лазаренко, Э.А.Лазаренко, З.К.Барышников и др. – Львов: Изд-во Львовского ун-та, 1963.
5. Фишкин М.Ю. Минералогические фации и условия образования вторичных кварцитов Береговского холмогорья в Закарпатье // Минералогический сборник Львовского ун-та. 1958. № 12. С. 143–158.
6. Фишкин М.Ю. Метасоматические процессы в вулканических породах Закарпатья и их роль в рудообразовании // Проблемы петрологии и генетической минералогии. М., 1970. С. 103–123.

УДК 552.323.6 (571.56)

© И.П.Илупин, 2003

КИМБЕРЛИТЫ ЯКУТИИ — ЛИНЕЙНОЕ РАСПОЛОЖЕНИЕ ТРУБОК И ВЕЩЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ**И.П.Илупин (ЦНИГРИ МПР России)**

Некоторые кимберлитовые трубки и дайки Алакит-Мархинского и Далдынского полей Якутской провинции имеют линейное расположение в плане (цепочки). По вещественному составу (прежде всего по алмазонасности, содержаниям ильменита и граната) соседние трубки часто различаются. Цепочки однотипных кимберлитов вытянуты не более чем на 4–5 км. Предполагается, что близкие по составу трубки — это производные локальных глубинных очагов, возникающих при эволюции единого для поля крупного магматического очага. Линейное расположение кимберлитовых тел связано с близповерхностной структурой зон повышенной проницаемости вмещающих пород.

Сразу же после открытия кимберлитов в Якутии геологи обратили внимание на линейное (в плане) расположение некоторых групп трубок и даек. В первой монографии, посвященной кимберлитам Якутии [1], в северной части Далдынского поля описана линейная цепочка субширотного простирания (длиной около 18 км), которую образуют трубки Сибирская, Удачная, Полярная, Фестивальная, Соседняя, Дайковая, Малютка. Позднее поблизости от трубки Сибирская была найдена трубка Синильга, к западу от трубки Полярная — трубка Студенческая, к востоку от трубки Малютка — трубки Аргыс и Иксовая. Длина цепочки возросла примерно до 23 км. В юго-восточной части того же поля

линейную группу составляют трубки Молодежная, Ленинградская, Геофизическая и Долгожданная. Позднее по-соседству с трубкой Долгожданная была обнаружена трубка Нюрбинская, и длина цепочки возросла до 4 км. Был сделан вывод о приуроченности кимберлитовых трубок к определенным структурным линиям почти широтного простирания [1].

Расположение кимберлитовых тел хорошо изученных Алакит-Мархинского и Далдынского полей показано на рис. 1 и 2. Эти поля нередко рассматривают совместно под названием Далдыно-Алакитский район. Алакит-Мархинское поле ради краткости нередко называют Алакитским; ниже применяется этот термин.

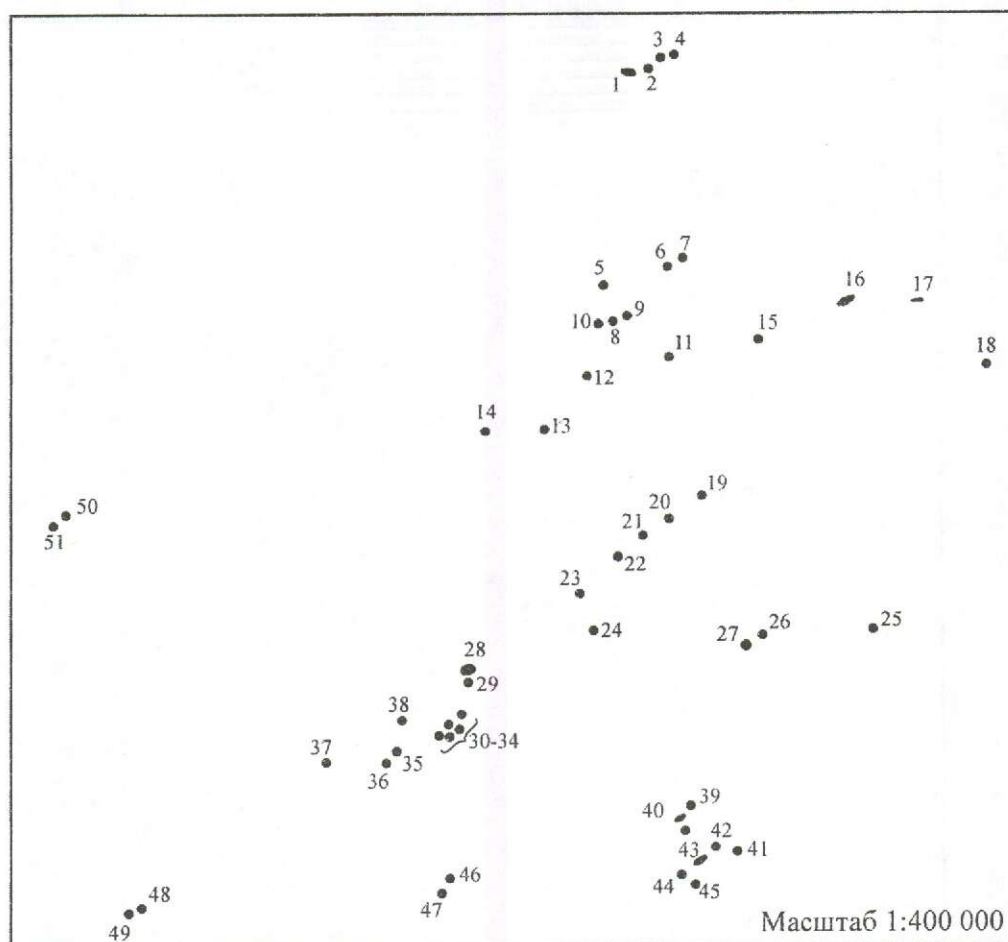


Рис. 1. Схема расположения кимберлитовых тел в Алакит-Мархинском поле:

1 — НИИГА, 2 — Маршрутная, 3 — Радиогеодезическая, 4 — Талисман, 5 — Искорка, 6 — Коллективная, 7 — Светлая, 8 — Начальная, 9 — Смежная, 10 — Веселая, 11 — Магистральная, 12 — Москвичка, 13 — Мархинская, 14 — Кира, 15 — Олимпийская, 16 — Сытыканская, 17 — Снежинка, 18 — Дружба, 19 — Победа, 20 — Геохимическая, 21 — Кисмет, 22 — Восток, 23 — Салют, 24 — Липа, 25 — Комсомольская, 26 — Юность, 27 — Молодость, 28 — Юбилейная, 29 — Озерная, 30–34 — группа ЦНИГРИ-Радиоволновая, 35 — Амакинская, 36 — Файнштейновская, 37 — Кылахская, 38 — им. Одинцова, 39 — Лира, 40 — Айхал, 41 — Надежда, 42 — Заря, 43 — Подтрапповая, 44 — Октябрьская, 45 — Сувенир, 46 — 30 лет Айхала, 47 — Байтахская, 48 — Краснопресненская, 49 — Алакитская, 50 — Нева, 51 — Славутич; увеличенными значками показаны крупные и сильно удлиненные в плане трубки

В северной части Алакитского поля по вещественному составу, в частности, по своеобразному расположению фигуративных точек на графике «термоЭДС — содержание MgO в ильмените» выделены группы трубки НИИГА и трубки Искорка [6]. Вероятно, кимберлиты этих групп связаны с самостоятельными глубинными очагами. Остальные трубки и дайки Алакитского поля будем считать принадлежащими «основной части» поля.

Кимберлиты группы НИИГА выделяются самыми высокими в Далдыно-Алакитском райо-

не содержаниями вкрапленников оливина: в пяти объектах из семи изученных содержание оливина более 20%; среди остальных 77 объектов района столь же высокое содержание (22%) найдено только в трубке Дружба; в остальных случаях оно не более 20%.

Кимберлиты группы Искорка выделяются наличием циркона (тысячные доли процента) и самым низким содержанием хрома в ильменитах. В четырех изученных объектах этой группы средние содержания Cr_2O_3 в ильмените 0,30; 0,34; 0,49 и 0,61%. Минимальные средние вели-

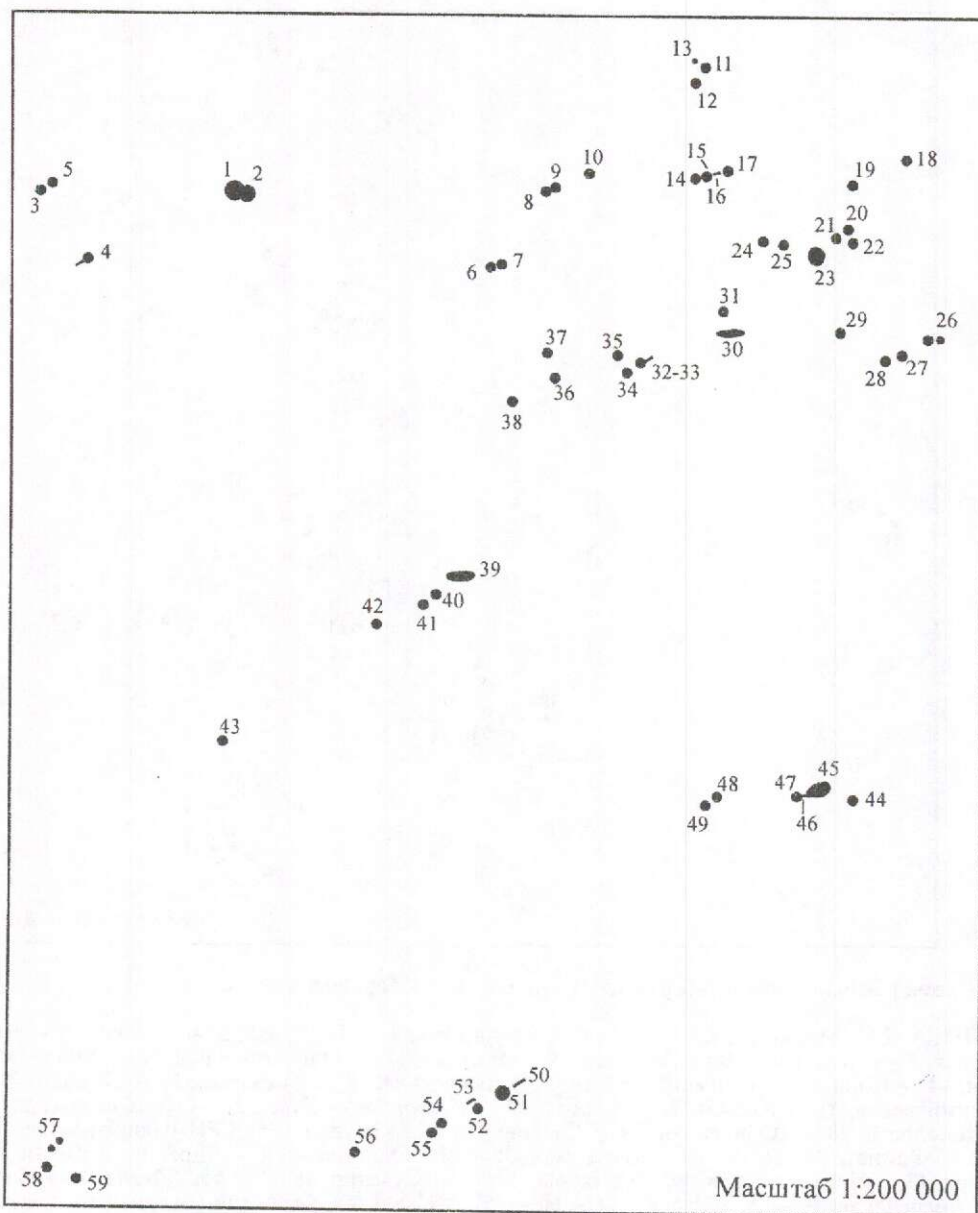


Рис. 2. Схема расположения кимберлитовых тел в Далдынском поле:

1 — Удачная-западная, 2 — Удачная-восточная, 3 — Сибирская, 4 — Полуночная (трубка и дайка), 5 — Синильга, 6 — Любимая, 7 — Волжанка, 8 — Студенческая, 9 — Полярная, 10 — Фестивальная, 11 — Буковинская, 12 — Горняцкая, 13 — жила 75, 14 — Соседняя, 15 — Дайковая (трубка и дайка), 16 — дайка Б, 17 — Малютка, 18 — Иксовая, 19 — Аргыс, 20 — Электра, 21 — им. Попугасвой, 22 — Чебурашка, 23 — Зарница, 24 — Невидимка, 25 — Макатойская, 26 — Летняя (два тела), 27 — Зимняя, 28 — Осенняя, 29 — Прогнозная, 30 — Мастахская, 31 — Веснушка, 32-33 — Эндир и жила 73, 34 — Эврика, 35 — Аэромагнитная, 36 — Далдынская, 37 — Овал, 38 — Рот-фронт, 39 — Якутская, 40 — Ильменитовая, 41 — Академическая, 42 — Аэросъемочная, 43 — Украинская, 44 — Молодежная, 45 — Ленинградская, 46 — дайка Геофизическая, 47 — Геофизическая, 48 — Долгожданная, 49 — Нюрбинская, 50 — жила 70, 51 — Дальняя, 52 — Саратовская, 53 — жила 74, 54 — Угадайка, 55 — Ну, погоди, 56 — Мамбо, 57 — Загадочная (два тела), 58 — Снегопадная, 59 — Тайная; увеличенными значками показаны крупные и сильно удлиненные в плане трубки

чины того же показателя в кимберлитах группы НИИГА 0,89% (изучено 4 объекта), в основной части Алакитского поля 0,79% (18 объектов), в Далдынском поле 0,57% (53 объекта).

Важнейшие данные, позволяющие сравнивать между собой отдельные трубки (или блоки внутри сложных трубок) — это содержания так называемых индикаторных минералов (главным

образом ильменита (пикроильменита) и пиропы), определяемые при изучении тяжелых фракций дробленых проб. Содержания их в кимберлитах варьируют в весьма широких пределах от 0,0001% и менее до 0,8–1,0% для пиропы и до 3,5% для ильменита. Другие глубинные минералы — оливин (реликты свежего оливина), хромшпинелиды, хромдиопсид — в заметных количествах в тяжелой фракции встречаются реже. Сюда нами не рассматривается, так как в большинстве случаев она замещена хлоритом или вермикулитом и при обработке проб попадает в легкую фракцию.

Другими данными, позволяющими сопоставлять трубки, являются содержания вкрапленников оливина (чаще всего приходится иметь дело с псевдоморфозами по оливину), ксенолитов вмещающих нижнепалеозойских терригенно-карбонатных пород и кристаллических пород фундамента. Сведения о содержании этих компонентов получены путем подсчета на распиленных поверхностях штуфов по сериям параллельных линий (прочерченных препарировальной иглой). Такой прием аналогичен известной в петрографии методике подсчета компонентов с помощью интеграционного столика, когда сумма отрезков, приходящихся на данный компонент, делится на суммарную длину линий, а результат (умноженный на 100) принимается за объемный процент. Внося поправку на содержание ксенолитов, получаем содержание оливина на «собственно кимберлитовое» вещество. Например, если в результате подсчета получено 10% оливина и 20% ксенолитов, то «собственно кимберлитовое» вещество составляет 80% штуфа. Затем делим 10% на 0,8 и получаем 12,5% оливина. В кимберлитах изучаемого района содержание оливина (с поправкой по ксенолитам) от 3,5 до 23,5%, ксенолитов вмещающих пород от 0,1 до ~45%, ксенолитов кристаллических пород 0,1%, очень редко до 4–5%. Предлагаемая методика подсчета не применима в случаях вскрытия выработками только рыхлого материала. Не удастся подсчитывать оливин и в тех образцах, где серпентиновые псевдоморфозы по оливину плохо различимы на карбонат-серпентиновом фоне основной массы.

Одна из характерных особенностей трубок (блоков) — размер вкрапленников глубинных минералов. Крупные желваки ильменита и граната далеко не всегда приурочены к тем трубкам, где данного минерала много. Так, в наиболее богатых гранатом (около 0,9% по массе) трубках Загадочная и Снегопадная Далдынского

поля гранат мелкий, в основном менее 5 мм в поперечнике, тогда как в массивном кимберлите трубки Геофизическая (граната 0,07%) найдены желваки граната, измеряемые первыми сантиметрами.

Весьма полезный показатель для сравнения трубок — особенности химического состава индикаторных минералов. Различия между трубками по содержанию хрома в гранатах показаны в работе [10]. Приведены сведения для 11 трубок Далдыно-Алакитского района. Доля граната, содержащего более 10% Cr_2O_3 (по отношению ко всему гранату) составляет от 0,6 (трубки Восток, Овал) до 16,1% (Айхал). Успешно используются также особенности состава ильменита, в частности содержания хрома [2]. Cr_2O_3 в ильменитах Далдыно-Алакита (средние по трубкам) от 0,30 (трубка Коллективная) до 4,33% (Смежная). Результаты анализа ильменита методом ИНАА рассмотрены в работе [5]. Концентрация Та в ильменитах Далдыно-Алакита от 101 (трубка Байтахская) до 324 г/т (Рот-фронт); концентрация Нf от 7,4 (Загадочная) до 30,9 г/т (Любимая).

В ряде случаев надежно сопоставлять трубки позволяет средняя толщина келифитовых кайм (оболочек). Зерна граната в кимберлитах окружены реакционными так называемыми келифитовыми каймами (КК). Толщина каймы обычно измеряется десятками долями миллиметра, редко превышает 1 мм. Цена деления окулярной линейки микроскопа МБС-1 при объективе $2\times$ — 0,05 мм, что позволяет определять толщину КК с достаточной точностью. Средняя толщина КК по трубке вычисляется как среднее арифметическое из суммы размеров кайм на отдельных зернах пиропы. Необходимое условие для измерения келифитовых кайм — достаточно высокое содержание граната в данной трубке (блоке). Не удастся измерить каймы и в тех телах, где вскрыт только рыхлый материал.

Кимберлиты отдельных тел (блоков) различаются также по особенностям их химического состава, прежде всего по содержаниям Ti, Fe, Al, K, P.

Сходство кимберлитов, слагающих некоторые близко расположенные трубки (Невидимка и Зарница, Молодежная и Ленинградская, Смежная и Начальная), «по внешнему облику» было отмечено в упомянутой монографии [1]. Дальнейшее изучение трубок подтвердило эти визуальные оценки.

Трубки Зарница и Невидимка (Далдынское поле) близки по содержанию ильменита (порядка 1%), средней толщине келифитовых кайм на пиропе (0,215–0,216 мм), содержанию ксенולי-

тов вмещающих пород (18–23%), среднему содержанию Cr_2O_3 в ильмените (0,85 и 0,81%). Содержания ильменита широко варьируют в разновидностях трубок Молодежная (около 0,2–0,7%) и Ленинградская (около 0,1–1,2%), но в обоих случаях ильменит резко преобладает над гранатом (~20:1–50:1). Размеры келифитовых кайм близки (0,33–0,38 мм в Молодежной, 0,24–0,33 мм в Ленинградской). Концентрации Sc в ильменитах обеих трубок 24–27 г/т. В трубках Начальная и Смежная в отличие от большинства изученных тел Алакитского поля пироп (0,03–0,045%) преобладает над ильменитом (~0,01%), повышено содержание хромшпинелидов. В этих трубках средние содержания Cr_2O_3 в ильмените самые высокие (3,7–4,3%), тогда как в других трубках этого поля они не более 2,5%. Близки по описанным параметрам трубки Соседняя и Дайковая Далдынского поля. Они имеют сходный внешний вид, близкие содержания ильменита (0,39 и 0,36%), граната (0,04%), среднее содержание Cr_2O_3 в ильмените (1,9 и 2,3%) и толщину келифитовых кайм (0,66 и 0,59 мм). Трубки НИИГА и Маршрутная в северной части Алакитского поля богаты ильменитом (1,3–1,6%), близки по содержанию граната (0,06–0,16%) и по толщине келифитовых оболочек (0,32–0,40 мм).

Однако располагающиеся рядом трубки (см. рис. 1) не менее часто резко различаются по вещественному составу. Так, различны по алмазности трубки Юбилейная и Озерная (28 и 29), Лира и Айхал (39 и 40). Значительно богаче ильменитом (0,23 против 0,025%) и гранатом (0,19 против 0,0016%) трубка Юность (26) по сравнению с трубкой Молодость (27). Трубка Веселая (10) резко отличается ничтожным содержанием ильменита и пироба от соседних трубок Начальная и Смежная (8 и 9).

В юго-восточной части Алакитского поля (см. рис. 1) расположена компактная группа кимберлитовых тел (39–45) около 4 км в поперечнике. Показатели вещественного состава в них широко варьируют. Трубка Лира отличается от трубки Айхал не только по ничтожной алмазности, но и по содержаниям ильменита (0,26% в трубке Лира и практическое отсутствие в трубке Айхал), Al_2O_3 (4,45% против 2,1–3,1%) и K_2O (1,86% против 0,44–1,08%). Трубки Надежда, Заря, Подтрапповая, Октябрьская и Сувенир по сравнению с разновидностями трубки Айхал отчетливо обогащены TiO_2 (1,3–2,1% против 0,32–0,57%) и FeO_{tot} (4,2–9,8 против 3,5–4,4%).

Трубки Заря и Подтрапповая выделяются среди всех тел этой группы обогатенностью ильменитом (1,0–1,6%) и гранатом (0,45–0,47%). Трубки Октябрьская и Сувенир, напротив, крайне бедны индикаторными минералами (0,001% и менее). Трубка Восток (22) отличается от соседних трубок Кисмет (21) и Салют (23) повышенным содержанием индикаторных минералов. В трубке Восток выявлены две разновидности, заметно различающиеся по обилию ильменита (0,68 и 0,11%) и граната (0,59 и 0,12%), но любая из этих разновидностей превосходит трубки Кисмет и Салют (~0,00n% ильменита и граната).

В группе НИИГА (север Алакитского поля) трубки НИИГА и Маршрутная (1 и 2) резко превосходят трубки Радиогеодезическая и Талисман (3 и 4) по содержанию ильменита (1,35–1,57% против 0,00n–0,18%), менее резко по содержанию в кимберлитах TiO_2 (2,0–2,6 против 1,0–1,9%) и FeO_{tot} (6,1–9,5 против 4,0–7,7%). В Далдынском поле (см. рис. 2) трубка Чебурашка (22) от соседних трубок Электра и им. Попугаевой (20 и 21) отличается низкими содержаниями индикаторных минералов (порядка 0,00n%). В трубках Электра и им. Попугаевой содержания ильменита 0,67–0,71%, граната 0,26–0,29%. Трубка Эврика (34) гораздо богаче ильменитом (1,4%) и гранатом (0,64%) по сравнению с соседней трубкой Аэромагнитная (35) (0,00n% и менее). Столь же резки различия по ильмениту между трубками Далдынская (36) менее 0,001% и Овал (37) 2,4%. Трубка Ильменитовая (40) обогащена ильменитом (0,89%) по сравнению с соседней трубкой Академическая (41) 0,022%. Трубка Веснушка (31) отличается от любой из разновидностей расположенной рядом трубки Мастахская (30) низким содержанием граната (0,05 против 0,23–0,79%) и ильменита (менее 0,001% против 0,21–1,31%). В трубке Веснушка содержание P_2O_5 заметно выше, чем в Мастахской (0,60 против 0,23%).

Сходство вещественного состава соседних трубок — свидетельство в пользу поступления материала из одного локального магматического очага. Различия между близко расположенными трубками одного поля, скорее всего, говорят о разделении единого (для поля) крупного магматического очага на локальные («промежуточные») очаги.

Возникает вопрос: можно ли вообще говорить о существовании исходного крупного магматического очага, производными которого могут считаться кимберлитовые тела (во всяком случае, большинство тел) данного поля? Поло-

жительный ответ дают единые (или преобладающие) для поля особенности вещественного состава и выявленные для некоторых кимберлитовых полей Якутии картины концентрической (или симметричной) зональности.

Остановимся на особенностях вещественного состава, общих для отдельных полей. В Накынском поле (где пока изучены всего две трубки) очень мало ильменита и крайне низки концентрации La, Th и Nb в кимберлитах. В Мало-Ботуобинском, Алакитском и Далдынском полях ильменит в большинстве случаев отчетливо преобладает над гранатом, а в Верхне-Мунском — соотношение чаще обратное. Кроме того, среди всех известных полей южной части Якутской провинции Верхне-Мунское поле практически во всех крупных трубках характеризуется обилием реликтов свежего оливина.

Алакитское и Далдынское поля близки по ряду показателей, но довольно четко различаются по концентрации хрома в ильменитах. В Далдынском поле содержание в ильменитах Cr_2O_3 до 1% найдено в 77,4% случаев (41 объект из 53), а в основной части Алакитского поля лишь в 22,2% случаев (4 из 18). Низкие содержания граната чаще встречаются в Далдынском поле (менее 0,0032% граната в Далдынском поле в 23,7% случаев (18 из 76), а в Алакитском — в 17% случаев (9 из 53), а низкие содержания ильменита чаще в Алакитском поле (менее 0,032% ильменита в Алакитском поле в 41,5% случаев (22 из 53), а в Далдынском — в 18,4% случаев (14 из 76). Низкие содержания ксенолитов вмещающих пород (менее 15%) в кимберлитах Алакитского поля встречены в 60,3% случаев (35 из 58), а в кимберлитах Далдына — в 44,4% случаев (20 из 45). Повышенные содержания вкрапленников оливина (более 14%, на «собственно кимберлитовое» вещество) в кимберлитах Далдына найдены в 14% случаев (6 из 43), в основной части Алакитского поля в 31,4% случаев (11 из 35), а при объединении основной части поля с группой НИИГА показатель еще выше — 42,9% случаев (18 из 42). Средние содержания титана и алюминия в кимберлитах Далдына несколько выше, чем в кимберлитах Алакитского поля [3].

Концентрическая зональность Далдынского поля показана в работе [7]. От центра поля к периферии растут содержания Na, K, Rb, P, а также значение Ba:Li:P, снижаются содержание Mn и значение Mn:Co:Ni. Симметричная зональность проявилась и в минеральном составе: на северо-востоке поля в трубках Буковинская и Горняцкая (см. рис. 2 — 11 и 12) и на юго-западе в труб-

ках Загадочная и Снегопадная (57 и 58) гранат резко преобладает над ильменитом (в отличие от подавляющего большинства кимберлитов этого поля), в заметных количествах появляется хромдиопсид. Если рассматривать наиболее крупные трубки Далдына (более 2 га), то получаем увеличение содержаний ильменита и граната от центра (Якутская и Академическая) к периферии: к северо-западу (Удачная), к северо-востоку (Зарница и Невидимка), к юго-востоку (Ленинградская и Долгожданная), а также к югу (Дальняя).

В работе [4] показана симметричная зональность Верхне-Моторчунского и Куойского полей, при этом для Куойского поля распределение M-образное — рост концентраций ряда малых и редких элементов происходит от центра к юго-западу и северо-востоку, затем снижение к трубкам Русловая (крайний юго-запад) и Муза (крайний северо-восток). Образцы были изучены методом приближенно-количественного спектрального анализа. Позднее для тех же образцов был выполнен количественный анализ на U, Th, Sr (материалы И.П.Илупина и Л.И.Лебедевой). M-образное распределение содержаний элементов подтвердилось (табл. 1).

Общеизвестны многочисленные примеры линейного расположения рудных месторождений с однотипной минерализацией [9]. Линейное расположение кимберлитовых тел, казалось бы, позволяет ожидать близость вещественного состава тел, размещающихся вдоль линии. Однако это далеко не всегда подтверждается, особенно для линий длиной более 5 км.

Упомянутая в самом начале субширотная линия в северной части Далдынского поля, исходя из особенностей вещественного состава кимберлитов, отчетливо распадается на фрагменты, заметно отличающиеся друг от друга (табл. 2). Прежде всего, по высокой алмазонасности трубка Удачная резко превосходит остальные трубки. Трубка Удачная-восточная выделяется среди всех кимберлитовых тел Далдына обилием реликтов свежего оливина. Содержания ильменита и граната минимальны в трубках Сибирская и Синильга (см. рис. 2 — 3 и 5), максимальны в трубках Иксовая и Аргыс (18 и 19). Толщина келифитовых оболочек на гранате в кимберлитах трубок Соседняя, Дайковая и Малютка (14–17) отчетливо больше, чем в Удачной-западной и Удачной-восточной. Содержания титана в кимберлитах минимальны в трубке Удачная, а общего железа максимальны в группе Студенческая–Полярная–Фестивальная (8–10). Трубки

1. Средние содержания U, Th, Sr, г/т (рентгеноспектральный анализ) и P₂O₅, % (химический анализ) в кимберлитах отдельных фрагментов Куойского поля

Кимберлитовые тела	Число образцов	U	Th	Sr	P ₂ O ₅
Русловая	2	1,5	4,6	630	0,23
Юго-запад поля: Обнаженная, Оливиновая, Второгодница, Российская, Рубин	6	3,2	16,0	1060	0,64
Центр поля: Хорей, Скиф-2, Киевлянка, Пятница, Слюдянка	6	1,6	7,1	620	0,23
Северо-восток поля: Ноябрьская, Вечерняя, Саргылана	6	2,2	12,5	740	0,49
Ирина, Токур, Муза	4	1,0	4,0	390	0,22

2. Некоторые особенности вещественного состава кимберлитов из трубок в северной части Далдынского поля (линии Сибирская-Иксовая)

Показатели	Сибирская, Синильга	Удачная-западная, Удачная-восточная	Студенческая, Полярная, Фестивальная	Соседняя, Дайковая, Малютка	Аргыс, Иксовая
Ильменит, %	<0,001	0,25–0,40	0,03–0,15	0,35–0,60	0,90–1,10
Гранат, %	<0,001	0,10–0,25	0,005 и ниже	0,04	0,25–0,45
Толщина КК, мм	Нет данных	0,30–0,35	Нет данных	0,60–0,75	Нет данных
TiO ₂ , %	1,7–2,5	0,9–1,1	1,8–2,6	1,2–2,1	1,0–1,8
FeO _{tot} , %	4,4–6,9	5,8–7,0	7,2–9,7	5,7–6,7	4,4–4,9
Cr ₂ O ₃ в ильмените, %	Нет данных	0,81–0,91	0,67–0,76	1,9–2,3	0,57–1,04

Примечание. КК — келифитовые каймы на пиропе.

Соседняя, Дайковая и Малютка характеризуются незначительным размером желваков ильменита и граната и повышенной концентрацией хрома в ильменитах. В телах Удачная-западная и Удачная-восточная выделяют не менее чем по три разновидности. Но любая из разновидностей трубки Удачная богаче алмазами по сравнению с остальными трубками рассматриваемой цепочки. В любой из разновидностей трубки Удачная ильменита заметно больше, чем в Сибирской и Синильге, но меньше, чем в трубках Аргыс и Иксовая.

Менее протяженная (около 4 км) группа Молодежная-Долгожданная отчетливо распадается на две части (табл. 3). Долгожданная и Нюрбинская трубки отличаются от Молодежной, Ленинградской, Геофизической повышенным содержанием граната и соответственно заметно более низким отношением ильменит:гранат, относительно небольшими размерами желваков ильменита и граната, меньшей толщиной келифитовых кайм, повышенным содержанием скандия, тантала и хрома в ильменитах, несколько пониженным содержанием в кимберлитах Fe, Al, P.

Близки содержания ильменита (1,6–2,3%) и граната (0,10–0,21%) в кимберлитовых телах

южной части Далдынского поля, составляющих цепочку длиной около 5 км от жилы 70 (см. рис. 2 — 50) до трубки Мамбо (56).

В работе [8] приведены сведения о химическом составе ильменита из трубок Далдынского поля, в большинстве случаев изучено от 30 до 120 зерен из каждой трубки. Подтверждается сходство ильменитов из группы жила 70-трубка Мамбо (эта группа названа «куст Дальняя»), где во всех объектах распределение хрома в ильменитах одновершинное, довольно близки средние содержания Cr₂O₃ (0,77–0,86%) и MgO (10,7–11,6%).

В северо-восточной части Далдынского поля в группе трубок «куст Зарница» (Зарница, Невидимка, Чебурашка, им. Попугаевой, Электра, Аргыс, Иксовая, см. рис. 2 — 18–23) выявлено трехвершинное распределение Cr₂O₃ в ильменитах, при этом во всех трубках интервалы одни и те же — 0,4–0,6, 0,8–1,0 и 1,2–1,4% [8]. Эта группа трубок вытянута в северо-восточном направлении и занимает площадь приблизительно 4,5×2 км. Разброс средних содержаний Cr₂O₃ в «кусте Зарница» (0,85–1,16%) несколько выше, чем в «кусте Дальняя», отношение максимально-

3. Некоторые особенности вещественного состава кимберлитов из трубок в юго-восточной части Далдынского поля (линии Молодежная–Долгожданная)

Показатели	Молодежная, Ленинградская, Геофизическая	Долгожданная, Нюрбинская
Содержание ильменита, %	0,08–1,21	0,73–0,80
Содержание граната, %	0,004–0,11	0,41–0,47
Ильменит:гранат	7,2–55,0	1,7–1,8
Толщина КК, мм	0,24–0,38	0,15–0,19
Sc в ильмените, г/т	23,5–27,7	33,0–35,5
Ta в ильмените, г/т	151–191	278–300
Cr ₂ O ₃ в ильмените, % [8]	0,93–1,1	0,73–0,77
FeO _{tot} в кимберлите, %	5,4–9,6	5,3
Al ₂ O ₃ в кимберлите, %	2,5–3,8	2,2–2,3
P ₂ O ₅ в кимберлите, %	0,38–0,65	0,30–0,38

Примечание. КК — келифитовые каймы на пиропе

го значения к минимальному соответственно 1,36 и 1,12.

В Алакитском поле (см. рис. 1) четко выражена линейная группа тел северо-восточного простирания от трубки Победа (19) до трубок Краснопресненская и Алакитская (48 и 49) длиной более 36 км. Севернее расположена менее четкая линия от трубки Снежинка (17) до трубки Кира (14) длиной около 24 км. Однако особенности вещественного состава (отчасти рассмотренные выше) показывают несомненную неоднородность этих групп тел. К месторождениям можно отнести лишь трубки Юбилейная (28) и Краснопресненская (48) в первой группе, трубку Сытыканская (16) во второй [12]; расположенные рядом трубки бедны алмазами. Исходя из ничтожного содержания ильменита и пироба, следовало бы объединить трубки Победа, Геохимическая, Кисмет, Салют (19, 20, 21, 23) из первой линии и трубки Веселая, Магистральная, Мархинская, Кира (10, 11, 13, 14) из второй. Получим, отнюдь, не линейную, а более или менее изометричную группу тел около 10 км в поперечнике.

Итак, вероятно, линейное расположение кимберлитовых тел связано с близповерхностными структурными особенностями толщи вмещающих осадочных пород — трещиноватостью и зонами повышенной проницаемости. Сами же магматические очаги располагаются значительно глубже. Общий для поля магматический очаг в ходе эволюции распадается на ряд локальных очагов, различающихся по содержанию индикаторных минералов, особенностям состава последних, петро- и геохимическим особенностям расплава. Кимберлитовые трубки (иногда груп-

пы трубок) являются производными этих локальных очагов.

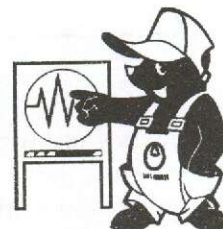
На противоречие между близповерхностными особенностями проявления кимберлитовых тел и особенностями состава ильменита было обращено внимание в работе [11]. Рассматривалось содержание MgO в ильменитах кимберлитовых полей северо-востока Якутской провинции от Чомурдахского до Мэрчимденского, вырисовывалась концентрическая зональность распределения этого показателя. Однако если кимберлитовые поля от Чомурдахского до Верхне-Моторчунского объединяются общим структурным планом (длинные оси трубок и цепочки кимберлитовых тел вытянуты в северо-восточном направлении), то в Мэрчимденском поле простирание тел и групп тел преимущественно северо-западное. Было высказано мнение, что уровни формирования состава ильменита расположены значительно глубже уровней проявления близповерхностной тектоники, определяющей структурную позицию кимберлитовых полей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алмазные месторождения Якутии / А.П.Бобривич, М.Н.Бондаренко, М.А.Гневушев и др. – М.: Госгеолтехиздат, 1959.
2. Илупин И.П., Ботова М.М., Шавырина М.В. Новые данные о химическом составе ильменита из кимберлитов Якутии // Руды и металлы. 2001. № 2. С. 44–54.
3. Илупин И.П., Каминский Ф.В., Францесон Е.В. Геохимия кимберлитов. – М.: Недра, 1978.
4. Илупин И.П., Кортман Р.В., Николаев Л.И., Симоненко В.Ф. Новые данные о геохимической зональности кимберлитовых полей Якутской провинции // Докл. АН СССР. 1979. Т. 249. № 2. С. 449–451.

5. *Илутин И.П., Кулигин В.М., Раковский Э.Е.* Особенности химического состава ильменита как отражение специфики глубинных магматических очагов // Физико-химические исследования продуктов глубинного магматизма. М., 1982. С. 158–171.
6. *Илутин И.П., Овчаренко В.К.* Термоэлектрические свойства ильменита и районирование Якутской кимберлитовой провинции // Докл. РАН. 1999. Т. 365. № 5. С. 663–666.
7. *Илутин И.П., Свиридов А.М.* Новые данные о геохимической зональности Далдынского кимберлитового поля // Докл. АН СССР. 1987. Т. 297. № 1. С. 200–203.
8. *Костровицкий С.И., Альмова Н.В., Иванов А.С., Серов В.П.* Структура Далдынского поля — вещественный аспект проблемы // Проблемы прогнозирования, поисков и изучения месторождений полезных ископаемых на пороге XXI века. Воронеж, 2003. С. 300–306.
9. *Кривцов А.И., Яковлев П.Д.* Структуры рудных полей и месторождений, металлогения и прогноз рудоносности. Учебник для вузов. — М.: Недра, 1991.
10. *Соболев Н.В., Похиленко Н.П., Лаврентьев Ю.Г., Усова Л.В.* Роль хрома в гранатах из кимберлитов // Проблемы петрологии земной коры и верхней мантии. Новосибирск, 1978. С. 145–168.
11. *Тимофеев А.А., Илутин И.П., Генциффт Ю.С.* Пространственное распределение ильменитов с различным содержанием магния в кимберлитах Якутии // Докл. АН СССР. 1984. Т. 278. № 2. С. 461–464.
12. *Харькив А.Д., Зинчук Н.Н., Крючков А.И.* Коренные месторождения алмазов мира. — М.: Недра, 1998.

АППАРАТУРНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА И ТЕХНОЛОГИИ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ



УДК 542.61:553.446 (574.2)

© В.Н.Лавренчук, А.В.Стряпков, 2003

ЛАВКОРОВСКОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ ЦИНКА В СЕВЕРНОМ КАЗАХСТАНЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПЕРЕРАБОТКИ РУДЫ

В.Н.Лавренчук, А.В.Стряпков (Оренбургский государственный университет)

В подложке бокситового месторождения на границе с известняками обнаружено уникальное цинк-силикатное месторождение (до 50% ZnO), представленное сокопитом и гемиморфитом. Руда легко вскрывается серной кислотой с получением богатых растворов, пригодных для электролитического получения цинка.

Краснооктябрьское месторождение бокситов в Северном Казахстане достаточно подробно описано в литературе [1, 3], хотя выветрелые материнские породы (андезитовые порфириды, их туфы и туффиты) изучены недостаточно. Признаки рудной минерализации (галенит, сфалерит) встречались здесь и раньше (на протяжении десятков лет освоения месторождения), но им не придавали серьезного значения и специальные работы не проводили. В связи с проблемой комплексного изучения сырья авторы в конце 80-х годов XX в. вернулись к буровым работам в этом районе. Наши данные показали, что бокситы, а в большей мере подстилающие их породы (вплоть до известняков), содержат богатую свинцово-цинковую минерализацию. Уникальность обнаруженного нами объекта, названного Лавкоровским, и высокие содержания ценных компонентов напрямую связаны с условиями его образования.

Как известно, в истории Земли намечены три этапа формирования стратиформных свинцово-цинковых месторождений. Второй массовый этап (36% запасов) начался в среднем девоне и закончился в раннем карбоне. По нашей версии, именно в раннем карбоне закарстованные известняки района месторождения были закрыты неровным плащом андезитовых порфиридов, их туфов и туффитов, изначально содержащих галенит и сфалерит. Длительная история выветривания таких пород (от триаса до позднего мела) способствовала растворению сульфидных минералов. Сернокислые растворы, просачиваясь

вниз по разрезу, постепенно нейтрализовывались, отдавая полезные компоненты. Формировались новые экзогенные минералы. Карбонатные породы служили надежным барьером для таких растворов. В целом бокситы, пестроцветные глины и в разной степени выветрелые эффузивно-осадочные породы представляют единый комплекс *in situ*, размытый в верхней части.

Таким образом, генезис месторождения латеритно-осадочный. Многослойные разрезы свидетельствуют о размыве латеритной коры на приподнятых участках и переотложении материала в ближайшие понижения (на расстояние в пределах первых сотен метров). Происходило нивелирование поверхности с заполнением многочисленных озерно-болотных впадин глинистым материалом, преимущественно каолинитового состава.

И.Д.Николаев [3] в разрезе кор выветривания выделил два горизонта, связанных постепенными переходами: монтмориллонит-гидрослюдистый внизу и каолинитовый вверху. Возраст этих образований он отнес к триасу – позднему мелу (туронский ярус). Бокситоносные осадки также разделены на два горизонта: в нижнем преобладают пестроцветные глины с хорошо выраженной обломочной структурой, а в верхнем — бокситы и аллиты. Возраст нижнего горизонта считается альб-сеноманским, а верхнего — от турона (вторая половина) до сантона включительно (они параллелизуются с морскими отложениями аятской свиты). Морфология бокситовых залежей, а также их размеры и мощ-

ность в значительной мере зависят от дорудного рельефа. Перепад отметок кровли фундамента на месторождении составляет 60 м. Сказываются не только карстовые процессы, но и разрывные нарушения в известняках, чаще всего субширотного направления.

За длительную историю своего существования эффузивно-осадочные породы, перекрывающие каменноугольные известняки, подверглись интенсивному выветриванию. Одна часть таких пород (ниже уровня грунтовых вод) была преобразована до гидрослюдисто-каолининовой стадии. На приподнятых же участках сформировалась латеритная кора гиббсит-каолининового состава с гематитом. На границе нижнего и позднего мела в связи с общим прогибанием региона начался размыв приподнятых участков и переотложение бокситов со всем комплексом сопровождающих их аллитов, сиаллитов и пестроцветных глин.

В новых условиях залегания к этим осадкам добавились лигнитовые глины, свидетельствующие об озерно-болотной среде. Возраст бокситов, который приводится геологами-разведчиками по данным споро-пыльцевого анализа, отражает лишь время их переотложения. Формировались же они в течение длительного отрезка времени, вплоть до последнего размыва в раннем олигоцене, когда началась трансгрессия чеганского моря. В покровных отложениях среднего — позднего олигоцене и неогена содержится много растительных остатков, которые способствовали процессам вторичной минерализации. Сопутствовавшие им шамозит, сидерит и пирит привели к снижению качества бокситов. Мощность кайнозойских песчано-глинистых отложений на бокситовых породах достигает 60 м.

Подразделение на горизонты, введенное И.Д. Николаевым, довольно условное. Впервые об этом написали Н.А. Лисицына и М.В. Пастухова [1]: «...механическое соединение одинаковых пород в разных скважинах и прослеживание горизонтов является ошибкой, хотя и практикуется довольно часто при разведочных работах». Это замечание можно отнести лишь к переотложенным бокситовым породам, тогда как пестроцветные глины и гидрослюдисто-монтмориллоновые продукты коры выветривания в глубоких впадинах остались в сохранности. В пределах месторождения не зафиксировано случаев залегания бокситов на каменноугольных известняках. Пестроцветные глины можно рассматривать как образования зоны литомаржа в классическом латеритном профиле. Такие глины на-

следуют обломочную структуру исходного вулканогенно-осадочного материала. Вполне вероятно, что второй этап формирования Краснооктябрьского месторождения, по И.Д. Николаеву, как раз и связан со временем интенсивного размыва латеритной коры.

Ниже приведен разрез в метрах по скважине 08601, расположенной на 4-метровом рудном участке бокситового месторождения:

четвертичные и верхнепалеогеновые песчано-глинистые отложения (бурение без керна)	0,0–30,0
средне-верхнепалеогеновая глина листоватая оливково-зеленая	30,0–41,8
верхнемеловая глина пестроцветная обломочная беловато-серая, сиреневая, бурая	41,8–54,3
мезозой-нижнекаменноугольная выветрелая эффузивно-осадочная порода обломочной структуры, похожа на туфопесчаник-туфоконгломерат, зеленовато-серая до болотной	54,3–61,2
нижнекаменноугольный известняк афанитовый с фауной мшанок, серый до розового	61,2–64,7

Скважиной 08600, расположенной в 75 м к западу от скв. 08601, выветрелая эффузивно-осадочная порода зеленовато-бурой окраски похожая на туфоконгломерат встречается в интервале 52,3–77,0 м (нижнекаменноугольные известняки не вскрыты). После высыхания порода рассыпалась на мелкие остроугольные обломки темно-зеленого, вишнево-бурого, голубовато-зеленого, буровато-серого цвета. Видимая рудная минерализация, как и в скв. 08601, представлена мелкими кристаллами галенита.

В табл. 1 приведены содержания PbO, ZnO и других компонентов по средним значениям двух полных химических анализов. Обращает внимание резкий рост содержания цинка при переходе от глин к эффузивам. Низкие содержания серы свидетельствуют об отсутствии заметных количеств сульфидных минералов цинка и о вхождении его в состав силикатов. Основные минералы этого металла представлены гемиморфитом (каламином) и соконитом; не исключается возможность присутствия виллемита — $Zn_2(SiO_4)$, его разновидности троостита — $(Zn, Mn)_2(SiO_4)$, гидроцинкита — $Zn_5(CO_3)_2(OH)_6$ и даже остатков сфалерита, однако их наличие трудно доказать в полиминеральной смеси при слабой раскристаллизации. Не поддаются количественной оценке и глинистые минералы — от хлорита до каолинита. Кроме них имеются также гематит, галенит и карбонаты — сидерит, кальцит, магnezит, родохрозит, церуссит.

1. Содержание PbO, ZnO и петрогенных компонентов в пестроцветных глинах и выветрелых туфах Лавкоровского месторождения, %

Номера проб	Глубина, м	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	PbO	ZnO	CaO	MgO	MnO	P ₂ O ₅	П.п.п.	CO ₂	S
1	41,8-43,0	39,45	1,12	30,82	6,15	1,57	1,89	1,68	0,40	0,19	0,78	15,48	2,05	2,10
2	43,0-45,0	32,75	1,18	27,98	9,05	5,66	1,78	1,82	0,60	0,34	1,93	16,31	3,32	1,19
3	45,0-45,4	19,20	0,57	16,35	27,20	2,72	2,51	3,23	1,40	1,56	0,88	23,86	17,87	0,71
4	45,4-46,6	31,70	1,16	27,43	10,70	4,70	2,27	0,91	0,55	0,53	1,55	18,03	3,15	2,80
5	46,6-48,6	30,25	1,04	25,61	17,50	3,10	1,67	1,26	0,40	0,28	0,98	17,56	7,74	0,69
6	48,6-50,6	24,80	0,91	21,15	25,10	6,08	1,90	0,84	0,45	0,37	1,43	16,55	5,86	1,04
7	50,6-52,6	25,75	1,06	22,67	23,40	4,62	1,89	0,77	0,50	0,62	1,26	17,41	6,68	1,42
8	52,6-54,3	25,15	0,97	21,76	25,45	3,75	1,76	1,26	0,80	0,83	0,91	17,18	7,54	0,46
9	54,3-55,9	28,50	0,86	21,95	17,45	3,62	7,96	0,84	0,90	2,03	0,97	14,71	4,32	0,07
10	55,9-57,9	16,30	0,32	7,40	22,40	3,04	18,92	3,19	1,20	6,10	0,56	20,50	16,23	0,10
11	57,9-59,9	26,65	0,58	14,75	11,90	2,11	26,24	1,26	1,05	2,21	0,51	12,17	2,83	0,15
12	59,9-61,2	20,05	0,26	7,20	13,55	2,81	30,23	2,25	1,10	5,20	0,46	16,62	10,33	0,11
Скважина 08600														
13	46,4-48,4	38,35	1,30	31,65	7,10	1,46	1,88	0,84	0,50	0,16	0,73	15,83	4,05	0,89
14	48,4-50,4	39,05	1,18	32,68	5,75	1,08	1,37	1,40	0,50	0,26	0,48	16,09	4,42	0,36
15	50,4-52,3	32,85	0,83	24,78	15,35	1,35	3,97	1,54	0,60	0,55	0,49	17,61	8,93	0,14
16	52,3-54,4	29,10	0,19	2,12	2,90	0,43	46,23	2,95	0,80	0,79	0,16	13,94	8,56	0,31
17	54,4-56,4	27,50	0,14	2,84	3,20	0,58	49,36	2,16	0,50	0,60	0,16	12,67	5,53	0,16
18	56,4-58,4	27,05	0,10	2,45	1,85	0,46	54,59	1,68	0,55	0,53	0,18	10,38	3,68	0,06
19	58,4-60,4	27,40	0,21	4,82	2,10	0,37	46,23	4,07	0,40	0,68	0,13	13,54	5,78	0,09
20	60,4-62,4	33,45	0,24	6,18	3,20	0,41	40,32	2,53	0,50	0,62	0,16	12,01	5,49	0,17
21	62,4-64,4	32,40	0,34	8,65	3,10	0,24	37,65	1,26	0,80	1,05	0,09	13,92	6,47	0,12
22	64,4-66,4	35,30	0,38	9,83	3,90	0,38	33,20	1,97	0,50	1,09	0,11	12,74	3,85	0,08
23	66,4-68,4	32,45	0,46	10,80	3,25	0,29	37,96	1,63	0,20	0,65	0,10	10,82	2,25	0,10
24	68,4-70,4	33,70	0,49	11,75	3,40	0,34	35,62	1,26	0,30	0,46	0,11	11,23	2,13	0,16
25	70,4-72,4	33,20	0,32	8,76	3,10	0,32	37,65	1,54	0,75	0,98	0,09	13,15	6,08	0,06
26	72,4-74,0	32,25	0,22	6,37	2,20	0,94	27,19	12,36	1,10	1,10	0,17	15,98	10,20	0,06
27	74,0-75,5	34,63	0,56	14,66	4,10	0,29	32,32	0,98	0,40	0,25	0,11	11,22	1,37	0,14
28	75,5-77,0	28,45	0,46	11,70	4,75	0,70	25,72	9,10	0,20	0,92	0,21	17,51	7,30	0,50

Дополнительно укажем, что даже соконит — минерал монтмориллонитового ряда с высоким содержанием цинка ($Zn_3Si_4O_{10}(OH)_2 \cdot 4H_2O$) — изучен недостаточно. Приводимые в литературе данные (табл. 2) не отвечают составу чистого минерала — количество примесей составляет 15–30%. По этой причине отсутствуют и надежные рентгенограммы. Наша расшифровка соконита (табл. 3) по основным линиям его ближе всего совпадает с данными справочника [2]. В табл. 4 приведен пересчет химических анализов на гемиморфит и соконит. Пересчет условный, так как минералы чаще всего находятся вместе, о чем свидетельствует и величина отношения ZnO/SiO_2 . В гемиморфите она равна 2,709, в соконите — 1,016, а в смеси этих минералов в соотношении 1:1 — 1,648.

работаны относительно дешевыми методами подземного, кучного и чанового выщелачивания [4]. В этом плане руда Лавкоровского месторождения заслуживает серьезного изучения. Уникальность объекта заключается в чрезвычайно высоких (до 50%) содержаниях оксида цинка и легкой вскрываемости руды в кислых растворах.

Технологические исследования были проведены на трех малых лабораторных пробах 17, 25, 28 с содержанием оксида цинка в них 49,36, 37,65 и 25,72% соответственно. Ситовой анализ проб показал, что после самораспыления они содержат больше 50% фракции крупностью менее 1,0 мм; шламовая часть (–0,16 мм) составляет до 20% от всей массы. Распределение цинка по фракциям от +1,0 до +0,16 мм весьма равномерное.

2. Состав соконита из разных месторождений, % (пересчет по данным Ф.В. Чухрова [5])

Компоненты, %	СССР				СССР				Кун-Холлоу (Арканзас)			
	а	б	в	г	а	б	в	г	а	б	в	г
ZnO	35,74	40,10	35,66	40,01	34,88	37,98	34,88	37,98	39,33	44,05	34,13	38,22
SiO ₂	35,10	39,38	35,10	39,38	38,16	41,56	34,33	37,38	33,59	37,62	33,59	37,62
H ₂ O	16,97	6,96	13,15	2,95	15,80	8,19	12,86	2,80	17,66	7,82	12,58	2,82
Сумма	87,81	86,44	83,91	82,34	88,84	87,73	82,07	78,16	90,58	89,49	80,30	78,66
ZnO/SiO ₂	1,018	1,018	1,016	1,016	0,914	0,914	1,016	1,016	1,171	1,171	1,016	1,016
Остаток:												
ZnO			0,08	0,09								
SiO ₂			—	—			3,83	4,18				
H ₂ O			3,82	4,01			2,94	5,39			5,08	5,00
Компоненты, %	Кун-Холлоу (Арканзас)				Нью-Дисковери (Колорадо)				Янки-Дудль (Колорадо)			
	а	б	в	г	а	б	в	г	а	б	в	г
ZnO	36,73	40,74	33,93	37,63	33,70	38,03	33,70	38,03	28,19	30,91	28,19	30,91
SiO ₂	33,40	37,04	33,40	37,04	35,95	40,57	33,17	37,43	37,10	40,68	27,75	30,42
H ₂ O	16,92	7,92	12,51	2,77	18,58	8,17	12,43	2,80	17,72	9,76	10,39	2,28
Сумма	87,05	85,70	79,84	77,44	88,23	86,77	79,30	78,26	83,01	81,35	66,33	63,61
ZnO/SiO ₂	1,100	1,100	1,016	1,016	0,937	0,937	1,016	1,016	0,760	0,760	1,016	1,016
Остаток:												
ZnO			2,80	3,11			—	—			—	—
SiO ₂			—	—			2,78	3,14			9,35	10,26
H ₂ O			4,41	5,15			6,15	5,37			7,33	7,48

Примечание: а — с учетом всего количества H₂O; б — без H₂O; в — в пересчете на 3ZnO·4SiO₂·5H₂O; г — в пересчете на 3ZnO·4SiO₂·H₂O.

Известно, что основное количество цинка в земной коре рассеяно в горных породах. В сульфидных рудах находится лишь малая часть этого металла. В кислых условиях цинк обладает высокой подвижностью, а в щелочных он осаждается и накапливается. В почвах и корках выветривания носителями его являются преимущественно карбонаты и силикаты. Минералы этих образований плохо флотируются, однако очень легко вскрываются кислотами. Понятен интерес технологов к таким рудам. Они могут быть пере-

ное; во фракции –0,16 мм содержание ZnO падает на 2–4% от исходного за счет увеличения доли алюмосиликатных глинистых частиц.

Нами выбран вариант агитационного (чанового) выщелачивания, позволяющий быстро вести процесс вскрытия и получать богатые растворы. Обработку руды серной кислотой высокой концентрации (1 моль/л) при соотношении Ж:Т=100:1 проводили в термостатированном стакане при активном перемешивании. Влияние температуры и времени обработки руды (проба

3. Минеральный состав пробы 08600-27 по данным рентгеновского анализа*

$2\theta^\circ$	$d, \text{Å}$	J		Минерал
		имп/сек	%	
6,10	14,477	3411	99	Соконит
12,20	7,249	1771	51	Соконит
12,40	7,132	2039	59	Каолинит
19,35	4,583	497	14	Соконит
20,15	4,403	465	13	Каолинит
24,90	3,573	1281	37	Каолинит
29,60	3,015	410	12	Кальцит, магnezит
32,20	2,778	394	11	Сидерит
33,60	2,665	696	20	Соконит
36,00	2,493	768	22	Каолинит
37,60	2,390	587	17	Каолинит
38,50	2,336	566	16	Каолинит
39,30	2,291	505	15	Каолинит
60,05	1,539	751	22	Соконит
62,30	1,489	344	10	Каолинит

* Условия съемки: ДРОН-2, анод медный, сила тока 10 мА, напряжение 35 кВ, $2\theta^\circ$ в пределах 4–70 с шагом в 0,05 при экспозиции 1 сек; за 100% принимается пик с максимальной интенсивностью, остальные пики в процентах рассчитываются от него.

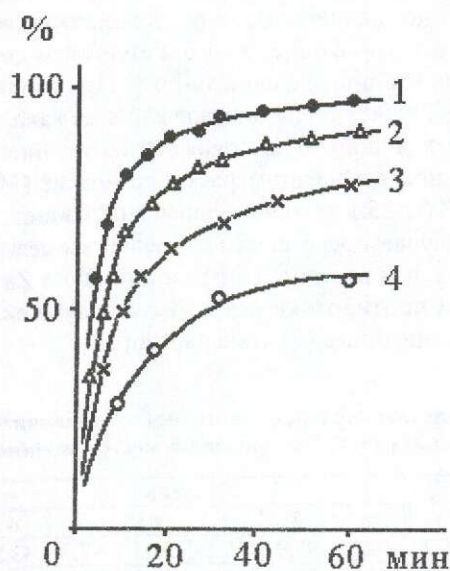


Рис. 1. Зависимость степени извлечения цинка в раствор от времени выщелачивания при 100 (1), 80 (2), 50 (3) и 23°C (4)

уже на первых минутах. Повышение температуры существенно ускоряет течение процесса. Замедление растворения связано, вероятно, с образованием на поверхности минералов пленки гидратированного оксида кремния, создающей дополнительное диффузионное сопротивление. Расчеты показали, что именно пленочная диффузия лимитирует процесс, а не химическая реакция взаимодействия исходного материала с кислотой.

Влияние концентрации серной кислоты на извлечение цинка из руды (та же проба) оценивали при Ж:Т=100:1 и времени выщелачивания 1 час. Как видно из рис. 2, извлечение цинка резко уменьшается при использовании разбавленных (менее 0,1 моль/л) растворов кислоты, что и наблюдается в вариантах подземного и кучного выщелачивания [4]. При агитационном выщелачивании целесообразно обрабатывать руду более крепкими (1–2 моль/л) растворами серной кислоты при повышенных температурах.

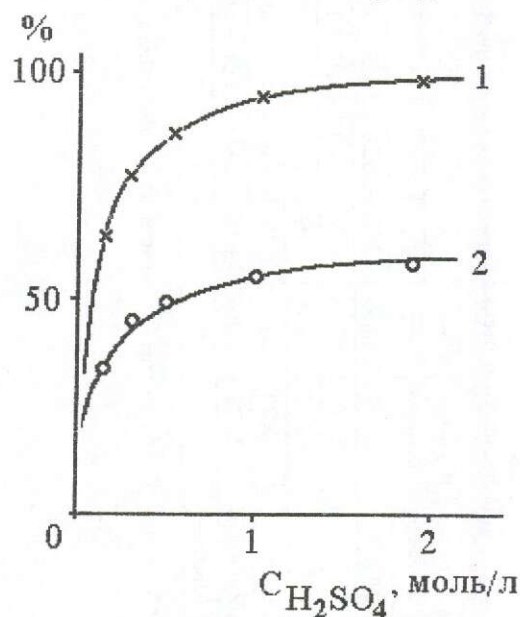


Рис. 2. Зависимость степени извлечения цинка в раствор от концентрации серной кислоты при 100°C (1) и 23°C (2)

4. Пересчет химических анализов на гемиморфит ($2\text{ZnO}\cdot\text{SiO}_2\cdot\text{H}_2\text{O}$) и соконит ($3\text{ZnO}\cdot 4\text{SiO}_2\cdot\text{H}_2\text{O}$) в пробах из Лавкоровского месторождения

Компоненты	Гемиморфит	Соко-нит	Номера проб (скв. 08601 и 08600)																									
			10	11	12	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28										
ZnO	67,58	48,59	18,92	26,24	30,23	46,23	49,36	54,59	46,23	40,32	37,65	33,20	37,96	35,62	27,19	32,32	25,72											
SiO ₂	24,95	47,83	6,98	25,83	11,16	17,07	18,22	20,15	17,07	14,88	13,90	32,67	14,01	13,15	26,76	31,81	25,31											
H ₂ O	7,47	3,58	2,09	1,93	3,34	5,11	5,46	6,03	5,11	4,46	4,16	2,45	4,20	3,94	2,00	2,38	1,89											
Сумма	100,00	100,00	27,99	54,00	44,73	68,41	73,04	80,77	68,41	59,66	55,71	68,32	56,17	52,71	55,95	66,51	52,92											
ZnO/SiO ₂	2,709	1,016	1,16	0,98	1,51	1,59	1,79	2,02	1,69	1,21	1,16	0,94	1,17	1,06	1,13	0,84	0,90											
Минерал*	Г	С	Г	С	Г	Г	Г	Г	Г	Г	Г	С	Г	Г	С	С	С											

* К сокониту (С) отнесены пробы с отношением $\text{ZnO}/\text{SiO}_2 < 1,0$, к гемиморфиту (Г) — $> 1,0$.

чивании целесообразно обрабатывать руду более крепкими (1–2 моль/л) растворами серной кислоты при повышенных температурах.

В отдельной серии опытов при обработке руды раствором (1 моль/л) серной кислоты при 100°С в течение одного часа было показано, что извлечение цинка более 90% достигается при Ж:Т=100:1. При меньших соотношениях 50:1 и 25:1 оно составляет 87 и 75%, а при Ж:Т=10:1 падает до 40% и связано с вязкостью пульпы.

Технология была проверена на 33 пробах руды данного типа с содержанием ZnO от 4,0 до 54,6%. В выбранных условиях (10% H₂SO₄, Ж:Т=100:1, 100°С, 1 час) извлечение цинка составило 98–100%; в пробах с содержанием ZnO менее 10% извлечение снижается до 85%.

В целях более рационального использования кислоты и накопления цинка в растворе нами проверен вариант полупротивоточного выщелачивания. В одну и ту же порцию кислоты (1 моль/л) добавляли новые навески руды. Каждую операцию выщелачивания осуществляли при 100°С в течение одного часа. Результаты двух серий опытов приведены в табл. 5. При соотношении Ж:Т=100:1 степень извлечения на начальных ступенях довольно высокая, однако концентрация цинка в конечном растворе низкая (16 г/л). При Ж:Т=25:1 степень извлечения падает, но в этом случае после шести ступеней выщелачивания получен раствор, содержащий 58 г/л Zn. При полном противотоке могут быть получены, очевидно, еще более богатые растворы.

5. Результаты полупротивоточного выщелачивания цинка из руды Лавкоровского месторождения, %

Ж:Т	Ступени					
	1	2	3	4	5	6
100:1	92,7	90,9	78,5	51,3	47,3	43,8
25:1	75,3	73,0	60,3	40,9	34,4	12,1

Безвозвратные потери серной кислоты на выщелачивание составили в обоих случаях около 1,5 кг на 1 кг ZnO. Это значительно меньше, чем в вариантах подземного выщелачивания. Расчеты показывают, что кислота тратится в основном лишь на разложение цинковых минералов. Отметим также, что полученные растворы после гидролитической очистки от небольшого количества железа, алюминия и других примесей могут быть использованы для электролитического выделения металлического цинка. Серная кислота при этом будет регенерироваться и суммарный расход ее сократится.

Таким образом, на основании лабораторных исследований показана принципиальная возможность переработки цинксо­дер­жащей руды Лав­ков­ро­в­ско­го месторождения. Целесообразно продолжить геологические и технологические исследования в по уточнению геоло­структурного плана объекта и разработке оптимальной технологии извлечения цинка из руды. С геологической точки зрения необходимо тщательно изучить эффузивные породы района и продукты их выветривания, как в полосе бокситового месторождения, так и за его пределами. Наши данные показывают широкое развитие цинковой минерализации в подстилающих бокситы породах на протяжении многих километров. Последовательное возрастание содер-

жаний цинка от кровли бокситоносных отложений до контакта с известняками подошвы свидетельствует в пользу генетических представлений, изложенных выше. Не исключено, что в благоприятных условиях могли сохраниться и первичные сульфидные руды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Лисицына Н.А., Пастухова М.В.* Структурные типы мезо-кайнозойских бокситов Казахстана и Западной Сибири // Тр. Геол. ин-та АН СССР. 1963. Вып. 95.
2. *Минералогические таблицы. Справочник* / Под ред. Е.И.Семенова. – М.: Недра, 1981.
3. *Николаев И.Д.* К вопросу об истории формирования бокситов западного борта Тургайского прогиба // Советская геология. 1964. № 7. С. 122–127.

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 553.212

© А.П.Лихачев, 2003

ВОДА КАК ОПРЕДЕЛЯЮЩИЙ ФАКТОР ФОРМИРОВАНИЯ И ЭВОЛЮЦИИ ЗЕМЛИ

А.П.Лихачев (ЦНИГРИ МПР России)

Выделяются три стадии глобального преобразования вещества Земли: ранняя гидратация, дегидратация, поздняя (завершающая) гидратация. Ранняя гидратация предотвращает диссипацию воды, дегидратация производит дифференциацию слагающего Землю материала, а завершающая гидратация обеспечивает конвекцию мантийных масс, движение литосферных плит и в конечном счете поглощение мантией воды.

Земля представляет собой замкнутую термоградиентную систему, в которой совершается непрерывная циркуляция воды и других подвижных фаз, приводящая к преобразованию и дифференциации веществ. Вещество Земли проходит три стадии глобального преобразования: раннюю гидратацию, дегидратацию и позднюю (завершающую) гидратацию.

Ранняя гидратация (в основном серпентинизация) происходит при нагреве (или охлаждении) исходного материала до 250–500°C в протооблаке, в планетезималиях и в основном теле планеты на определенном (земном) удалении от Солнца. Она связывает воду и предотвращает ее диссипацию. В случае более высокотемпературного состояния исходного вещества (>500°C) образуются безводные планеты (Меркурий, Венера).

Дегидратация осуществляется внутри планетного тела во время его дальнейшего разогрева. Освобождающаяся при этом вода циркулирует между нагретыми и относительно холодными частями планеты и производит дифференциацию вещества в результате проявления химических транспортных реакций. Последние способны малым объемом жидкости переносить с большой скоростью (в экспериментах до 10% в час [2]) неограниченное количество вещества и обеспечивать его пространственное разделение, в том числе отделение рудных (преимущественно железа) от петрогенных элементов. Гидротермальное накопление железа позволяет ему впоследствии (с ростом температуры) сформировать

самостоятельный расплав и сконцентрироваться в центре планеты. Прямое плавление исходного вещества не может обеспечить обособление железа, так как оно полностью растворяется в окисно-силикатном расплаве.

Завершающая гидратация проявляется на стадии охлаждения планеты. В основном она осуществляется в местах проникновения воды в пределы мантии, где протекает процесс серпентинизации оливина. Серпентинизация мантийного материала приводит к уменьшению его плотности и увеличению объема, что вызывает всплывание мантийных масс, их декомпрессию и последующее плавление. Отдельные точки проникновения воды в мантию в дальнейшем объединяются в единую протяженную зону, в которой впоследствии совершается спрединг литосферных плит. Причем раздвижение плит осуществляется не из-за расклинивания их расплавом (как это допускается другими исследователями, но, по нашему мнению, в принципе невозможно), а в результате подъема серпентинизированных мантийных масс. В этих же зонах вода поглощается мантией. Большая часть воды планеты в конечном счете связывается («литифицируется»). На поверхности остаются следы бывших водных бассейнов, как на Марсе. Неизбежность подобного исхода обуславливается тем, что реакция гидратации остывающего тела необратима и протекает до полного исчерпания водной фазы, например, по схеме $6[(Mg_{1,5}Fe_{0,5})SiO_4] + 7H_2O \rightarrow 3[Mg_3Si_2O_5(OH)_4] + Fe_3O_4 + H_2$, как это на-

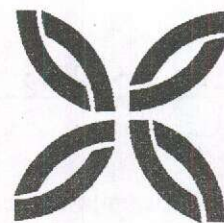
блюдается в экспериментах [2] и происходит в природе (поле Рейнбоу Срединно-Атлантического хребта) [1, 3].

Гидратация и подъем мантийного материала в зонах спрединга являются основным двигателем конвекции вещества мантии, которая обеспечивает погружение (затягивание) гидратированных масс в зонах субдукции. Дегидратация погружающегося материала до определенного времени поддерживает общий водный баланс. Но с наступлением стадии погружения в мантию преимущественно гидратированного материала (по достижении изотермой 500°С глубины ~80 км) объем свободной воды начнет уменьшаться, вплоть до почти полного ее ис-

чезновения (вещество мантии мощностью ~50–60 км способно поглотить всю воду океанов).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Леин А.Ю., Сагалевич А.М.* Курильщики поля Рейнбоу — район масштабного абиогенного синтеза метана // *Природа*. 2000. № 8. С. 44–53.
2. *Лихачев А.П.* Платино-медно-никелевые и платиновые месторождения: механизмы накопления, новые источники и методы получения рудных веществ // *Руды и металлы*. 2002. № 5. С. 8–23.
3. *Новый тип современной минералообразующей системы: «черные курильщики» гидротермального поля 14 45' с.ш., Срединно-Атлантический хребет / Ю.А.Богданов, Н.С.Бортников, И.В.Викентьев и др. // Геология рудных месторождений*. 1997. Т. 39. № 1. С. 68–90.



7 декабря 2003 года исполнилось 70 лет **Анатолию Ивановичу Кривцову** — доктору геолого-минералогических наук, профессору, заслуженному деятелю науки России, лауреату Государственной премии СССР, премий Мингео СССР, А.И.Косыгина и Правительства Российской Федерации, первооткрывателю месторождений, академику РАЕН, вице-президенту МАМР, члену консультативно-экспертного совета МПР России, одному из лидеров разработок по отечественной металлогении, геологии рудных месторождений, их прогнозу и поискам, по системам управления использованием и развитием минерально-сырьевой базы страны.

В 1953 г. после окончания Старооскольского геологоразведочного техникума А.И.Кривцов был направлен в Чехословакию, где в качестве геолога и главного геолога рудника советского заграничного предприятия работал до 1957 г.

В 1957 г. А.И.Кривцов поступил на геологический факультет Московского государственного университета им. М.В.Ломоносова. Во время учебы проявил ярко выраженную склонность к исследовательской деятельности и был зачислен в аспирантуру. В 1965 г. под руководством академика В.И.Смирнова он защищает кандидатскую диссертацию и на многие годы связывает свою творческую деятельность с ЦНИГРИ.

На основе результатов комплексного изучения медноколчеданных и медно-порфировых месторождений и рудных районов Урала и Казахстана А.И.Кривцовым разработаны методы прогноза и поисков месторождений на базе рудно-формационного анализа, созданы прогрессивные технологии ГРП и оценены перспективы всей территории СССР на цветные металлы. В 1975 г., по материалам многолетних исследований медноколчеданных месторождений Урала, он успешно защищает докторскую диссертацию. Реализация прикладных выводов исследований привела к открытию ряда новых меденосных провинций. За открытие на Урале нового рудного района А.И.Кривцов в числе других специалистов был удостоен в 1980 г. Государственной премии СССР. К этому времени Анатолий Иванович приобретает широкую известность в геологических кругах. В 1981 г. он назначается на должность заместителя директора ЦНИГРИ по научной работе.

С 1984 по 1991 гг. А.И.Кривцов — член коллегии Мингео СССР, начальник Управления научно-исследовательских организаций, начальник Отдела научно-технического прогресса. В эти годы им осуществлялась координация и организация научно-исследовательских работ по ряду государственных и отраслевых программ, включая глубинные исследования недр страны и сверхглубокое бурение в рудных районах. Разработка и реализация организационно-методических основ реформирования отраслевой науки, совместные проекты сотрудничества геологических служб Мингео СССР, США и некоторых других стран, организационная работа по проведению отраслевых и межведомственных конференций по актуальным геологическим проблемам, участию советских ученых в 27-й и 28-й сессиях Международного геологического конгресса — лишь часть научно-организационной деятельности юбиляра.



Работая в Мингео СССР, он продолжает плодотворную научно-исследовательскую деятельность. Теоретические основы прогноза и поисков рудных месторождений, разработка классификации геологических формаций по их роли в рудогенезе, обобщенные модели рудообразующих процессов и систем, методика их количественного описания — таковы главные проблемы, над которыми работает А.И.Кривцов. В МГРИ – МГГУ он ведет лекционные курсы по геологии полезных ископаемых и металлогении.

По инициативе и при участии Анатолия Ивановича созданы прогнозно-поисковые комплексы — оптимизированные технологии геологоразведочных работ, основанные на принципах последовательного приближения и соответствия, составляющие гносеологическую и технологическую основы геологоразведочного процесса. Серия этих разработок в 1987 г. удостоена премии Министерства геологии СССР.

А.И.Кривцовым совместно с ведущими учеными страны разработаны Методические руководства по оценке прогнозных ресурсов, три издания которых стали научной основой формирования минерально-сырьевой базы СССР и широко используются до настоящего времени в России и странах СНГ.

С 1991 г. А.И.Кривцов — заместитель директора ЦНИГРИ по научной работе. Направляя научно-исследовательскую деятельность института, он интенсивно развивает работы по созданию системы моделей рудных месторождений, которые были начаты в отрасли в 1985 г. по его инициативе. Под его руководством и при личном участии завершается издание серии «Модели месторождений цветных и благородных металлов».

Комплект карт экзогенной золотоносности и платиноносности Российской Федерации под редакцией А.И.Кривцова (1997 г.) был удостоен премии Правительства Российской Федерации в области науки и техники за 2000 г.

Большое значение А.И.Кривцов придает совершенствованию концептуальных подходов к металлогеническому анализу. Им выполнены оригинальные исследования по металлогении вулканоплутонических поясов, контролирующей размещение широкого спектра рудных месторождений, а также по совершенствованию металлогенической терминологической (понятийной) базы. Эти разработки широко используются в научно-прикладных целях.

В последние годы А.И.Кривцовым выполнен ряд крупных исследований в сфере системы управления, использования и воспроизводства минерально-сырьевой базы страны. Вместе с учеными института им создан системный мониторинг мировых минерально-сырьевых баз, разработаны система показателей и критериев многофакторного анализа мирового и отечественного обеспечения природными ресурсами, концепция национальной минерально-сырьевой безопасности, концепция актуализации стадийности ГРП на твердые полезные ископаемые и классификация ресурсов и запасов твердых полезных ископаемых, отвечающие реалиям современной системы недропользования. Полученные результаты — необходимый фактографический материал для разработки и реализации основ государственной политики в области развития и воспроизводства минерально-сырьевой базы России.

Результаты научных исследований А.И.Кривцова изложены в более чем 400 научных трудах, включая 40 монографий. В их числе: «Палеовулканизм эвгеосинклинальных зон Урала и колчеданобразование», 1979; «Геологические основы прогнозирования и поисков меднопорфировых месторождений», 1983; «Меднопорфировые месторождения мира», 1986; «Принципы и методы прогноза скрытых месторождений меди, никеля и кобальта», 1987; «Минерально-сырьевая база благородных и цветных металлов к 2025 году. Мир и Россия», 1998; «Прикладная металлогения», 1989; «Геологическая служба и развитие минерально-сырьевой базы», 1993; «Металлогения андезитовидных вулканоплутонических поясов», 1997; «Зарубежная минерально-сырьевая база на рубеже веков», 1998; «Национальная минерально-сырьевая безопасность», 2000; «Термины и понятия отечественного недропользования», 2000; модели месторождений цветных и благородных металлов — «Медно-порфировые месторождения», 2001, «Cu-Ni-МППГ месторождения норильского типа», 2001, «Месторождения колчеданного семейства», 2002; «Пространственные металлогенические таксоны», 2002; «Миро-

вая минерально-сырьевая база благородных и цветных металлов: 1970–2000–2025 гг.», 2003.

А.И.Кривцовым подготовлены более 20 кандидатов и докторов наук. С 1988 г. он — главный редактор журнала «Советская геология» (сейчас «Отечественная геология»), который недавно отметил свое семидесятилетие. Анатолию Ивановичу удалось сохранить журнал и его позиции в сложный период перестройки геологоразведочной отрасли. Он также является заместителем главного редактора журнала «Руды и металлы».

За успехи в решении задач по использованию и воспроизводству минерально-сырьевой базы страны А.И.Кривцов награжден орденом Почета за укрепление дружбы и сотрудничества между народами, медалями «В память 850-летия Москвы», «За доблестный труд в ознаменование 100-летия со дня рождения В.И.Ленина», «Ветеран труда», знаками «Отличник разведки недр», «Почетный разведчик недр», «За заслуги в разведке недр», «За успехи в народном хозяйстве СССР (ВДНХ)», «За вклад в научно-технический прогресс в геологии». Его достижения признаны на международном уровне: он удостоен звания «Человек года 2000–2001».

Свой юбилей Анатолий Иванович встречает полным творческих сил и планов. Его преданность науке, необычайная трудоспособность и широта познаний служат примером для всех, кто его знает и с ним работает.

*Ученый совет ЦНИГРИ
Редколлегия журнала*

1 октября 2003 г. исполнилось 75 лет кандидату технических наук **Борису Васильевичу Рогачеву**, одному из представителей славной когорты геофизиков ЦНИГРИ. Вся его многолетняя трудовая деятельность связана с Нигризолото-ЦНИГРИ, где он, после окончания в 1952 г. геофизического факультета Московского геологоразведочного института, прошел путь от младшего научного сотрудника до заведующего сектором разработки геофизических методов исследования.

Борис Васильевич внес большой вклад в развитие разведочной геофизики, посвятив свою научную деятельность разработке новых методов и аппаратуры, их внедрению при поисках и разведке месторождений золота, цветных металлов, алмазов. При его участии создан «Искатель жил» (ИЖ)-ЦНИГРИ и были выпущены малые серии трех модификаций этого прибора.

Для электроразведки сульфидных залежей под руководством и при непосредственном участии Б.В.Рогачева был разработан новый метод заряда на переменном токе с измерением магнитного поля и аппаратура к нему («Алдан-1»), на котором впервые в геофизическом приборостроении использованы полупроводники. «Алдан-1» успешно применялся при разведке золоторудных и медноколчеданных месторождений Якутии и Южного Урала. Под руководством Бориса Васильевича на основе измерений полей сверхдлинноволновых радиостанций разработаны метод и аппаратура для поисков и геофизической разведки рудных месторождений, кимберлитовых трубок, а также геокартирования.

С 80-х годов деятельность Бориса Васильевича направлена на разработку научно-методических основ комплексирования геофизических методов при поисках и разведке золоторудных месторождений. Под его редакцией выпущены сборники Трудов ЦНИГРИ (1976, 1981 гг.), посвященные комплексам геолого-геофизических исследований при поисках и разведке золоторудных месторождений: прожилково-вкрапленных в терригенных толщах и золото-серебряных в вулканитах. Анализ геофизических данных для оценки перспектив ряда золотоносных районов и месторождений, проведенный Борисом Васильевичем, и его участие в создании прогнозных карт золотоносности Северо-Востока России способствовали расширению минерально-сырьевой базы этого региона.

Б.В.Рогачев, будучи высококвалифицированным специалистом-геофизиком, выполнял важную часть исследований при проведении экспертных работ в Болгарии и Швеции.

Результаты исследований Бориса Васильевича отражены в 50 публикациях, монографии. Он имеет пять авторских свидетельств. Его работа отмечена правительственной наградой — медалью «За трудовое отличие» и отраслевыми — «Отличник разведки недр» и многочисленными почетными грамотами ЦНИГРИ.

Поздравляем Бориса Васильевича Рогачева со славным юбилеем. Желаем ему крепкого здоровья, долголетия и благополучия.



*Ученый совет ЦНИГРИ
Редколлегия журнала*

СПИСОК СТАТЕЙ, ОПУБЛИКОВАННЫХ В ЖУРНАЛЕ «РУДЫ И МЕТАЛЛЫ» В 2003 ГОДУ

Из официальных источников

Основы государственной политики в области использования минерального сырья и недропользования. № 2. С. 5.

Год Казахстана в России

Бекжанов Г.Р. Крупные и сверхкрупные месторождения: особенности локализации и прогнозирования. № 2. С. 15.

Лауреаты Ленинской премии в области науки и техники. № 2. С. 9.

Нарсеев В.А. Казахская геология в конце XX века — дела и люди. № 2. С. 11.

Рафаилович М.С. Платиноносность недр Казахстана. № 2. С. 19.

Прикладная металлогения и недропользование

Арсеньев В.А., Дубов Н.В., Дубова Т.А. Использование вихревых структур для прогноза алмазности. № 3. С. 29.

Арсеньев В.А., Энрикеш Э. Вихревая мегаструктура бассейнов рек Конго и Окованго и связь с ней алмазносных территорий. № 1. С. 28.

Бойко Н.И. Закономерности распространения и условия образования титан-циркониевых россыпей на юге России. № 1. С. 12.

Вороняева Л.В. Геологическое строение и золотоносность позднеархейской Устоярвинской гранит-зеленокаменной зоны, северо-запад Кольского полуострова. № 2. С. 51.

Гадиятов В.Г., Маршинцев В.К., Тыллар Ю.Г., Павлов В.И. Алмазы в эффузивных коматитах Олондинского зеленокаменного пояса. № 2. С. 47.

Ефимов А.А., Бакушкин Е.М., Гавриленко Б.В. Носители медно-никелевого и платинометаллового оруденения Северо-Западного Беломорья. № 1. С. 20.

Кац А.Я., Михайлов Б.К., Райхлин А.И. Рыночный метод экспресс-оценки месторождений, запасы которых приняты на государственный баланс. № 2. С. 30.

Конев Р.И. Систематизация золоторудных месторождений Узбекистана на основе микроминеральных парагенезисов. № 3. С. 20.

Кривцов А.И. Гносеологические «мифы и рифы» проблемы источников рудного вещества. № 4. С. 5.

Мазуров А.К. Металлогенетические комплексы континентальных палеорифтов Казахстана и их перспективная оценка. № 5–6. С. 5.

Месхи А.М., Чайкин В.Г. Модель позднепермского рудогеоза в Вятско-Камской полосе. № 3. С. 5.

Михайлов Б.М., Иванов Л.А. Проблемы Fe-Co-Ni месторождения Буруктал, Южный Урал. № 1. С. 5.

Мызенкова Л.Ф. О тенденциях развития минерально-сырьевых баз золота мира. № 5–6. С. 12.

Новожилова И.М. Системный подход к исследованию инвестиционной привлекательности месторождений благородных и цветных металлов. № 1. С. 34.

Сынгаевский Е.Д., Куприянова И.И., Шурига Т.Н., Шпанов Е.П. Изотопный состав кислорода и серы редкометалльных месторождений — индикатор источников вещества. № 3. С. 5.

Эпштейн Ю.А., Листков А.Г., Кочергин Д.И., Черепанов А.В., Бенца М.И. Возраст продуктивного оруденения Таймыро-Североземельской золотоносной провинции. № 2. С. 40.

Методы и методики прогноза, поисков, оценки и разведки месторождений

Абрамов В.Ю., Кеворкянц С.С. О новой методике интерпретации результатов наземного радиоволнового зондирования. № 2. С. 63.

Зималина В.Я. Достоверность разведки. № 5–6. С. 35.

Исаков М.У. Методика оценочных работ на золоторудном месторождении Балпантау, Центральные Кызылкумы. № 5–6. С. 45.

Коньшиев В.О., Савостьянов Е.В., Власов Г.Н. Месторождение Федоровское-1 в Кемеровской области и методика разведки объектов с крупным золотом. № 5–6. С. 20.

Усманов Ф.А., Маринова С.Т., Юлдашев О.А. Метод экстраполяции плотности размещения рудных объектов для их количественного прогнозирования. № 2. С. 68.

Строение рудных месторождений

- Аристов В.В., Константинов М.М., Орлова Г.Ю., Соловьев К.В., Соловьев В.Н., Тямисов Н.Э., Задорожный Н.П., Золотилина Г.Д., Устинов В.И.* Аркачанское золоторудное месторождение, Западное Верхоянье. № 4. С. 15.
- Багдасаров Ю.А.* Редкометальное оруденение и перспективная оценка Горноозерского карбонатитового массива. № 4. С. 51.
- Берикболов С.Б.* Минералого-геохимические особенности золоторудного месторождения Жаксы, Северная Бетпақдала. № 1. С. 39.
- Берикболов С.Б.* Гидрогеохимические особенности золоторудного месторождения Алтынсай, Казахстан. № 4. С. 44.
- Бражник А.В., Риндзюнская Н.М., Ладыгин А.И.* Золотоносные коры выветривания месторождения Каталамбию, Приполярный Урал. № 4. С. 31.
- Илупин И.П.* Показательные элементы кимберлитов и аномальное поведение калия. № 4. С. 64.
- Илупин И.П.* Кимберлиты Якутии — линейное расположение трубок и вещественный состав. № 5-6. С. 60.
- Исакович И.З.* Минералогические ореолы золото-полиметаллических месторождений Береговского рудного поля. № 5-6. С. 53.
- Крикунова Л.М., Жураев Х.Х., Зималина В.Я.* Морфогенетические типы железорудных проявлений в мезозойских осадочных толщах Узбекистана. № 3. С. 53.
- Наталенко М.В.* Гидротермально-метасоматические изменения вмещающих пород Биркачанского золото-серебряного месторождения, Магаданская область. № 3. С. 35.
- Пирназаров М.М., Жураев Х.Х., Колоскова С.М.* Минералого-геохимические особенности первичных руд месторождения золота Аджибугут, Западный Узбекистан. № 3. С. 43.
- Сонин В.М., Жимулев Е.И., Чепуров С.А.* О происхождении сетчатых структур на кристаллах алмаза. № 4. С. 60.
- Федоренко В.А.* Геохимические типы платовулканических пород севера Сибирской платформы. № 1. С. 45.
- Аппаратурно-технические средства и технологии геологоразведочных работ**
- Абрамов В.Ю., [Пятницкий В.И.]* Геоэлектрические характеристики неконсолидированных отложений. № 1. С. 55.
- Ануфриева С.И., Тигунов Л.П., Михайлова Н.С., Ожогина Е.Г., Сладкова Г.А., Заживихина Л.И., Герцева Н.Д.* Выявление закономерностей выщелачивания марганца из карбонатных руд Усинского месторождения. № 1. С. 68.
- Бакулин Ю.И., Черепанов А.А.* Золото и платина в золошлаковых отходах ТЭЦ г. Хабаровска. № 1. С. 60.
- Крылова Г.С., Ибрагимова Н.В.* Исследование закономерностей растворения золота в йод-йодидной системе. № 4. С. 69.
- Кутуева О.В., Марков С.Н., Ястребков А.Ю.* О перспективах подземного скважинного выщелачивания меди из месторождений медистых песчаников Предуралья. № 2. С. 80.
- Лавренчук В.Н., Стряпков А.В.* Лавкоровское месторождение цинка в Северном Казахстане и технологические возможности переработки руды. № 5-6. С. 69.
- Романчук А.И., Ивановская В.П., Королев А.Б.* Исследования по совместному выщелачиванию железомарганцевых конкреций и полиметаллических сульфидов. № 4. С. 71.
- Тарасова Т.Б., Миронов А.А.* Технологические свойства руд Харанурского рудопроявления золота в линейных корах выветривания Восточного Саяна. № 3. С. 60.
- Холмогоров А.Г., Паиков Г.Л., Михлин Ю.Л., Михлина Е.В., Шашина Л.В., Колесниченко Г.В.* Низкотемпературное вскрытие сульфида свинца в системе $[\text{Fe}(\text{NO}_3)_3\text{-HNO}_3\text{-H}_2\text{O}]$. № 2. С. 78.

Новости, информация

Семинар «Проблемы организации научно-методического обеспечения геолого-поисковых работ», Москва, ЦНИГРИ, 14 мая 2003 г. № 2. С. 87.

Хроника

Международная конференция «Индикаторы сбалансированного развития в горнорудной промышленности», Греция, о-в Милос, 21-23 мая 2003 г. № 3. С. 67.

Милосское заявление. № 3. С. 68.

Краткие сообщения

Лихачев А.П. Вода как определяющий фактор формирования и эволюции Земли. № 5-6. С. 76.

Памятные даты

Ясковский П.П. Время собирать камни (к 100-летию Н.В.Барышева). № 1. С. 75.

Памяти Виталия Израиловича Пятницкого. № 1. С. 81.

Поздравляем с юбилеем

В.И.Зеленова. № 1. С. 80.

Г.Д.Карамышеву. № 1. С. 79.

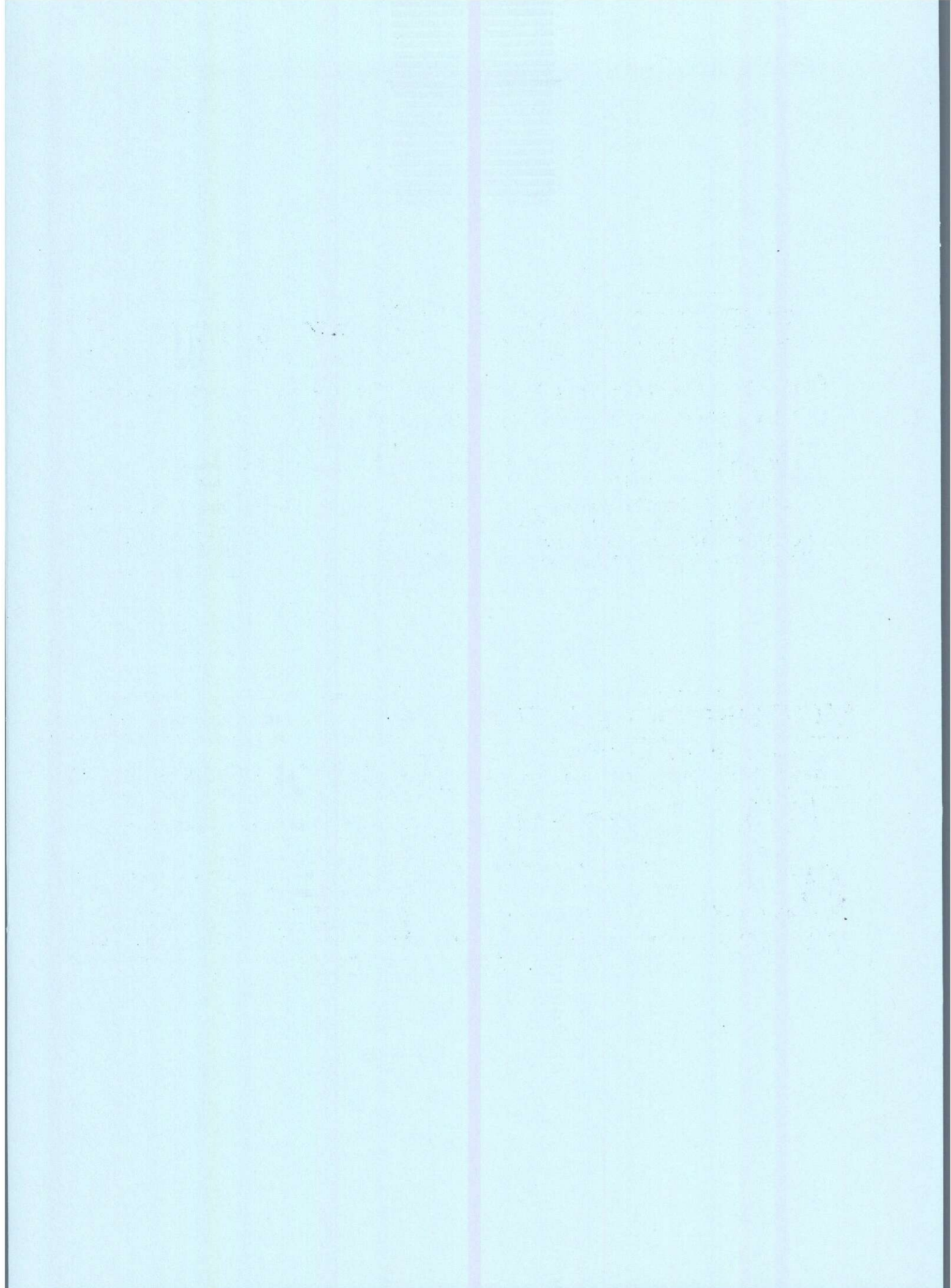
А.И.Кривцова. № 5–6. С. 78.

Б.В.Рогачева. № 5–6. С. 81.

Н.А.Фогельман. № 3. С. 71.

В.Б.Чекваидзе. № 4. С. 76.

Список статей, опубликованных в журнале «Руды и металлы» в 2003 году. № 5–6. С. 82.



** свидетельство о постановке на специальный учет в Центральной Государственной Инспекции пробирного надзора Российской Государственной пробирной палаты 0160000139 от 20.10.03

Берилл-К

Принимаем на переработку и покупаем вторичное сырье, содержащее

ДРАГОЦЕННЫЕ МЕТАЛЛЫ

- ПРОМЫШЛЕННЫЕ ОТХОДЫ (пыли, кеки, шлаки и т.п.),
- ЛОМ И ОТХОДЫ ЮВЕЛИРНОГО ПРОИЗВОДСТВА,
- СОЛИ И КИСЛОТЫ ДРАГМЕТАЛЛОВ,
- ВЫЧИСЛИТЕЛЬНУЮ ТЕХНИКУ, ЭЛЕКТРОННЫЙ ЛОМ.

Телефоны: (095) 429-6533
Факс: (095) 429-7433
E-mail: berill-k@tst.ru

МОСЭКСПО-МЕТАЛЛ

Телефоны: (095) 330-1983, 330-6210, 331-2666
Факс: (095) 331-4542, e-mail: mmetal@east.ru

Сбор и комплексная переработка вторичного сырья, содержащего

Драгоценные


8 лет
на **Д**
рынке **М**

Металлы

Максимальное извлечение
Минимальные сроки
Лучшие цены

Регистрационное удостоверение Центральной Государственной Инспекции Пробирного надзора № 22214 от 01 апреля 2002 г.

Мы принимаем на переработку и покупаем:

- устаревшую вычислительную технику,
- электронный и электротехнический лом,
- отработанные катализаторы, промышленные отходы (шлаки, пыли, кеки и т.п.) содержащие драгоценные металлы,
- лом и отходы ювелирного производства, соли и кислоты драгоценных металлов.