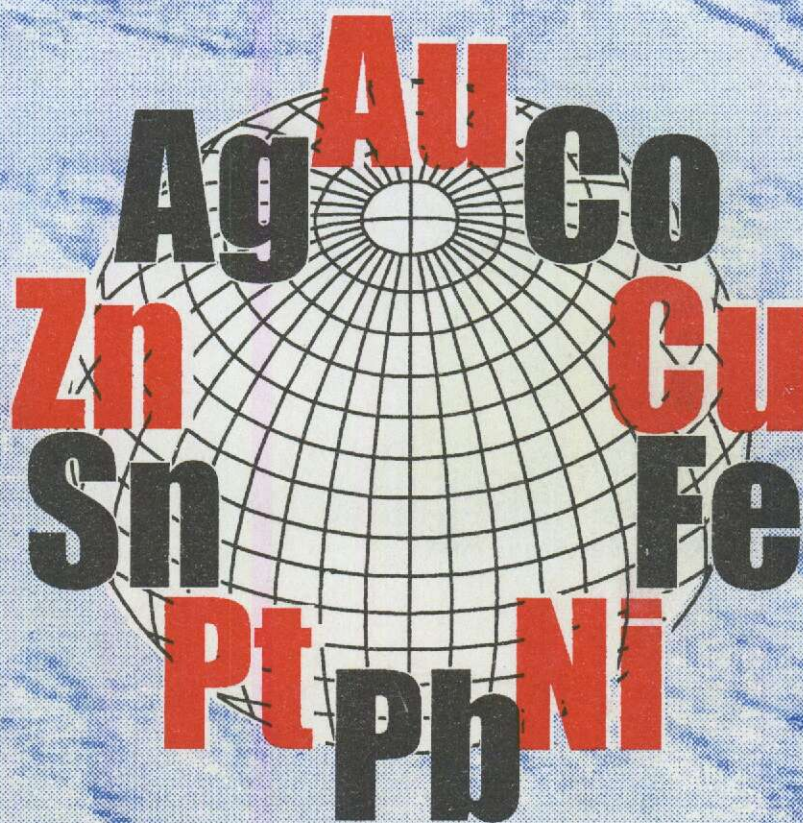


РУДЫ И МЕТАЛЛЫ



ЦНИГРИ МПР России

Главный редактор
И.Ф. Мигачёв



6/2002

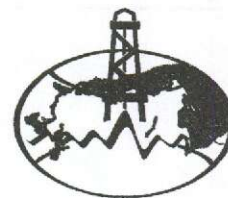
ISSN 0869-5997

Дорогие наши читатели,
друзья, коллеги!

Поздравляю Вас
с Новым 2003 годом
и 10-летним юбилеем журнала
"Руды и металлы"!

 И. Ф. Мironov

РУДЫ И МЕТАЛЛЫ



6/2002

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

ВЫХОДИТ 6 РАЗ В ГОД

ОСНОВАН В 1992 ГОДУ

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор И.Ф. МИГАЧЕВ

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



УЧРЕДИТЕЛЬ

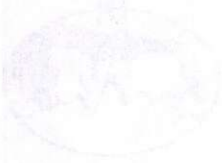
**ЦЕНТРАЛЬНЫЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫЙ ИНСТИТУТ
ЦВЕТНЫХ И БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ
(ЦНИГРИ)**

Издается при участии

Международной академии минеральных ресурсов,

Фонда им. академика В.И.Смирнова

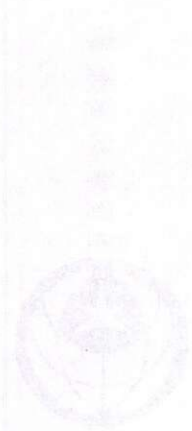
Москва ЦНИГРИ 2002



ИЗДАНИЕ «РУДЫ И МЕТАЛЛЫ»

ПОД ПЕЧАТЮ С 1947 ГОДА

УЧРЕДИТЕЛЬ И ИЗДАТЕЛЬ



ИЗДАТЕЛЬСТВО

ИЗДАТЕЛЬСТВО

ИЗДАТЕЛЬСТВО

ИЗДАТЕЛЬСТВО

Сдано в набор 15.10.2002 г.
Подписано в печать 23.12.2002 г.
Тираж 430 экз.

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

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

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

Журналу «Руды и металлы» — 10 лет

5

«Ores and Metals» journal — 10th anniversary

Прикладная металлогения и недропользование

Никешин Ю.В., Кузнецов А.М.
Гиганты мировой медедобывающей промышленности

7

Третьяков А.В.
Россыпная золотоносность Южно-Алтайского района, Восточный Казахстан

12

Золотухин В.В., Бронников А.П., Васильев Ю.Р.
Взаимосвязь базитового магматизма и тектоники западной окраины Сибирской платформы

17

Буряк В.А., Михайлов Б.К., Цымбалюк Н.В.
Генезис, закономерности размещения и перспективы золото- и платиноносности черносланцевых толщ

25

Строение рудных месторождений

Наталенко М.В., Стружков С.Ф., Рыжов О.Б., Вакин М.Е., Политов В.К., Ишков Б.И., Гиллес Б., Карчавец В.П., Устинов В.И., Шергина Ю.П.

Геологическое строение и минералогия руд месторождения Биркачан, Магаданская область

37

Ворошилов В.Г., Боярко Г.Ю., Бирюков Е.И.
Геохимическая зональность Самолазовского золоторудного поля, Центральный Алдан

53

Аппаратурно-технические средства и технологии геологоразведочных работ

Евсюков Ю.А., Зезюлин В.Н., Карасев А.П., Юдицких Е.Ю.

Автоматизированный аппаратно-технологический комплекс для съемки ВП в движении

59

Крылова Г.С., Барашнев Н.И.
Технология обогащения углеродистой золотосодержащей руды

64

Applied Metallogeny and the Subsurface Use

Nikeshin Yu. V., Kuznetsov A. M.
The giants of world copper industry

Tretiakov A. V.
Gold placer potential of the South-Altai region, Eastern Kazakhstan

Zolotukhin V. V., Bronnikov A. P., Vasiliev Yu. R.
Interrelation between basite magmatism and tectonics of the western margin of the Siberian platform

Buryak V. A., Mikhailov B. K., Tsybalyuk N. V.
Genesis, regularities of distribution and prospects for gold and platinum potential of black-shale rock mass

Structure of Ore Deposits

Natalenko M. V., Struzhkov S. F., Ryzhov O. B., Vakin M. E., Politov V. K., Ishkov B. I., Gilles B., Karchavets V. P., Ustinov V. I., Shergina Yu. P.

Geology and ore mineralogy of the Birkachan deposit, Magadan district

Voroshilov V. G., Boyarko G. Yu., Biryukov E. I.
Geochemical zonation of the Samolazovsky gold field, Central Aldan

Equipment and Technologies for Geological Prospecting

Evsyukov Yu. A., Zezyulin V. N., Karasev A. P., Yuditskikh E. Yu.

Automated instrumentation — technological complex for movable IP survey

Krylova G. S., Barashnev N. I.
Mineral processing technology for carbonaceous gold-bearing ore

Рецензии**Book reviews**

Ручкин Г.В.
Металлогения меди, свинца и цинка в геологической истории Урала

66

Ruchkin G. V.
Metallogeny of copper, lead and zinc in the geologic history of the Urals

Константинов М.М.
Загадочный «карлинский тип»

68

Konstantinov M. M.
Mysterious «Carlin type»

Памятные даты**Memorable dates**

Елисеев В.И., Камшилина Е.М., Рыжов Б.В.
Памяти Владимира Сергеевича Трофимова

70

Eliseev V.I., Kamshilin E.M., Ryzhov B.V.
Memory of Vladimir Sergeevich Trofimov

Поздравляем с юбилеем**Congratulations**

И.С.Чанышева, Р.Н.Володина, А.Н.Щендригина, В.С.Звезда

72

I.S.Chanyshv, R.N.Volodin, A.N.Schendrigin, V.S.Zvezdov

Список статей, опубликованных в журнале «Руды и металлы» в 2002 году

74

List of papers published in «Ores and metals» in 2002

ЖУРНАЛУ «РУДЫ И МЕТАЛЛЫ» — 10 ЛЕТ

За десять лет, прошедших со времени учреждения нашего журнала, вышло 58 номеров и опубликовано более 600 статей, авторы которых представляют широкие круги отечественного геологического сообщества.

Учредители и организаторы журнала все эти годы в своей работе исходили из необходимости общения ученых и практиков по всем вопросам геологии, генезиса и освоения месторождений рудных полезных ископаемых как в теоретическом, так и в прикладном планах. Редколлегия журнала, объединяющая ведущих ученых научно-исследовательских институтов и вузов и почти не изменившаяся в своем составе за 10 лет, всемерно помогая авторам статей, формирует редакционный «портфель» и облик нашего издания в соответствии с требованиями времени.

Укрепились и расширились базовые рубрики журнала, появились новые, затрагивающие актуальные задачи недропользования, историю геологических исследований, а также дискуссионные аспекты генезиса месторождений новых типов.

За 1993–2002 гг. вышло одиннадцать специальных выпусков журнала. Пять из них — мемориальные — посвящены памяти ученых-геологов — М.Б.Бородаевской (№ 6/1994); П.С.Бернштейна, Н.И.Бородаевского, Ю.П.Казакевич, А.И.Казаринова, В.А.Новикова (спецвыпуск/1996); И.С.Рожкова (№ 5/1999); М.Б.Бородаевской и Д.И.Горжевского (№ 6/2001); М.Н.Годлевского (№ 5/2002) — и включают результаты научного и прикладного развития творческого наследия этих выдающихся исследователей.

Четыре целевых выпуска содержат материалы XXXII сессии Международного геологического конгресса (доклады по проблеме «Геология и сбалансированное развитие: вызов третьего тысячелетия»), 2000; Всероссийской конференции «Минерально-сырьевая база алмазов, благородных и цветных металлов на рубеже веков — перспективы использования и воспроизводства» (тезисы докладов), 1998; Всероссийского совещания «Металлогения и воспроизводство фонда недропользования» (тезисы докладов), 1999; Всероссийской конференции «Минерально-сырьевая база территории России и ее континентального шельфа в условиях глобализации мировой экономики» (доклады «круглых столов»), 2002. В двух номерах журнала были представлены минерально-сырьевые «визитные карточки» Республики Коми (№ 4/1996) и Южно-Сибирского региона (№ 2/1998).

Мы надеемся, что сложившиеся традиции многопрофильного, существенно прикладного журнала будут и дальше развиваться и укрепляться с помощью наших авторов и подписчиков.



ГИГАНТЫ МИРОВОЙ МЕДЕДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Ю.В.Никешин, А.М.Кузнецов (ЦНИГРИ МПР России)

Приводятся краткие данные о геологическом строении и размещении зарубежных месторождений-гигантов меди и геолого-экономические сведения о медедобывающих предприятиях, созданных на их основе, отражена роль ведущих предприятий в развитии минерально-сырьевой базы меди в мире.

В конце прошлого столетия на роль лидера среди ведущих стран-производителей рудничной меди уверенно выдвинулась Чили, которая к тому же обладает наибольшими подтвержденными запасами меди. По состоянию на начало 2000 г. обеспеченность ими добычи меди в Чили составляла 38 лет. В 2000 г. в Чили было произведено 4602,3 тыс. т Cu в концентратах (35% мирового рудничного производства) и 1373,6 тыс. т экстракционной меди по технологии SX-EW (59,3% мирового производства по данной технологии). Технология Solvent Extraction Electrowinning (SX-EW) предусматривает получение катодной меди с применением в начале технологического цикла гидрометаллургических способов переработки медного сырья (выщелачивание), затем жидкостной экстракции меди из растворов от выщелачивания и процесса электролиза. Привлекательность этой технологии обусловлена низкими эксплуатационными затратами на получение 1 т Cu (около 650 дол. США) и экологической чистотой [2]. США, начиная с 1985 г., утратили позицию лидера в рудничном производстве меди, но на протяжении 30 лет являются ведущим ее потребителем. Рудничное производство меди в США в 2000 г. составляло 1440 тыс. т (11% мирового), а потребление рафинированной меди — 2979 тыс. т (19,6%). Кроме Чили и США, ведущими зарубежными странами-производителями (с рудничным производством меди более 500 тыс. т) являются Индонезия (1012 тыс. т в 2000 г.), Австралия (830), Канада (634), Китай (590) и Перу (554). На долю этих пяти стран приходится 27,4% мирового рудничного производства меди [2].

В таблице (по данным за 1999 г.) представлены геолого-экономические показатели 13 крупнейших зарубежных медедобывающих предприятий с годовой производительностью более 200 тыс. т Cu в концентратах. Их суммарная доля в мировой добыче меди (исходя из фактической производительности) в 1999 г. составляла около 45%. Среди предприятий с открытым способом разработки выделяются Эскондида в Чили (с годовой производительностью 870 тыс. т Cu в концентратах), Грасберг в Индонезии (770) и Чукикамата в Чили (627,5); с подземным способом разработки — Эль-Теньенте в Чили (350); среди предприятий, использующих технологический цикл типа SX-EW, — Моренси в США (250 тыс. т катодной меди) и Чукикамата в Чили (200 тыс. т).

Крупнейший в мире открытый рудник Эскондида производит около 9% мировой рудничной меди при производительности 135 тыс. т руды в сутки, или 47,3 млн. т руды в год. Кроме того, здесь действует установка для выщелачивания окисленных руд производительностью 140 тыс. т катодной меди в год. Рудник Эскондида принадлежит компаниям BHP (55,7%), Rio Tinto (30%), Japan Escondida Corp. (10%) и International Finance Corp. — IFC (2,5%), которые с 1996 по 1998 гг. осуществляли третий этап его расширения. В результате проведенных работ по расширению и реконструкции производительность рудника увеличилась на 125 тыс. т высококачественной катодной меди, соответствующей стандартам LME и полученной за счет экстракции.

Месторождение Эскондида расположено на севере Чили в 160 км юго-восточнее г. Антофагаста на высоте 3000 м над уровнем моря. Оно

Геолого-экономические показатели крупнейших зарубежных медодобывающих предприятий по данным за 1999 г. [2, 4–9]

Страна, предприятие, компания-владелец	Характеристика подтвержденных запасов (по состоянию на 01.01.1999 г.)			Фактическая годовая производительность (п — проектная)	
	Руда, млн. т	Содержание, %	Сu, тыс. т	Руда, млн. т	Сu в концентратах, тыс. т
<i>Подземный способ разработки</i>					
Чили, Эль-Теньенте Codelco	2080	1,12	23 300	35	350 480 п
США, Сан-Мануэль BHP Copper Inc.	608	0,74	4500	30	340 п
<i>Открытый способ разработки</i>					
Чили, Эскондида BHP/Rio Tinto/Jeco/IFC	2180	1,2	26 160	47,3	870 1200 п
Индонезия, Грасберг (карьер) PT-FI/Rio Tinto	1109	1,02	9300	77,2	770
Чили, Чукикамата Codelco	3000	0,89	26 700	87,5	627,5
Чили, Кольяуаси Falconbridge/Anglo American /Mitsui and Co	2054	0,82	16 840	41	383
США, Бингем-Каньон Kennecott Utah Copper Corp.	1200	0,6	7200	52	310
Индонезия, Бату-Хайджау Newmont Mining/Японские консорциумы/PT Puknafu Indah	960	0,5	4800	42	280
Чили, Лос-Пеламбрес Antofagasta Holdings/Японские консорциумы	934	0,77	7190	29,8	250 п
США, Моренси Phelps Dodge Corp.	2194	0,36	7900	73	245 372 п
Чили, Эль-Абра Phelps Dodge/Codelco	1050	0,72	7750	25	227
Чили, Диспугада Exxon	1441	0,4	5324	29	207
Перу, Куахоне SPCC	446	0,83	3700	33,6	206

входит в состав протяженного меднорудного пояса (в субмеридиональном направлении 600 км при ширине 5–30 км), тяготеющего к системе разломов Домейко, которая размещается в восточной зоне Главной Кордильеры Чили. В составе пояса в пределах площади распространения восточной зоны (с севера на юг), помимо месторождения Эскондида, находятся следующие медно-порфиновые месторождения, связанные с порфировыми интрузиями эоцен-олигоценного возраста (41–29 млн. лет): Квебрада-Бланка, Кольяуаси, Эль-Абра, Радомиро-Томик, Чукикамата, Эль-Сальвадор и Потрерильос. Южнее в этой же зоне находятся месторождения Лос-Пеламбрес, Рио-Бланко (Андина)-Диспугада (Лос-Бронсес) и Эль-Теньенте, возраст которых датируется в 5–10 млн. лет [1].

По состоянию на конец июня 2000 г. доказанные и вероятные запасы месторождения Эскондида составляли 2180 млн. т руды (сульфидной и окисленной в сумме) со средним содержанием Сu 1,2% (26,2 млн. т Сu), что достаточно для 40-летнего срока их отработки при производительности порядка 900 тыс. т Сu в концентратах в год. На предприятии Эскондида для получения медных концентратов сульфидная руда обогащается методом флотации. Кроме меди, концентраты содержат промышленные концентрации золота и серебра. Концентраты транспортируются по трубопроводу в порт Колосо.

В мае 2000 г. был принят окончательный вариант программы по дальнейшему расширению рудника (четвертый этап), стоимость которого составила 1045 млн. дол. США. Программа рас-

считана на двухлетний срок. Расширение позволит компенсировать снижение содержаний меди в руде, которое имело место в последние годы и вызвало ежегодное падение производства меди в концентратах с 900 до 850 тыс. т. К середине 2001 г. производительность рудника должна возрасти на 300 тыс. т Cu в концентратах. В дальнейшем (в течение первых пяти лет) она будет увеличена до 1,2 млн. т в год при среднем содержании Cu в руде 1,5% на период 2003 г. В ходе расширения будут построен новый концентратор производительностью 100 тыс. т руды в сутки, установлены еще одна дробилка и конвейерная система. Планируется, что расширение полностью завершится к концу 2003 г.

Медные концентраты и катоды, полученные на предприятии Эскондида, реализуются на рынках 18 стран, в том числе и в Чили. Согласно 12-летним контрактам о продажах, концентраты отправляются на плавильные заводы в Японию, Германию и Финляндию пропорционально доле этих стран в кредитном финансировании проекта. Остальная часть продукции предприятия продается по среднесрочным контрактам плавильным заводам в Чили, Испании, Бразилии, Южной Корее, Филиппинах, Китае, Канаде, Мексике и Швеции. Южная Корея является также главным покупателем медных катодов, производимых установкой по переработке окисленной руды [4].

В Индонезии рост запасов и добычи меди, наблюдающийся в последние годы, связан прежде всего с продолжающимся изучением медно-золоторудного узла, включающего шесть самостоятельных объектов (месторождений и рудных зон), на базе которых создан горно-обогатительный комплекс Грасберг с комбинированным способом отработки двух золото- и серебросодержащих типов руд: медно-порфиновых и железо-медных скарновых. Освоение комплекса начиналось с отработки месторождения Эртбоберг, сначала открытым, а потом подземным способом в период 1972–1988 гг. В настоящее время активно отрабатывается карьер собственно месторождения Грасберг. Описываемый рудный узел с комплексным характером оруденения расположен в поясе Маоке — западном сегменте Новогвинейского вулканоплутонического пояса. В восточном сегменте последнего находятся крупные золотосодержащие медно-порфиновые месторождения (Ок-Теди, Фрида и др.). Все месторождения пояса приурочены к штокам диоритов, монцодиоритов и кварцевых монцонитовых порфиров с возрастным диапазоном формирования от 12,9 до 1,1 млн. лет [3]. По состоянию на конец 1999 г. дока-

занные и вероятные запасы меди всех объектов комплекса Грасберг составляли 22,6 млн. т при среднем содержании ее в руде 1,13%.

По данным компаний PT Freeport Indonesia (PT-FI) и Rio Tinto [8], которые совместно разрабатывают карьер месторождения Грасберг (при соотношении долей участия в проекте 89 и 11% соответственно), его производительность по руде в 2000 г. составила 220,7 тыс. т в сутки, или 77,2 млн. т руды в год. Прямые производственные издержки за 2000 г. в целом составили 0,51 дол./кг Cu с учетом попутных золота и серебра. Компания PT-FI по праву считается самым низкокзатратным в мире продуцентом рудничной меди.

В январе 2000 г. стал функционировать открытый рудник Лос-Пеламбрес — самый главный меднорудный проект компании Antofagasta Holdings в Чили. Капитальные вложения в проект составили 1,36 млрд. дол. США [5].

Медно-молибден-порфиоровое месторождение Лос-Пеламбрес, на базе которого создано горнодобывающее предприятие, расположено в Андах на высоте 3200 м над уровнем моря вблизи границы с Аргентиной, в 200 км севернее г. Сантьяго в пределах восточной зоны Главной Кордильеры Чили. Рудное тело месторождения находится в пределах штока гранодиоритов, залегающего среди вулканогенно-осадочных пород поздней юры и мела. Оно приурочено к внутренней зоне метасоматитов, представленных кварц-калишпат-биотитовыми разностями в ассоциации с ангидритом. Абсолютный возраст гидротермального биотита оценивается в 9,7–10 млн. лет. В центре зоны преобладают борнит (около 60%) в сростании с гипогенным халькозинном и халькопирит. В стороны внешних контактов зоны метасоматитов борнит исчезает и главное значение приобретает штокверк тонких пирит-халькопиритовых прожилков. Общий вертикальный размах оруденения превышает 1100 м [1]. Запасы руды месторождения, предназначенные для открытого способа отработки, оцениваются в 934 млн. т со средними содержаниями Cu 0,77% (7190 тыс. т Cu) и Mo 0,023%. Суммарные подтвержденные запасы руды составляют 2400 млн. т при содержаниях Cu 0,67% (16,1 млн. т Cu) и Mo 0,016% при бортовом содержании Cu 0,4%. Количество оцененных ресурсов более 3000 млн. т с содержаниями меди и молибдена соответственно 0,65 и 0,014%.

Проектная производительность предприятия 85 тыс. т руды в сутки, или 29,8 млн. т в год, позволит ему существовать в течение 30 лет. При этом будут отработаны только запасы карьера. Указанная производительность достаточна для

производства 250 тыс. т Cu в концентратах в год. В течение первых пяти лет работы рудника, начиная с конца 2000 г., предполагается получать порядка 270 тыс. т Cu в концентратах. Согласно прогнозам на дальнюю перспективу, в ходе расширения рудника (фаза 2) его суточная производительность по руде может быть увеличена до 120 тыс. т. Полученный концентрат транспортируется по трубопроводу длиной 120 км в порт вблизи г. Лос-Вилос и далее отправляется на металлургические предприятия. По мнению специалистов, Лос-Пеламбрес — один из самых высококорентабельных медных проектов в мире. Средние прямые издержки на предприятии будут составлять 0,95 дол./кг Cu; в первой половине 2000 г. они составили 0,86 дол./кг Cu [5] при ее среднегодовой цене на мировом рынке (LME) в 2000 г. 1,82 дол./кг.

В 1999 г. в Чили компанией Codelco были начаты работы по расширению крупнейшего в мире подземного рудника Эль-Теньенте, существующего на базе одноименного медно-молибден-порфирового месторождения, геологические особенности строения которого определили способ его отработки. Как отмечает А.И.Кривцов с соавторами [1], главным элементом месторождения, отличающим его от других объектов, является сложно-построенная (имеющая окаймление) брекчиевая трубка, сформированная в ходе плиоценового импульса тектономагматической активизации и выполненная в основном породами формации Брэден. Она представлена обломками андезитов, дацитовых порфиритов и кварцевых диоритов различных размеров, сцементированных тонкообломочным, иногда туфовидным материалом. Трубка окаймлена обломками практически аналогичного состава, сцементированными турмалином и кварцем. Раму интрузивных тел (кварцевых диоритов и дацитовых порфиритов), находящихся вместе с трубкой в разрезе месторождения, слагают потоки андезитов. Именно в них сконцентрировано до 80% промышленных руд. Завершить работы по расширению рудника планируется в конце 2001 г. При этом производительность по руде достигнет 100 тыс. т в сутки, или 35 млн. т в год, а производительность по металлу увеличится на 130 тыс. т и составит 480 тыс. т Cu в концентратах. Капитальные вложения на расширение рудника составят 422 млн. дол. США [4].

В последнее десятилетие в развитых и развивающихся странах отчетливо просматривается тенденция преимущественной отработки медно-рудных месторождений методом кучного выщелачивания с дальнейшей экстракцией меди по технологии SX-EW. Крупнейшим в мире предприятием, применяющим данный технологичес-

кий цикл, является Моренси в США, принадлежащее компании Phelps Dodge Corp. В 1999 г. эта компания начала осуществлять переход к производству всей меди только методом SX-EW и завершила его в середине 2001 г., что позволило увеличить производство катодной меди до 372 тыс. т в год (полная проектная производительность) при капитальных вложениях в 220 млн. дол. США. В ходе модернизации предприятия были расширены системы дробления и конвейерной транспортировки, установлены передвижные погрузчики для складирования дробленной руды в отвалы в целях дальнейшего выщелачивания, расширены существующие мощности по экстракции меди за счет постройки новых помещений для размещения емкостей, предназначенных для электроосаждения [6].

Из крупномасштабных зарубежных проектов, подготовленных в настоящее время к освоению, следует остановиться на проекте по эксплуатации скарнового преимущественно медного (с цинком и серебром) месторождения Антамина в Перу. Как сообщается [9], в результате переоценки доказанные запасы месторождения составляют 313 млн. т руды со средними содержаниями Cu 1,3%, Zn 1,06%, Ag 14,13 г/т. Бортное содержание условной меди при этом было принято равным 0,7%. Проект принадлежит компаниям Noranda и Billiton (каждой по 33,75%), Teck Corp. (22,5%) и Mitsubishi Corp. (10%) и рассчитан на 20 лет существования. В течение первых пяти лет планируется производить 272 тыс. т Cu, 163 тыс. т Zn и 193 т Ag в концентратах. Проект включает открытый рудник, концентратор (с производительностью 70 тыс. т руды в сутки, или 24,5 млн. т руды в год), трубопровод для транспортировки концентратов длиной 305 км, портовые сооружения, новую подъездную дорогу и силовую линию. Капиталовложения в проект составили 2,26 млрд. дол. США. Ввод в эксплуатацию предприятия Антамина планировалось осуществить в конце 2001 г. при условии, что в течение последующих шести месяцев будет достигнута полная производительность по руде. Согласно расчетам, прямые производственные издержки в течение первых десяти лет составят 0,29 дол./фунт (0,64 дол./кг), а в течение всего срока эксплуатации — 0,35 дол./фунт (0,77 дол./кг).

Южно-Корейская компания LG объявила о первом контракте по проекту Антамина, который предусматривает покупку 100 тыс. т медных концентратов в год в течение 12 лет. Японские медеплавильные заводы (Mitsubishi и др.), как ожидается, будут ежегодно покупать 200 тыс. т медных и 80 тыс. т цинковых концентратов [9].

Из меднорудных объектов по производству катодной меди по технологии SX-EW, освоение которых в случае благоприятной обстановки на мировом рынке меди может начаться в ближайшие годы, следует отметить следующие.

В Замбии компаниями Anglo American и Konkola Copper Mines (последняя на 65% принадлежит Zambia Consolidated Investments) разрабатывается проект по освоению глубоких горизонтов месторождения медистых песчаников Конкола, где сосредоточено около 13 млн. т вероятных запасов меди с содержанием 3,8%. Выполненное ТЭО проекта предусматривает 30-летний срок существования рудника проектной производительностью 210 тыс. т медных катодов в год. Капиталовложения в реализацию проекта оцениваются в 523 млн. дол. США. Производство меди планировалось начать в конце 2001 г. при цене на мировом рынке меди сорта А 1700 дол./т [9].

В Демократической Республике Конго (Заир) компаниями ВНР (55% участия в проекте) и Gecamines (45%) подготавливается к освоению месторождение медистых песчаников (с кобальтом) Тенке-Фунгуруме, подтвержденные запасы которого составляют 92,6 млн. т руды с содержанием Cu 4,59% (4250 тыс. т Cu). Капиталовложения в первоначальную стадию разработки проекта составили 450 млн. дол. США. В течение первых пяти лет ежегодно планируется производить 100 тыс. т медных катодов и 6 тыс. т Со. В дальнейшем, на протяжении 10-летнего периода, в результате расширения рудника, стоимость которого составит еще 380 млн. дол., планируется увеличить производительность по меди и кобальту в 2 раза [7].

Заканчивая информационную подборку материалов о крупнейших зарубежных действующих медедобывающих предприятиях и их проектах, отметим следующее.

1. В настоящее время крупнейший продуцент рудничной меди — Чили, чья доля в мировой добыче меди составляет 35%. В Чили находятся крупнейшие в мире предприятия по рудничному производству меди (Эскондида, Чукикамата, Кольяуаси, Эль-Теньенте и др.) и наиболее крупные предприятия по производству экстракционной меди по технологии SX-EW (Чукикамата, Радомиро-Томик, Эскондида, Сальдивар и др.). Эскондида — крупнейший в мире открытый рудник, а Эль-Теньенте — самый большой среди подземных.

2. Чили обладает также наибольшим количеством подтвержденных запасов меди — 26% от мировых (без России). При этом практически все запасы (95%) заключены в медно-порфиновых

месторождениях, наиболее крупное из которых и крупнейшее в мире по результатам переоценки 1995 г. — Андина (33,2 млн. т Cu при среднем ее содержании в руде 0,79%). Далее по количеству запасов следуют Чукикамата, Эскондида, Эль-Теньенте и Кольяуаси.

3. В связи с низкими ценами на рафинированную медь сорта А на мировом рынке (в среднем 1560 дол./т) в текущем 2002 г. (по итогам года) производство меди в концентратах может реально увеличиться только на крупных предприятиях, которые благодаря значительным объемам производства и возможности варьировать качеством добываемых руд способны контролировать уровень производственных издержек. В частности, мировое рудничное производство меди может возрасти за счет трех медедобывающих предприятий-гигантов в Чили, а именно за счет расширения производства на предприятиях Эскондида и Эль-Теньенте (на 330 и 130 тыс. т соответственно) и выхода на полную проектную мощность открытого рудника Лос-Пеламбрес (250 тыс. т). Производство экстракционной катодной меди по технологии SX-EW может увеличиться главным образом также за счет чилийских рудников. Предприятия других зарубежных стран (за исключением лишь немногих, таких как Грасберг и Бату-Хайджау в Индонезии и Ла-Кариад в Мексике) в настоящее время играют менее значительную роль в развитии мировой минерально-сырьевой базы меди.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Кривцов А.И., Мигачев И.Ф., Попов В.С.* Медно-порфиновые месторождения мира. — М.: Недра, 1986.
2. *Минеральные ресурсы мира* — ИАЦ «Минерал». — М.: Аэрогеология, 1997–2000.
3. *Щепотьев Ю.М., Вартамян С.С., Орешин В.Ю., Гузман Б.В.* Золоторудные месторождения островных дуг Тихого океана. — М.: ЦНИГРИ, 1989.
4. *Chadwick J., Bawden M.* Chile — success breeds success // *Mining Magazine*. April, 2000. Vol. 182. № 4.
5. *Clifford D.* Antofagasta's Chilean push // *Mining Magazine*. April. 2000. Vol. 182. № 4.
6. *Engineering Mining Journal*. July, 2001. Vol. 202. № 7.
7. *Marcus J.J.* BHP — The Quiet Giant. A natural resources company in transition // *Engineering Mining Journal*. February, 1999. Vol. 200. № 2.
8. *Phelps R.W.* Moving a Mountain a Day — Grasberg Grows Six-Fold // *Engineering Mining Journal*. June, 2000. Vol. 201. № 6.
9. *Raw Materials Group (RMG)* — Mine Project Investment Remains High, But for How Long? // *Engineering Mining Journal*. January, 2001. Vol. 202. № 1.

УДК 553.411 (574.4)

© А.В.Третьяков, 2002

РОССЫПНАЯ ЗОЛОТОНОСНОСТЬ ЮЖНО-АЛТАЙСКОГО РАЙОНА, ВОСТОЧНЫЙ КАЗАХСТАН

А.В.Третьяков (ТОО «Алтын-Айтас», Республика Казахстан)

Анализ материалов геологоразведочных, эксплуатационных и обобщающих работ предшествующих исследователей, результаты собственных наблюдений позволили классифицировать россыпи района по возрастным и генетическим типам. Формирование и эволюция россыпей охватывают эоцен-раннеолигоценовое, позднеолигоцен-миоценовое, плиоценовое и средне-позднечетвертичное время. Описаны характерные россыпи, разнообразные по возрасту и геолого-геоморфологическим условиям локализации.

Южно-Алтайский золотonosный район — один из старейших регионов золотодобычи в Республике Казахстан — характеризуется хорошей геологической изученностью рудной и россыпной золотоносности. Он находится в восточной части Зайсанской складчатой системы и приурочен к юго-западному замыканию Иртышской структурно-металлогенической зоны.

Описываемый район характеризуется благоприятным для масштабного россыпееобразования эндогенным структурно-вещественным парагенезисом [5]. Его осевая часть сложена нижнепалеозойскими, периферические — верхнепалеозойскими терригенными отложениями. Нижнепалеозойские породы деформированы на мезозональном уровне с развитием кливажных структур и зеленосланцевым метаморфическим изменением, верхнепалеозойские — на уровне эпизональной шовной складчатости высшей интенсивности с преобладанием острозамковых наклонных и опрокинутых складок и широким развитием приразломного кливажа.

Золотое оруденение представлено золото-кварцево-жильной (преобладает) и золото-кварц-лиственитовой рудными формациями. В пределах ряда рудных полей И.С.Чуприной и Н.Г.Халитовым (1971 г.) выявлены минерализованные зоны дробления, сопровождающиеся штокверкообразным прокварцеванием. В кварцево-жильных объектах золото находится в свободной форме, образуя самостоятельные выделения размером до 2–3 мм и более. Минерализация, связанная с лиственитами, характеризуется преобладанием связанных форм золота, которое тяготеет к сульфидам, давая мелкие (до 0,002–0,03 мм) включения. В минерализованных зонах золото свободное, приурочено к кварце-

вым прожилкам. Размеры золотин от пылевидных до крупных фракций с преобладанием последних.

Анализ представлений о палеоглубинах формирования золоторудных месторождений рассматриваемого и сопредельных районов [3, 4, 6] в комплексе с данными о величине денудационного среза за пострудный период [6] свидетельствует о том, что золоторудные объекты района эродированы до нижнерудного — корневого подрудного уровня. Это подтверждается результатами оценки эрозионного среза отдельных золоторудных полей района по геохимическим данным (И.С.Чуприна, Н.Г.Халитов, 1971 г.).

Золоторудные месторождения и проявления района концентрируются в широкой (до 30–35 км) полосе северо-западного простираания, конформной ориентировке складчатых структур и протягивающейся более чем на 60 км. Распределение объектов в пределах этой полосы неравномерное: на участках ее пересечения с поперечными разрывами образованы рудные узлы и поля, границы которых не отчетливы и устанавливаются по степени насыщенности рудными телами.

В геоморфологическом отношении район представляет собой в различной степени расчлененное средне- и низкогорье. Его специфической особенностью, во многом определяющей геоморфологический облик, является широкая пространственность фрагментов региональной поверхности выравнивания (РПВ). Наиболее крупная речная долина, имеющая длительную (с миоцена до настоящего времени) историю развития, — долина р. Курчум; на фрагментах РПВ отмечаются разрозненные отрезки древней отмершей гидросети. Долины остальных рек — более молодые образования.

Россыпи золота в районе разнообразны по генезису, возрасту, морфологии и условиям локализации. Структура их размещения в целом конформна полосе развития золотого оруденения, а узлы скопления и наиболее продуктивные отрезки тяготеют к золоторудным узлам и полям. По материалам геологоразведочных, эксплуатационных и обобщающих работ предшествующих исследователей [2, 4; В.А.Кривцов и др., 1983], результатам собственных полевых наблюдений, сопоставлению этих материалов со стратиграфией кайнозоя и историей рельефообразования [1] автором выделены следующие возрастные и генетические типы россыпей золота.

Россыпи эоцен-раннеолигоценового возраста — наиболее древние. Они локализованы в толще аллювиально-пролювиальных кварцевых галечников, формирование которых, по данным В.С.Ерофеева [1], происходило в эоцене и связано с проявлением южноалтайской фазы альпийских тектонических движений. В настоящее время кварцевые галечники в виде небольших фрагментов сохранились на уплощенных водоразделах в бассейнах рек Такыр, Бала-Кальджир, Курчум и Май-Качегай.

Россыпная золотоносность кварцевых галечников изучена трестом «Алтайзолото» в междуречье Такыр-Бала-Кальджир. Верхние 4–6 м разреза, общая мощность которого достигает 25 м, сложены валунно-галечно-песчаными образованиями, нижняя часть — серо-белыми песчанистыми глинами с прослоями песка и гальки. Золотоносные прослой (линзы) со знаковыми содержаниями фиксируются по всей толще. Золото тертое, мелкое (0,5–1 мм) и весьма мелкое (0,1–0,15 мм), пластинчатое.

Золотоносность кварцевых галечников в разных участках района меняется. В бассейнах рек Кальджир, Бала-Кальджир и Такыр в них практически повсеместно установлено наличие россыпного золота, на плато Текень (бассейн р. Маралиха) они в этом отношении стерильны. Как самостоятельные объекты кварцевые галечники не имеют практического значения, но служат промежуточными коллекторами золота для некоторых четвертичных долинных россыпей.

В позднеолигоцен-раннемиоценовую эпоху сформировались погребенные аллювиально-пролювиальные россыпи впадин и погребенные аллювиальные россыпи древних долин.

Аллювиально-пролювиальные погребенные россыпи впадин известны в Май-Капчегайском грабене, представляющем собой тектоническую депрессию шириной 0,7–1,5 км, ограниченную суб-

вертикальными разломами и выполненную кайнозойскими отложениями мощностью до 140 м. Предшествующими исследователями (В.П.Астраханцев и др., 1978 г.) в разрезе выделены палеогеновые, неогеновые и четвертичные осадки.

Палеогеновые отложения залегают в основании разреза на глубинах 55,7–144,8 м. Они представлены озерно-аллювиальными валунно-галечниками с прослоями песков и бурых глин. В составе обломочного материала преобладает кварц. Мощность горизонта максимальна (до 30–35 м) в северном борту грабена и уменьшается до 3–7 м к югу. В этом же направлении грубо-обломочные породы сменяются глинистыми осадками. Россыпь, локализованная в этих отложениях в интервале глубин от 96,8 до 132,3 м, тяготеет к северному борту грабена, где образует две параллельные струи шириной 100–120 и 40–100 м при мощности пласта 0,3–0,6 м. Распределение золота крайне неравномерное, его содержание колеблется от первых миллиграммов на 1 м³ до 10,4 г/м³. Золото хорошей окатанности и высокой пробы, мелких и весьма мелких фракций. Протяженность россыпи около 4 км.

На отложениях палеогена с несогласием залегают толща серо-зеленых глин миоцена. Мощность ее меняется от 70–75 м вдоль южного борта до 12–15 м вдоль северного. В виде линз мощностью 5–26 м, протяженностью 30–220 м встречены обломочные фации — пески, редкие валуны и галька местных пород, в которых в знаковых содержаниях встречается золото.

Выше по разрезу вскрыта толща бурых монтмориллонитовых глин плиоцена с линзами песков, тяготеющими к центральной части впадины. Видимая мощность толщи от 8 до 73 м. Слабая золотоносность приурочена к ее основанию.

Погребенные аллювиальные россыпи древних долин известны в бассейне р. Казанка (Э.Д.Окунев и др., 1976; Астраханцев и др., 1978), в районе сочленения долины с Май-Капчегайским грабеном. Золотоносный пласт здесь расположен в горизонте валунно-галечников, залегающих в основании неогеновых отложений, мощность которых от верхних частей россыпи к нижним увеличивается от 11 до 46 м. Сводный разрез имеет следующий вид (сверху вниз).

Красно-бурые карбонатизированные глины с включением мелкой гальки и песка	5–20 м
Серые, синевато-серые глины с включениями щебня	15–20 м
Валунно-галечники с линзами песка и желтым песчано-глинистым заполнителем	до 8 м

Граница между серой и бурой пачками резкая. Сопоставление данного разреза с аналогичными на сопредельных территориях позволяет отнести верхнюю бурую карбонатную пачку к павлодарской свите плиоцена, а толщу серых и синевато-серых глин — к аральской свите миоцена. Поскольку несогласия в кровле галечников не отмечено, продуктивный аллювиальный горизонт следует рассматривать в составе аральской свиты миоцена. Золотоносный пласт имеет мощность 0,6–1,8 м, содержание золота колеблется от 3,8 до 94,5 г/м³. Ширина контура россыпи от 10 до 35 м, по простирацию она прослеживается на 250 м, выклиниваясь вверх и вниз по долине.

Погребенные россыпи р. Казанка и ее притока — лога Александровский — отработаны в 1934–1936 гг. По имеющимся данным из этих россыпей было добыто около 1 т золота.

В плиоценовую эпоху в связи с разнообразными и изменчивыми во времени тектоническими и палеогеоморфологическими условиями сформировались россыпи разнообразных типов, локализованные в неодинаковых геолого-геоморфологических обстановках.

Элювиально-делювиально-пролювиальные россыпи, располагающиеся на фрагментах РПВ в границах рудных полей и зон, в непосредственной близости от коренных источников, чрезвычайно своеобразны. Их отдельные отрезки, находясь в едином контуре, имеют различный генезис. Характерны и наиболее изучены россыпи Покровская, Васильевская и Бетекельды, находящиеся в пределах Маралихинского рудного узла на поверхности слабосхолмленного плато. Они пространственно сближены и характеризуются однотипными геолого-геоморфологическими условиями.

Ниже приводится сводный разрез вмещающих отложений (сверху вниз).

Почвенно-растительный слой	1–1,5 м
Суглинки серовато-желтовато-коричневые	до 12–14 м
Глины коричневые, буро-коричневые, часто карбонатизированные	3–4 м
Щебенисто-песчано-глинистые отложения, содержащие мелкую и среднюю гальку (до 5%) с отдельными крупными валунами (продуктивный пласт)	до 0,8–1 м

Горизонт бурых карбонатизированных глин датируется плиоценом (С.С.Воскресенский и др., 1982), приплотиковый горизонт может коррелироваться с сарыбулакскими слоями, залегающими в основании отложений павлодарской свиты плиоцена.

В плане россыпи имеют неправильную плащеобразную, лентовидную и струйчатую морфологию, обусловленную постепенным переходом друг в друга различных их генетических типов — элювиальных, делювиальных и пролювиальных.

Крайне неравномерное в виде невыдержанных струй и гнезд распределение золота в россыпях определяется двумя факторами. Во-первых, наблюдается значительное повышение содержания золота в песках на участках развития гидротермально измененных пород и кварцевого прожилкования в плотике россыпи. Породы плотика на таких участках желтого и серовато-желтого цвета, выветрены до состояния «песчаной сыпучки». Залегающие на них пески бурые, желто-бурые, коричневые, характеризуются наличием гальки и валунов кварца рудного облика. Крупность золота здесь максимальна. К таким участкам приурочены все добытые в процессе отработки россыпи самородки. В отличие от описанных участков пески, налегающие на плотик, представленный неизменными серыми и зеленовато-серыми сланцами, менее продуктивны. В них преобладает золото средних и мелких фракций, в породах плотика золото практически отсутствует. Во-вторых, независимо от типа плотика повышенные концентрации золота приурочены к его пониженным участкам, которые протягиваются в виде «палеорусел» на расстояние до 100–120 м при ширине от 2–3 до 20–50 м.

Золото в россыпях преимущественно крупных и средних фракций, часты самородки. Морфология и окатанность золота различны: отмечаются как практически неокатанные дендритовидные агрегаты и пластинчатые формы, так и хорошо окатанные зерна. Нередко (особенно в крупных фракциях) встречаются сростки с кварцем.

Аллювиальные россыпи, перекрытые четвертичным аллювием, характерны для отрезков древних долин, расположенных в пределах неотектонически стабильных блоков. Здесь сохранились фрагменты неогеновых врезов, в пределах которых валунно-галечно-супесчаные красноцветы плиоценового возраста (С.С.Воскресенский и др., 1982) подстилают четвертичный аллювий. Золотоносный пласт плиоценового возраста на таких участках залегают на плотике, сложенном палеозойскими породами. Данные В.А.Кривцова и др. (1983) свидетельствуют о том, что к этому типу относятся отдельные участки россыпей долин рек Курчум, Карагач, Чанды-Булак.

Аллювиальные россыпи отмерших древних долин на фрагментах РПВ представлены одним, известным на сегодняшний день, объектом — россыпью руч. Продольный Каражал, располагающейся в приводораздельной части Курчумского хребта. Россыпь локализована в неглубокой до 10 м отмершей палеодолине. Вмещающие отложения — галечники с красно-бурым песчано-суглинистым заполнителем. Россыпь лентообразна в плане, шириной до 50–60 м, мощность пласта около 1,5 м, торфов — 1–1,5 м. Золото среднее, хорошо окатанное.

В средне-позднечетвертичное время сформировались многочисленные аллювиально-пролювиальные, аллювиальные и пролювиальные россыпи.

Аллювиально-пролювиальные россыпи логов и мелких долин тяготеют к золоторудным узлам. В связи с простыми горно-геологическими условиями залегания они в основном отработаны и сохранились лишь в виде незначительных по параметрам целиков. Золотоносный пласт приурочен обычно к приплотиковой части аллювия, сложенного гравийно-галечниками с песчаным заполнителем. Мощность пласта составляет 0,3–0,5 м, увеличиваясь на отдельных участках до 1 м. Ширина контура, определяемая шириной долин, колеблется от 5 до 20–30 м. Содержание золота в россыпях достигает 5–10 г/м³, на обогащенных участках — до 100 г/м³ и определяется их положением относительно золоторудных полей и узлов. Так, по данным А.И. Демченко и др. (1980), продуктивность россыпей долин, расположенных в границах Маралихинского узла, в 4,5 раза выше, чем за его пределами. Здесь с россыпями этого типа связаны находки уникальных самородков золота: массой 16,8 кг в россыпи руч. Караоткель и 12,4 кг в россыпи руч. Малый Когодай.

Аллювиальные россыпи средне-позднечетвертичного возраста характерны для крупных долин рек Курчум, Кыстау-Курчум, Маралиха, Кальджир, Бала-Кальджир, Батпак-Булак, Чанды-Булак, Карагач и др. Эти долины характеризуются длительным развитием и столь же длительной (по меньшей мере, с плиоцена) эволюцией россыпей в них. В средне-позднечетвертичное время россыпи приобрели тот облик, который они имеют в настоящее время. Наиболее распространены долинные россыпи, менее — террасовые, являющиеся их разновидностью.

В качестве примера рассмотрим особенности строения наиболее крупной долинной россыпи данного типа, расположенной в долине

р. Курчум. Бассейн долины р. Курчум, приуроченной к одноименному прогибу, охватывает южные склоны Нарымского и северные склоны Курчумского хребтов. Протяженность долины около 250 км, ориентировка в общем диагональная относительно геологических структур. На своем протяжении она характеризуется чередованием относительно расширенных и суженных участков, возникновение которых обусловлено разной амплитудой неотектонических движений пересекаемых ею блоков.

На участках расширения, находящихся в перстративной динамической фазе, долина имеет трапецевидный профиль с шириной дна 800–1500 м, а четвертичный аллювий, по данным А.И. Демченко и др. (1980), нередко подстилается плиоценовым. Россыпное золото здесь локализовано как в спаевой части неогеновых отложений, так и в подошве четвертичных осадков на ложном плотике.

Отрезки долины в пределах блоков, испытавших относительно неотектоническое поднятие, резко отличаются от описанных выше. Склоны долины здесь крутые от 40 до 60°, на подрезаемых рекой участках происходит обвалование крупноглыбового материала. Ширина дна от 200 до 400 м, глубина вреза до 350–400 м. Долина террасирована, выделяются фрагменты террас трех уровней: первой — 3,5 м, второй — 6–10 м, третьей — 15–30 м. Первая надпойменная терраса — аккумулятивная, вторая и третья — цокольные. Аллювиальные отложения, выполняющие русловую часть долины на таких участках, представлены однородными сероцветными хорошо окатанными четвертичными галечниками с песчано-гравийным заполнителем мощностью 1,4–3 м. Нередки выходы коренных пород в русле, что указывает на инстративную фазу развития. Золотоносный пласт приурочен к спаевой части разреза, локализован в приплотиковой части аллювия и верхних частях плотика.

Древняя (плиоценовая) гидросеть на таких отрезках сохранилась в виде «следов» — фрагментов террас высокого уровня, на отдельных участках в виде непротяженных отрезков — седловин на боковых водоразделах. Автором изучен фрагмент древней долины, «приподнятый» над современным руслом на 25–30 м. Уникальность этого участка заключается в том, что древнее русло здесь сохранилось в парагенезисе со склонами. Ширина дна палеодолины около 170–200 м, разрез выполняющих ее рыхлых отложений имеет следующий вид (сверху вниз).

Почвенно-растительный слой	до 0,4 м
Валуно-галечник желтый с мелким песком и суглинком в заполнителе	1,4 м
Галечники, гравийники светло-коричневые с отдельными валунами, грубозернистым песком в заполнителе и глинистой примазкой светло-коричневого цвета	3,8 м

Золотоносный пласт приурочен к спаевой части разреза, охватывает верхнюю трещиноватую часть плотика, сложенного сланцами (около 0,4 м), и нижнюю часть аллювия. Мощность пласта 0,8 м. Золото пластинчатое, уплощенное, листовидное, размером не более $(1,5-2) \times (0,1-0,2 \text{ мм})$.

Протяженность долинной россыпи р. Курчум около 33 км. Практически вся она располагается в области пересечения долиной полосы развития коренных источников. Анализ распределения золота различных фракций по простиранию россыпи свидетельствует о следующих особенностях ее питания и развития. Полиmodalное распределение золота крупных и средних фракций (крупнее 1 мм), наименее подвижных в условиях гидродинамического потока, показывает, что подпитка россыпи золотом из коренных источников осуществлялась практически на всем ее протяжении. Это подтверждается наличием многочисленных сростков золота с кварцем, а также значительно количества самородков в средних частях россыпи. Одновременно отчетлива тенденция возрастания количества золота мелких и весьма мелких фракций (менее 1 мм) к нижней части россыпи, что является следствием его перераспределения: выноса из выше расположенных участков в процессе развития долины и эволюции россыпи.

Продуктивность отдельных участков определяется морфологическими особенностями соответствующих отрезков долины. Наиболее продуктивны участки, располагающиеся на отрезках долины с перстративным динамическим режимом развития, который на протяжении длительного (с плейстоцена) времени способствовал аккумуляции полезного компонента. Участки же на отрезках с инстративным режимом развития гораздо менее продуктивны.

Террасовые россыпи незначительны по протяженности и продуктивности. Морфологически это струйчатые образования, тяготеющие к основанию разреза аллювиальных отложений. Мощность пласта террасовых россыпей близка таковой пласта в долинных россыпях, соизмерима и общая мощность аллювия на террасах и в пойме. Содержание золота в террасовых россыпях не коррелируется с содержанием золота в долинных. Так, по данным В.А.Кривцова (1983), ха-

рактерно снижение содержаний от низких эрозионных уровней к более высоким, хотя на отдельных участках наблюдается и обратная картина.

Проловиальные россыпи представлены россыпью конуса выноса руч. Кызылтас (левый приток р. Курчум). Протяженность россыпи около 1 км, средняя ширина 200 м. В плане россыпь имеет веерообразную форму. Мощность продуктивной толщи 12–22 м, золото распределено по всему разрезу рыхлых отложений при среднем содержании $0,115 \text{ г/м}^3$. В составе пород конуса выноса наблюдаются переотложенные красно-бурые песчаные глины со щебенкой в нижней части, перекрываемые сероцветными галечниками (2 м) и серыми щебенистыми суглинками с галькой (1–3 м). Конус выноса налегает на поверхность раннечетвертичной террасы.

Промышленная значимость описанных типов россыпей различна. Наиболее распространены средне-позднечетвертичные россыпи, вмещающие преобладающую часть учтенных запасов россыпного золота. Вместе с тем, несмотря на незначительную распространенность погребенных россыпей олигоцен-миоценового и плейстоценового возраста, нельзя не отметить их высокий потенциал. В сопредельных районах Калбы, где палеогеоморфологическая ситуация была более благоприятна для их формирования, а история развития рельефа — для их сохранности, масштабы россыпей этих типов могут быть весьма значительными.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ерофеев В.С. Геологическая история южной периферии Алтая в палеогене и неогене. — Алма-Ата: Наука, 1969.
2. Жаутиков Т.М. Золотоносность древних долин Казахстана // Геология Казахстана. 1997. № 5. С. 4–12.
3. Коробейников А.Ф., Масленников В.В. Закономерности формирования и размещения месторождений благородных металлов Северо-Восточного Казахстана. — Томск: Изд-во Томского ун-та, 1994.
4. Россыпная золотоносность Казахстана / В.А.Глоба, Г.К.Зубов, Г.М.Козловский, Е.Г.Мальшев // Геология, геохимия и минералогия золоторудных районов и месторождений Казахстана. — Алма-Ата, 1976. С. 107–122.
5. Третьяков А.В. Эндогенные структурно-вещественные парагенезисы как факторы россыпеобразования // Руды и металлы. 2001. № 3. С. 27–31.
6. Щерба Г.Н., Дьячков Б.А., Нахтигаль Г.П. Металлогения Рудного Алтая и Калбы. — Алма-Ата: Наука, 1969.

УДК 552.11:552.31 (571.1/.5)

© В.В.Золотухин, А.П.Бронников, Ю.Р.Васильев, 2002

ВЗАИМОСВЯЗЬ БАЗИТОВОГО МАГМАТИЗМА И ТЕКТониКИ ЗАПАДНОЙ ОКРАИНЫ СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ

В.В.Золотухин, А.П.Бронников, Ю.Р.Васильев (Институт геологии СО РАН)

Для новой провинции магнезиальных базитов в правобережье среднего течения р. Енисей на Сибирской платформе приводятся характеристики взаимосвязи главных тектонических элементов с зональностью проявлениями сульфидного Cu-Ni оруденения. Показано, что такая связь определяется главным образом мерой проницаемости коры и глубиной очагов, поставивших магму, в различной степени обогащенную железом (в зависимости от путей дифференциации в очагах — скаергардского, толеитового или близкого к известково-щелочному). Устанавливаются положительные поисковые перспективы на оруденение норильского типа как для района в целом, так и для выявленных конкретных участков и ряда дифференцированных магнезиально-базитовых интрузивов.

В связи со знаменательной датой — 100-летием со дня рождения выдающегося советского геолога Михаила Николаевича Годлевского — хотелось бы отметить еще одну дату из его жизни — 40 с лишним лет опубликования его знаменитой монографии — научного бестселлера «Траппы и рудоносные интрузии Норильского района» [4], сыгравшей большую роль в дальнейшем изучении генетических связей траппового магматизма с сульфидным Pt-Cu-Ni оруденением на обширной территории Сибирской платформы, а также тектонических условий его проявления. Именно на этом пути, ярко продемонстрированном М.Н.Годлевским в монографии, можно ожидать успехов в прогнозировании и открытии новых рудных объектов норильского типа на Сибирской платформе. Предметом подобного комплексного изучения послужила обширная Средне-Енисейская провинция магнезиальных траппов [10].

Особенностям тектоники западной окраины Сибирской платформы посвящено много публикаций [2, 3, 10–13]. Структурно-формационный анализ чехла платформы позволил выделить вдоль ее западного обрамления байкальский шовный тектонический пояс, который трассируется зоной линейно вытянутых глубоких прогибов. Глубинные долгоживущие разломы наследуют направление шовных структур фундамента и служат путями подъема магнезиально-базитовых магм. Материалы по металлогенической специализации северо-западной части Сибирской платформы и благоприятным рудоконтролирующим факторам в центральных и юго-за-

падных областях ее ограничения позволили выделить всю эту зону в качестве перспективной на поиски сульфидных медно-никелевых руд.

Северо-западное обрамление Сибирской платформы рассматривалось как Приенисейское перикратонное опускание [8], представляющее краевую прогнутую часть платформы, характеризующуюся повышенной мобильностью, пликативно-блоковой тектоникой и исключительно интенсивной магмоактивностью (рис. 1). В конце докембрия центральная часть шовного пояса претерпела орогенез и сейчас представлена Турухано-Игарской надвиговой зоной с выходами докембрийских пород. Базитовый магматизм и медно-никелевое оруденение представлены известными рудными узлами Курейского района вдоль восточного фаса надвиговой зоны. Северо-западная и юго-западная области шовного пояса развивались в сходных геологических условиях и прежде всего при высокой тектонической подвижности, что фиксируется резким увеличением мощности осадочного чехла, обусловленным блоковыми погружениями фундамента, начиная с рифея. Суммарная мощность осадочного чехла в северо-западной части пояса (Игарский перикратон) составляет 9–10 км (Норильско-Хараелахский прогиб), в юго-западной (Енисейский перикратон [11,12]) — 10–14 км.

Игарский и Енисейский перикратоны обладают определенной симметрией. В качестве аналога продольного Норильско-Хараелахского разлома Игарского перикратона в Енисейском рассматриваются субпараллельные разломы, объединенные в Ангаро-Бахтинскую систему. С

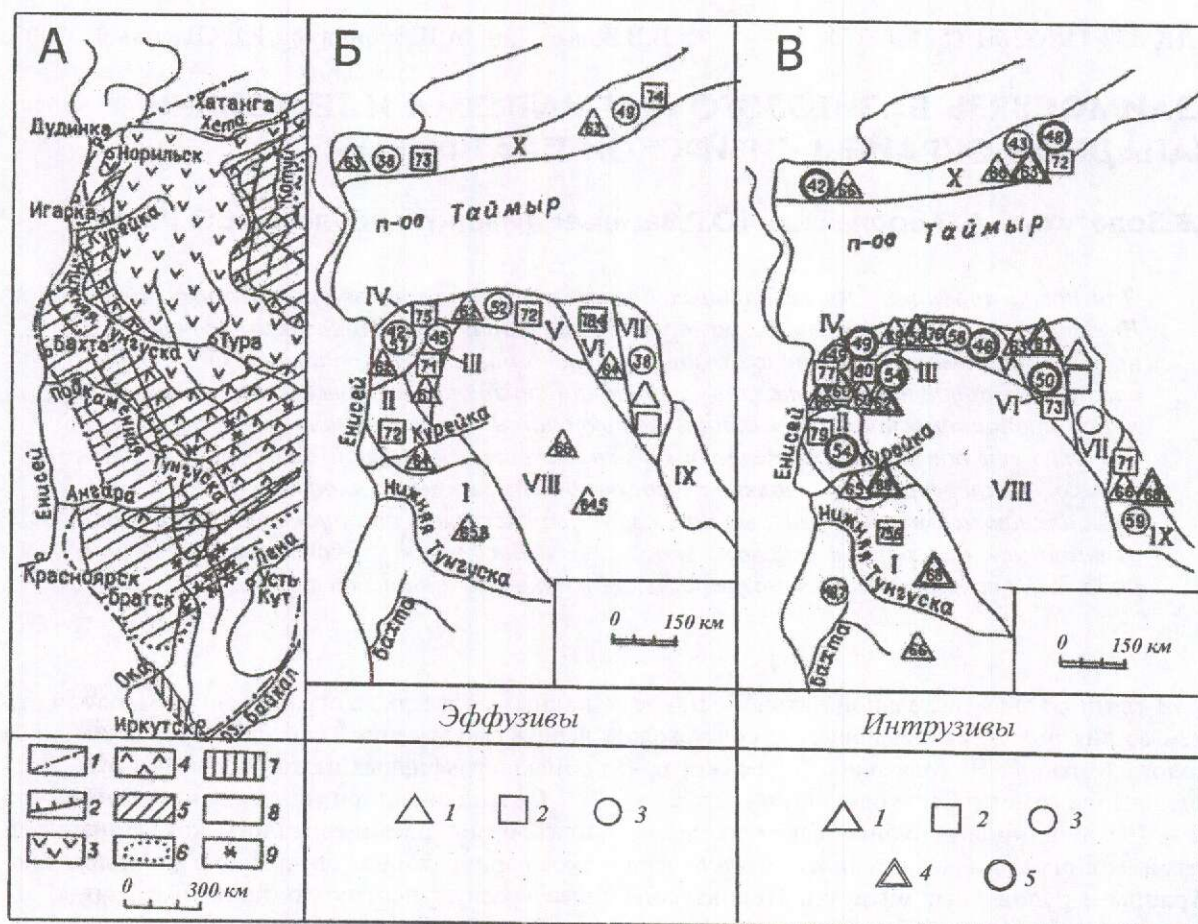


Рис. 1. Некоторые пояснения для траппов Сибирской платформы:

А. Местоположение пермотриасовых траппов в западной части Сибирской платформы [3]: 1 — ограничения Сибирской платформы; 2 — то же, Тунгусской синеклизы; 3 — эффузивные траппы; 4 — туфогенные породы; 5 — интрузивные траппы (силлы, дайки); 6 — граница распространения интрузивных траппов, синийского и палеозойского возраста; 7 — выступы кристаллических пород фундамента; 8 — породы платформенного чехла протерозойского, синийского и палеозойского возраста; 9 — местоположение базальтовых трубок взрыва. Б. Субпровинции и субформации эффузивных траппов. Субформации: 1 — базитовая, 2 — щелочно-базитовая, 3 — гипербазит-базитовая. Цифры — значение K_f для средних составов [6, 10]. Субпровинции: I — Тунгусская, II — Курейско-Летнинская, III — Хантайско-Рыбнинская, IV — Норильско-Хараелахская, V — Каменская, VI — Хетская, VII — Маймечка-Котуйская, VIII — Центрально-Путоранская, IX — Восточно-Путоранская, X — Южно-Таймырская. В. Субпровинции и субформации интрузивных траппов: 1-3 — для недифференцированных, 4-5 — для дифференцированных интрузивов (соответственно базитовой и гипербазитовой субформаций) [6, 10]

ними связываются интрузии магнезиальных магм. На фоне общего погружения в пределах перикратонов сопоставляемые области испытали контрастные инверсионные движения в конце докембрия и регенирированные в пермотриасе. В результате в Игарском перикратоне сформировались крупные валообразные структуры (Хантайско-Рыбнинский и Дудинский валы, Кайерканско-Пясинская антиклиналь) и разделяющие их мульдообразные прогибы (Норильская, Хараелахская, Вологочанская мульды и др.), а в осевой части Енисейского — продоль-

ные и поперечные поднятия (Лиственичное, Сулома-Лебяжинское, Фатьянихинское валообразные поднятия северо-западного и субмеридионального простирания, а также Вельяминское, Лебедянское, Бахтинское, Чировское антиклинальные поднятия северо-восточного простирания) (см. рис. 1). Вдоль осевой части Сулома-Лебяжинского, Комсинского и Фатьянихинского валообразных поднятий, осложненных зоной глубинного Ангаро-Бахтинского разлома, внедрился подкорковый расплав, представленный высокомагнезиальными базитами, локализованными

преимущественно на крыльях мульдообразных прогибов и их центриклинальных замыканий. По совокупности геолого-геофизических, структурно-тектонических и петрологических признаков структура Енисейского перикратона представляет собой рифтовую или рифтогенную зону, которая отличается чрезвычайно высокой подвижностью и проницаемостью земной коры. По данным М.З.Глуховского, выделяется серпофрактурная зона, которая контролирует размещение рифтогенных структур. Структура палеорифта отражена в физических полях.

На основании анализа геологических и аэромагнитных карт авторы полагают, что вдоль основной зоны Ангаро-Бахтинского глубинного разлома, приуроченного к гравитационному максимуму, из мантии к подошве земной коры доставлялся базальтовый расплав. Далее магистральный поток расщеплялся на ряд более мелких локальных проницаемых зон и разрывов (центриклинальные и бортовые замыкания мульд, своды антиклинальных поднятий). Судя по гравитационным аномалиям, осложняющим Приенисейскую систему прогибов, степень насыщенности чехла интрузиями неодинакова. Здесь в отличие от территории Бахтинского прогиба, расположенного к востоку от Енисейского перикратона, выявлены многочисленные участки свалов пород из расслоенных серий дифференцированных трапповых интрузий, в составе которых отмечаются высокомагнезиальные габбро-долериты ($MgO \geq 20\%$). Шлиховым методом в них установлена ассоциация хромита и хромшпинелидов, а также прочие акцессорные минералы, типоморфные для массивов гипербазит-базитового состава с медно-никелевым оруденением (локальные концентрации $Cu \sim 0,5-2,2\%$, $Ni \sim 1\%$, $Co \sim 0,03\%$). По-видимому, эта зона наиболее перспективна в отношении выявления новых интрузий гипербазит-базитового состава. Это подтверждает вывод, сделанный ранее Ф.А.Гайнцевым, о закономерной смене петрохимических типов интрузивных траппов в Бахтинском районе (от магнезиального к железистому и субщелочному) в направлении от западной окраины платформы на восток, что может быть увязано с тектонической позицией последовательно сменяющих друг друга зон платформы. С отмеченной зональностью, вероятно, прямо связаны металлогеническая специализация траппов определенных тектонических зон и относительный возраст интрузий.

Некоторые важные особенности связи тектоники и магматизма [2, 13] можно видеть при ана-

лизе опорных разрезов вулканогенных пермотриасовых толщ западного борта Тунгусской синеклизы. С севера на юг от Норильско-Харлаховской и Хантайско-Рыбинской через Курейско-Летнинскую к Тунгусской субпровинции общая мощность разрезов сокращается ориентировочно в такой последовательности: 2,5–1,2–0,6 км [6, табл. 1, 2]. В этом же направлении резко возрастает роль пирокластического (туфы), а также вулканогенно-осадочного (туффиты) материала. Заметим, что число выделяемых свит уменьшается с 11 (из которых 10 представлены лавами базальтов) до шести (с туфовыми — двурогинской и авамской — свитами), а затем и до пяти, где лишь три верхние представлены базальтами (и частично туфами), а две нижние — исключительно туфами и туффитами (корвучанская и тунчанская). Согласно такой схеме корреляции [6], наиболее полное развитие пермотриасового базальтового магматизма на Сибирской платформе происходило в ее северо-западной и северной частях, где он, как известно [3, 4], начался раньше и закончился позже, чем в других частях платформы. Вулканическая активность в это время переместилась с северо-запада на юг Тунгусской синеклизы. При этом состав извержений становился все более пирокластическим. Так, приблизительно на широте р. Нижняя Тунгуска в вулканогенном разрезе лавы исчезают, сменяясь южнее туфами и туффитами (см. рис. 1, А).

Подчеркнем, что во времени и пространстве меняется и вещественный состав извергаемого материала в пределах западной части Сибирской платформы. Это видно на схеме выделяемых трапповых субпровинций, на которую нанесены имеющиеся данные по распространению эффузивных и интрузивных фаций траппов различных субформаций [6], а именно: базитовой, щелочно-базитовой и гипербазит-базитовой (см. рис. 1). Коэффициенты фракционирования (K_f) вычислены по средним значениям составов, приводимым в ранее опубликованных таблицах [6]. На схеме для эффузивной фации траппов (см. рис. 1, Б) гипербазит-базитовая субформация проявляется лишь в северной части платформы, а также на Таймыре. Интрузивная фация этой формации известна во всех субпровинциях, кроме Центрально-Путоранской, проявляясь в пределах периферического незамкнутого с юга кольца вокруг нее (см. рис. 1, В). Базитовая субформация эффузивных траппов в Тунгусской и Центрально-Путоранской субпровинциях имеет максимальные значения K_f , а ее интрузивная фация (см. рис. 1, Б) в северной части площади

Средний химический состав базальтов вулканогенной толщи северо-западной части Сибирской платформы, % [1]

Оксиды	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
SiO ₂	47,75	47,58	47,84	47,32	47,77	49,91	46,35	50,46	51,24	48,24	48,25
TiO ₂	1,57	1,52	1,40	1,22	1,15	0,99	1,43	1,70	2,29	1,32	1,18
Al ₂ O ₃	14,97	15,78	15,30	14,71	14,77	14,73	11,59	14,66	13,88	14,71	15,47
Fe ₂ O ₃	4,75	4,78	4,52	—	—	—	—	—	—	—	4,84
FeO	8,02	7,77	8,20	—	—	—	—	—	—	—	7,64
FeO общ.	12,30	12,07	12,27	11,37	11,20	9,73	10,95	10,31	12,01	11,29	12,00
MnO	0,20	0,20	0,20	0,19	0,19	0,15	0,16	0,15	0,19	0,19	0,18
MgO	7,26	6,56	7,20	7,15	7,31	6,67	11,26	6,25	3,73	7,17	6,90
CaO	10,46	10,41	10,50	10,77	10,60	9,99	8,61	7,84	6,89	10,79	10,78
Na ₂ O	2,33	2,46	2,28	2,20	2,25	2,50	1,64	3,01	3,29	2,34	2,20
K ₂ O	0,38	0,40	0,38	0,34	0,40	0,93	0,41	1,24	2,14	0,56	0,42
P ₂ O ₅	0,18	0,20	0,16	0,14	0,13	0,14	0,13	0,22	0,66	0,17	0,15
П.п.л.	1,99	1,92	1,82	3,33	3,05	3,23	6,50	3,20	2,52	2,92	—
Сумма	99,86	99,68	99,83	98,74	98,82	98,97	99,03	99,04	98,84	99,19	98,01
n	18	9	46	102	60	83	54	44	28	444	845
K _ф	62,8	64,8	63,0	61,4	60,6	59,4	49,3	62,2	76,2	61,2	63,4

Примечание. Названия свит, их возраст и мощность: 1 — самоедская, T₂, 380 м; 2 — кумгинская, T₂, 180 м; 3 — хараелахская, T₂, 490 м; 4 — мокулаевская, T₁, 590 м; 5 — моронговская, T₁, 420 м; 6 — надеждинская, T₁, 590 м (к этой свите отнесены также базальты выделяемой некоторыми авторами [15] туклонской свиты, T_{1tk}); 7 — гудчихинская, P₂, 170 м; 8 — сиверминская, P₂, 90 м; 9 — ивакинская, P₂, 90 м; 10 — средневзвешенное по мощности свит (P-T, мощность 3000 м); 11 — средний состав базальтов (P-T) Тунгусской синеклизы [9]; 1-3 — по В.А.Федоренко [16] с использованием данных по скв. СГ-19 при подсчете средних содержаний; n — число проб. Анализы выполнены рентгеноспектральным и фотометрии пламени (Na₂O и K₂O для контроля) методами в лабораториях Института геохимии СО АН СССР.

— минимальные. Там же проявлена эффузивная фация щелочно-базитовой субформации ($K_{\phi} \geq 70$), интрузивная фация которой встречается практически повсеместно за исключением Центрально-Путоранской субпровинции. Судя по K_{ϕ} (~66) эффузивной фации базитовой субформации Центрально-Путоранской и Тунгусской субпровинций, развитые в них базальты принадлежат главным образом к наиболее поздним фракциям глубинной родоначальной магмы, в то время как на севере — к более ранним.

Статистическая обработка обширной базы данных по петрохимии интрузивных траппов Сибирской платформы и Таймыра [17] подтвердила наличие трех петрохимических групп базитов: «нормальные» толеитовые, преобладающие; обогащенные титаном и железом с повышенным содержанием щелочей (ферродолериты); низкотитанистые пикритоидные (норильский тип), наименее распространенные. Изучены общерегиональная зональность и локальное распределение типов базитов по отдельным секторам платформы. Так, в западном секторе Сибирской платформы проявлены все петрохимические группы интрузивных траппов, вскрытых эрозией или скважинами в платформенном чехле. В этом же районе зафиксированы наиболее

крупные дифференцированные интрузивы, морфология которых пока недостаточно ясна. Эта территория перспективна в отношении всех типов магматогенной минерализации, связанной с трапповыми интрузивами.

В таблице приведены средние составы вулканогенных свит разреза и средневзвешенный состав базальтов для северо-западной части Сибирской платформы [1], сопоставимый с вычисленным ранее средним составом пермотрисовых базальтов Тунгусской синеклизы [9]. Это позволяет считать, что эволюция состава базальтов снизу вверх по указанному разрезу отвечает площадной эволюции с севера и северо-запада к югу в пределах Тунгусской синеклизы. В этом же направлении уменьшается магнезиальность базальтов и возрастает их железистость, что фиксируется K_{ϕ} . Лишь в базальтах щелочно-базитовой субформации $K_{\phi} \geq 70$, что является отражением специфики их возникновения. Именно для эффузивных и интрузивных пород этой субформации характерно положение в поле щелочных базальтов на диаграмме Макдональда-Катсуры: сумма щелочей-кремнекислота. Из эффузивов гипербазит-базитовой субформации в этом же поле располагаются пикриты Каменской субпровинции и Центрального Таймыра, а

также недифференцированные интрузивы Каменской, Тунгусской и дифференцированные — Норильско-Хараслаховской и Хантайско-Рыбнинской субпровинций. Особенно показательно положение в этом поле всей серии пород Верхне-Талнахского дифференцированного интрузива. Остальные эффузивы и интрузивы базитовой и гипербазит-базитовой субформаций размещаются в поле толеитовых базальтов. В нем же распределены все «интрузивные типы» траппов, выделенные ранее геологами ВСЕГЕИ [14], за исключением тычанского и летнинского, а также «средние» базальты всех районов Тунгусской синеклизы. Не только недифференцированные, но и главная масса дифференцированных интрузивов интерпретируются на диаграмме по составу как толеитовые базальты.

Эффузивы и интрузивы всех субформаций в упомянутых трапповых субпровинциях (см. рис. 1) занимают вполне определенное место по отношению к крупнейшей структуре платформы — Тунгусской синеклизе и важнейшим дизъюнктивам, ограничивающим ее бортовые части на западе и севере. Последние имеют характер краевых швов на западе и рифтогенных структур в северо-западной и северо-восточной частях синеклизы. С протяженными глубинными проницаемыми зонами связывается подъем гипербазит-базитовых и щелочно-базитовых расплавов к поверхности. Что касается траппов собственно базитовой субформации поздних этапов магматизма, занимающих изометричные обширные площади в пределах Тунгусской синеклизы, то они связываются с расплавами, поднимающимися, очевидно, вдоль менее глубинных проницаемых зон, вскрывающих лишь верхние части магматических очагов.

Анализируя тренды дифференциации главных базитовых серий — толеитовой, известково-щелочной, Каскад, Скаергард, нанесенные на диаграмму по Е.Ф.Осборну [18], можно видеть, что главный тренд для гипербазит-базитовой и базитовой субформаций траппов практически повторяет тренд толеитовой серии по Осборну, в то время как к скаергардскому тяготеет тренд для щелочно-базитовой субформации траппов, а также ангарский и кузьмовский интрузивные типы, широко распространенные в южной части Сибирской платформы [10] (рис. 2). К скаергардскому тренду тяготеют также интрузивы базитовой субформации Тунгусской, Восточно-Путоранской, Норильско-Хараслаховской и Каменской субпровинций и эффузивы базитовой субформации Тунгусской субпровин-

ции, а также средние составы большинства базальтовых свит вулканогенного разреза северо-запада Сибирской платформы (см. таблицу). Более пологий тренд серии пород Верхне-Талнахского дифференцированного интрузива, тяготея к толеитовому, занимает промежуточное положение между толеитовым и известково-щелочным. Этот тренд характеризует процесс камерной дифференциации исходного магнезиального расплава в отличие от глубинной очаговой, фиксируемой главным трендом для всех трапповых субформаций.

Таким образом, взаимосвязь магматизма и тектоники в конце палеозоя — начале мезозоя проявлена в заполнении северной части Тунгусской синеклизы базальтовыми лавами, а южной — туфогенными породами при подчиненном количестве в них силлообразных интрузивов. Бортовая западная часть синеклизы насыщена интрузивами базитов, несомненно, фиксирующими локальные проницаемые зоны.

Состав интрузивов сменяется с запада на восток от магнезиально-базитового к нормально-базитовому, что обосновано и статистически [17]. Установлена их грубая незавершенная концентрическая зональность по отношению к структуре первого порядка — Тунгусской синеклизе. Магнезиально-базитовые интрузивы, в том числе расслоенные, сосредоточены в полосе краевого шва западной части Сибирской платформы и опережающих ее глубинных разломов северо-западной и западной частей. Магнезиальность базитов в этой полосе возрастает к северу, где появляются и эффузивные пикритовые базальты. Это связано с большей глубиной вскрываемых дизъюнктивами магматических очагов в северной части Тунгусской синеклизы (плато Путоран). Базальтовые расплавы в северной части изливались по трещинам в виде покровов и внедрялись как силлы, в центральной части преобладали силлы и покровы, а в южной — силлы и трубки взрыва (как одноактные, так и многоактные) и мелкие стратовулканы.

В южной части Тунгусской синеклизы широко развиты силлообразные интрузивы, обогащенные железом, а также дайковые, обогащенные щелочами [3, 14]. Силлы относятся обычно к кузьмовскому и ангарскому типам и распространены в бассейнах рек Подкаменная Тунгуска и Ангара, что отмечено и статистически [17]. Как следует из положения таких интрузивов на диаграмме Е.Ф.Осборна (см. рис. 2), возникновение и эволюция их исходных расплавов характеризуются постоянным составом, т.е. количество

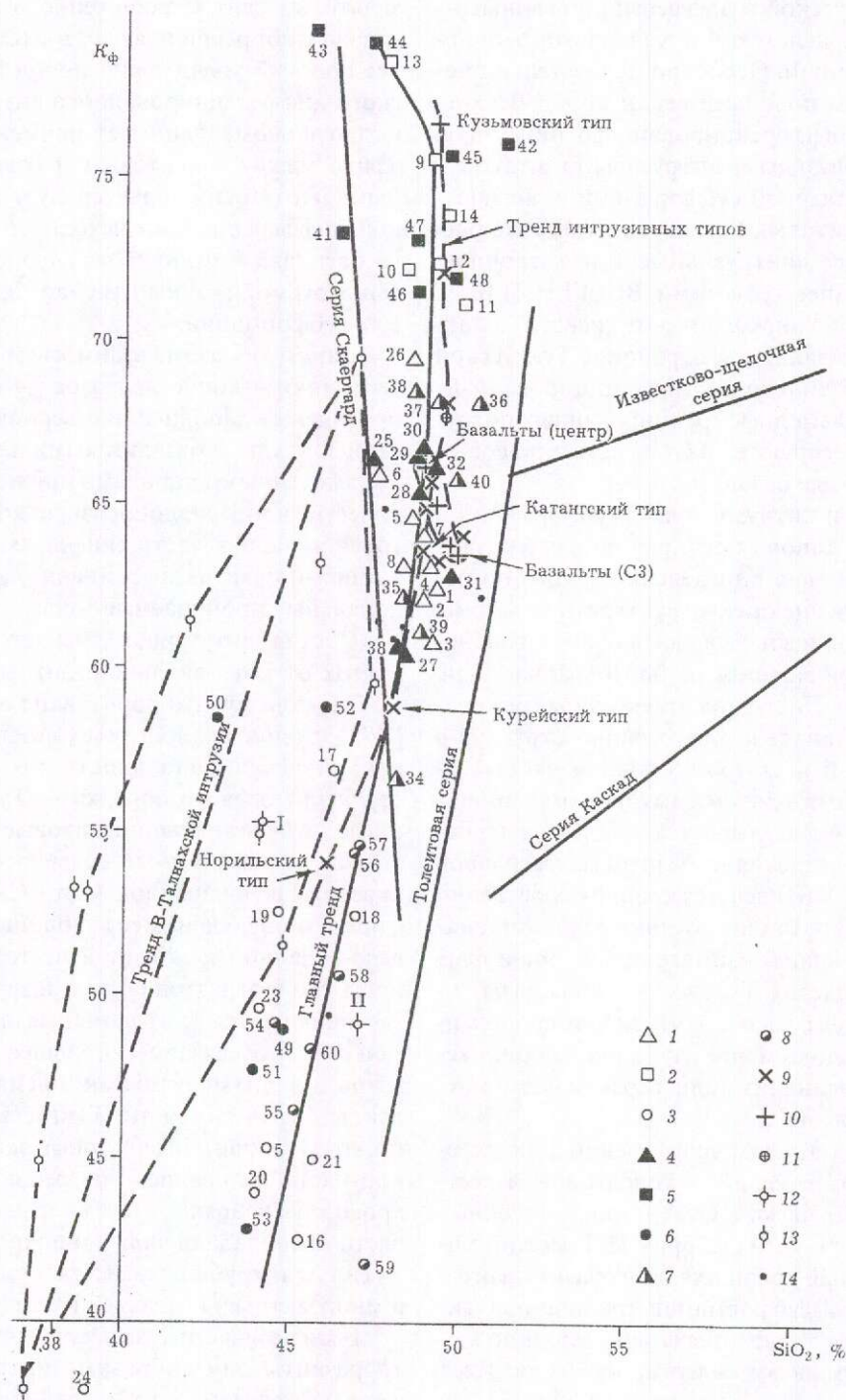


Рис. 2. Диаграмма SiO_2 - K_ϕ для средних составов перотриасовых траппов по субпровинциям и субформациям [6, 10]:

треугольники — базитовая, квадраты — щелочно-базитовая, кружки — гипербазит-базитовая субформации; 1-3 — эффузивы; 4-6 — интрузивы недифференцированные; 7-8 — то же, дифференцированные; 9 — средние для «интрузивных типов» [14]; 10 — то же, для базальтов разных районов (см. [14]); 11 — средний трапп, по В.А.Кутюлину; 12 — средневзвешенный состав интрузии Норильск-1, по А.М.Виленскому (с учетом такситовых габбро-долеритов); 13 — средние составы дифференциатов Верхне-Талнахской интрузии [5]; 14 — средние составы свит для северо-западной части платформы [1]; цифры — средние составы из таблиц [6]

кислорода в системе не меняется. Эволюция расплава подобно Скаергардскому интрузиву идет с возрастанием абсолютного количества железа, вплоть до образования феррогаббро в верхних частях интрузивов (путь Феннера). Это предполагает более спокойные тектонические условия, чем в северной части синеклизы, во всяком случае, на уровне верхних коровых промежуточных очагов. Для интрузивов наиболее распространенного катангского типа, отвечающих по составу «среднему траппу», эволюция исходного расплава отклоняется от скаергардского и приближается к типично толеитовому, предполагающему некоторый приток кислорода в систему извне. Это указывает, по-видимому, на более интенсивную дизъюнктивную тектонику и частичное нарушение герметичности промежуточных очагов верхнего уровня. В еще большей мере фиксируют активную дизъюнктивную тектонику магнезиальные дифференцированные интрузивы норильского типа — тренд эволюции их исходных расплавов заметно смещается в сторону известково-щелочного, по Е.Ф.Осборну [18]. Приток кислорода в систему извне уже осуществляется до уровня нижних промежуточных очагов и указывает, очевидно, на присутствие структур рифтогенного характера. Этот механизм, очевидно, влияет на приуроченность в регионе определенных типов магматических проявлений к тем или иным тектоническим структурам. Южная часть синеклизы заполняется пирокластами, а не лавами, поскольку сравнительно малые объемы расплава внедряются в интрузивные камеры во влажные осадочные толщи чехла и продуцируют пирокласты через трубки взрыва, возможно, связанные с близповерхностными силами.

Если мультислойные структуры могут возникать над магматическими очагами, как в Норильском районе, то более мелкие куполовидные структуры, очевидно, могут быть связаны с локализацией отдельных приповерхностных интрузивных тел магнезиально-базитового и базитового состава и формироваться за счет гидростатического напора магмы при ее внедрении.

Цепь аномалий, обнаруживаемых геофизическими методами, как известно, тяготеет к полосе краевого шва и интерпретируется некоторыми исследователями [7] как тела ультраосновного и основного состава, локализовавшиеся на некоторой глубине.

До последнего времени большинство исследователей связывали перспективы медно-никелевого оруденения главным образом с Нориль-

ским рудным районом в северо-западной части Сибирской платформы. Однако многие геологи давно уже высказывали мнение (Н.С.Малич, Ф.И.Гайнцев, Б.И.Струнин, В.В.Золотухин, А.П.Бронников) о возможных промышленных скоплениях медно-никелевых руд в пределах западного обрамления платформы южнее бассейна р. Нижняя Тунгуска. В результате проведения геологами ПГО «Красноярскгеология» поисков по потокам рассеивания (бассейн среднего течения р. Бахты) выявлены комплексные аномалии тяжелых металлов в бассейнах р. Ноньны (левый приток Дельтулы), нижнего течения р. Хурингды, верхнего течения р. Большая Фатьяниха. Элементы-индикаторы медно-никелевого оруденения — Cu, Ni, Co, Cr, элементы-спутники — Ti, V, Zn, Ag. При дистанционных геохимических исследованиях в междуречье Бахты–Сухой Бахты также установлен ряд аномалий, в непосредственной близости от которых обнаружены дифференцированные интрузии и проявления медно-никелевого оруденения.

Интрузивная фация траппов Бахтинского района представлена дифференцированными и недифференцированными телами. Дифференцированные базиты обнажаются в бассейнах рек Бахты, Тынепа, Хурингды, Фатьяниха. Это субпластовые тела мощностью 150–200 м и протяженностью первые десятки километров. В нижних горизонтах это пикрит-такситовые габбро-долериты, сменяющиеся вверх по разрезу троктолитовыми, оливковыми и безоливковыми разновидностями. Содержание оливина достигает 40–50%, а в его составе 25–35% и более Fa компонента. В нижних дифференциатах интрузий (пикритовые, такситовые разновидности) имеется сульфидная вкрапленность — интерстиционная и каплевидная (пирротин, халькопирит, кубанит, пентландит) в переменных количествах.

По данным А.П.Бронникова, в пределах Бахтинской системы прогибов выделены Хурингинский, Хуринский, Ойринский, а на площади Приенисейской системы прогибов (Енисейский перикратон) — Фатьянинский, Елогуйский, Комсинский, Усть-Бахтинский, Лебединский, Подкаменно-Тунгусский, Большой Чернореченский, Кочумдэский, Светланинский рудные узлы. Площади рудных узлов ввиду слабой изученности территории надежно не оконтурены. Геологами ПГО «Красноярскгеология» и Сибирского отделения Академии наук рекомендовано продолжить геолого-поисковые работы на медно-никелевые руды в Бахтино-Подкаменно-Тунгусском районе к западу от Бахтинского прогиба.

Для выявления потенциальной рудоносности дифференцированных трапповых интрузий, обнаруженных в западной части Сибирской платформы (в междуречье Курейка и Подкаменная Тунгуска), нами совместно с А.Н.Дмитриевым был использован модернизированный позднее метод логико-математической обработки информации [10]. Девять интрузивных тел, обладающих общностью признаков морфологии, внутреннего строения и вещественного состава, сравнивались с эталонами (Норильск-1, Талнах), охарактеризованными теми же признаками одного уровня. Объективно удалось установить, что три интрузива из девяти (Тынепский, Хурнгдинский и Среднебахтинский) потенциально перспективны на обнаружение крупных скоплений сульфидных Cu-Ni-Pt руд норильского типа. Они сгруппированы на сравнительно небольшой площади в центральной части Бахтинского мегавыступа, в среднем течении р. Бахты, и представляют несомненный интерес для дальнейших поисково-разведочных работ на Cu-Ni-Pt оруденение.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Альмухамедов А.И., Золотухин В.В., Ложкин В.И., Гуничева Т.Н. О среднем составе базальтов северо-запада Сибирской платформы // ДАН СССР. 1988. Т. 302. № 5. С. 1205–1208.
2. Виленский А.М., Кавардин Г.И. Тектонический контроль трапповых рудоносных интрузий северо-западной части Сибирской платформы // Тектоника Сибири. Новосибирск, 1963. Т. 2. С. 328–335.
3. Геология Сибирской платформы / Под ред. И.И.Краснова, М.Л.Лурье, В.Л.Масайтиса. — М.: Недра, 1966.
4. Годлевский М.Н. Траппы и рудоносные интрузии Норильского района. — М.: Госгеолтехиздат, 1959.
5. Додин Д.А., Батуев Б.Н. Геология и петрология талнахских интрузий и их метаморфического ореола // Петрология и рудоносность Талнахских и Норильских дифференцированных интрузий. Л., 1971. С. 31–100.
6. Золотухин В.В., Виленский А.М., Дюжиков О.А. Базальты Сибирской платформы (особенности геологии, состава и генезиса пермо-триасовых эффузивов). — Новосибирск: Наука, 1986.
7. Карта тектонического районирования фундамента Сибирской платформы / Под ред. М.П.Гришина, В.С.Суркова. — Новосибирск: ОНТИ СНИИГГИМС, 1979.
8. Косыгин Ю.А., Лучицкий И.В. Структуры ограничения Сибирской платформы // Тектоника Сибири. Новосибирск, 1963. Т. 2. С. 9–123.
9. Леднева В.П., Порошин Е.Е. Петрохимическое районирование базальтов Тунгусской синеклизы // Геология и геофизика. 1981. № 11. С. 141–145.
10. Магнезиальные базиты запада Сибирской платформы и вопросы никеленосности / В.В.Золотухин, А.М.Виленский, Ю.Р.Васильев и др. — Новосибирск: Наука, 1984.
11. Малич Н.С. Тектоническое развитие чехла Сибирской платформы. — Л.: Недра, 1975.
12. Малич Н.С., Старицкий Ю.Г., Туганова Е.В. Закономерности распределения никеленосных интрузий траппов Сибирской платформы. — М.: ВИЭМС, 1965.
13. Маслов Г.Д. Тектоника Игарско-Норильского района и рудоконтролирующие структуры // Тектоника Сибири. Новосибирск, 1963. Т. 2. С. 336–350.
14. Структуры траппов Сибирской платформы / Отв. ред. М.Л.Лурье. — М.: Недра, 1976.
15. Траппы СЗ Сибирской платформы / Под ред. Д.А.Додина, В.В.Золотухина. — Новосибирск: Наука, 1986.
16. Федоренко В.А. Петрохимические серии эффузивных пород Норильского района // Геология и геофизика. 1981. № 6. С. 77–88.
17. Шарпов В.Н., Васильев Ю.Р., Прусская С.Н. Петрохимические характеристики интрузивных траппов западной части Сибирской платформы и региональная зональность их состава // Геология и геофизика. 2001. Т. 42. № 9. С. 1219–1313.
18. Osborn E.F. Role of oxygen pressure in the crystallization and differentiation of basaltic magmas // Am. Journ. Sci. 1959. Vol. 257. № 9. P. 609–647.

УДК 553.411

© В.А.Буряк, Б.К.Михайлов, Н.В.Цымбалюк, 2002

ГЕНЕЗИС, ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАЗМЕЩЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ ЗОЛОТО- И ПЛАТИНОНОСНОСТИ ЧЕРНОСЛАНЦЕВЫХ ТОЛЩ

**В.А.Буряк (Институт комплексного анализа региональных проблем ДВО РАН),
Б.К.Михайлов (МНР России), Н.В.Цымбалюк (ООО «Станнолит»)**

Рассмотрены геотектоническая позиция, рудо локализирующие структуры и минерально-морфологические типы золото-платиноидного оруденения черносланцевых поясов. Разработаны критерии прогнозирования и оценки оруденения.

В последние годы интерес горно-добывающих компаний к золоторудным месторождениям в черносланцевых толщах все возрастает. Если еще в недалеком прошлом основным продуцентом золота были месторождения в докембрийских зеленокаменных поясах, то в настоящее время ведущую роль начинают играть месторождения, локализованные именно в этих толщах. Одновременно по мере накопления информации становится очевидной специфичность рассматриваемого оруденения, что послужило основанием его выделения в самостоятельную «черносланцевую (или углеродистую)» формацию. Ее представителями являются многие из известных месторождений золота: Мурунтау, Даугыз, Школьное в Узбекистане, Бакырчик, Большевик и Загадка в Казахстане, Бобриковское (Нагольный кряж) и Сауляк (Восточные Карпаты) на Украине, Кумтор в Киргизии, Сухой Лог, Голец Высочайший и Вернинское в Восточной Сибири, Советское, Удерейское, Олимпиадинское и Эльдorado на Енисейском кряже, Воронцовское, Кумак и Светлинское на Урале, Зун-Холба и Бурун-Холба в Бурятии (Восточные Саяны), Нежданинское, Сарылахское и Куларское в Якутии, Токур, Петровское, Маломыр и Агни-Афанасьевское в Приамурье, Наталкинское, Ветренское, Дегдеканское и Токичанское в Магаданской области, Майское и Совиное на Чукотке, Глухое в Приморье, Лангерийская группа рудопроявлений на Сахалине, Серебрянское на Таймыре, Хомстейк в США, Ашанти в Африке, Морру-Велью в Бразилии, Бендиго и Балларат в Австралии, Мегума в Канаде, Виндонгио в Китае, Каролин в Британской Колумбии, Кокран-Хилл в Шотландии и др. Даже такое месторождение, как Витватерсранд имеют основания относить к углеродистой формации [3–6, 17].

Основные характеристики рассматриваемых месторождений могут существенно различаться. Так, при традиционно невысоких (2–5 г/т) содержаниях золота в рудах известны месторождения, где его средние концентрации достигают 20–30 г/т (Ашанти), 10–30 г/т (Бендиго), 10 г/т (Хомстейк — за весь период добычи; в настоящее время — 4 г/т). Размерность месторождений также варьирует в широких пределах — от небольших до весьма крупных.

Согласно опубликованным данным [10], большинство известных крупных и гигантских месторождений золота относятся именно к этой формации. Их запасы составляют, т: Ашанти — более 700, Бендиго — около 1000 (с учетом золота, добытого из россыпей), Хомстейк — около 1500, Сухой Лог — 1100, Наталкинское — около 250 (при среднем содержании 4 г/т), Нежданинское — около 500, Майское — 280 (при среднем содержании 12 г/т), Мурунтау — более 1000, Кумтор, Бакырчик и Олимпиадинское — не менее 400–600.

Существенно также и то обстоятельство, что практически во всех золоторудных месторождениях черносланцевой формации в качестве сопутствующих обнаружены металлы платиновой группы (МПГ) в количествах (1–8 г/т и более), рентабельных (в принципе) для промышленной добычи, главным образом попутно с золотом. Это не только платина, но и палладий, иридий, осмий, рутений и родий. Можно утверждать, что присутствие в значительных количествах МПГ — типоморфная особенность рассматриваемых месторождений, подтверждающая не только обоснованность их выделения в качестве самостоятельной «черносланцевой» золото-платиноидной формации, но и существенно увеличивающая их практическую значимость и рентабельность освоения, особенно в ближайшей пер-

спективе. Важно также, что все основные золотороссыпные регионы России и других стран сложены черносланцевыми толщами. Это основная россыпеобразующая формация. Более того, нет ни одного региона со значительным распространением черносланцевых толщ, где бы не были выявлены крупные золотоносные россыпи.

Имеющийся отечественный и зарубежный опыт, а также результаты выполненных при нашем участии геолого-экономических расчетов показывают, что в современных условиях при практической оценке золоторудных месторождений, в том числе черносланцевой формации, определяющее значение имеют не столько концентрации золота, сколько суммарные запасы, технологические свойства руд и конкретные горно-технические условия их разработки. Для освоения наиболее благоприятны так называемые «крупнообъемные» месторождения, характеризующиеся запасами золота 200–300 т и более, относительно простой технологией его извлечения (кучное выщелачивание) при умеренных или низких содержаниях Au 2–5 г/т и крупных размерах рудных тел (зон), позволяющих вести разработку карьерами высокой производительности. Повышенные или высокие содержания золота желательны, но не обязательны. Достаточны содержания на уровне 4–2 г/т и даже менее, в том числе в условиях Магаданской области, Якутии, севера Хабаровского края [2, 3, 10, 12, 13 и др.].

Как показывает выполненный нами анализ, перспективы выявления такого рода месторождений в различных регионах России (Кавказ, европейская часть России, Урал, юг Сибири, Дальний Восток) высоки и признаются многими, но вопросам стратегии их поисков и оценки, вплоть до настоящего времени, должного внимания не уделялось. Основные усилия и средства по-прежнему направлены на поиски относительно богатых кварцево-жильных месторождений, обнаружение которых принципиально возможно в каждом конкретном районе, но намного менее вероятно, чем выявление крупнообъемных объектов. Исключение в этом отношении составили работы 1998–2001 гг., выполненные по инициативе и при участии авторов в Центральном-Колымском районе Магаданской области, известном своими уникальными россыпями, потенциал которых к настоящему времени в значительной степени истощен. Оценивалась вероятность открытия крупнообъемных золоторудных месторождений как альтернативного источника сохранения и увеличения в перспективе золотодобычи в регионе. Полученные при этом новые

данные позволили, с одной стороны, говорить о высокой перспективности изученных объектов [12, 13], а с другой — проанализировать генезис, закономерности размещения и перспективы золоторудения в черносланцевых толщах.

Вопросы условий формирования черносланцевых рудоносных толщ и особенно генезиса развитого в них рудения относятся к разряду остродискуссионных в связи с недостаточной изученностью, что сдерживает его эффективные поиски и оценку. В настоящее время по вопросу генезиса рудения сосуществуют три концепции. Согласно первой, основанной на традиционных представлениях Эммонса, В.А.Обручева и Ю.А.Билибина, рудение связывается с «рудоносными» гранитоидами (Au) и офиолитами (МПГ). Согласно второй — оно имеет метаморфогенный (метаморфогенно-гидротермальный) генезис, согласно третьей — в решающей степени обусловлено процессами «углеродистого метасоматоза» — привнесом в осадочные толщи (после их литификации) из глубинных недр Земли золота и платиноидов восстановительными флюидами.

Первая концепция имеет большое число сторонников и неоднократно излагалась в работах многих геологов, вторая — выдвинутая и обоснованная В.А.Буряком в начале 70-х годов [1–3 и др.], вызвала резкие возражения со стороны сторонников магматогенной концепции, но постепенно стала приобретать все большую популярность и в настоящее время разделяется многими исследователями. Третья, наиболее «молодая», концепция, выдвинутая в 1984 г. П.Ф.Иванкиным совместно с Н.И.Назаровой [9], получила активное развитие в работах И.Н.Томсона с соавторами [8].

Сейчас возник определенный «застой» в развитии названных концепций, что в решающей мере обусловлено ограниченным поступлением в последние годы новых фактических данных. Авторы данной статьи при решении подобных вопросов попытались использовать новые подходы (в том числе террейновый анализ) и главное — новые фактические данные, которые удалось получить благодаря некоторому «оживлению» работ по черносланцевой тематике в самое последнее время в Приамурье, Сибири и особенно в Магаданской области. Проведен также дополнительный, более углубленный, анализ имеющихся материалов, прежде всего аналитических и геофизических. Основу составили результаты личных многолетних исследований авторов в различных регионах России и бывшего

СССР. Широко использовались данные других геологов, занимавшихся или продолжающих заниматься затронутой проблемой, — В.А.Нарсеева, А.А.Сидорова, В.И.Гончарова, Н.А.Горячева, Г.В.Ручкина, Н.В.Вилора, М.М.Константинова, Н.К.Курбанова, А.И.Кривцова, А.В.Волкова, А.Ф.Коробейникова и др. Ниже кратко излагаются полученные результаты по основным направлениям.

Геотектоническая позиция рудоносных черносланцевых поясов. Черносланцевые отложения (толщи) широко распространены — это одна из наиболее развитых литофаций среди осадочных толщ, в том числе в фундаменте платформ и их верхнем структурном ярусе — осадочном чехле. Однако золото-платиноидные месторождения встречаются не во всех из них, а только в тех, где они слагают довольно мощные и протяженные пояса миогеосинклинального типа, развитые на пассивных окраинах крупных континентов (древних платформ, кратонов) с сиалическим фундаментом, подверженным в той или иной мере рифтингу. При этом рудоносные черносланцевые пояса могут располагаться непосредственно в обрамлении современных границ древних платформ (ядерных частей кратонов) или на значительном удалении от них (до нескольких сотен — первых тысяч километров) в погруженном (до 10–17 км) кристаллическом основании платформ, т.е. на погруженных окраинах кратонов.

Наиболее богатые по рудной и россыпной золотоносности черносланцевые пояса (террейны) Верхояно-Колымской складчатой области расположены к востоку и северо-востоку от Сибирской платформы в ядерной части обширнейшего докембрийского Северо-Азиатского [15] кратона. К ним относятся Верхоянский миогеосинклинальный мегапояс, находящийся непосредственно вдоль восточной окраины Сибирской платформы и включающий Верхоянский и Аллах-Юньский высокозолотоносные пояса, а также Кулар-Нерский, Иньяли-Дебинский и серия других, образующих в совокупности Колымо(Индигино)-Омолонский супертеррейн [7, 8, 14].

Аналогичное геотектоническое положение у черносланцевых поясов Прибайкалья (Патомский, Северо-Прибайкальский, Верхне-Ленский), Енисейского кряжа и Таймыра [2]. На Среднем (Унья-Бомский, Селемджино-Кербинский) и Нижнем (Херпучинский, Пильда-Лимуринский, Тумнинский) Приамурье подобного строения террейны, имеющие фундамент из сиалических пород, представляют собой погруженные блоки древних кратонов, подверженные рифтингу.

Золотоносные черносланцевые пояса в эвгеосинклиналиях, т.е. заложенные на коре океанического типа, не известны. Они, если и развиты, несут иную — свинцово-цинковую или медноколчеданную — слабозолотоносную минерализацию.

Как видим, геотектоническая позиция золотоносных черносланцевых поясов достаточно определена — они представляют собой фрагменты краевых частей крупных древних кратонов с кристаллическим основанием. А именно такие структуры типоморфны для оруденения метаморфогенно-гидротермального генезиса [2].

Геотектоническое строение рудоносных черносланцевых поясов обусловлено коллизионными процессами, в результате которых сформировались регионально протяженные складчато-сдвиговые пояса линейного типа. Не только сами складки, но и широко распространенные разрывы (надвиги, взбросы, взбросо-сдвиги, зоны интенсивного рассланцевания) имеют коллизионный генезис. Показательный пример — черносланцевые пояса упоминавшейся Верхояно-Колымской складчатой области. Как показано в работах [7, 15, 16], в геотектоническом отношении это крупная коллизионная структура (ороген), обусловленная надвиганием в позднюрско-раннемеловое и позднемезозойское время коллажа террейнов Колымо-Омолонского супертеррейна (под влиянием Чукотского террейна) на Сибирский континент (платформу). Коллизия, вызванная глобальными тектоническими процессами (раскрытием Канадского бассейна и движением Северо-Американской плиты в сторону Сибирского континента, привела к интенсивной дислоцированности и «скупиванию» углеродистых толщ в пределах террейнов с образованием складчатости интенсивного линейного сжатия и нагнетания. Характерно постоянное наличие взбросов, надвигов, взбросо-сдвигов и сдвигов, а также межслоевого и главного кливажа. Складки, близкие к изоклинальным сильно сжатым, субвертикальны или чаще всего полого наклонены по вектору сжатия, ориентированному в целом субгоризонтально в направлении с востока на запад. Рудовмещающие площади расположены в зонах интенсивных пликативных дислокаций надвигового типа, содержащих флексуры (в плане и поперечных разрезах) и осложненных зонами продольного интенсивного позднескладчатого рассланцевания. Надвиги преимущественно

щественно пологие до субгоризонтальных, в кристаллический фундамент не проникают.

Между степенью дислоцированности углеродистых толщ и их рудоносностью устанавливается, как правило, прямая зависимость. Так, в Дегдеканский и Токичанский золотоносные узлы Тенькинской металлогенической зоны Магаданской области, Сухоложско-Вернинский и Верхне-Хомолхинский — Ленского золотоносного района. Указанные золотоносные узлы высокопродуктивны, но наиболее богаты Дегдеканский и Сухоложско-Вернинский, сложенные интенсивно дислоцированными породами.

В недислоцированных или слабодислоцированных углеродистых отложениях как в России, так и в других странах промышленное золото-платиноидное оруденение не известно. Золоторудные месторождения и проявления, если и встречаются (редко), то имеют иной — вулканогенный или вулканогенно-плутогенный — генезис. Степень золотоносности черносланцевых поясов (прогибов) находится в прямой зависимости от размеров палеобассейнов и мощности слагающих толщ (аналогия с продуктивностью нефтегазоносных бассейнов). В наиболее продуктивных золотоносных районах (Ленском, Центрально-Колымском) суммарная мощность черносланцевых толщ достигает 15–17 км, в менее продуктивных (Верхне-Селемджинском, Кербинском) — 4–6 км. Намечается и генетическая близость нефтегазоносных и золоторудных месторождений черносланцевой формации [2, 3, 6].

Рудолокализирующие структуры также коллизионного генезиса представлены ядерными частями флексуобразных (в плане) антиклиналей высоких порядков, осложняющих крылья синклиналей или (чаще всего) более крупных анти-

клиналей, т.е. участками пластического нагнетания и относительно пониженного давления на фоне резко преобладающего субгоризонтально ориентированного сжатия.

Наличие значительных и особенно крупных концентраций золота обусловлено пространственно-временной ассоциацией (сопряженностью) областей (зон) сжатия (резко преобладающих по объему) и участков относительно пониженного давления. В зонах рассланцевания, в том числе интенсивного, без структур нагнетания (сопряженных флексуобразных антиклиналей) интенсивное оруденение отсутствует. Это можно наблюдать на таких месторождениях, как Мурунтау, Сухой Лог, Хомстейк, Олимпиадинское, Морру-Велью, Бендигго, Бакырчик, Нежданинское, Наталкинское и других, типоморфных для черносланцевой формации [2, 3, 6].

В тех случаях, когда рудолокализирующая антиклиналь резко асимметрична, промышленное оруденение отмечается только в ее висячем крыле (Голец Высочайший), в наклонной же, близкой к лежащей, антиклинали — преимущественно в висячем крыле (Сухой Лог). В первой оруденение локализуется в ядерных частях складок (Нежданинское, Наталкинское, Морру-Велью).

Химизм преобразования черносланцевых толщ. Рудовмещающие зоны рассланцевания коллизионного генезиса, как показано в табл. 1, 2 представляют собой области дегидратации и активного выноса золота [1, 2, 6]. Одновременно с золотом и H_2O^+ в значительных количествах (более, чем достаточных, как показывают расчеты, для образования кварцевых жил и прожилков) выносился кремнезем вследствие его повышенной растворимости, как и золота (установлено экспериментально) в условиях стрессовых де-

1. Средние арифметические содержания H_2O^+ , Au и SiO_2 в углеродистых алевросланцах различных частей типовых рудных полей, по [2, 3, 6] с добавлениями

Рудное поле	H_2O^+ , %	Au, мг/т	SiO_2 , %
<i>Сухоложское рудное поле</i>			
За пределами рудовмещающей зоны рассланцевания (фон)	4,60 (80)	4,20 (55)	62,5 (80)
В пределах рудоносной зоны рассланцевания	3,65 (95)	2,80 (40)	57,15 (95)
В целом по рудоносной зоне	3,60 (90)	1900 (3260)	58,35 (90)
<i>Аллах-Юньская золотоносная зона, Южное Верхоянье</i>			
Фон	3,25 (15)	5,9 (120)	57,80 (25)
В зонах рассланцевания, содержащих золотоносные кварцевые жилы	2,40 (20)	3 (320)	55,30 (30)

Примечание. В скобках — число анализов.

2. Средние арифметические содержания кристаллизационной воды (H_2O^+) и Au в алевросланцах рудных полей различных регионов бывшего СССР, по [2, 3, 6] с добавлениями

Породы	H_2O^+ , %	Au, мг/т
Углеродистые алевросланцы, содержащие золоторудные тела, за пределами рудовмещающих зон расланцевания	4,02 (585)	3–15 в среднем около 8 (320)
То же, в рудовмещающих зонах расланцевания	2,75 (710)	2–5 в среднем 3,5 (3530)
Рудные тела — углеродистые алевросланцы с прожилково-вкрапленной ± жильно-прожилковой золото-кварцевой минерализацией	3,05 (570)	1500–9000 (<i>n</i> 10 000)

формаций. Так, на месторождении Сухой Лог, в соответствии с данными табл. 1, вынос кремнезема при формировании рудонесной зоны в среднем составлял $133,7 \text{ кг/м}^3$ [2].

Активный вынос золота из вмещающих пород в количествах, достаточных для формирования рудных тел, выявлен и при площадных геохимических работах: золоторудные поля и узлы, особенно богатые в отношении концентраций золота, окружены ореолами его выноса с содержаниями существенно ниже фоновых (местных кларковых). При этом количество вынесенного золота значительно больше, чем его концентрации на золотоносных площадях — в рудных телах, ореолах вышефоновой минерализации и россыпях (рис. 1, 2). Например, в Омчакском золотоносном узле Центрально-Колымского золотоносного района, включающего месторождения Наталкинское, Омчакское и Павлик (площадь выноса 750 км^2), было вынесено 15,1 тыс. т Au, а суммарное количество его в составе россыпей, рудных узлов и золотоносных площадей 9,7 тыс. т. Коэффициент выноса 1,56 (15,1/9,7). В соседнем Дегдекан-Токичанском золотоносном узле такие же соотношения: вынесено из окружающих толщ 10,2 тыс. т, сконцентрировано 6,45 тыс. т; коэффициент выноса 15,8. Подобные зоны выноса золота установлены в Ленском золотоносном районе и Нижнем Приамурье. Недавно они обнаружены С.В.Соколовым (2001 г.) в Верхне-Селемджинской зоне Среднего Приамурья, включающей Верхнемынский, Семиртакский и Токурский золотоносные узлы.

Дисперсия фоновых содержаний золота и их значения также свидетельствуют в пользу вышесказанного: в рудовмещающих свитах коэффициенты вариации наиболее высокие, а средние содержания наиболее низкие. Свиты (пачки), в которых оруденение слабо развито или отсутствует, характеризуются более равномерными и более высокими (в среднем) фоновыми содержаниями золота (рис. 3). В связи с этим напрашивается

вывод о том, что рудовмещающие зоны интенсивного расланцевания — это области многократной регенерации и переотложения золота, выноса H_2O^+ и сопутствующих рудогенных элементов, т.е. генерации золотосодержащих гидротерм. Таким образом разрешается проблема первоисточника воды и рудогенных элементов, до сих пор активно дискутируемая в рудничной геологии, особенно в 50–70-е годы прошедшего столетия.

Минерально-морфологические типы оруденения в углеродистых толщах представлены [1–3]:

прожилково-вкрапленным платиноидосодержащим (±золото-кварцевое оруденение в виде жил и прожилков) в углеродистых алевросланцах калиевой геохимической специализации ($K > Na$) и туфодиамектитах, содержащих в повышенных количествах осадочные и гидротермально-осадочные золотоносные сульфиды (пирит ± арсенипирит);

золото-кварцевым (в том числе промышленным оруденением, но обычно с более низким содержанием МПП) в более грубозернистых разновидностях углеродистых пород (алевролитах и песчаниках натриевой специализации ($Na > K$) с низкими концентрациями сульфидов и золота.

Первый тип оруденения в зависимости от интенсивности кварцево-жильной и кварцево-прожилковой минерализации разделяется на два подтипа: со слабым ее развитием и со значительным, или интенсивным. Первый подтип в практике работ часто именуется сухоложским, бакырчикским. Аналоги — месторождения Хомстейк, Кумак, Голец Высочайший, Светлинское, Маломыр, Глухое, Кумтор, Дегдеканское, Майское. Второй подтип предлагается называть наталкинским (типичный представитель — Наталкинское месторождение). Аналоги — месторождения Нежданское, Ветренское, Токичанское, Вернинское. Этот подтип, благодаря одновременно повышенному развитию золото-кварцевой и золото-сульфидной минерализации, наиболее перспективен для выявления крупнообъ-

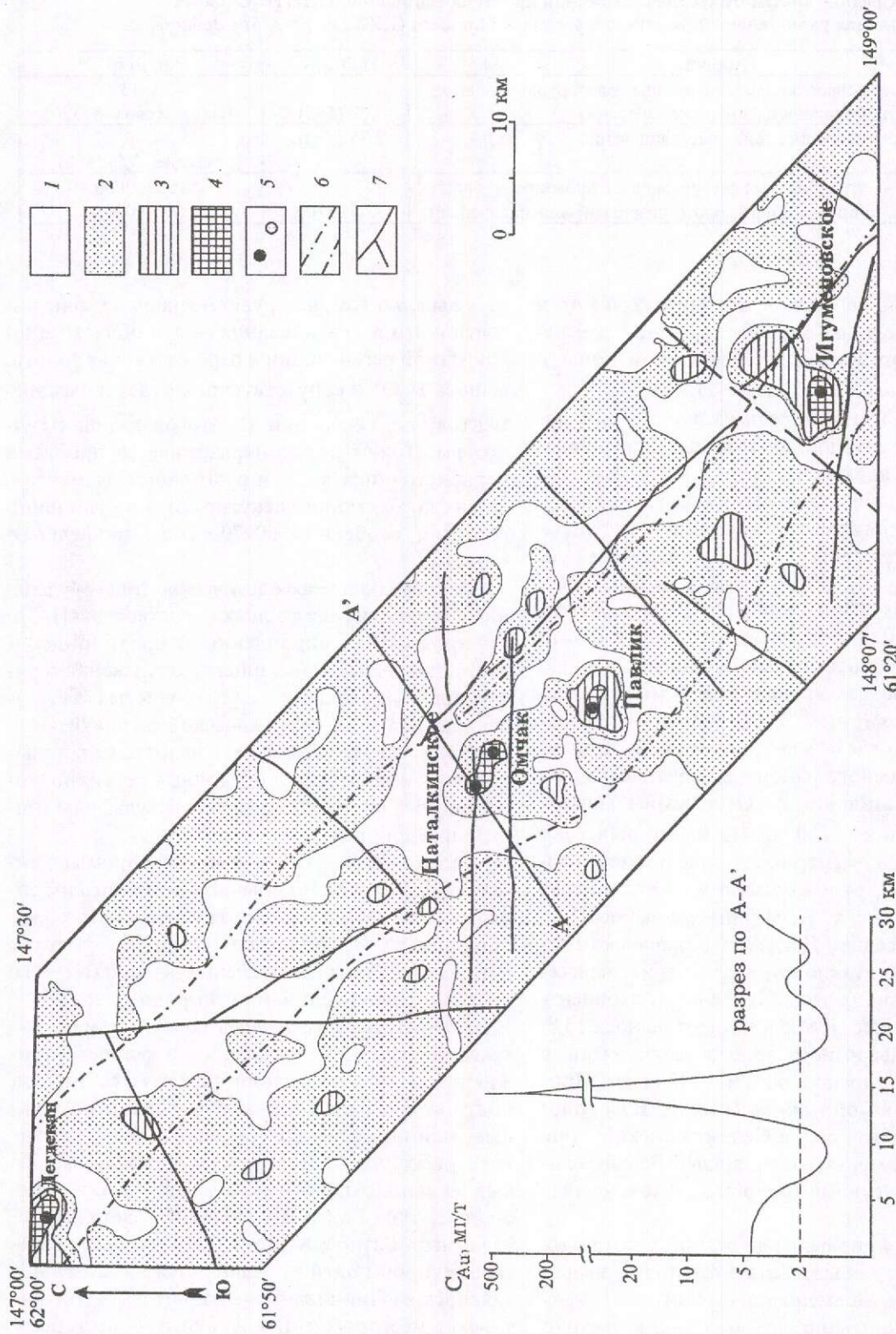


Рис. 1. Структура геохимического поля золота Тенькинской рудно-россышной зоны Центрально-Колымского золотоносного района (литохимическая съемка по потокам рассеяния, м-б 1:200 000–1:50 000), составили В.А.Буряк, Э.Г.Абисалов:

1 — ниже фоновых (менее 2), 2 — фоновые (2–5), 3 — выше фоновых (5–100), 4 — более 100; 5 — месторождения и крупные рудопроявления золота; 6 — границы осевой части Тенькинской зоны; 7 — разрывные нарушения

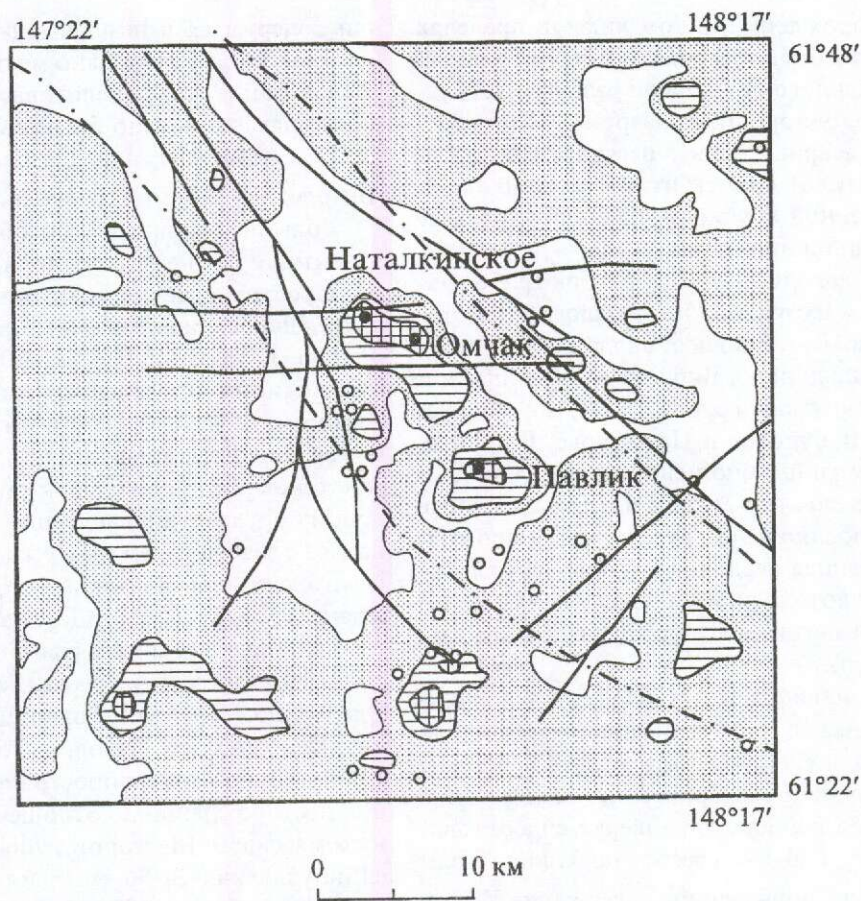


Рис. 2. Структура геохимического поля золота Омчакского золотоносного узла Центрально-Колымского золотоносного района:

усл. обозн. см. рис. 1

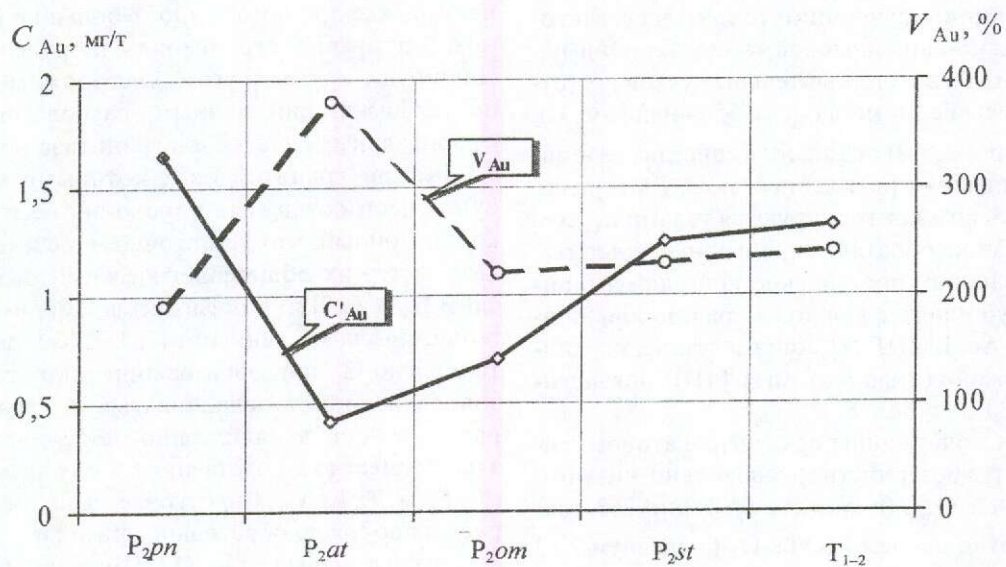


Рис. 3. Средние содержания (C_{Au}) и коэффициенты вариаций (V_{Au}) золота в черсланцевых породах Центрально-Колымского района, составил Э.Г.Абисалов:

рудовмещающие свиты: пионерская P_{2pn} , атканская P_{2at} ; нерудоносные: омчакская P_{2om} , старательская P_{2st}

емных месторождений, в том числе в пределах новых, еще слабопоискованных территорий. В отличие от первого подтипа он развивается в условиях менее однородного разреза — при переслаивании алевросланцев с песчаниками, алевролитами и (или) диамектитами, служащими в силу повышенной хрупкости «локализаторами» кварцевых жил и прожилков.

Второй тип оруденения в практике работ часто именуется мурунтауским. Аналоги — месторождения Ашанти, Бендиго, Балларат, Совиное, Советское, Эльдорадо, Виндонгио, Куларская и Дуэт-Бриндакитская группа в Якутии, Токур, Петровское и Буровое в Приамурье. В сравнении с первым типом оно менее перспективно, но также может давать крупные и весьма крупные объекты, особенно в тех случаях, когда прожилково-вкрапленная осадочная и гидротермально-осадочная золотоносная минерализация, хотя и слабо, но развита (месторождения Мурунтау, Морру-Велью).

Помимо наличия в повышенных количествах осадочных и гидротермально-осадочных сульфидов, для углеродистых осадков с первым типом оруденения характерно содержание (5–15%) Mg-Fe карбонатов анкерит-сидеритового ряда и $C_{орг}$ (1,0–6%; среднее по 310 анализам 1,71%), а также повышенное содержание K_2O , S и Al_2O_3 — 3,29, 1,72 и 17,35% соответственно (по результатам 310 проб пород из различных типовых регионов бывшего СССР). Это тонкозернистые, обогащенные органикой осадки сульфидоносной (пирит-арсенопиритовой) железисто-магнезиально-карбонатовой фации [2]. Они накапливаются в восстановительных условиях (отношение FeO/Fe_2O_3 по данным 350 анализов 3,4, при разбросе 2,5–4) локальных конседиментационных прогибов протяженностью 3–7 км, редко более. Прогибы контролируются узлами пересечений глубинных разломов, обычно «скрытых», обеспечивающих поступление конседиментационных глубинных флюидов и растворов, приносящих Au и МПГ [2]. Как следствие, первичные содержания (кларки) Au и МПГ повышенные — 3–20 мг и более.

Толщи, содержащие оруденение второго типа, более грубозернистые, с довольно низкими содержанием $C_{орг}$ (в среднем 0,68% по 263 анализам) и отношением FeO/Fe_2O_3 (в среднем 2,12 по 263 анализам). Содержание SiO_2 повышенное — в среднем 67,81% (в сульфидоносных с первым типом оруденения в среднем 57,84) [2, 3]. Mg-Fe сингенетичные карбонаты отсутствуют

или содержатся в незначительных количествах (до 5%). Это относительно мелководная кремнекислая фация алевропелитовых осадков, накапливающаяся при явно более высоком потенциале μO_2 с первичными (кларковыми) содержаниями золота — 3–6 мг/т, редко выше.

Роль литофациальных особенностей пород в развитии оруденения, как видно, весьма важная.

Пространственно-временные соотношения оруденения с гранитоидами различны. По отношению к прожилково-вкрапленному золото-сульфидному оруденению гранитоиды значительно моложе [1, 2] (месторождения Бақырчик, Сухой Лог, Дегдеканское и др.). По отношению к золото-кварцевому жильному и жильно-прожилковому оруденению внедрение гранитоидов совпадает с завершением процесса рудообразования (месторождения Наталкинское, Ветренское, Нежданское, Мурунтау, Даугыз) или происходит позже, приводя к метаморфизации отчасти золотоносных жил и прожилков (Бендиго, Балларат, Эльдорадо, Советское, Токур, Дуэт, Юр, Бриндакит, Кокран-Хилл, Каролин, Совиное).

Различно также и пространственное положение месторождений по отношению к гранитоидным массивам. Месторождения могут находиться на удалении 20–30 км от них — Голец Высочайший, Советское, Юр, Дуэт, Бриндакит, вблизи гранитных массивов, на удалении 4–7 км — Сухой Лог, Наталкинское, Ветренское, Агни-Афанасьевское. Площади, лишённые гранитоидов, чаще всего не рудоносны, реже содержат месторождения, но обычно небольшие по запасам. Как правило, гранитоиды и оруденение ассоциируют друг с другом: месторождения, судя по геофизическим данным, располагаются во «фронтальных» частях зон гранитизации.

Генезис гранитоидов, с которыми ассоциируют месторождения, корово-анатектический, коллизионный, что достаточно определенно доказывается их общегеологическими особенностями [1, 2, 6, 7] и, в последнее время, изотопно-геохимическими данными [7, 15]. Как давно установлено [2], при образовании таких гранитов золото не может накапливаться в гранитном расплаве, оно в палингенно-метасоматический этап совместно с родственными ему элементами (Fe, S, Cr, Ti, Ni, Co, Cu) отгоняется из гранитизируемых пород до образования расплава. Гипотеза, впервые выдвинутая Ю.Г.Щербаковым (1974 г.) и разделяемая многими исследователями, о заимствовании гранитами золота из вмещающих пород (в данном случае углеродистых) и использовании его на «постмагматическом» этапе

для формирования оруденения, по нашему мнению, не находит подтверждения.

Метаморфические преобразования золотоносных черносланцевых толщ четко проявляются в различных регионах в зависимости минерального состава оруденения, его кристалломорфологических и геохимических особенностей от интенсивности метаморфизма вмещающих пород [2]. В углеродистых осадках, не претерпевших метаморфических преобразований, хотя бы на уровне катагенеза, промышленное оруденение не установлено.

Для концентрации оруденения наиболее благоприятна зеленосланцевая фация, включающая хлорит-серицитовую, хлорит-серицит-альбитовую, биотит-стильпномелановую и хлорит-биотитовую субфации (зоны). Генезис метаморфизма (как и рудовмещающих зон рассланцевания) регионально-дислокационный (коллизийный) поздне- и синскладчатый, переходящий в высокотемпературных зонах в регионально-плутонический.

Золото-сульфидная минерализация имеет первично-осадочный генезис, в том числе осадочно-гидротермальный. Процессы метаморфизма приводят к регенерации и перераспределению концентраций золота в местах относительно пониженного давления — ядерных частях и висячих крыльях антиклиналей. Синжилые сульфиды развиты, но в подчиненных количествах.

Процесс минералообразования во времени развивается по схеме: осадочные±осадочно-гидротермальные вкрапления и послойные скопления слабозолотоносных и умеренно золотоносных сульфидов, не содержащие кварца, переходят в послойно-кливажные более золотоносные кварцево-сульфидные новообразования (кварц волокнисто-шестоватый метаморфогенный) и, наконец, в существенно кварцевые, развитые по послойно-кливажным и секущим трещинам.

Заимствование сульфидов и особенно золота из вмещающих пород при образовании кварцевых жил и прожилков устанавливается однозначно. Повышенное их содержание обнаруживается в кварцевых жилах и прожилках только на тех участках, где повышены концентрации сульфидов и золота. При этом золотоносные сульфиды не синжилые, а более ранние — первично-осадочные в той или иной мере регенерированные и переотложенные (Дегдеканское и Токичанское рудные поля Центрально-Колымского золотоносного района). Такие кварцевые жилы и прожилки высокзолотоносны не повсе-

местно, а лишь там, где развиты золотоносные осадочные сульфиды (участки Удачный, Боец и др.). В минерализованных алевросланцах нами установлены содержания Au 0,1–9,0 г/т, в кварцевых жилах и прожилках 0,20–20,7 г/т (по частным пробам 0,12–245,1 г/т). В то же время, на участке Майский, где осадочные сульфиды развиты, но слабозолотоносны (содержания Au 0,02–0,07 г/т), кварцевые жилы и прожилки содержат 0,006–0,1 г/т Au.

В Ленском золотоносном районе в пределах Сухоложского рудного поля и на Гольце Высочайшем наблюдаются те же закономерности. Кварцевые жилы золотоносны только в пределах пересекаемых ими пластовых зон (тел) золото-сульфидной вкрапленности. Выходя (в плане) за пределы пластовых зон сульфидизации, жилы становятся низкопродуктивными или вовсе не содержат золото. Наиболее высокзолотоносная (среднее содержание 9,5 г/т) в этом районе Догалдынская кварцевая жила, находясь в толще песчаников, контактирует с маломощным пластом (частично его пересекая) алевросланцев, интенсивно минерализованных осадочно-гидротермальным пиритом в виде конкрециевидных, линзовидных и послойных выделений с довольно высокими содержаниями (4–8 г/т) золота.

Гранулометрия и пробность золота, находящегося в ассоциации с сульфидами и в кварцевых жилах, также различны и свидетельствуют о мобилизации его из вмещающих толщ. В жилах золото преимущественно более крупное и высокопробное (до 920–990), во вмещающих сульфидизированных породах его проба 760–820.

При прочих равных условиях содержания золота в алевросланцах возрастают по мере увеличения количества осадочных сульфидов. Однако такая закономерность устанавливается не всегда, чаще всего контрастно она не проявляется. Повышенной золотоносностью характеризуются сульфиды, развитые только в алевросланцевых пачках калиевой геохимической специализации, а в их составе — среди локальных прогибов, контролируемых зонами конседиментационных разломов относительно небольших по простиранию (3–7 км). Выделение таких прогибов требует применения литоструктурного картирования (желательно с использованием рационального комплекса наземных геофизических методов) и структурно-поискового бурения по профилям. В большинстве же случаев за пределами прогибов осадочные сульфиды слабо золотоносны, а гидротермально-осадочные разности (наиболее золотоносные) отсутствуют.

Выраженность рудоносных площадей в геофизических полях достаточно отчетлива, заслуживает изучения и использования на различных этапах исследования — от регионально-металлогенического прогнозирования до постановки поисково-оценочных работ. Хорошо подтверждается заложение черносланцевых поясов на пассивных континентальных окраинах. Вместе с тем выделяются крупные и более локальные глубинные золотоконтролирующие структуры кольцевого типа, возникшие вследствие плюмовой геотектоники (нелинейной металлогении). Так, по новым данным [14], Центрально-Колымский золотоносный район представляет собой центральную часть Верхне-Колымского мегасвода (диаметр 500–550 км) — крупнейшей структуры, вероятно, мантийного или астеносферного заложения (мантийный свод, плюм, диапир и пр.), возникшей в пределах пассивной континентальной окраины Палеосибиря в результате динамического взаимодействия Охотского, Колымского и Омолонского мегатеррейнов с Охотоморской плитой (ее субдукционной зоной). Золотоносные черносланцевые пояса региона приурочены к трем крупным разноглубинным взбросо-надвиговым структурам северо-западного простирания шириной около 80 км, осложняющим мегасвод. В их составе (в пределах Иньяли-Дебинского синклиория) известные золоторудные и россыпные месторождения и проявления (около 95%) выделяются положительными (на фоне регионально выраженного минимума) аномалиями поля силы тяжести первого порядка (интенсивность 20–30 мГл) и участками знакопеременного магнитного поля, представленными локальными многократно пакетированными структурами такого же взбросо-надвигового генезиса. Они фиксируют приподнятые участки меланократового кристаллического основания или участки основания, насыщенные магматическими образованиями основного-ультраосновного состава за счет рифтинговых процессов.

В полях региональных гравитационных максимумов до 80% известных золоторудных и золотороссыпных месторождений приурочены к локальным максимумам поля силы тяжести, преимущественно линейной формы. Их интенсивность (от 2 до 10 мГл), форма и положение относительно основных структур позволяют также говорить о существовании на относительно небольшой глубине от поверхности геологических тел повышенной плотности, например многократно тектонизированных мафитовых ком-

плексов в составе фронтальных частей надвиговых структур или мафитов, обусловленных рифтинговыми процессами, контролирующими заложение прогибов и накопление в них углеродистых золотоносных осадков. Сидерохалькофильная геохимическая специализация черносланцевых отложений (повышенное содержание Cr, Ni, Co, Ti, Fe, Au, S) и особенно повышенные содержания в рудах черносланцевой формации платиноидов, а также гидротермально-осадочных золото- и платиносодержащих сульфидов подтверждают такие допущения. На это же указывают секущие (пострудные), несомненно, глубинные дайковые тела мафитов, содержащие сульфиды. Таковые, в частности, типоморфны для Васильевского и Светлинского золотоносных узлов Ленского золотоносного района. Отмечаются пластовые и субпластовые тела мафитов и непосредственно в составе черносланцевых толщ, и сингенетичные им (Верхне-Селемджинский и Кербинский золотоносные районы Приамурья, Лангерийский золотоносный район Сахалина). Известны случаи наличия в крутопадающих дайковых телах кислого состава (дорудных и пострудных) остроугольных обломков мафитов, отсутствующих на современном эрозионном срезе.

Генезис оруденения с учетом изложенного выше рассматривается как метаморфогенно-гидротермальный. Первично-осадочная минерализация (в комплексе с гидротермально-осадочной) была регенерирована и переотложена в ходе метаморфогенно-дислокационных процессов коллизионного типа, сопровождаемых в зонах высокотемпературного метаморфизма гранитообразованием. Исходя из современного террейнового анализа можно считать генезис оруденения метаморфогенно-тектоническим.

Полученные к настоящему времени многочисленные изотопно-геохимические данные также указывают на это. Изотопы S, O, C, Pb рудных тел отвечают составу их во вмещающих толщах (Бендиго, Ашанти, Хомстейк, Наталкинское, Сухой Лог, Кумтор, Нежданское, Юр, Дуэт).

Концепция связи оруденения с глубинным «углеродистым метасоматозом», как уже отмечалось [3], не находит должного подтверждения. Главное — «углеродистый метасоматоз» развивается лишь в тех случаях, когда измененные толщи уже содержали $C_{орг}$. При этом происходит не привнос углерода глубинными флюидами, а его перераспределение, в том числе на значительные расстояния. Привнос золота и МПГ в

составе восстановленных глубинных флюидов происходил раньше — в период осадконакопления. Илы, содержащие органическое вещество, золото и МПГ, накапливались в бескислородной обстановке рифтовых зон вблизи или на небольшом удалении от береговой линии цехштейнового моря. Не случайны в связи с этим повышенные содержания МПГ, как и в типичных «медистых сланцах» цехштейна.

Направление дальнейших работ должно определяться, очевидно, исходя из, несомненно, большой практической значимости рассматриваемого оруденения и особенностей его генезиса. Однако в настоящее время в большинстве случаев это должным образом не учитывается. Преобладает традиционный подход, в силу которого оруденение оценивается как обычное магматогенное (постмагматическое). Выделению и картированию рудоносных (рудогенерирующих) сульфидоносных черносланцевых пачек и сложенных ими флексуобразных рудо локализирующих пликативных структур нагнетания, осложненных рудоконцентрирующими зонами рассланцевания, не уделяется должного внимания (в значительной мере потому, что это непросто: возможно только на основе детального расчленения осадочных толщ).

Литофациальный анализ осадочных толщ, как правило, не производится, не изучаются их первичный состав (минеральный и химический), геохимическая специализация. Наиболее продуктивные литостратиграфические уровни строго не выделены, а намечены пока предварительно, даже в длительно изучаемых районах, таких как Ленский, Северо-Енисейский, Приамурский, Центрально-Колымский.

Как показывает отечественный и зарубежный опыт выявления и успешной оценки золото-платиноидного оруденения в черносланцевых толщах (в первую очередь наиболее перспективного — крупнообъемного), прежде всего необходимо:

уточнение известных и установление новых критериев прогнозирования и оценки оруденения, в том числе региональных и локальных стратиграфических, литофациальных, геохимических, регионально- и дислокационно-метаморфических, метаморфогенно-метасоматических структурных (складчатых и разрывных); имеющиеся по этому вопросу данные (довольно многочисленные) разрозненны, не систематизированы и не используются должным образом;

постановка на перспективных площадях литолого-структурного картирования в комплексе

с наземными геофизическими работами (ЗСБ, МР, ЧД, ВЭЗ ЧД, ВЭЗ ВП) для выделения благоприятных литокомплексов (пачек углеродистых сульфидоносных алевросланцев и туфодиамакситов) и в их составе рудоконтролирующих пликативных и разрывных структур;

проведение в больших объемах структурно-поискового бурения по профилям с целью оценки этих структур.

В черносланцевых толщах, как в нашей стране, так и за рубежом, еще только начинают выявлять промышленные золото-платиноидные месторождения (в том числе крупные и весьма крупные). Существующие представления о том, что во многих золотороссыпных районах, сложенных этими толщами, коренные источники россыпей эродированы (в первую очередь там, где россыпи богатые), все чаще не подтверждаются. При оценке перспектив черносланцевых толщ следует учитывать большой до 3–4 км вертикальный диапазон формирования месторождений (особенно платиносодержащих золото-сульфидных прожилково-вкрапленных), многоярусность их размещения и полигенно-полихронность образования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Буряк В.А. О влиянии процессов регионального метаморфизма на развитие золотосульфидной минерализации центральной части Ленского золотороссыпного района // Тез. Докл. 3-го Всесоюз. петрограф. совещ. Новосибирск, 1963. С. 78–80.
2. Буряк В.А. Метаморфизм и рудообразование. — М.: Недра, 1982.
3. Буряк В.А. Проблема генезиса черносланцевых толщ и развитого в них золотого, золото-платиноидного и прочих видов оруденения // Тихоокеанская геология. 2000. Т. 19. № 1. С. 118–129.
4. Буряк В.А. Золоторудные месторождения типа Сухой Лог и Витватерсранд — генетические аналоги // Золотое оруденение и гранитоидный магматизм Северной Пацифики: Тез. докл. Всерос. совещ. Магадан, 1997. С. 207–208.
5. Буряк В.А. Возможный генезис золотоносных конгломератов Витватерсранда и крупных стратиформных месторождений золота // Условия образования и закономерности размещения стратиформных месторождений. Фрунзе, 1987. С. 671–678.
6. Буряк В.А., Бакулин Ю.И. Металлогения золота. — Владивосток: Дальнаука, 1998.
7. Горячев Н.А. Геология мезозойских золото-кварцевых жильных поясов Северо-Востока Азии. — Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 1998.
8. Графит-ильменит-сульфидная минерализация в рудных районах Востока СССР / И.Н.Томсон, А.А.Сидоров, О.П.Полякова и др. // Геология рудных месторождений. 1984. № 6. С. 19–31.

9. *Иванкин П.Ф., Назарова Н.И.* Проблема восстановления метасоматоза // *Метасоматоз и рудообразование*. М., 1984. С. 115–122.
10. *Константинов М.М., Некрасов Е.М., Сидоров А.А., Стружков С.Ф.* Золоторудные гиганты России и мира. — М.: Научный мир, 2000.
11. *Кривцов А.И.* Прикладная металлогения. — М.: Недра, 1989.
12. *Михайлов Б.К., Волков С.В.* Геологические предпосылки развития золотодобывающей отрасли Магаданской области // *Колыма*. 2001. № 1. С. 10–14.
13. *Михайлов Б.К., Волков С.В., Кимельман С.А.* Крупнообъемные золоторудные месторождения Центральной Колымы — основа экономики будущего Магаданской области // *Проблемы геологии и металлогении Северо-Востока Азии на рубеже тысячелетий*. Металлогения. Т. 2. Магадан, 2001. С. 178–181.
14. *Михайлов Б.К., Буряк В.А., Михайлова В.П., Цымбалюк Н.В.* К проблеме выбора участков, перспективных на крупнообъемное золотое оруденение в Центрально-Кольмском районе // *Проблемы геологии и металлогении Северо-Востока Азии на рубеже тысячелетий*. Металлогения. Т. 2. Магадан, 2001. С. 181–184.
15. *Тектоника, геодинамика и металлогения территории Республики Саха (Якутия)*. — Москва: Маик «Наука/Интерпериодика», 2001.
16. *Ханчук А.И., Иванов В.В.* Геодинамика Востока России в мезокайнозой и золотое оруденение // *Геодинамика и металлогения*. Владивосток, 1999. С. 5–30.
17. *Щеглов А.Д.* О генезисе золоторудных месторождений района Витватерсранд (ЮАР) // *Докл. РАН*. 1993. Т. 333. № 1. С. 59–69.

СТРОЕНИЕ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ



УДК 553.41 (571.56+571.65)

© Коллектив авторов, 2002

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ И МИНЕРАЛОГИЯ РУД МЕСТОРОЖДЕНИЯ БИРКАЧАН, МАГАДАНСКАЯ ОБЛАСТЬ

М.В.Наталенко, С.Ф.Стружков, О.Б.Рыжов, М.Е.Вакин, В.К.Политов (ЦНИГРИ МПР России), Б.И.Ишков, Б.Гиллес, В.П.Карчавец (ОАО «Омолонская золоторудная компания»), В.И.Устинов (ГЕОХИ РАН), Ю.П.Шергина (ВСЕГЕИ МПР России)

Недавно открытое месторождение приурочено к девонскому вулканоплутоническому поясу. Рудовмещающая толща представлена андезито-дацитами, игнимбритами риодацитов, туфопесчаниками, покровными риолитами и их туфами. Метасоматические изменения включают дорудную площадную протилитизацию и линейные области дорудной и синрудной аргиллизации. Месторождение представлено пучком рудных тел в линзообразной области растяжения, сформировавшейся при правостороннем сдвиге, и относится к золото-серицит-кварцевому минеральному типу золото-серебряной формации. Аномально низкие температуры рудообразования, смешанный метеорно-магматический состав рудоносных флюидов, отсутствие минералов-индикаторов глубокого эрозионного среза, а также наличие «каолинитовой шляпы» указывают на принадлежность месторождения к верхней части палеогидротермальной системы. В связи с этим перспективы связываются не только с флангами, где возможно открытие новых рудоносных структур, но и с глубокими горизонтами, на которых не исключено обнаружение рудных тел кубакинского типа.

Золото-серебряное месторождение Биркачан находится в южной части Омолонского срединного массива, в 25 км к северу от месторождения Кубака. Омолонский массив в настоящее время — один из основных золотодобывающих регионов России, благодаря интенсивной отработке Кубакинского месторождения. В течение 1998–2000 гг. ежегодная добыча золота на Кубаке, проводившаяся ОАО «Омолонская золоторудная компания», составляла 13–15 т (при этом годовая производительность на одного работающего достигала 35 кг Au), затем эти показатели начали постепенно снижаться в связи с естественным истощением запасов. Оставшиеся ресурсы обеспечат работу горно-добывающего предприятия лишь до 2004 г. Ввод в эксплуатацию нового Биркачанского месторождения позволит сохранить работоспособность наиболее эффективного горно-рудного предприятия в регионе — Кубакинского ГОКа.

История открытия месторождения представляет собой опыт выявления золоторудного объекта, полностью перекрытого современными ледниковыми и аллювиальными отложениями. Основная концепция поисковых работ, в результате которых Омолонской золоторудной компанией было открыто Биркачанское месторождение (Б.И.Ишков, 1999 г.), — заверка перекрытой рудоносной структуры с применением значительных объемов бескернового бурения (6000 м). Последующие поисково-оценочные работы включали колонковое бурение по сети 50×50 м (47 500 м). Подсчитанные запасы золота позволяют оценивать месторождение как среднее по масштабам при содержании 17,5 г/т и отношении Au/Ag около 1:4. Часть запасов в настоящее время представлена на утверждение в ГКЗ. На месторождении продолжаются поисково-оценочные работы. По классификации М.М.Константинова [3] месторождение относится к золо-

тому геохимическому типу золото-серебряной формации.

Региональная позиция. Биркачанский рудный узел приурочен к предполагаемому субмеридиональному разлому (зоне позднемезозойской тектономагматической активизации), контролирующему локализацию золото-серебряных месторождений Эвенское, Дальний, Ирбычан, Ороц, Кубака и ряда рудопроявлений. Выделение зоны субмеридионального разлома носит предварительный характер и нуждается в дальнейшем обосновании. Рудный узел совпадает с вулканотектонической структурой (предположительно депрессией), расположенной в пределах девонского вулканоплутонического пояса. Депрессия по геофизическим данным относится к перспективному типу со скрытым на глубине гранитоидным массивом. По этому признаку рудный узел сходен с Авландинским (Кубака), Дукагским и Иваньинским (Джультта) узлами [4, 6].

Рудное поле локализовано в южной части рудного узла, в участке пересечения крупного субширотного надвига и зоны региональных рудоконтролирующих разломов северо-восточной ориентировки, особая роль которых подчеркивается приуроченностью к ним на значительном протяжении (десятки километров) рассеянной золото-серицит-кварцевой минерализации.

Геологическое строение рудного поля. Границы рудного поля определяются контурами тектонического блока в надинтрузивной зоне предполагаемого скрытого гранитоидного массива (рис. 1). Тектонический блок размером около 30 км² ограничен с юга надвигом, с севера взбросом, с востока и запада крутопадающими разломами северо-западного простирания. Для рудного поля характерны многочисленные литогеохимические аномалии золота по вторичным ореолам (более 0,1 г/т), а также наличие небольшой россыпи золота непосредственно над рудными телами. Значительная часть рудного поля скрыта четвертичными аллювиально-ледниковыми отложениями мощностью 5–30 м. Его стратиграфический разрез включает девонские, каменноугольные и пермские породы. В разрезе выделяются (снизу вверх) следующие толщи: грунтовская (D₂₋₃), гурникская (D₃–C₁), корбинская (C₁) и верхнепермская (P₂).

Грунтовская толща подразделяется на две подтолщи. Нижняя подтолща сложена дацитами, андезито-дацитами, андезитами и их туфами. Ее нижняя граница бурением не вскрыта, видимая мощность превышает 100 м. Верхняя подтолща представлена в основном игнимбритами

риолитов и риодацитов, а также их кристаллокластическими туфами. Мощность верхней (игнимбритовой) подтолщи в среднем 150–160 м.

Гурникская толща представлена (снизу вверх) маркирующим горизонтом мелко-среднезернистых туфопесчаников (мощность 20–25 м), покровом риолитов с реликтами перлитовой отдельности (мощность 30–60 м) и пачкой литокристаллокластических туфов риолитов с прослоями туфопесчаников, туфоалевролитов, туфоагравелитов (мощность 100 м).

Корбинская толща сложена углистыми сланцами и алевролитами в нижней части. Верхнепермская толща состоит из известковистых битуминозных алевролитов, песчаников, известняков.

Месторождение размещается в верхнегрунтовской подтолще и нижней части гурникской толщи.

Интрузивный магматизм представлен позднедевонскими силлообразными телами субвулканических риолитов (В.Н.Паньков и др., 1990). С этими телами пространственно связано большинство проявлений золотой минерализации. Выполненный нами геохронологический анализ (Rb/Sr изохронный метод по калишпатам фенокристаллов — участок Большой) подтвердил их позднедевонский-раннекаменноугольный возраст — 326±9,8 млн. лет. В южной части рудного поля также часто встречаются крутопадающие дайки верхнемеловых долеритов, диоритовых порфиритов, лампрофиров. Интрузивные полнокристаллические образования представлены небольшими штоками гранодиоритов (предположительно юрского возраста) в правом борту р. Мизинец.

В пределах рудного поля вулканогенно-осадочные породы слагают моноклираль с падением слоев на юго-юго-запад, являющуюся крылом более крупной антиклинальной складки. Моноклираль осложнена надвигом в правом борту р. Мизинец и кулисами регионального северо-восточного крутопадающего разлома. По надвигу девонские отложения надвинуты на пермские. В связи с активными горизонтальными перемещениями в слоистых пачках широко развиты послойные срывы.

Структура месторождения и морфология рудных тел. Месторождение приурочено к изгибу рудоконтролирующего разлома северо-восточного простирания. При правостороннем сдвиге сформировалась линзообразная область растяжения, в которой локализованы рудные тела. Простирание рудоконтролирующего разлома здесь меняет ориентировку с 40° (перезжим) до

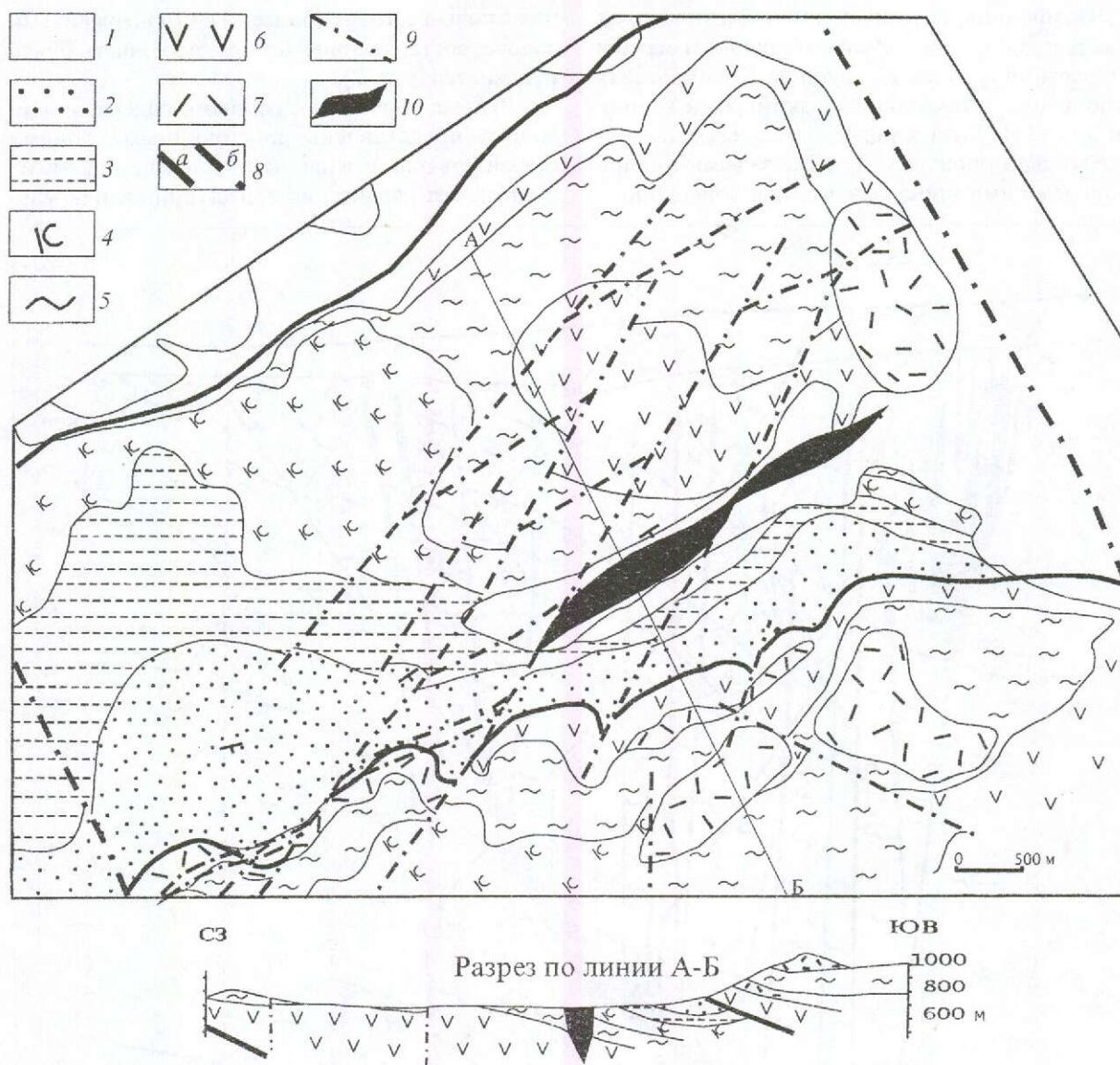


Рис. 1. Геолого-структурная схема Биркачанского рудного поля:

1 — рыхлые четвертичные отложения; 2 — известковистые и битуминозные песчаники и алевролиты, P_{1,2}; 3 — корбинская свита — углистые алевролиты, аргиллиты, C_{1krb}; 4 — гуринская толща — литокластические туфы риолитов, риолиты, туфопесчаники, D₃—C_{1gr}; грунтовская толща, D_{2,3grt}; 5 — верхняя подтолща — литокластические игнимбриты риодацитов, б — нижняя подтолща — андезиты, андезито-дациты; 7 — позднедевонские субвулканические тела риолитов; 8 — блокоразграничивающие разломы — границы рудного поля (а — надвиги, б — крутопадающие разломы); 9 — рудоконтролирующие разломы; 10 — месторождение

60° (раздвиг) и опять до 40° (пережим). По данным дешифрирования аэрофотоснимков в рудном поле предварительно выделяется еще несколько сходных рудоносных структур.

Внутри основной рудоносной зоны развиты следующие системы тектонических нарушений: субвертикальные трещины отрыва, выполненные ранними кварц-адуляровыми жилами (простираение 35–45°); близкие к ним по ориенти-

ровке (простираение 45–50°) трещины скола, с которыми связано формирование линейных золотоносных штокверков; пологозалегающие короткие трещины отрыва (азимут простираения 50°, угол падения 60–70°, юго-восток), зажатые между вышеописанными крутопадающими трещинами скола на глубине 300–400 м (к ним приурочены богатые руды брекчиевой текстуры).

Совокупность рудных тел в разрезе представляет собой веерообразный пучок. В верхней его части (в среднем до глубины 200 м) развиты рудоносные штокверки с низкими содержаниями золота (1–2 г/т), а также отдельные маломощные жилы и прожилки. Глубже залегают сопряженные с ними минерализованные зоны дробле-

ния с повышенными (более 15 г/т) содержаниями золота, составляющие «стволовую» часть пучка рудных тел (рис. 2).

Рудные тела с повышенными содержаниями золота представлены линзовидными зонами брекчирования и жильными зонами. Для таких рудных тел характерно телескопирование мак-

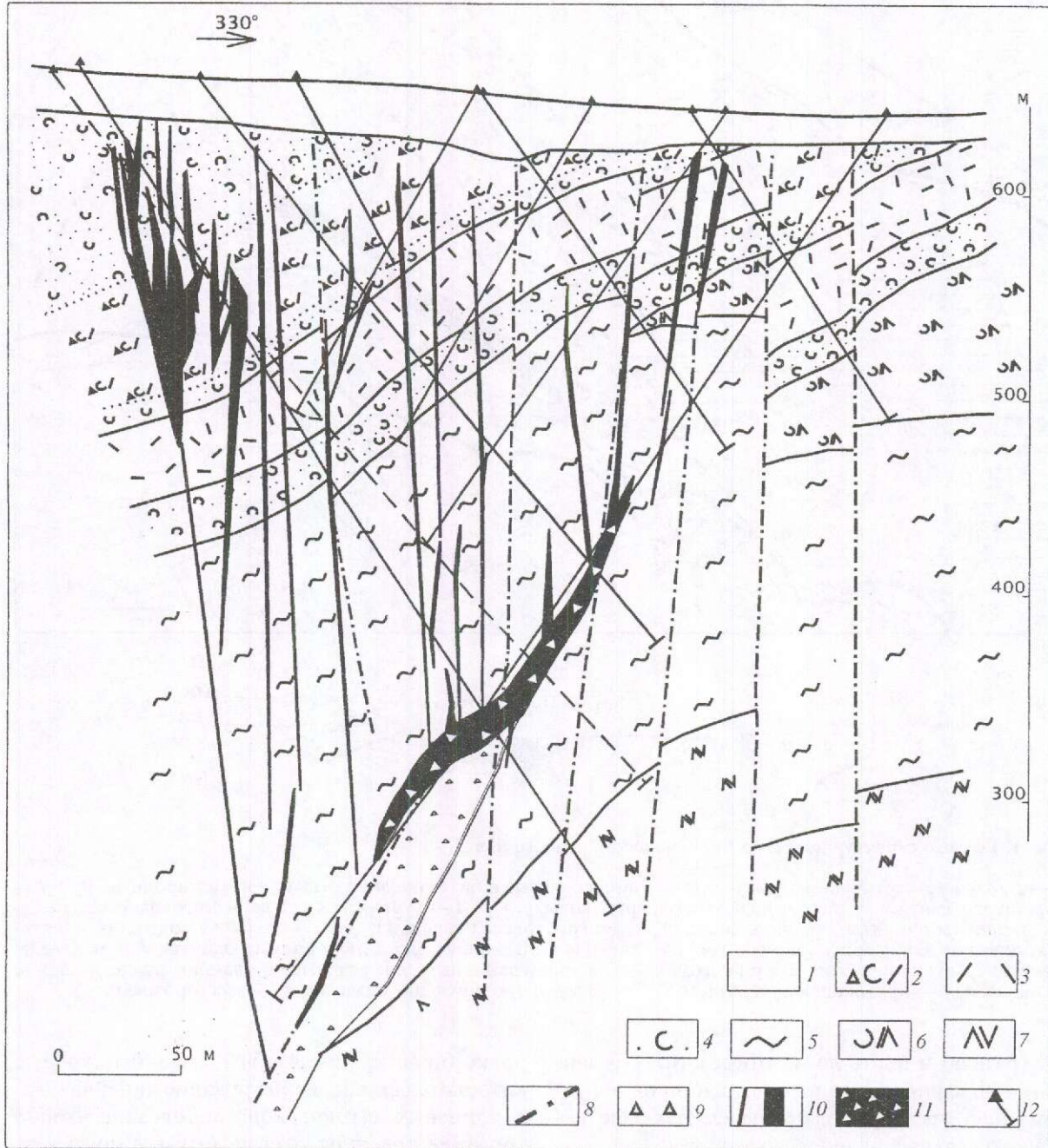


Рис. 2. Геологический разрез (профиль 21):

1 — рыхлые четвертичные отложения; гурникская толща, D_3-C_1gr ; 2 — литокластические туфы риолитов, 3 — покровные риолиты, 4 — туфопесчаники; грунтовская толща, D_2-3grt ; 5–6 — верхняя подтолща — литокластические игнимбриты риодацитов (5), витрокластические туфы риодацитов (6), 7 — нижняя подтолща — андезитодациты; 8 — разломы; 9 — тектонические брекчии; пучок рудных тел: 10 — жилы и прожилки с бедными содержаниями золота, 11 — тело минерализованных брекчий с богатыми содержаниями золота, 12 — скважины

симального количества стадий минералообразования при преобладании продуктивной.

К настоящему времени на месторождении вскрыто три рудных тела с повышенными содержаниями золота: 2, 3 и 5 (рис. 3). Все они приурочены к единой рудоносной структуре длиной около 2 км, шириной 200–300 м. Рудные тела имеют сходные параметры. В качестве примера рассмотрим рудное тело 3, приуроченное к сравнительно пологозалегающей трещине отрыва (азимут падения 140° , угол $60\text{--}70^\circ$), зажатой между крутопадающими сколовыми трещинами на глубине 300–400 м (профиль 21). Мощность его 1–10 м (в среднем 7 м), протяженность 250 м, вертикальный размах 200 м, содержания золота 10–100 г/т, в среднем 35 г/т.

Рудное тело 3 сложено в основном минерализованной брекчией, на которую наложена продуктивная золото-серицит-кварцевая минерализация. Рудные тела 2 и 5 представлены жильными зонами, выполненными ранним адуляр-гидрослюдисто-кварцевым материалом, на который также накладывается продуктивная минерализация.

Распределение рудных тел внутри рудоносной структуры подчиняется литологическому и структурному контролю. Наиболее богатые тела приурочены к благоприятным литологическим разностям пород — игнимбрикам и лавам риолитов. Особенность этих пород — повышенная хрупкость, которая может носить первичный характер или обусловлена наложенными гидротермальными изменениями. В районе профиля 21 (см. рис. 3) мощность игнимбриковой пачки увеличивается более чем в 2 раза, а к юго-западу и северо-востоку закономерно убывает. Не исключено, что в профиле 21 вскрыта палеожерловина, с которой связано богатое рудное тело 3. Сходная более мелкая палеожерловина предварительно выделяется в районе профиля 15. К структурным ловушкам относятся тектонически нарушенные зальбанды ранних адуляр-кварцевых жил.

Богатые и бедные руды имеют сходный минеральный состав. Они формировались одновременно, но в разных тектонических условиях: бедные руды в трещинах скола, которые были сжаты в период рудоотложения, а богатые — в сопряженных трещинах отрыва, претерпевших растяжение во время рудообразования.

Внутри рудных тел выделяются особо обогащенные участки (содержание золота более 30 г/т) — рудные столбы размером 25×50 м. Среди рудных столбов можно выделить комбиниру-

ванные (по В.И.Смирнову [7]), характеризующиеся совпадением повышенных содержаний с повышенными мощностями, и концентрационные, отличающиеся низкими и рядовыми мощностями. Анализ распределения мощностей рудных тел и содержаний золота в плоскости главной рудоносной зоны позволяет предположительно наметить направления движений минералообразующих растворов. Формирование комбинированных рудных столбов в районе профилей 15 и 21 связывается с преобладающими вертикальными движениями флюидов в районе двух предполагаемых жерловин в ходе дорудных стадий. Образование серии концентрационных рудных столбов вдоль подошвы благоприятного литологического горизонта предположительно обусловлено латеральными движениями рудоносных флюидов в ходе продуктивной стадии. Установившийся шаг в распределении концентрационных рудных столбов, равный 75–100 м, позволяет намечать местоположение новых рудных столбов.

Метасоматические изменения включают дорудную площадную пропилитизацию и последовательно наложенные на нее линейные области дорудной аргиллизации и синрудных околожильных пирит-сидерит-серицит-кварцевых изменений (рис. 4).

Пропилитовые изменения представлены низкотемпературной карбонат-хлоритовой и среднетемпературной эпидот-хлоритовой фациями. Низкотемпературные пропилиты слагают крупную область неправильной формы в центральной части рудного поля, которая на периферии и на глубине сменяется среднетемпературной фацией. На месторождении низкотемпературные пропилиты почти нацело замещены дорудными аргиллизитами и известны лишь на флангах рудовмещающей структуры. Аргиллизиты слагают линзообразные крутопадающие тела длиной 1000–1800 м, мощностью 250–600 м. Колонка аргиллизитов в пределах месторождения представлена (сверху вниз) каолинит-кварцевой, гидрослюдисто-кварцевой и кварцевой зонами.

Каолинит-кварцевая зона, развитая в гурникской толще (вблизи ее подошвы), предположительно состоит из сохранившихся фрагментов «каолинитовой шляпы» (рис. 5), характерной для надрудной области эпитермальных месторождений. Основная часть «каолинитовой шляпы» эродирована, уцелел лишь ее юго-восточный фрагмент. Присутствие «каолинитовой шляпы» позволяет предполагать, что скрытые

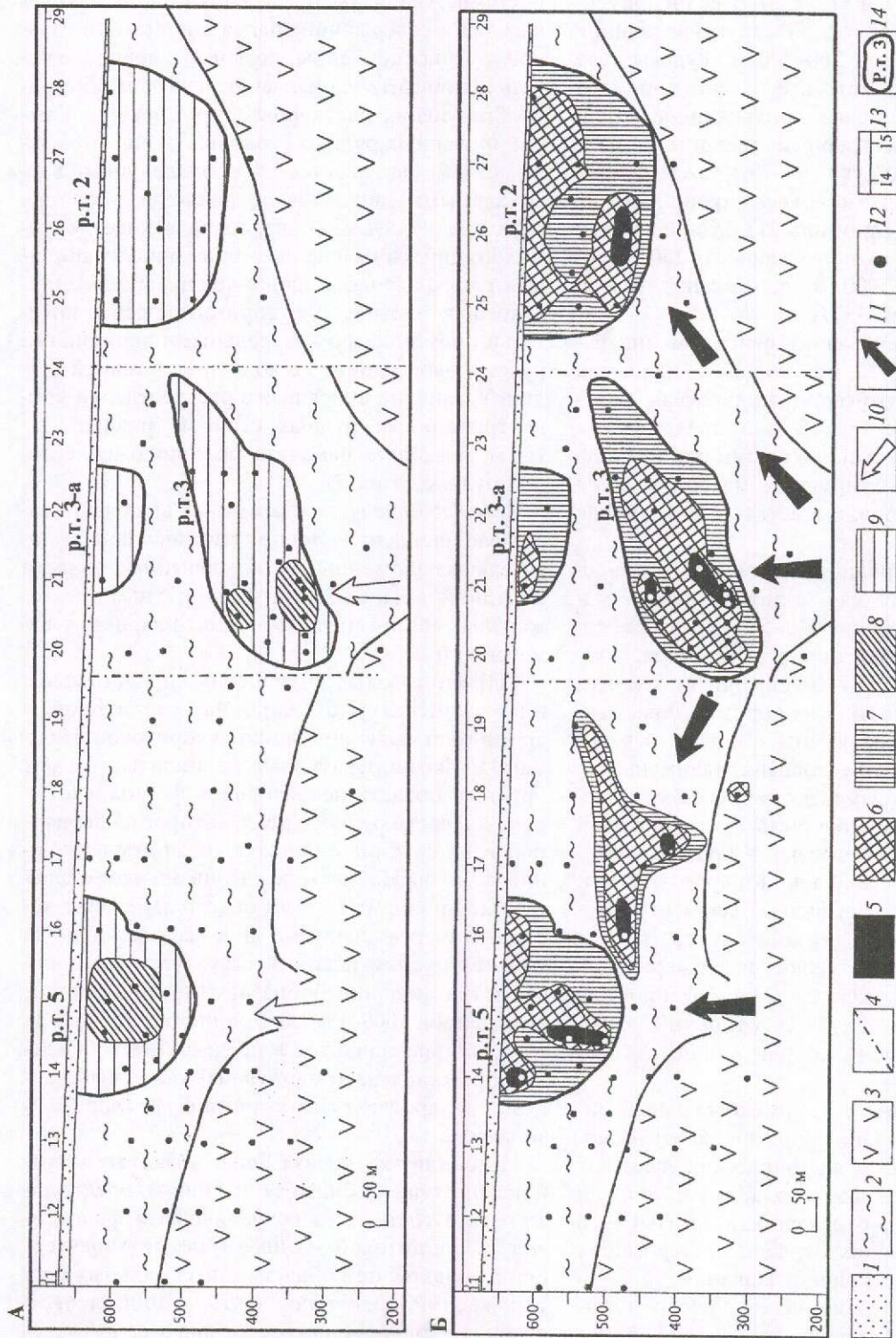


Рис. 3. Распределение мощностей рудных тел (А) и содержания золота (Б) в продольной проекции основной рудоносной зоны:

1 — рыхлые четвертичные отложения; 2 — риолиты и их туфы гурникской и игнимбриты риодацитов гуртовской толщ; 3 — андезиты гуртовской толщ; 4 — рудоконтролирующие разломы; содержания Au, г/т: 5 — более 30, 6 — 10-30, 7 — 5-10; 8 — 5-10; 9 — 1-5; предполагаемые направления движения; 10 — минералообразующих растворов в дорудные этапы, 11 — рудоносных растворов; 12 — сважины; 13 — номера профилей; 14 — границы рудных тел и их номера

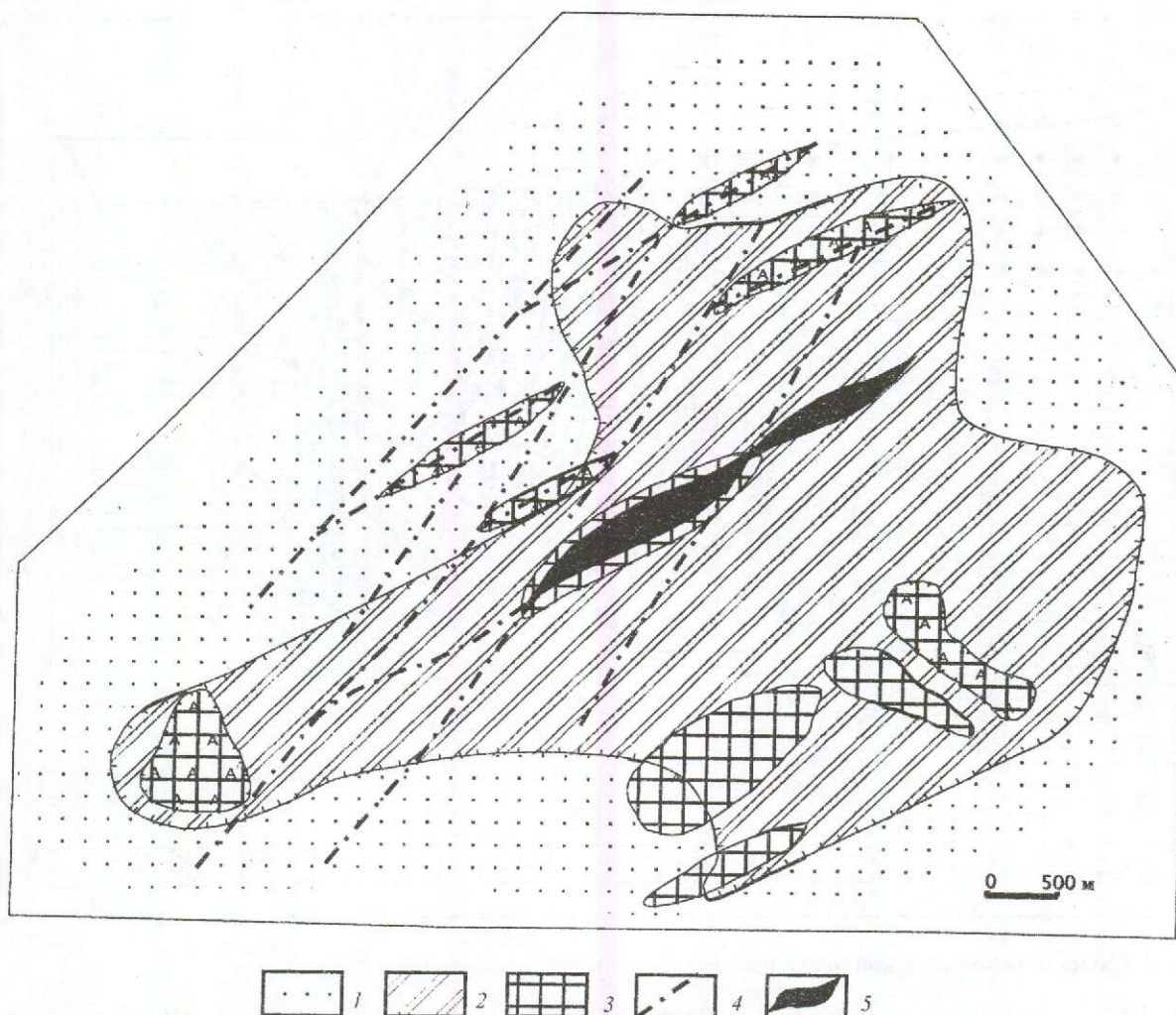


Рис. 4. Схема метасоматической зональности Биркачанского рудного поля:

площадная пропилизитизация: 1 — среднетемпературная (эпидот-хлоритовая фация), 2 — низкотемпературная (карбонат-хлоритовая фация); 3 — аргиллизиты; 4 — рудоконтролирующие разломы; 5 — месторождение

рудные тела Биркачанского месторождения слепые (не перекрытые), слабоэродированные. Мощность каолинит-кварцевой зоны 50–100 м.

Гидрослюдисто-кварцевая зона развита под каолинит-кварцевой и накладывается главным образом на низзалегавшие вулканогенно-осадочные отложения нижней части гурникской и верхней части грунтовской толщ. Зона включает основной объем метасоматитов месторождения, в плане представляя собой широкую полосу, вытянутую вдоль северо-восточного рудоконтролирующего разлома.

Кварцевая зона развита в осевых частях рудоконтролирующих разломов, накладывается в основном на грунтовскую толщу. Она сменяет на глубине 100–150 м гидрослюдисто-кварцевую

зону, представляя собой ядерные части метасоматической колонки.

Синрудные околожильные пирит-сидерит-серицит-кварцевые аргиллизиты наложены на кварц-гидрослюдистые и кварцевые дорудные аргиллизиты и развиты в виде чехольных ореолов мощностью 200–400 м вокруг рудоносных штокверков. Синрудные аргиллизиты хорошо картируются при полевом описании керна и могут служить надежным признаком при поисках рудных тел.

Минеральный состав рудных тел отличается разнообразием. В рудах установлено более 40 минералов. Диагностика минералов проводилась под микроскопом и с применением рентгеновского микроанализатора «Камебакс» в связи

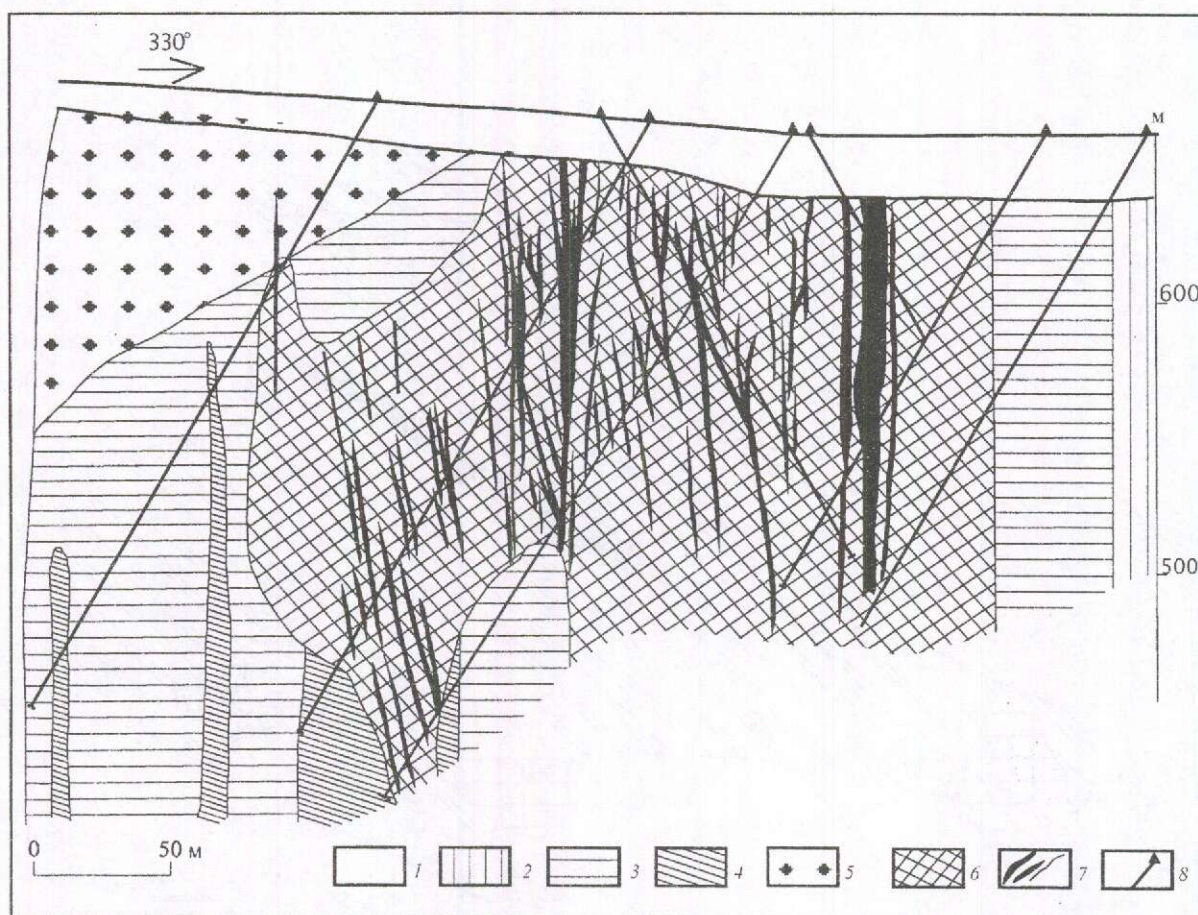


Рис. 5. Схема метасоматической зональности месторождения (профиль 15):

1 — рыхлые четвертичные отложения; 2 — низкотемпературные пропилиты (карбонат-хлоритовая фация); до-рудные аргиллизиты, фации: 3 — кварц-гидрослюдистая, 4 — кварцевая, 5 — каолинит-кварцевая; 6 — синрудные аргиллизиты (пирит-серицит-сидерит-кварцевые); 7 — рудные тела (жилы и прожилки); 8 — скважины

с мелкими размерами выделений. Среди жильных минералов преобладают кварц, серицит и сидерит, отмечены также гидрослюда, каолинит, диксит и адуляр, реже встречаются кальцит, эпидот и хлорит. К основным рудным минералам относятся самородное золото и электрум. По степени распространенности доминирует пирит, менее распространены минералы титана — рутил, анатаз и лейкоксен, халькопирит и блеклые руды (теннантит, тетраэдрит). Редко встречаются кюстелит, самородное серебро, сфалерит, галенит, сульфосоли серебра (полибазит, люционит, пираргирит, прустит, нирсеит), теллуриды (гессит и алтаит), мышьяковистый пирит, пирротин, кубанит и самородный висмут. Сульфидность руд составляет 0,1–0,5%. Золото-серебряное отношение изменяется от 3:1 до 1:9, составляя в среднем 1:4.

По данным полевой документации и камерального изучения шлифов и аншлифов в истории формирования месторождения выделяются четыре стадии (рис. 6). К первой (дорудной) стадии относятся немногочисленные крупнокристаллические адуляр-кварцевые жилы ритмично-полосчатой текстуры с редкими выделениями пирита. Золотая минерализация в жилах первой стадии не выявлена. Ко второй (слабопродуктивной) стадии относятся многочисленные жилы адуляр-карбонат-кварцевого состава. Мощность жил варьирует от 0,1 до 5–6 м (в раздувах до 12 м). Текстуры преимущественно ритмично-полосчатые, колломорфно-полосчатые, каркасно-пластинчатые, гребенчатые. Рудная минерализация представлена редкими зернами пирита и немногочисленными кристаллами анатаза. Очень редко по границам микроритмов отмеча-

пасов и относительному богатству руд.

В Методическом руководстве приведены результаты анализа состояния мировой минерально-сырьевой базы АБЦМ по комплексу показателей, а также важнейших зарубежных горнорудных проектов, что позволяет производить экспрессную разбраковку оцениваемых ресурсов по их возможной геолого-экономической значимости.

Методы оценки прогнозных ресурсов охарактеризованы применительно к разноранговым объектам (таксонам) — металлогеническим зонам, рудным районам, полям и месторождениям (перспективным участкам). Рассмотрена последовательность работ по локализации разноранговых металлогенических таксонов, потенциально перспективных на выявление месторождений различных геолого-промышленных типов на основе прогнозно-поисковых комплексов, представляющих собой совокупность оптимальных методов выявления объектов прогноза и поисков.

Методическое руководство по оценке прогнозных ресурсов АБЦМ подготовлено в форме выпусков: «Алмазы», «Золото и серебро», «Металлы платиновой группы», «Никель и кобальт», «Медь», «Свинец и цинк», каждый из которых отвечает определенному полезному ископаемому либо геологически естественной группе таковых. Каждый из выпусков имеет типовую структуру и состоит из разделов, отвечающих определенному геолого-промышленному либо рудно-формационному типу месторождений. За основу группировки месторождений приняты классификационные схемы, изложенные в соответствующих выпусках справочника «Минеральное сырье» (М., 1997–1998).

Вместе с тем, в работе предложены и несколько иные типизации месторождений, максимально приближенные к задачам прогноза. Следует подчеркнуть, что если геолого-промышленные классификации отвечают на вопрос «что», то рудно-формационные — на вопрос «где». Содержание каждого из выпусков ориентирует пользователей использование информационной базы, которая издается при выполнении комплекса работ, необходимых и достаточных для подготовки площадей для лицензионного недропользования, а также на соблюдение требований к работам по оценке прогнозных ресурсов недропользователями любых форм собственности.

Каждому из выпусков данного Методического руководства предпослан раздел «Общие положения», в котором изложены принципиальные подходы, приведены особенности оценки прогнозных ресурсов каждого из полезных ископаемых, а также те или иные отклонения от типовой структуры работы.

Работа имеет целевое назначение — она призвана обеспечить единство научно-методических основ оценки (переоценки) прогнозных ресурсов на 01.01.2003 г. Ее составители считают возможным и необходимым дальнейшее совершенствование данного Руководства на основе соответствующих предложений всех непосредственных участников работ по оценке (переоценке) потенциального богатства недр нашего Отечества.

ются мелкие (до 5 мкм) высокопробные золотины округлой, иногда каплевидной формы. Не исключено, что жилы второй стадии несут собственную убогую золотую минерализацию. Однако в связи с интенсивным наложением тонкопрожилковой минерализации последующей золоторудной стадии доказать это однозначно не представляется возможным.

Третья (золоторудная) стадия представлена тремя парагенезисами: серицит-кварцевым, золото-кварцевым и сидерит-серицитовым. Серицит-кварцевая минерализация слагает метасоматические гнезда, линзы и прожилки с вкрапленностью пирита и редкими выделениями халькопирита. Для кварца характерен кремневидный облик.

Золото-кварцевый парагенезис, преобладающий в основной массе рудных тел, развит в штокверках маломощных прожилков, накладывающихся на метасоматиты и жильные образования предшествующих стадий. Текстура прожилков гребенчатая или ритмично-полосчатая. В центральных частях прожилков часто фиксируются мелкие друзовые пустоты, выполненные серицитом и сидеритом.

Золото-серебряные фазы на месторождении представлены широким спектром минералов от самородного серебра до самородного золота (табл. 1). Наиболее распространены электрум (пробность 400–700), менее — самородное золото (пробность >700), редко встречается кюстелит (пробность 50–400). По данным микрозондового анализа золота, электрум и кюстелит содержат незначительную примесь ртути. Повышенные содержания ртути отмечены на глубоких горизонтах месторождения. Содержание меди, как правило, невысокое и лишь в одном случае обнаружено медистое золото с содержанием Cu 12,65%.

Наиболее высокопробное золото в золото-кварцевом парагенезисе (пробность 760–790) выделяется преимущественно в приальбандовых участках прожилков в ассоциации с анатазом и пиритом. Оно образует гнездовые выделения мелких золотинок неправильной формы в кварц-серицитовом агрегате. В центральных частях прожилков гребенчатого кварца присутствует более низкопробное золото (электрум, пробность 435–686) в виде относительно крупных выделений в интерстициях кварцевого агрегата или в друзовых пустотах. В ассоциации с электрумом в центральных частях прожилков отмечаются (табл. 2–4) блеклые руды (теннантит, Ag-теннантит), сульфосоли серебра (полибазит, пирарги-

рит и люционит), сульфиды полиметаллов и реже теллуриды серебра (гессит) и свинца (алтаит).

Сульфосоли серебра появляются только в участках с повышенным содержанием Ag (сотни граммов на 1 т), а в участках со средним содержанием Ag (десятки и первые сотни граммов на 1 т) присутствует Ag-теннантит (10,70–11,30% Ag). В образцах с низким содержанием Ag фиксируется теннантит с незначительным содержанием Ag (0,25–0,97%). Для полибазитов характерна постоянная примесь селена (до 5,13%) и теллура (до 20,69%). В связи с тонкопрожилковым характером оруденения и соответственно слабым диффузионным выравниванием состава растворов состав сульфосолов и блеклых руд изменяется очень контрастно даже на незначительном расстоянии. Так, в одном и том же образце в соседних кварцевых прожилках состав полибазита варьирует от Te-полибазита (20,69% Te и 0,80% Se) до Se-Te-полибазита (3,59% Te и 4,57% Se).

Прожилки золото-кварцевого парагенезиса наиболее интенсивно развиваются в нарушенных приальбандовых частях жил второй стадии, которые приобретают повышенную золотоносность (до 100 г/т), и в минерализованных зонах дробления на глубоких горизонтах месторождения. Содержание золота в центральных частях ранних жил невелико (0, $n-n$ г/т) и значительно уступает таковому в приальбандовых участках. По приальбандовым участкам ранних жил золоторудная минерализация распространяется на значительно большую глубину, чем штокверковое оруденение.

Сидерит-серицитовый парагенезис развит в многочисленных преимущественно маломощных (первые миллиметры) прожилках, а также в центральных друзовых пустотах в прожилках гребенчатого кварца золото-кварцевой стадии и ореолах метасоматической вкрапленности сидерита и серицита. Сидерит образует крупные кристаллы, часто формирующие пунктирные метасоматические прожилки в сериците. Среди рудных минералов в этом парагенезисе установлены пирит, халькопирит и кюстелит (36,88% Au). Все рудные минералы приурочены к серицитовым агрегатам. В сидерите встречены только единичные зерна халькопирита.

Четвертая (пострудная) стадия минералообразования представлена кальцитовыми жилами и прожилками, развитыми в основном на флангах и глубоких горизонтах месторождения. На участке Большой (восточный фланг месторождения) кальцитовые жилы содержат несколько

1. Состав золотосодержащих минералов по данным рентгеноспектрального микроанализа, %

Номер пробы	Минерал	Au	Ag	Cu	Hg	Σ
Б-2102-234,0	Кюстелит	36,88	57,82	0,20	3,40	98,30
То же	Электрум	43,56	51,19	0,10	3,69	98,54
«	То же	46,80	49,68	0,07	3,09	99,64
«	«	48,79	48,68	0,12	0,70	98,29
Б-2102-355,0	Си-электрум	49,31	37,93	12,65	0,50	100,39
Б-2102-234,0	Электрум	49,67	48,16	0,03	1,49	99,35
То же	То же	53,89	44,74	0,05	1,14	99,82
«	«	53,90	44,65	0,01	0,11	98,67
«	«	53,92	45,01	0,10	0,96	99,99
Б-242-117,1	«	63,31	34,84	0,12	0,32	98,59
Б-243-81,0	«	63,70	34,37	0,57	0,23	98,87
Б-243-54,8	«	63,88	34,25	0,50	0,00	98,63
Б-242-117,1	«	63,91	34,61	0,01	0,32	98,85
То же	«	63,97	35,30	0,06	0,32	99,65
Б-243-81,0	«	64,16	34,78	0,04	0,50	99,48
Б-2102-355,0	«	68,46	31,36	0,08	0,00	99,90
То же	«	68,61	31,34	0,00	0,00	99,95
Б-243-81,0	Самородное золото	76,17	22,89	0,12	0,01	99,19
То же	То же	76,44	22,70	0,14	0,17	99,45
Б-1901-89,0	«	78,48	20,27	0,02	0,00	98,77
То же	«	78,61	20,51	0,02	0,00	99,14
«	«	78,63	20,64	0,03	0,00	99,30
«	«	78,65	20,98	0,00	0,00	99,63
«	«	78,87	20,80	0,03	0,00	99,70
«	«	78,88	20,20	0,02	0,00	99,10
«	«	78,99	19,63	0,04	0,00	98,66
«	«	79,24	20,04	0,05	0,00	99,33
76/00 (Большой)	«	0,13	97,05	1,28	0,22	98,68
То же	Электрум	64,82	33,02	0,18	0,39	98,41

Примечание. Анализы (табл 1–4) выполнены Н.Н.Кононковой (ГЕОХИ) на микрозонде «Камебакс» (ускоряющее напряжение 20 кВ, ток 18 нА).

тонких кварцевых ритмов с рудными минералами (пиритом, халькопиритом, Ag-теннантитом, мышьяковыми сульфосолями — Си-прустит, Си-пирсеит и Си-As-аналог стефанита), электрумом и самородным серебром. Большая часть рудных минералов в кальцитовых жилах, возможно, переотложена, на что указывают контрастный состав рудных фаз в пределах одного ритма и экзотический характер сульфосолей. По наблюдениям на других золото-серебряных месторождениях [1] рудная минерализация (и золотая в том числе) появляется в пострудных кальцитовых жилах только в участках наложения их на жилы предшествующих продуктивных стадий. Таким образом, обнаружение повышенных concentra-

ций золота в пробах (и самородного золота в аншлифах) из пострудных кальцитовых жил на флангах месторождения может свидетельствовать о наличии золоторудной минерализации продуктивной стадии на более глубоких горизонтах.

Абсолютный возраст золото-серебряных месторождений Омолонского массива является предметом полемики. Некоторые авторы относят золото-серебряное оруденение к этапу меловой активизации (В.А.Шишкин, 1992). Другими исследователями подчеркивается определяющее значение позднедевонского этапа рудогенеза [8]. Нами по значениям абсолютного возраста установлены полихронный характер формирования

2. Состав сульфоселенов по данным рентгеноспектрального микроанализа, %

Номер пробы	Минерал	Ag	Au	Sb	As	Te	Se	S	Σ	Кристаллохимическая формула
Б-2102-358,0	Те-полибазит	63,57	0,39	9,46	0,47	20,69	0,80	7,58	99,57	(Ag _{15,32} Cu _{0,27}) _{15,59} (Sb _{2,19} As _{0,27}) _{2,46} (S _{6,57} Te _{4,38}) _{10,95}
Б-2102-355,0	Se-Те-полибазит	63,57	5,27	5,54	3,12	4,90	5,13	11,60	99,13	(Ag _{14,02} Cu _{1,90}) _{15,92} (Sb _{1,19} As _{0,95}) _{2,14} (S _{8,56} Se _{1,43} Te _{0,95}) _{10,94}
Б-2102-358,0	То же	66,95	2,45	5,41	3,18	3,59	4,57	12,81	98,96	(Ag _{14,63} Cu _{0,94}) _{15,57} (Sb _{0,94} As _{0,94}) _{1,88} (S _{9,43} Se _{1,41} Te _{0,71}) _{11,55}
Б-2102-234,0	Se-полибазит	68,62	2,42	7,86	1,93	0,23	3,59	14,15	98,80	(Ag _{14,73} Cu _{0,92}) _{15,65} (Sb _{1,38} As _{0,69}) _{2,07} (S _{10,13} Se _{1,15}) _{11,28}
То же	То же	68,87	2,25	6,29	3,92	0,34	3,52	14,30	99,49	(Ag _{14,62} Cu _{0,91}) _{15,53} (Sb _{1,4} As _{1,14}) _{2,28} (S _{10,28} Se _{0,91}) _{11,19}
«	«	68,69	2,27	6,11	3,45	0,24	2,57	16,18	99,91	(Ag _{14,06} Cu _{0,88}) _{14,94} (Sb _{1,10} As _{1,10}) _{2,20} (S _{10,98} Se _{0,88}) _{11,85}
Б-2102-358,0	Ag-люцит	11,60	33,87	15,48	9,99	0,09	0,20	28,38	99,61	(Cu _{2,37} Ag _{0,49}) _{2,86} (As _{0,38} Sb _{0,58}) _{1,16} S _{3,98}
То же	Су-пираргирит	35,52	17,98	21,17	3,57	0,11	0,02	20,08	98,45	(Ag _{1,58} Cu _{1,34}) _{2,92} (Sb _{0,82} As _{0,24}) _{1,06} S _{3,02}
76/00 (Большой)	Су-прусит	22,85	32,64	5,08	15,12	0,00	0,00	22,99	98,68	(Cu _{2,13} Ag _{0,88}) _{3,01} (As _{0,82} Sb _{0,16}) _{0,98} S _{3,01}
То же	Су-пиреит	44,49	27,53	2,62	6,40	0,00	0,66	18,45	99,95	(Cu _{8,15} Ag _{7,77}) _{15,92} (As _{1,71} Sb _{0,38}) _{2,09} S _{10,99}
«	Су-As аналог стефанита	25,95	36,22	6,09	11,99	0,00	0,12	19,98	99,37	(Cu _{3,48} Ag _{1,32}) _{5,60} (As _{0,94} Sb _{0,29}) _{1,23} S _{3,77}

4. Состав сульфидов и теллуридов по данным рентгеноспектрального микроанализа, %

Номер пробы	Минерал	Zn	Fe	Cd	Mn	Cu	Ag	Bi	Pb	Te	Se	S	Σ	Кристаллохимическая формула
Б-242-93,9	Сфалерит	61,98	2,03	0,41	0,03	0	-	-	-	-	-	33,51	97,96	(Zn _{0,93} Fe _{0,04}) _{0,97} S _{1,03}
Б-2102-358,0	То же	65,84	0,56	0,40	0	0	-	-	-	-	-	33,05	99,42	(Zn _{0,99} Fe _{0,01}) _{1,00} S _{1,00}
Б-2102-355,0	«	64,32	0,59	0,22	0,31	0	-	-	-	-	-	32,92	98,36	(Zn _{0,98} Fe _{0,01}) _{0,99} S _{1,01}
То же	«	64,37	0,64	0,30	0,49	0	-	-	-	-	-	33,01	98,81	(Zn _{0,93} Fe _{0,01}) _{1,00} S _{1,00}
Б-2102-358,0	«	65,84	0,30	0,87	0,05	0	-	-	-	-	-	32,51	99,57	Zn _{1,00} S _{1,00}
То же	Галенит	-	-	-	-	0	-	0,30	86,18	-	-	12,66	100,03	Pb _{1,02} (S _{0,96} Se _{0,02}) _{0,98}
Б-2102-355,0	То же	-	-	-	-	0	0	0,14	85,42	-	-	12,34	100,01	Pb _{1,00} (S _{0,93} Se _{0,07}) _{1,00}
Б-2102-234,0	«	-	-	-	-	0	0	0,06	84,83	-	-	11,98	99,25	Pb _{1,00} (S _{0,90} Se _{0,10}) _{1,00}
Б-283-54,8	Se-галенит	-	-	-	-	0	0,11	0	72,63	-	-	7,69	99,34	Pb _{0,84} (S _{0,58} Se _{0,58}) _{1,16}
Б-2102-355,0	Халькопирит	-	29,68	-	-	35,87	0	-	-	-	-	33,39	98,94	Cu _{1,03} Fe _{1,00} S _{1,95}
Б-2102-358,0	То же	-	30,14	-	-	34,61	0	-	-	-	-	33,96	98,71	Cu _{1,01} Fe _{1,01} S _{1,98}
Б-243-81,0	«	-	30,56	-	-	34,22	0,06	-	-	0,02	-	34,52	99,38	Cu _{0,99} Fe _{1,00} S _{2,01}
То же	«	-	30,40	-	-	33,96	0,07	-	-	0	-	34,87	99,30	Cu _{0,98} Fe _{1,00} S _{2,02}
Б-1703-245	«	-	30,20	-	-	33,81	0,03	-	-	0	-	34,36	98,58	Cu _{0,99} Fe _{1,01} S _{2,00}
Б-242-193,0	Кубанит	-	38,03	-	-	24,52	0,09	-	-	-	-	36,14	98,69	Cu _{1,06} Fe _{1,86} S _{3,08}
76/00 (Большой)	Халькопирит	-	28,80	-	-	33,23	3,84	-	-	-	-	33,14	99,01	Cu _{1,00} Fe _{1,00} S _{2,00}
Б-243-98,0	Гессит	-	-	-	-	0,01	67,06	-	-	32,26	0	0,21	99,54	Ag _{2,14} Te _{0,86}
То же	Алтаит	-	-	-	-	0	0	-	62,54	36,01	-	-	-	Pb _{1,03} Te _{0,97}

3. Состав блеклых руд по данным рентгеноспектрального микроанализа, %

Номер пробы	Минерал	Cu	Ag	Zn	Fe	As	Sb	S	Se	Σ	Кристаллохимическая формула
Б-1703-245	Теннантит	41,97	0,00	0,07	6,74	20,53	1,56	27,94	0,34	99,15	$Cu_{9,92}Fe_{1,80}(As_{4,06}Sb_{0,15})_{4,21}S_{13,07}$
Б-243-81,0	То же	39,47	0,25	3,24	4,19	13,42	10,67	28,68	0,07	99,99	$Cu_{9,41}(Fe_{1,22}Zn_{0,76})_{1,98}(As_{2,73}Sb_{1,37})_{4,10}S_{13,51}$
Б-242-193,0	«	46,75	0,36	5,03	1,90	16,14	2,51	26,67	0,44	99,80	$(Cu_{11,09}Ag_{0,05})_{11,14}(Zn_{1,20}Fe_{0,45})_{1,65}(As_{5,31}Sb_{0,30})_{3,61}(S_{12,47}Se_{0,13})_{12,60}$
Б-243-98,0	«	39,56	0,58	6,89	0,61	17,21	7,95	25,67	0,31	98,78	$(Cu_{9,72}Ag_{0,16})_{9,88}(Zn_{1,72}Fe_{0,16})_{1,88}(As_{3,56}Sb_{1,08})_{4,64}(S_{12,54}Se_{0,06})_{12,60}$
То же	«	39,75	0,71	7,36	1,49	17,36	7,64	25,00	0,23	99,54	$(Cu_{9,88}Ag_{0,16})_{10,04}(Zn_{1,72}Fe_{0,47})_{2,19}(As_{3,60}Sb_{0,89})_{4,49}(S_{12,23}Se_{0,05})_{12,28}$
Б-243-81,0	«	40,48	0,73	5,46	2,43	13,76	9,08	27,87	0,15	99,96	$(Cu_{9,82}Ag_{0,15})_{9,97}(Zn_{1,24}Fe_{0,61})_{1,86}(As_{2,76}Sb_{1,07})_{3,83}S_{13,35}$
Б-243-98,0	«	43,26	0,76	6,13	2,39	16,41	2,48	27,02	0,18	98,63	$(Cu_{10,38}Ag_{0,15})_{10,53}(Zn_{1,37}Fe_{0,61})_{1,98}(As_{3,36}Sb_{0,31})_{3,67}S_{12,82}$
Б-242-93,9	«	42,62	0,84	5,95	0,61	18,07	3,81	27,95	0,14	99,99	$(Cu_{10,02}Ag_{0,15})_{10,17}(Zn_{1,37}Fe_{0,15})_{1,52}(As_{5,64}Sb_{0,46})_{4,10}S_{13,21}$
Б-242-193,0	«	45,17	0,96	4,27	2,26	15,26	2,84	28,80	0,15	99,71	$(Cu_{10,56}Ag_{0,15})_{10,71}(Zn_{1,04}Fe_{0,59})_{1,63}(As_{2,98}Sb_{0,30})_{3,28}S_{13,38}$
Б-242-93,9	«	43,06	0,97	6,21	0,71	19,27	2,36	27,02	0,26	99,86	$(Cu_{10,32}Ag_{0,15})_{10,47}(Zn_{1,37}Fe_{0,15})_{1,52}(As_{3,95}Sb_{0,30})_{4,25}(S_{12,70}Se_{0,05})_{12,76}$
Б-2102-355,0	Ag-теннантит	31,72	10,70	5,44	2,15	11,04	13,38	25,12	0,09	99,64	$(Cu_{8,24}Ag_{1,65})_{9,89}(Zn_{1,32}Fe_{0,66})_{1,98}(As_{2,47}Sb_{1,81})_{4,28}S_{12,85}$
То же	То же	32,73	11,30	5,02	2,09	9,18	15,20	23,65	0,82	99,99	$(Cu_{8,72}Ag_{1,68})_{10,40}(Zn_{1,34}Fe_{0,67})_{2,01}(Sb_{2,01}As_{2,01})_{4,02}(S_{12,40}Se_{0,17})_{12,57}$
Б-283-54,8	Тетрадрит	37,11	1,61	6,87	1,03	7,76	20,24	24,83	0,54	99,99	$(Cu_{9,50}Ag_{0,16})_{9,66}(Zn_{1,80}Fe_{0,33})_{2,13}(Sb_{2,79}As_{1,64})_{4,43}(S_{12,62}Se_{0,16})_{12,78}$
То же	То же	36,39	1,74	6,95	1,12	6,30	21,49	24,80	0,91	99,70	$(Cu_{9,45}Ag_{0,17})_{9,62}(Zn_{1,82}Fe_{0,33})_{2,15}(Sb_{2,97}As_{1,33})_{4,30}(S_{12,76}Se_{0,17})_{12,93}$
Б-243-104,6	Ag-тетрадрит	30,39	10,46	6,28	1,81	9,01	17,01	24,39	1,01	100,36	$(Cu_{8,00}Ag_{1,67})_{9,67}(Zn_{1,67}Fe_{0,50})_{2,17}(Sb_{2,32}As_{2,00})_{4,32}(S_{12,67}Se_{0,17})_{12,84}$
Б-2102-355,0	То же	21,78	22,49	4,05	0,51	1,76	26,04	22,83	0,06	99,52	$(Cu_{6,32}Ag_{3,90})_{10,22}(Zn_{1,12}Fe_{0,19})_{1,31}(Sb_{3,90}As_{0,37})_{4,27}S_{13,20}$
76/00 (Большой)	Теннантит	38,24	6,68	2,11	3,12	14,85	5,96	28,27	0,00	99,23	$(Cu_{9,26}Ag_{0,93})_{10,19}(Fe_{0,93}Zn_{0,46})_{1,39}(As_{2,09}Sb_{0,77})_{3,86}S_{13,56}$
То же	Ag-теннантит	35,90	9,98	1,59	2,04	15,87	4,99	27,78	0,04	98,19	$(Cu_{8,87}Ag_{1,43})_{10,30}(Fe_{0,63}Zn_{0,32})_{0,95}(As_{3,33}Sb_{0,63})_{3,96}S_{13,79}$
«	То же	33,99	13,58	1,59	0,98	15,98	4,66	27,97	0,00	98,75	$(Cu_{8,45}Ag_{2,07})_{10,52}(Zn_{0,32}Fe_{0,32})_{0,64}(As_{3,35}Sb_{0,64})_{3,99}S_{13,85}$
«	«	34,38	16,39	1,68	1,12	12,21	7,80	24,98	0,05	98,61	$(Cu_{9,00}Ag_{2,50})_{11,50}(Zn_{0,50}Fe_{0,33})_{0,83}(As_{2,67}Sb_{1,00})_{3,67}S_{13,00}$
«	«	26,52	20,39	0,44	5,18	18,64	0,11	27,55	0,05	98,88	$(Cu_{6,73}Ag_{5,04})_{9,77}(Fe_{1,44}Zn_{0,16})_{1,60}As_{3,85}S_{13,78}$
«	«	12,91	48,50	0,18	1,99	13,79	0,35	21,98	0,16	99,86	$(Ag_{8,37}Cu_{3,71})_{12,08}Fe_{0,74}As_{3,35}S_{12,83}$

Биркачанского месторождения (от раннего карбона до позднего мезозоя) с отложением основной части продуктивной минерализации в позднеюрскую эпоху.

Возраст оруденения определялся рубидий-стронциевым изохронным методом по жильным калишпатам. Начальная масса проб составляла 100–200 г. Методика обработки проб, ориентированная на отбор монофракций калишпата, весьма трудоемка и включает дробление до 0,5–0,25 мм и окончательный отбор калишпата под биноклем вручную. Монофракции калишпата отобраны В.Ф.Гуреевым (ЦНИГРИ). Содержания Rb и Sr в пробах определялись методом двойного изотопного разбавления с погрешностью $\pm 1,5$ –2%. Содержание стронция в холостом опыте не превышало 10 нг и, как правило, составляло 4–5 нг. Измерения изотопного состава стронция выполнены на отечественном масс-спектрометре МИ-1201Т с ошибкой $\pm 0,05$ –0,1% и менее. В качестве эталона использованы стандарты Национального Бюро Стандартов США SRM 987 b и SRM 50 a. Расчет параметров изохрон выполнен по программе ISOPLOT. Всего было проанализировано 14 монофракций калишпатов.

По Биркачанскому рудному полю получены три изохроны, млн. лет: 324 ± 6 — ранний карбон (по четырем анализам); $172,6 \pm 2,8$ — средняя юра (по семи анализам); $159,4 \pm 4,5$ — поздняя юра (по трем анализам). Детальное минералогическое изучение проанализированных проб позволило отнести их соответственно к трем стадиям минералообразования: первой (дорудной), второй (слабопродуктивной) и третьей (продуктивной). К первой стадии относятся немногочисленные крупнокристаллические адуляр-кварцевые жилы ритмично-полосчатой текстуры, ко второй — многочисленные жилы и прожилки адуляр-карбонат-кварцевого состава. Третья, собственно золоторудная, стадия представлена прожилками золото-серицит-кварцевого состава.

Таким образом, на Биркачанском месторождении проявлена полихронная (палеозойская и мезозойская) минерализация, что указывает на значительную длительность процесса рудообразования, являющуюся важным фактором формирования крупных месторождений [5]. С учетом определений абсолютного возраста можно предварительно поставить вопрос о переводе стадий минералообразования в самостоятельные этапы.

Физико-химические особенности рудообразования изучались по газовой-жидким микро-

включениям в жильном кварце. Установлено, что большая часть самородного золота выделялась одновременно с гребенчатым кварцем или с сульфидами и сульфосолями в интерстициях гребенчатого кварца. Поэтому температуры гомогенизации включений в продуктивном кварце характеризуют именно условия рудоотложения.

Жильный кварц Биркачанского месторождения содержит микровключения минералообразующих растворов размером 1–20 мкм. По фазовому составу все изученные включения являются газовой-жидкими. Коэффициент наполнения (относительный процент газовой фазы) — аномально низкий, варьирует от 5 до 10%, положительно коррелируя с температурами гомогенизации. Сходный коэффициент наполнения ранее отмечался нами лишь на сурьмяно-ртутных проявлениях Дукатского рудного района [2]. Для большинства других золото-серебряных месторождений типичен более высокий коэффициент наполнения (10–30%).

Существенно газовые включения в изученном кварце не развиты, признаки вскипания растворов отсутствуют. Включения с NaCl не встречены, что указывает на рудоотложение из низкосоленых растворов. В целом для жильного кварца установлен сравнительно узкий температурный интервал гомогенизации микровключений (190–100°C при средней модальной температуре 135°C), что характеризует Биркачан как аномально низкотемпературный объект.

Внутри выявленного широкого температурного диапазона предположительно выделяют три более узких частично перекрывающихся интервала и три максимума, отвечающих различным генерациям включений: 1 — 100–150°C, 2 — 150–170°C, 3 — 190°C. Первой (адуляр-кварцевой) стадии соответствует максимум 3 — 190°C, второй (адуляр-карбонат-кварцевой) — интервал 2 — 170–150°C. Третья продуктивная (золото-серицит-кварцевая) стадия отличается аномально низкими температурами (150–100°C) с хорошо проявленным максимумом 130°C. Необходимо отметить, что аномально низкие температурные характеристики сохраняются на всем проанализированном вертикальном интервале (более 300 м). Так, температуры образования минерализованных брекчий с золото-серицит-кварцевым цементом на глубоких горизонтах также 100–130°C. Отсутствие температурных градиентов в проанализированном вертикальном интервале (более 300 м) может указывать на значительные масштабы объекта.

Изотопный анализ кислорода рудоносных флюидов (табл. 5) проведен с помощью метода фторной экстракции O_2 из кварца разновозрастных минеральных ассоциаций и последующей масс-спектрометрической регистрации величин $\delta^{18}O$; воспроизводимость анализов $\pm 0,2\%$ [10]. Величина $\delta^{18}O$ (SMOW) водной фазы минералообразующего раствора рассчитана по изотопному геотермометру кварц-вода [13]. В современных метеорных (поверхностных) водах данного района содержится 18% $\delta^{18}O$ [12]. В образовании данного месторождения не исключено участие магматической воды ($\delta^{18}O = +5...+10\%$ [11]), смешение которой с метеорной и определяло изотопный состав кислорода. Анализ полученных нами данных позволяет предположить, что в течение всех трех стадий минералообразования рудоносные флюиды имели смешанный состав. Наблюдается отчетливое увеличение доли метеорной воды в процессе минералообразования: первая стадия — $-6,3\%$, вторая — $-7,3...-8,9\%$, третья — $-11,8...-13,2\%$. Изотопный состав третьей (продуктивной) стадии наиболее близок к ранее определенному составу золото-серебряных месторождений Охотско-Чукотского вулканогенного пояса — Дукат, Джульетта, Арылах, Лунный, Теплый [2].

Обсуждение результатов. При сопоставлении изучаемого месторождения с эталонным Кубакинским установлено значительное их сходство по преобладающему кварц-гидрослюдистому составу метасоматитов и зональности: существ-

венно кварцевые метасоматиты в ядре сменяются гидрослюдисто-кварцевыми и хлорит-карбонат-гидрослюдистыми на периферии. Однако на месторождении Биркачан метасоматическая зональность проявлена более контрастно и присутствует более низкотемпературная каолинит-кварцевая фация.

По составу руд и морфологии рудных тел анализируемые месторождения демонстрируют как сходство, так и ряд отличий. Оба объекта характеризуются незначительным (менее 1%) количеством рудных минералов близкого состава и сходным золото-серебряным соотношением (Кубака — 1:1, Биркачан — 1:4). На месторождении Кубака к продуктивному этапу относятся мощные жилы ритмично-полосчатой текстуры адуляр-кварцевого состава [8, 9], а на месторождении Биркачан — прожилки серицит-кварцевого состава. Средние содержания золота на Биркачанском месторождении (17 г/т) ниже, чем на Кубакинском (25–50 г/т). Для месторождения Биркачан характерны аномально низкие температуры рудообразования, в то время как месторождение Кубака формировалось в среднетемпературном режиме (300–110°C). В отличие от Кубакинского месторождения для Биркачана типично отсутствие флюорита и минералов-индикаторов глубокого эрозионного среза — арсенопирита, Fe-сфалерита, актинолита, турмалина и др.

В качестве критериев и поисковых признаков при поисках и оценке сходных объектов могут служить:

5. Изотопный состав кислорода кварца месторождения Биркачан

Стадии минералообразования	Минеральная ассоциация	Номера проб	Температура образования (по данным флюидных включений), °C	$\delta^{18}O$ (SMOW) кварца, ‰	$\delta^{18}O$ воды, ‰
Первая, 324 млн. лет	Кварц+полевошпатовый шпат	Б-2704-178,0	190	+6,2	-6,3
Вторая, 172 млн. лет	Кварц+полевошпатовый шпат	Б-243-116,0	130–170 (150)*	+7,7	-7,7
	Кварц	Б-242-211,6	130–170 (150)	+7,5	-7,5
	Кварц+полевошпатовый шпат+карбонат	Б-274-63,6	170	+6,4	-7,6
	Кварц+полевошпатовый шпат	Б-243-104,6	130	+9,1	-8,9
Третья, 159 млн. лет	Кварц	Б-283-64,5	100–130 (115)	+7,2	-11,8
	То же	Б-1201-174,8	100–130 (115)	+6,9	-12,1
	«	Б-243-113,8	115–125 (120)	+6,1	-12,4
	Кварц+гидрослюда	Б-2102-355,0	100–115 (110)	+2,7	-13,0**
	Кварц	Б-241-32,2	100–130 (115)	+5,8	-13,2

* Минимальная–максимальная (средняя).

** Величина $\delta^{18}O$ рассчитана на основе изотопного баланса в смеси кварц+гидрослюда.

предполагаемый субмеридиональный разлом глубокого заложения, контролирующей локализацию месторождений Эвенской группы, Кубаки, Биркачана и др.;

девонская вулканотектоническая депрессия со скрытым, не выходящим на дневную поверхность, гранитоидным массивом;

контрастные сочетания разновозрастных структурно-вещественных комплексов (докембрийских и раннепалеозойских с девонскими и позднепалеозойскими) — потенциальные рудные поля, в которых можно ожидать совмещение разноэтапной золоторудной минерализации;

многочисленные литогеохимические аномалии золота по вторичным ореолам (более 0,1 г/т); силлы позднедевонских риолитов;

крутопадающие долгоживущие разломы северо-восточной ориентировки, представляющие собой кулисы регионального рудоконтролирующего разлома;

чехольные зоны пирит-сидерит-серицит-кварцевой аргиллизации;

наличие «каолинитовой шляпы»;

золотоносные штокверки, минерализованные зоны дробления и жильные зоны золото-серицит-кварцевого состава;

литологический контроль оруденения горизонтами хрупких пород;

возможные структурные ловушки — узлы сопряжения рудоконтролирующих разломов, зоны предполагаемых надвигов и т.п.;

минералогический признак богатых рудных тел — телескопирование максимального количества стадий минералообразования при преобладании продуктивной.

Авторы благодарят за всестороннюю поддержку при проведении исследований зав. отделом ЦНИГРИ М.М.Константинова, бывшего и настоящего генеральных директоров ОАО «Омолонская золоторудная компания» Б.Фазерингема и К.Дровера, генерального директора ОАО «Геометалл» И.С.Розенблома, зам. генерального ди-

ректора В.А.Банина, председателя Комитета природных ресурсов по Магаданской области Ю.В.Прусса и зам. председателя С.В.Волкова.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Золото-серебряное месторождение Лунный (Северо-Восток России): геологическое строение и минеральный состав руд / О.Б.Рыжов, С.Ф.Стружков, В.В.Аристов и др. // Геология рудных месторождений. 2000. Т. 42. № 4. С. 309–328.
2. Зональность золоторудных узлов в структурах активизации Северо-Востока России / С.Ф.Стружков, М.М.Константинов, В.В.Аристов и др. // Колыма. 1997. № 1. С. 5–16.
3. Константинов М.М. Золотое и серебряное оруденение вулканогенных поясов мира. — М.: Недра, 1984.
4. Константинов М.М., Наталенко В.Е., Калинин А.И., Стружков С.Ф. Золото-серебряное месторождение Дукат. — М.: Недра, 1998.
5. Константинов М.М., Некрасов Е.М., Сидоров А.А., Стружков С.Ф. Золоторудные гиганты России и мира. — М.: Научный мир, 2000.
6. Наталенко В.Е. Месторождение Дукат // Многофакторные прогнозно-поисковые модели месторождений золота и серебра Северо-Востока России. М., 1992. С. 112–115.
7. Смирнов В.И. Геология полезных ископаемых. — М.: Недра, 1976.
8. Степанов В.А., Морозова Л.В., Макурин В.Н. Месторождение Кубака // Многофакторные прогнозно-поисковые модели месторождений золота и серебра Северо-Востока России. М., 1992. С. 60–66.
9. Степанов В.А., Шишакова Л.Н. Кубакинское золото-серебряное месторождение. — Владивосток: Дальнаука, 1994.
10. Устинов В.И. Методический аспект геохимии стабильных изотопов // Школа-семинар. Методы изотопной геологии. М., 1983. С. 7–8.
11. Taylor H.P. O^{18}/O^{16} evidence for meteoric hydrothermal alteration and ore deposition in the Tonopah, Comstock Lode, and Goldfield mining districts, Nevada // Econ. Geol. 1973. Vol. 68. P. 747–764.
12. Yurtsever Y., Gat T.R. Stable isotopes in atmospheric waters // Stable isotope hydrology. 1981. P. 103–142.
13. Zheng Y.-F. Calculation of oxygen isotope fractionation in anhydrous silicate minerals // Geochem. et Cosmoch. Acta. 1993. Vol. 57. P. 1079–1091.

УДК 546.57

© В.Г.Ворошилов, Г.Ю.Боярко, Е.И.Бирюков, 2002

ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ЗОНАЛЬНОСТЬ САМОЛАЗОВСКОГО ЗОЛОТОРУДНОГО ПОЛЯ, ЦЕНТРАЛЬНЫЙ АЛДАН

В.Г.Ворошилов, Г.Ю.Боярко (Томский политехнический университет),
Е.И.Бирюков (ГПП «Алдангеология»)

Новый для Центрального Алдана самолазовский тип золотого оруденения сопровождается первичными и вторичными ореолами широкого круга элементов-индикаторов, типичных для этапа мезозойской активизации Алданского щита: Au, As, Ag, Te, Bi, Pb, Cu, Mo, Zn, Ni, V, Sb, W, U. В то же время внутренняя структура аномальных геохимических полей этого типа оруденения достаточно специфична. В центре упомянутых структур разного ранга концентрируются Au, Ag, Sb и Te, которые к периферии сменяются ассоциацией Pb, Bi, Ag, Zn и Cu, а затем ассоциацией Ba и Mn.

Самолазовское золоторудное месторождение расположено в пределах Юхтинского рудного узла Центрально-Алданского золотоносного района. На территории рудного узла известны месторождения золота четырех геолого-промышленных типов: лебединского, куранахского, рябиновского и самолазовского. Все они связаны с гипабиссальными магматитами периода мезозойской активизации и различаются характером этой связи, условиями залегания рудных тел и их составом.

Самолазовский тип оруденения открыт в начале 90-х годов в процессе общих поисков ГПП «Алдангеология» при ГДП-50 [2, 6]. К этому типу в пределах Юхтинского рудного узла относятся Самолазовское и Гарбузовское месторождения и около десятка проявлений и точек минерализации золота (рис. 1). Оруденение представлено субгоризонтальными залежами сульфидно-флюорит-полевошпат-кварцевой состава и зонами прожилково-вкрапленной минерализации того же парагенезиса. Из сульфидов, количество которых обычно не превышает 5%, развиты в основном пирит, реже галенит и халькопирит. Характерная особенность оруденения рассматриваемого типа — его приуроченность к приконтактной зоне штокообразных массивов сиенит-граносиенитов лебединского комплекса. При этом рудные залежи локализируются в скарпах, а прожилково-вкрапленная минерализация приурочена к зонам тектонических нарушений внутри интрузивных пород. Субгоризонтальные залежи Самолазовского месторождения в приповерхностных условиях практически полностью окислены и дезинтегрированы.

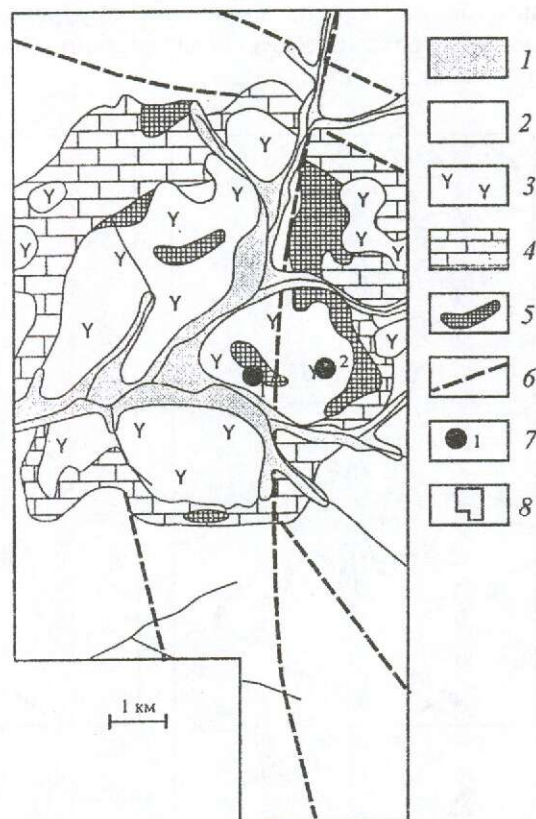


Рис. 1. Схематическая геологическая карта Самолазовского золоторудного поля:

1 — четвертичные аллювиальные отложения; 2 — доломиты усть-юдомской свиты раннего кембрия; 3 — мезозойские сиениты и граносиениты Юхтинского массива; 4 — приконтактная мраморизация; 5 — скарны; 6 — разрывные нарушения; 7 — золоторудные месторождения (1 — Самолазовское, 2 — Гарбузовское); 8 — контур площади геохимической съемки по вторичным ореолам рассеяния

Оруденение сопровождается интенсивными первичными и вторичными ореолами широкого круга элементов. Набор их в целом типичен для Центрального Алдана, однако состав выявляемых ассоциаций химических элементов и характер их пространственных соотношений позволяют говорить о достаточно отчетливой специфике внутреннего строения аномальных геохимических полей, связанных с оруденением самолазовского типа.

Входная информация представлена данными литогеохимической съемки м-ба 1:10 000 по вторичным ореолам рассеяния Юхтинского массива и его обрамления (60 км²) и геохимического опробования керна скважин, пробуренных на месторождении Самолазовское. При обработке материалов использованы стандартные статистические программы, известные методы сглаживания наблюдений, а также оригинальные разработки. Основной упор при интерпретации результатов делался на выявление внутренней структуры геохимических полей различных иерархических уровней.

Геохимическое поле Юхтинского массива характеризуется наличием субмеридиональной полосы аномально повышенных концентраций широкого круга элементов, приуроченной к восточному контакту интрузива. Для оценки интенсивности перераспределения элементов на изученной площади использовано три независимых методики.

Метод оценки ранговой дисперсии геохимического поля заключается в вычислении по каждой пробе среднего модуля ранжированных значений переменных, приведенных от равномерного распределения к нормальному симметричному [3]. Геометризация полученных результатов показывает, что максимальными значениями ранговой дисперсии отличаются месторождения Самолазовское и Гарбузовское, а также два участка на юго-восточном продолжении Гарбузовской зоны (рис. 2, А).

Метод оценки энергии рудообразования, предложенный Н.И.Сафроновым [8], состоит в вычислении по каждой пробе параметра, отражающего изменение энтропии системы:

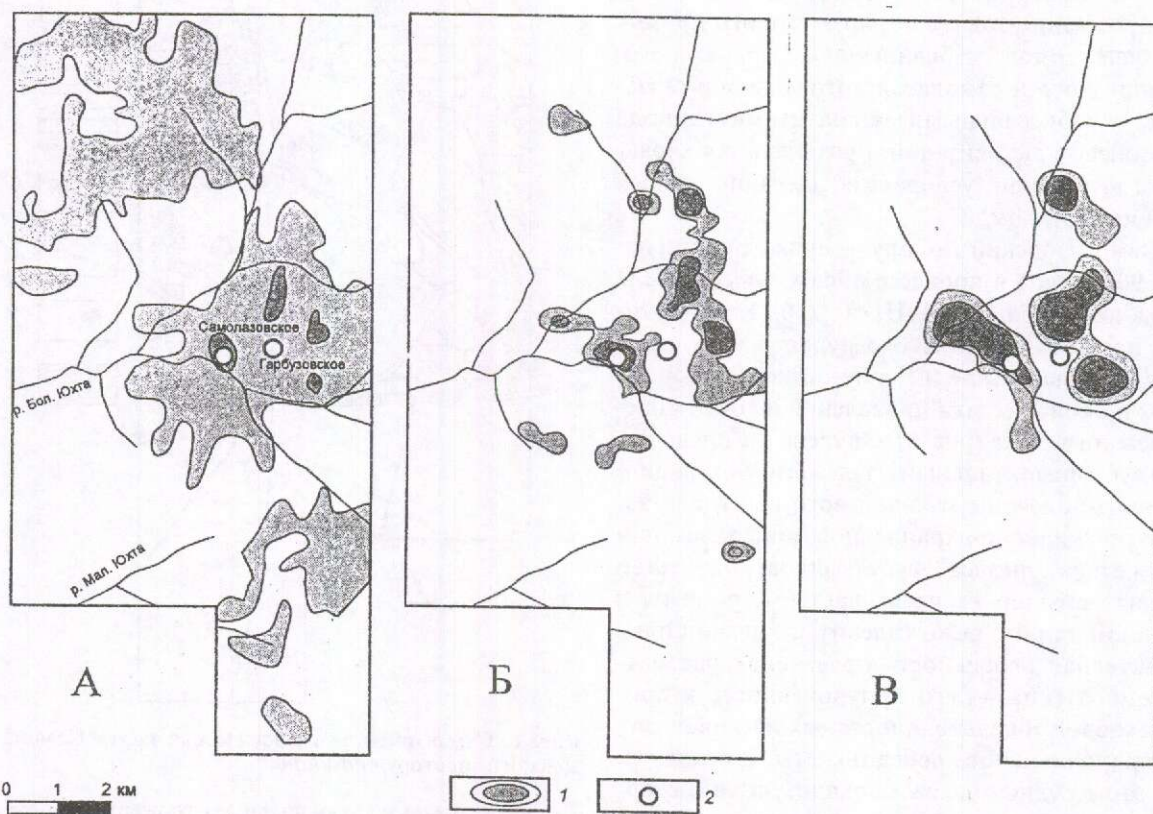


Рис. 2. Интенсивность перераспределения элементов в геохимическом поле Самолазовской золоторудной площади по данным различных методик расчета:

методы: А — ранговой дисперсии, Б — энергии рудообразования, В — комплексной параметрической дисперсии; 1 — изолинии значений параметров; 2 — месторождения золота

$$E = \sum [KK_i \times \ln(KK_i)],$$

где KK_i — кларк концентрации в пробе элемента i .

Геометризация этого показателя позволяет локализовать на площади работ, помимо известных месторождений, два участка на северо-западном и юго-восточном флангах Гарбузовской зоны (см. рис. 2, Б). Кроме того, фиксируется локальный участок в юго-восточной части площади на значительном удалении от контакта интрузии, вероятно, связанный с оруденением ледникового типа.

Комплексный показатель дисперсии, предложенный в работе [7] для оценки степени неоднородности геохимического поля, рассчитывается для каждой пробы как средний квадрат отклонений кларков концентрации элементов от 1:

$$ПД = \sum [(KK_i - 1)^2 / (N - 1)],$$

где N — число анализируемых элементов.

Максимальными значениями этого параметра характеризуются Самолазовское и Гарбузовское месторождения, а также два участка — в 2 км севернее и в 1,5 км юго-восточнее Гарбузовского месторождения (см. рис. 2, В). Таким образом, всеми тремя методами в качестве наиболее перспективного выделяется участок Жильный, ограниченный ручьями Жильный, Карстовый и рекой Большая Юхта.

Для выявления внутренней структуры аномального геохимического поля нами использован R -метод факторного анализа с вращением факторных осей. Анализ проведен раздельно для всей площади работ, участка Жильный и Самолазовского месторождения. Вычисленные значения факторов, по смыслу соответствующие интенсивности проявления определенных геохимических ассоциаций, геометризованы с использованием программы Surfer.

Для всей площади работ факторным анализом выделяются три устойчивые ассоциации главных элементов-индикаторов: 1) Pb, Bi, Ag, Cu; 2) Ba, Mn; 3) As, Au, Te, (Ag, Cu). Серебро и медь входят в состав двух ассоциаций — золото-мышьяковой и свинцово-висмутовой. Характерно, что медь тесно коррелирует с золотом на участках с промышленным оруденением, на остальной площади она входит только в состав первой ассоциации. Выявленные ассоциации объединяются в субмеридиональную дугообразную полосу размером порядка 10×3 км (рис. 3). В пределах этой структуры, по масштабу соответ-

ствующей рудному полю, отчетливо выделяются три зоны: центральная, сложенная ассоциациями As, Au, Cu и Pb, Bi, Ag; промежуточная, где развита ассоциация Pb, Bi, Cu, Ag; внешняя с повышенными концентрациями Ba и Mn. Промышленные месторождения обнаружены в центральной зоне; в промежуточной и внешней зонах известны лишь рудопроявления и точки минерализации.

Рис. 4 иллюстрирует структуру аномального геохимического поля детального участка Жильный, в пределах которого выявлены Самолазовское и Гарбузовское месторождения. Здесь обособились пять главных факторов, вклад которых в общую дисперсию составляет 65%. Они формируют очень контрастную полузамкнутую концентрическую структуру, в которой от центра к периферии последовательно сменяются ассоциации (Mo, Ag) — (Au, As) — (Pb, Bi, Ag, Zn, Cu) — (Ni, Cr, Co) — (Ti, Ba, Mn). Конфигурация аномальной структуры позволяет предполагать

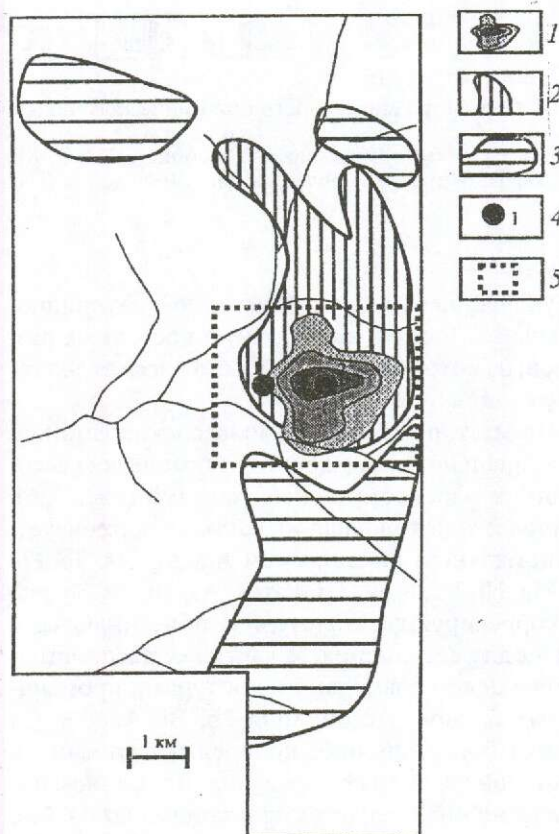


Рис. 3. Структура аномального геохимического поля Самолазовской золоторудной площади:

участки развития геохимических ассоциаций: 1 — Au, As, Cu, 2 — Pb, Bi, Ag, Cu, 3 — Ba, Mn; 4 — месторождения золота (1 — Самолазовское, 2 — Гарбузовское); 5 — участок Жильный

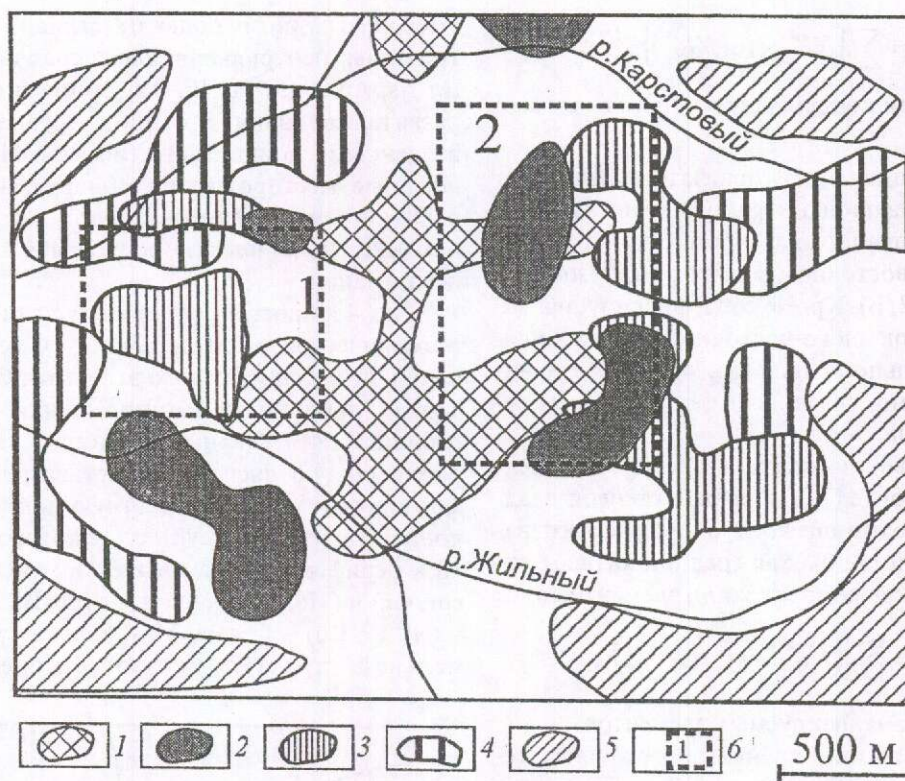


Рис. 4. Структура аномального геохимического поля участка Жильный:

участки развития геохимических ассоциаций: 1 — Mo, Ag, 2 — Au, As, 3 — Pb, Bi, Ag, Zn, Cu, 4 — Ni, Co, Cr, 5 — Ba, Ti, Mn; 6 — выявленные месторождения (1 — Самолазовское, 2 — Гарбузовское)

приуроченность ее к пересечению субмеридиональных, субширотных и северо-восточных разрывов, из которых первые можно рассматривать как рудоподводящие.

На месторождении Самолазовское установлено зональное размещение геохимических ассоциаций в плоскости рудных залежей (рис. 5, 6). Наиболее золотоносная их часть характеризуется аномальным накоплением Au, Ag, As, Te, Pb, Cu, Mo, Ni, V, Sb, W. При этом As, Ni, Te, Sb тесно коррелируют с золотом и объединяются с ним в одну ассоциацию. Участки ее распространения в целом совпадают с контурами промышленных блоков. Ассоциация Pb, Bi, Ag, Zn, Cu развита более широко, но преимущественно в восточной части месторождения. В западном направлении она сменяется на ассоциацию Ba, Mn, Cr, которая сопровождается умеренной и слабой золотоносностью.

Характерно, что наиболее золотоносные участки сопровождаются локальными аномалиями титана в лежачем и висячем боках рудных тел (см. рис. 6). Титан коррелирует с молибде-

ном, и в целом эта ассоциация распространена на участке в виде полосы северо-восточного простирания (см. рис. 5). Возможно, она фиксирует рудоконтролирующую структуру ранга месторождения. В этом случае можно прогнозировать высокие концентрации золота в нижележащей пологой зоне, подсеченной скважинами 712 и 715.

Итак, для самолазовского типа оруденения характерны следующие геохимические ассоциации: As, Au; Pb, Bi, Ag, Cu; Ba, Mn. Состав их несколько видоизменяется на различных иерархических уровнях вследствие частичного перекрытия, но в целом выдерживается достаточно хорошо. Особенностью внутреннего строения геохимических полей является приуроченность ассоциации As и Au к центру аномальных геохимических структур.

Совершенно иное строение имеют аномальные геохимические поля, сопровождающие оруденение рябиновского типа [5]. Центральные части аномальных структур в этом случае сложены ассоциацией Cu, Co, Ni, золотое оруденение при-

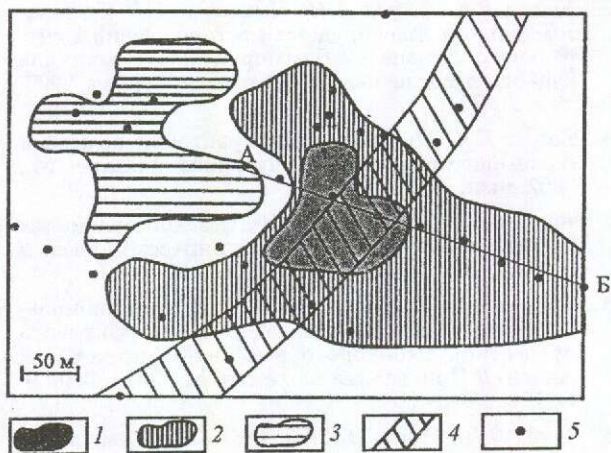


Рис. 5. Строение геохимического поля в горизонтальной плоскости рудной залежи Самолазовского золото-рудного месторождения:

участки развития геохимических ассоциаций: 1 — Au, As, Ni, Te, Sb, 2 — Pb, Bi, Ag, Cu, Zn, 3 — Ba, Mn, Cr, 4 — Ti, Mo; 5 — точки пересечения залежи скважинами

урочено к периферии структур и фиксируется ассоциацией Au, Ag, As, W при очень низких концентрациях мышьяка. Аномалии ассоциации Pb, Zn, Mo тяготеют к секущим северо-западным разрывам и связаны с позднерудной минерализацией. В то же время, слабозолотоносные скарны, развитые в пределах Рябинового массива, сопровождаются геохимическими ассоциациями, близкими к самолазовскому типу, в частнос-

ти ассоциацией Cu, Pb, Zn, Co, Ag. Отличие состоит в отсутствии корреляции золота с другими элементами, что является следствием слабого развития золото-скарнового оруденения.

Аномальные геохимические структуры, наиболее близкие к самолазовскому типу, описываются В.С.Балахоновым на Колтыконском рудном поле (лебединский тип оруденения) [1]. Здесь в эпицентрах рудоносных структур развивается ассоциация Ag, Au, Cu, Bi, Pb, которая к периферии сменяется на As, Mo, W, Cr и далее на Ba и Mn. Как видим, различие с самолазовским типом заключается в нарушении корреляции Au и As и более тесной связи золота с полиметаллической ассоциацией. В целом эти два типа близки по строению аномальных геохимических структур, что связано, возможно, с одинаковым уровнем среза рудно-метасоматических систем.

Показательно в этом отношении строение геохимических полей золотоносных тектонических швов, примером которых является зона Федоровская [4]. В ее пределах выделено несколько геохимических структур ранга месторождений, в корневой зоне которых развита ассоциация Ti, V, на среднерудном уровне — Cu, Co, Ni, Au, во фронтальной части — Pb, U, Au, Mo, W. Зона расположена вблизи Рябинового массива, поэтому появление в ней «рябиновской» ассоциации Cu, Co, Ni можно интерпретировать как однотипность источника оруденения для этих двух объектов. С запада на восток Эльконского горста минерализация в тектонических швах посте-

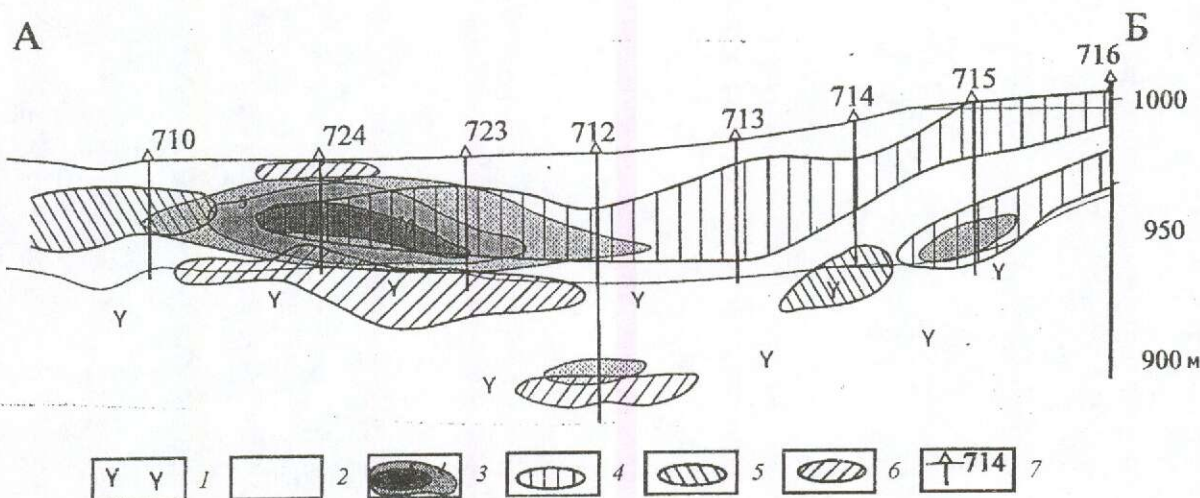


Рис. 6. Геолого-геохимический разрез через залежь Самолазовского золоторудного месторождения:

1 — сиениты и граносиениты Юхтинского массива; 2 — дезинтегрированные скарны с наложенной сульфидно-флюорит-полевошпат-кварцевой минерализацией; 3 — изолинии концентрации золота, г/т; участки развития геохимических ассоциаций: 4 — Pb, Bi, Ag, Cu, Zn, 5 — Ba, Mn, Cr, 6 — Ti, Mo; 7 — скважины и их номера

пенно сменяется с калишпат-пирит-карбонатной на кварц-молибденитовую, что сопровождается разрушением корреляции меди с Ni и Co.

Если в соответствии с явлением скейлинга рассматривать Федоровскую зону как модель рудоносной системы более крупного ранга, то можно предположить, что оруденение Рябинового массива и соседствующих с ним тектонических швов более глубинное, чем руды самолазовского и лебединского типов. Последние формировались практически на одном уровне и различие их обусловлено лишь характером рудовмещающих пород. Это предполагает контроль самолазовского и лебединского типов оруденения одними и теми же тектоническими структурами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Балахонов В.С. Строение и пространственные соотношения минералого-геохимических полей Колтыконского золотоджаспероидного рудного поля (Центральный Алдан). Автореф. дис... канд. геол.-минер. наук. Екатеринбург, 1999.
2. Бойцов В.Е., Лабунь А.Н., Пилипенко Г.Н. Самолазовский тип золоторудных месторождений Центрального Алдана — благоприятный объект для кучного выщелачивания // Горный журнал. 2002. № 2. С. 30–32.
3. Боярко Г.Ю. Построение карт ранговой дисперсии геохимического поля // Прикладная геохимия. М., 2002. Вып. 3. С. 107–115.
4. Ворошилов В.Г., Боярко Г.Ю. О закономерностях размещения оруденения в тектонических швах // Руды и металлы. 2001. № 5. С. 161–163.
5. Ворошилов В.Г., Боярко Г.Ю. Структура аномального геохимического поля золото-порфирового оруденения Рябинового массива (Центральный Алдан) // Прикладная геохимия. М., 2002. Вып. 3. С. 171–177.
6. Гусев В.Н., Элюев В.К., Боярко Г.Ю. Самолазовское золото-скарновое месторождение (Центральный Алдан) // Поиски и разведка месторождений полезных ископаемых Сибири. Томск, 2000. С. 108–117.
7. Поцелуев А.А., Гаврилов Г.Ю. Показатели неоднородности геохимического спектра как критерий рудоносности (на примере редкометалльных месторождений) // Изв. Томского политехнического ун-та. 2001. Т. 304. Вып. 1. С. 209–217.
8. Сафронов Н.И., Мецержаков С.С., Иванов Н.П. Энергия рудообразования и поиски полезных ископаемых. — Л.: Недра, 1978.

АППАРАТУРНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА И ТЕХНОЛОГИИ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ



УДК 550.837.81

© Коллектив авторов, 2002

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ АППАРАТУРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ СЪЕМКИ ВП В ДВИЖЕНИИ

Ю.А.Евсюков, В.Н.Зезюлин (ЗабНИИ), А.П.Карасев, Е.Ю.Юдицких (ЧитГТУ)

Приведены теоретические данные и примеры экспериментальной высокопроизводительной съемки параметров вызванной поляризации с помощью двухэлектродной совмещенной приемно-питающей линии, в качестве которой применялись металлические гусеницы транспортных средств.

До последнего времени при региональных геофизических работах рудного направления наземная электроразведка методом вызванной поляризации, являющаяся наиболее эффективной при оценке рудоносности территорий, практически не применялась. Главной причиной, ограничивающей применение метода ВП на этой стадии работ, является его низкая производительность, высокая трудоемкость и стоимость при использовании традиционных измерительных установок и методики работ. Эти ограничения могут быть сняты путем разработки более простой и менее трудоемкой методики полевых наблюдений и малоинерционной аппаратуры, позволяющих производить измерения ВП экспрессно и в движении. Эти принципы реализованы в разработанном в ЗабНИИ совместно с ЧитГТУ автоматизированном аппаратурно-технологическом комплексе для съемки полей ВП в движении (ААТК-ВП). Быстродействие измерительной аппаратуры обеспечено путем использования короткоимпульсных режимов измерений ранней стадии ВП. Упрощение методики полевых наблюдений достигнуто путем перехода от трудоемких четырехэлектродных измерительных установок, использующих независимые питающую и приемную линии, к менее трудоемким — двухэлектродным, в которых используется одна заземленная линия, совмещающая функции питающей и приемной.

ААТК-ВП основан на способе измерения

ВП по спаду тока в питающей линии [1]. Съемка производится с помощью двух гусеничных транспортных средств, двигающихся друг за другом на расстоянии, определяемом размером питающей линии. Гусеницы вездеходов являются заземлениями линии, которые при теоретическом анализе можно аппроксимировать линейными электродами.

В одном из вездеходов монтируется измерительная аппаратура «Чара-4». Измерение ВП производится в диапазоне ранних стадий (0,1–12,8 мс). Съемка выполняется по маршрутам, определяемым сетью дорог, троп, ручьев и другими условиями проходимости транспортных средств на местности. Топографическая привязка маршрутов осуществляется спутниковым топопривязчиком, монтируемым в одном из вездеходов. Плотность сети маршрутов обуславливает масштаб съемки. Основным элементом комплекса является разработанная в ЗабНИИ аппаратура «Чара-4» для измерений вызванной поляризации по спаду тока в питающей линии или напряжения ВП в паузе между импульсами тока в той же линии.

Структурная схема аппаратуры содержит таймер, АЦП, программируемые усилители, компенсатор, генератор прямоугольных импульсов тока, подаваемого в питающую линию, и интерфейс для связи с бортовым компьютером.

Аппаратура позволяет по измеренному сигналу рассчитывать и записывать в файл борто-

вой ЭВМ следующие параметры: кажущуюся поляризуемость, приведенную скорость нарастания или спада ВП, переходное сопротивление заземлений и время измерения.

Одновременно с записью в файл данные выводятся на дисплей компьютера в виде графиков, линейных шкал и в числовом формате. Оператор может наблюдать за изменением параметров исследуемого переходного процесса.

Аппаратура обеспечивает возможность записи до 10 измерений в секунду при одновременной регистрации спада тока и напряжения и 20 измерений при раздельной регистрации в импульсе или паузе.

Синхронно с регистрацией параметров ВП в автоматизированном режиме осуществляется спутниковая топопривязка пунктов и маршрутов этих измерений с помощью спутникового приемника. Цифровой код, передаваемый тремя-шестью спутниками, принимается контактной антенной, располагающейся на крыше одного из вездеходов, и подается на вход спутникового приемника, который рассчитывает координаты и передает их на бортовую ЭМВ каждую секунду.

С помощью разработанного пакета программного обеспечения производится обработ-

новки. В связи с этим нами проведены специальные теоретические исследования потенциалов поля ВП, создаваемых линейными заземлениями, расположенными на поверхности двух- и трехслойных объемнополяризующихся сред.

При анализе гусеницы вездехода аппроксимировались линейными заземлениями. Установка представлялась в виде двух заземлений, каждое из которых в свою очередь состоит из двух линейных электродов, расположенных соосно на расстоянии, равном разному питающей линии.

В работе [2] рассмотрена теоретическая оценка глубинности исследования ВП по спаду тока в питающей линии для такой установки, расположенной на поверхности двухслойной объемнополяризующейся среды. Выявлена связь амплитуды аномалий кажущейся поляризуемости с длиной линейного заземления и размером питающей линии. Поэтому в данной работе рассмотрим особенности аномалий η_k , получаемых в данной установке, для случая трехслойной объемнополяризующейся среды.

ЭДС ВП, создаваемая трехслойной объемнополяризующейся средой в питающей линии обсуждаемой установки, расположенной на дневной поверхности, описывается следующим выражением:

$$E_{AB} = \frac{I\rho_1}{2\pi(1-\eta_1)l} \left\{ \eta_1 \ln \frac{(l + \sqrt{2R^2 + l^2})(l + \sqrt{R^2 + l^2 + (b-2R)^2})(L-l)^2}{\sqrt{2R^2}(\sqrt{R^2 + (b-2R)^2})L^2} + [K_{12}^* - (1-\eta_1)K_{12}] \times \right. \\ \times \ln \frac{(l + \sqrt{(2d-R)^2 + l^2 + R^2})(l + \sqrt{(2d-R)^2 + l^2 + (b-2R)^2})(L-l + \sqrt{(2d)^2 + (L-l)^2})^2}{(\sqrt{(2d-R)^2 + R^2})(\sqrt{(2d-R)^2 + (b-2R)^2})(L + \sqrt{(2d)^2 + L^2})^2} + \\ \left. + [(1-K_{12}^*)K_{23}^* - (1-\eta_1)(1-K_{12}^*)K_{23}] \times \right. \\ \left. \times \ln \frac{(l + \sqrt{(2h+2d-R)^2 + l^2 + R^2})(l + \sqrt{(2h+2d-R)^2 + l^2 + (b-2R)^2})(L-l + \sqrt{(2h+2d)^2 + (L-l)^2})^2}{(\sqrt{(2h+2d-R)^2 + R^2})(\sqrt{(2h+2d-R)^2 + (b-2R)^2})(L + \sqrt{(2h+2d)^2 + L^2})^2} \right\},$$

ка полученных данных на бортовой ЭВМ, и в течение 15–30 минут получают результирующие документы в виде топографически привязанных планов изолиний и графиков измеренных параметров.

При наземных исследованиях методом ВП по описываемой методике принципиально важным является вопрос о глубинности исследований и ее связи с размерами измерительной уста-

где l — длина линейного электрода; R — его радиус; L — длина питающей линии; b — расстояние между параллельными электродами; d — мощность первого слоя; h — мощность второго слоя; η_1, η_2, η_3 — поляризуемость слоев; K_{12}, K_{23} — коэффициенты отражения на границах раздела неполяризующихся сред; K_{12}^*, K_{23}^* — те же коэффициенты на границах раздела объемнополяризующихся сред; ρ_1 — удельное электричес-

кое сопротивление верхнего слоя; I — сила тока в питающей линии.

Напряжение поляризующего поля описывается нижеприведенным выражением:

$$U_{AB}^* = \frac{Ip_1}{2\pi(1-\eta_1)l} \left\{ \eta_1 \ln \frac{(l + \sqrt{2R^2 + l^2})(l + \sqrt{R^2 + l^2 + (b-2R)^2})(L-l)^2}{\sqrt{2R^2}(\sqrt{R^2 + (b-2R)^2})L^2} + [K_{12}^*] \times \right. \\ \times \ln \frac{(l + \sqrt{(2d-R)^2 + l^2 + R^2})(l + \sqrt{(2d-R)^2 + l^2 + (b-2R)^2})(L-l + \sqrt{(2d)^2 + (L-l)^2})^2}{(\sqrt{(2d-R)^2 + R^2})(\sqrt{(2d-R)^2 + (b-2R)^2})(L + \sqrt{(2d)^2 + L^2})^2} + \\ \left. + [(1-K_{12}^{*2})K_{23}^*] \times \right. \\ \left. \times \ln \frac{(l + \sqrt{(2h+2d-R)^2 + l^2 + R^2})(l + \sqrt{(2h+2d-R)^2 + l^2 + (b-2R)^2})(L-l + \sqrt{(2h+2d)^2 + (L-l)^2})^2}{(\sqrt{(2h+2d-R)^2 + R^2})(\sqrt{(2h+2d-R)^2 + (b-2R)^2})(L + \sqrt{(2h+2d)^2 + L^2})^2} \right\}.$$

Разделив E_{AB} на U_{AB}^* , получим кажущуюся поляризуемость, измеряемую четырехэлектродной установкой с линейными заземлениями на поверхности трехслойного полупространства.

На рис. 1 приведены теоретические графики зависимостей кажущейся поляризуемости от длины линейного заземления одноэлектродной установки (а) и размера питающей линии четырехэлектродной установки (б).

На рис. 1, а видно, что амплитуда η_k повышается с увеличением длины линейного электрода, причем зависимости имеют характерную форму трехслойных кривых ВЭЗ. С увеличением мощности второго слоя экстремум на кривых смещается в сторону большей длины электрода, аналогично тому, как на кривых ВЭЗ экстремум смещается в сторону больших размеров AB .

На рис. 1, б совмещены графики $\eta_k = f(\lg(L/d))$ для трех- и двухслойного полупространств при одних и тех же параметрах среды и установки. Из графиков очевидно существенное влияние размера питающей линии на глубинность исследования. Левые ветви кривых для двух- и трехслойной сред совпадают при малых разносах AB . Кривые подобны двухслойным кривым ВЭЗ. С увеличением разносов AB на трехслойных кривых значения η_k становятся меньше в связи с влиянием третьего слабополяризуемого слоя. Однако максимум η_k выражен весьма слабо, что отличает полученные зависимости от типичных кривых ВЭЗ. Расчеты показали, что трехслойные кривые с четко выраженным мак-

симумом наблюдаются при очень низкой (1% и менее) поляризуемости третьего слоя и изменении поляризуемости второго слоя в пределах 10–30%.

Характерной чертой функции $\eta_k = f(\lg(L/d))$ для двух- и трехслойного разрезов является наличие точки перегиба на левой ветви кривой при $L/d=3$. Эта особенность позволяет экспрессно оценивать глубину залегания первой границы раздела сред.

Приведенные теоретические зависимости η_k от параметров установки позволяют выбрать ее оптимальные размеры и оценить аномальный эффект для конкретной установки.

В 1997 г. опытная съемка ААТК-ВП проведена на площади Кручининского титаномагнетитового месторождения Восточного Забайкалья. Съемкой охвачена площадь 5 км² в масштабе примерно 1:50 000. Месторождение представлено габбро-пироксенитовым комплексом с обильной вкрапленностью титаномагнетита, вмещающим массивные апатит-титаномагнетитовые руды. Результаты съемки в виде плана изолиний кажущейся поляризуемости приведены на рис. 2. Известные на участках Ангашан и Водораздельный рудные зоны отметились четкими аномалиями кажущейся поляризуемости интенсивностью до 15–20% на фоне 3–6%. Сравнение рядовых и контрольных измерений η_k показало достаточно высокую воспроизводимость измеряемых параметров. Относительная погрешность измерений составила около 4%.

В 1999–2000 гг. ААТК-ВП проведена съемка в Восточном Забайкалье на территории листа М-50-VIII. Общая длина маршрутов составила более 2000 км, что соответствует площади съемки м-ба 1:200 000 более 4000 км². Полученная

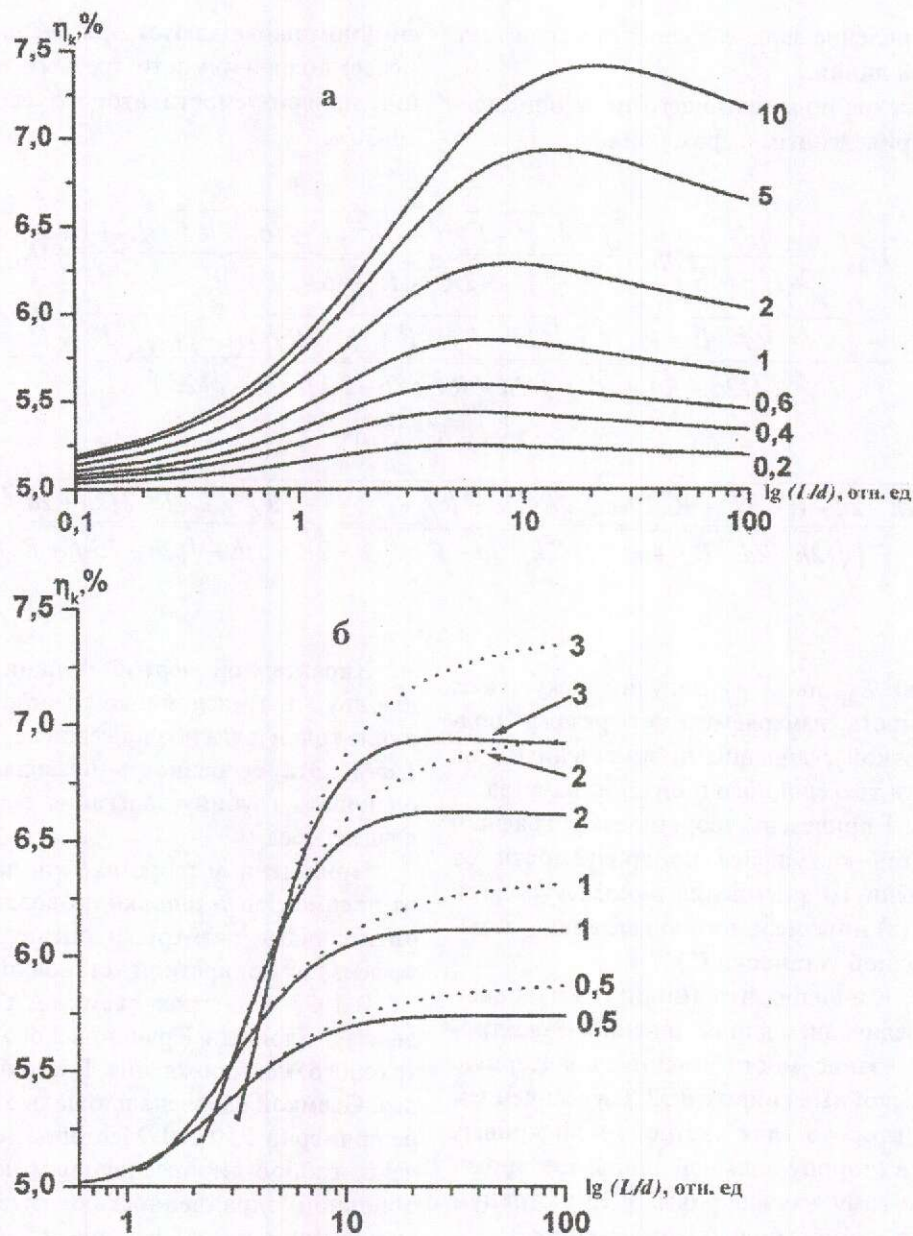


Рис. 1. Графики зависимостей поляризуемости от длины линейного электрода (а) и размера питающей линии (б) для трехслойного разреза, $\eta_1=\eta_3=5\%$, $\eta_2=20\%$:

а) шифр кривых h/d , б) шифр кривых l/d . Пунктиром приведены графики для двухслойного разреза

плотность маршрутов составила более 0,5 км на 1 км², что выше инструктивных требований для карт такого масштаба. Средняя производительность съемки ААТК-ВП составила 77 км в день. По результатам полевых работ по листу М-50-VIII в м-бе 1:200 000 построены карты изолиний кажущейся поляризуемости (η_k), кажущейся скорости спада ВП (S_k) и переходных сопротивлений заземлений (R). Дополнительно составлена в

этом масштабе карта численных значений η_k по маршрутам ААТК-ВП. На изученной площади выделено несколько крупных аномальных участков и локальных зон η_k , которые увязываются с известными Уронайскими рудными полями (№№ 1, 2) или располагаются в удалении от них, заслуживая дополнительных работ методом ААТК-ВП в более крупных масштабах.

Аномалии η_k , обнаруженные на участках

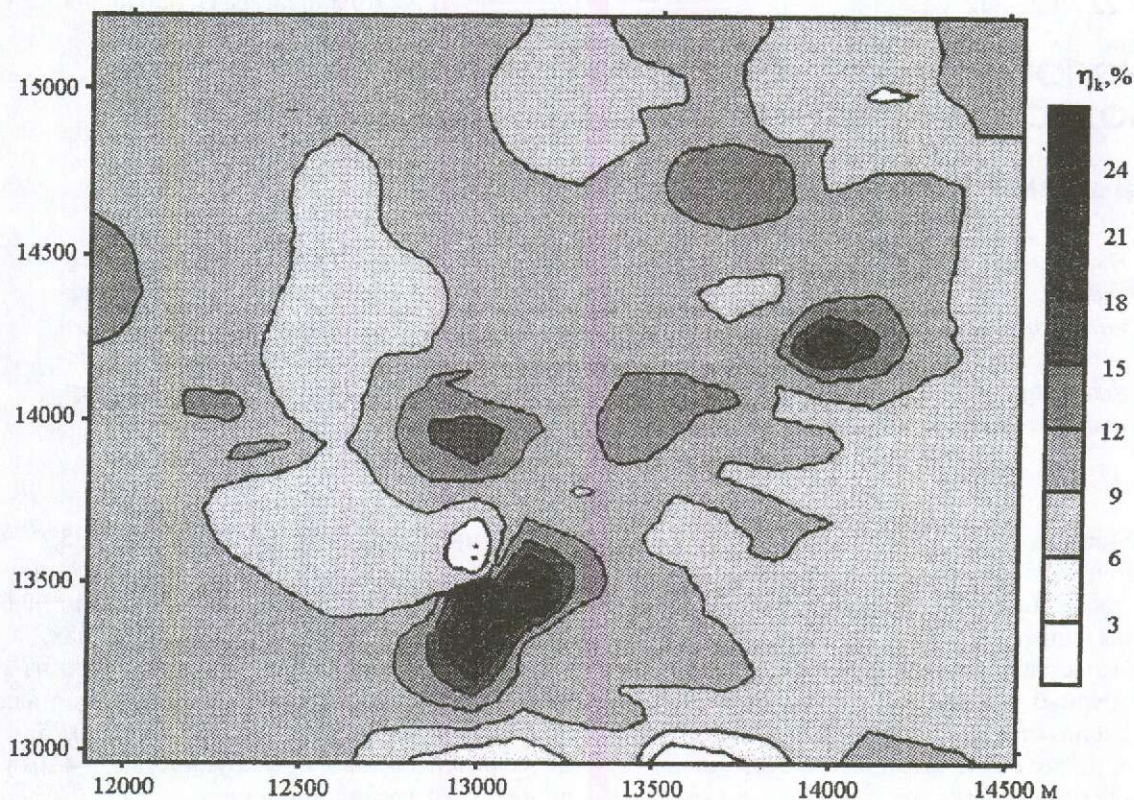


Рис. 2. Схема изолиний η_k по данным ААТК-ВП на площади Кручининского титаномагнетитового месторождения

россыпей Челутай, Галый в 2001 г., были заверены наземной детальной съемкой РСВП, проведенной в комплексе с геологическими и геохимическими исследованиями. Этими работами не только подтверждена достоверность аномалий, выявленных ААТК-ВП, но и установлена их высокая перспективность на золотое оруденение.

Установлено, что метод ААТК-ВП, в сравнении с традиционными модификациями метода ВП, характеризуется на порядок более высокой производительностью, повышенной рентабельностью и информативностью (позволяет дополнительно измерять кажущуюся скорость спада ВП), что обуславливает целесообразность его

применения при ГДП-200. Различные фоновые значения параметров ВП могут быть использованы для уточнения контактов пород, а локальные аномалии — для выделения рудоперспективных зон.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Патент №1104455 на изобретение «Способ измерения параметров вызванной поляризации в геоэлектроразведке», автор А.П.Карасев, 1983 г.
2. Карасев А.П., Чекрыжов А.В. Теоретическая оценка глубинности исследований ААТК-ВП с применением гусеничных транспортных средств // Ресурсы Забайкалья. Научно-популярный журнал. 2001. № 2. С. 29–33.

УДК 622.7:622.342.1

© Г.С.Крылова, Н.И.Барашнев, 2002

ТЕХНОЛОГИЯ ОБОГАЩЕНИЯ УГЛЕРОДИСТОЙ ЗОЛОТОСОДЕРЖАЩЕЙ РУДЫ

Г.С.Крылова, Н.И.Барашнев (ЦНИГРИ МПР России)

Выполнены технологические исследования малосульфидной, углеродистой золото-содержащей руды. Изучены вещественный и минеральный составы руды, выделено и изучено свободное золото, определены формы золотин и их крупность, проведен фазовый анализ золота в руде. Испытана комбинированная гравитационно-флотационная технология обогащения руды, позволяющая извлечь из нее суммарный гравитационно-флотационный концентрат 92,3% Au и 83,0% Ag.

Основные тенденции в развитии сырьевой базы золотодобывающей промышленности России в последние годы характеризуются, с одной стороны, снижением объема и темпов горно-геологических работ по поискам и освоению новых золоторудных объектов, с другой — вовлечением в эксплуатацию месторождений, все более бедных по золоту и сложных по вещественному составу, переработка которых ранее считалась нерентабельной.

Одним из таких объектов является золоторудное месторождение, представленное углеродистой золото-содержащей рудой. По минеральному составу руда представлена гидротермально измененными углеродисто-слюдисто-хлоритовыми сланцами с прожилково-вкрапленной арсенипирит-пиритовой минерализацией. Как показало изучение вещественного состава руды, в ней содержится 4,3 г/т Au и 6,0 г/т Ag. Цветные металлы присутствуют в непромышленных количествах (0,02–0,13%), из вредных примесей можно выделить мышьяк — 0,17% и органический углерод — 1,10%. По содержанию сульфидной серы (1,20%) и степени окисленности (10%) изучаемую руду можно отнести к частично окисленной малосульфидной руде.

Изучение форм нахождения золота в руде показало, что 36,0% Au находятся в форме самородных золотин, 46,8% — в виде открытых сростков с минералами рудного комплекса, 5,2% Au тонко вкраплены в сульфиды, 9,4% ассоциированы с гидроксидами железа и марганца, 2,6% рассеяны в породообразующих минералах.

Основная масса золота, выделенного из тяжелой фракции гравиконоцентрата, представлена мелкими и тонкими фракциями (до 0,25 мм), но встречаются и золотины крупностью 1–4 мм уплощенно-комковидной, цилиндрической, сферической и неправильной форм.

Известно, что некоторые руды или концентраты с невысоким содержанием углеродистого вещества (до 1,0%) могут подвергаться непосредственному прямому цианированию после предварительной обработки пульпы поверхностно-активными веществами для подавления сорбционной активности органического углерода или сорбционному цианированию в присутствии более активного сорбента. Кроме того, могут быть применены и флотационные способы переработки таких руд [1–3]. Учитывая наличие в руде части относительно крупного золота, более целесообразной кажется испытание гравитационно-флотационной схемы.

Первичное гравитационное обогащение проводилось в одну стадию на руде крупностью –0,3 мм с одной перемешкой основного концентрата и двумя перемешками промпродукта.

Полученные результаты (табл. 1) могут быть

1. Результаты гравитационного обогащения руды

Продукты	Выход, %	Содержание, г/т		Извлечение, %	
		Au	Ag	Au	Ag
Гравионоконцентрат	2,18	68,62	39,11	35,20	14,21
Хвосты гравитации	97,82	2,82	5,26	64,80	85,79
Исходная руда	100,00	4,25	6,00	100,00	100,00

оценены как вполне приемлемые для принятия решения о включении узла гравитации в будущую технологическую схему переработки руды.

Флотационное обогащение хвостов гравитации осуществлялось после их доизмельчения до крупности 92% – 0,1 мм. Схема флотации предусматривала два цикла: основной флотации и промпродуктовой флотации с перечистками золотосодержащих концентратов и контрольными операциями по очистке хвостов. Отличительная особенность схемы, обеспечивающей по сравнению с классическими схемами (с заворотом

Реагентная рецептура процесса достаточно проста и включает четыре флотореагента, обычно используемых при флотации золотосодержащих сульфидов и тонкого самородного золота: медный купорос (активатор полезных минералов), жидкое стекло (депрессор минералов порообразующего комплекса), бутиловый ксантогенат калия (собиратель сульфидов и свободно золота) и реагент Т-80 (вспениватель). Технологические показатели флотации хвостов гравитации по схеме в замкнутом цикле приведены в табл. 2.

2. Результаты флотационного обогащения хвостов гравитации

Продукты	Выход, %	Содержание, г/т		Извлечение, %	
		Au	Ag	Au	Ag
Золотосодержащий флотоконцентрат	4,71	51,50	87,57	57,10	68,74
Хвосты флотации	93,11	0,35	1,10	7,70	17,05
Хвосты гравитации	97,82	2,82	5,26	64,80	85,79
Исходная руда	100,00	4,25	6,00	100,00	100,00

промпродуктов в голову предыдущих операций) повышенную селективность процесса, — проведение всех операций флотации основного цикла без заворота промпродуктов, т.е. в открытом цикле. Обработка и разассигнование всех получаемых по этой схеме промпродуктов производились после их сгущения в отдельном (промпродуктовом) узле.

Такая технология позволяет в значительной мере избежать накопления и повышенной циркуляции оборотных промпродуктов, которые имеют место при флотации руд аналогичного типа по классической схеме. В данном случае это могло происходить из-за наличия в руде большого количества легкофлотируемого углистого вещества, его примазок и сыпей на поверхности минералов порообразующего комплекса.

Высокое общее извлечение золота в суммарный гравитационно-флотационный концентрат (более 92%) дает основание считать, что в ходе промышленной переработки изучаемой руды ожидаемые показатели будут также достаточно высокими.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лодейщиков В.В., Жучков И.А. Новые данные по технологии обработки углистых золото-мышьяковых концентратов // Тр. Иргиредмета. М., 1967. Вып. 16.
2. Скобеев И.К., Игнатъева К.Д. Вопросы обогащения углистых золотосодержащих руд // Тр. Иргиредмета. М., 1965. Вып. 13.
3. Скобеев И.К., Игнатъева К.Д., Чечулина Л.И. Переработка углисто-глинистой золотосодержащей руды // Тр. Иргиредмета. М., 1965. Вып. 12.

РЕЦЕНЗИИ

УДК 533.078:553.13/44 (470.5)

© Г.В.Ручкин, 2002

МЕТАЛЛОГЕНИЯ МЕДИ, СВИНЦА И ЦИНКА В ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ИСТОРИИ УРАЛА*

Г.В.Ручкин (ЦНИГРИ МПР России)

В 2001 г. ДПР по Уральскому региону и ОАО «Уральская геолого-съёмочная экспедиция» издали (в электронной версии) Карту размещения месторождений меди, цинка и свинца на Урале, м-б 1:1 000 000. На ней отражены выполненные Е.С.Контарем реконструкции палеотектономагматических (геодинамических) обстановок формирования месторождений меди, цинка и свинца различных рудно-формационных типов в геологической истории Урала в интервале от раннего протерозоя до перми включительно. Объяснительная записка сопровождается палеометаллогеническими схемами м-ба 1:5 000 000 для восьми интервалов геологического времени (ранний протерозой, рифей, венд-ранний кембрий, ордовик-силур-ранний девон, ранний-средний-поздний девон, поздний девон-ранний карбон, ранний-средний карбон, средний-поздний карбон-пермь), которые являются реперными в истории геологического развития и металлогении Урала.

Методология исследований и принципы составления основных графических материалов базируются на структурно-формационном и рудно-формационном анализе, предусматривающих участие рудных скоплений в строении объективно существующих структурно-вещественных ассоциаций (или комплексов), а также на изучении вертикальных и горизонтальных рядов геологических и связанных с ними рудных формаций месторождений меди, свинца, цинка, хромитов, железных и марганцевых руд, бокситов. Используемые подходы, не зависящие от геотектонических концепций, обеспечивают получение непротиворечивых и воспроизводимых результатов металлогенического анализа. Это имеет важное значение при составлении прогнозных карт, ибо выделение площадей для про-

ведения геологоразведочных работ различных стадий и назначений должно базироваться на оконтуривании объективно существующих потенциально продуктивных комплексов пород.

В то же время, Е.С.Контарь не отказывается от применения определенных геотектонических построений для проведения сопоставлений, корреляции и периодизации металлогенических событий в масштабе крупных регионов на основе «геосинклиальной» концепции, дополненной рядом положений тектоники литосферных плит, в первую очередь, касающихся геологии и рудности дна океанов. Такой подход к пониманию геологии и металлогении позволил автору осуществить металлогеническое районирование Урала, опирающееся на выделенные разноранговые геологические структуры.

Условия размещения месторождений меди, цинка и свинца рассмотрены применительно к основным структурно-металлогеническим подразделениям Урала. Описанию каждого такого подразделения предпосланы краткие, но достаточно емкие сведения о его геологическом строении и характеристики присущих рудно-формационных семейств и типов месторождений меди, цинка и свинца.

Для структур окраины Восточно-Европейской платформы рассмотрены разновозрастные проявления стратиформных свинцово-цинковых руд, медистых песчаников, медно-никелевых руд. Важным при этом представляется анализ структурно-парагенетических соотношений стратиформных месторождений меди, цинка и свинца, а также ряда других металлов с нефтегазоносными и эвапоритовыми комплексами. Данная концепция в настоящее время широко обсуждается в мировой геологической литературе, и автор является одним из ее сторонников.

* Контарь Е.С. Условия размещения и история формирования месторождений меди, цинка и свинца на Урале. Объяснительная записка к Карте размещения месторождений меди, цинка и свинца на Урале, масштаб 1:1 000 000. — Екатеринбург: Департамент природных ресурсов по Уральскому региону; ОАО «Уральская геолого-съёмочная экспедиция», 2001.

В качестве основных структурно-металлогенических зон, вмещающих месторождения меди, свинца и цинка, в пределах Уральской палеозойской геосинклинальной системы выделены геосинклинальные палеовулканические пояса и разделяющие их в различной степени гранитизированные срединные массивы. Геосинклинальные палеовулканические пояса, сформированные в общем возрастном диапазоне от конца кембрия — начала ордовика до начала карбона характеризуются типовым латерально-вертикальным рядом вулканических и сопряженных с ними осадочных и интрузивных формаций. Месторождения меди, свинца и цинка в палеовулканических полях представлены всеми известными на Урале рудно-формационными семействами.

Как известно, месторождения колчеданного семейства составляют основу минерально-сырьевой базы медной промышленности Урала. По оценкам Е.С.Контаря, на Урале сосредоточено около 20% от общего количества колчеданных руд, накопленных за всю геологическую историю Земли. Колчеданные месторождения Урала разделены по стратиграфическим уровням их размещения и на рудно-формационные типы. Показана их роль в запасах и прогнозных ресурсах, проведено сопоставление с общемировыми тенденциями; определены параметры модальных (с 50%-ной вероятностью) объектов двух наиболее важных в промышленном отношении уровней — шемурско-медногорского (O_3-S_1) и карамалыташского (D_2). Существенные различия этих параметров обуславливают необходимость достоверного определения возраста колчеданосных формаций при геолого-разведочных работах и их учет при оценках прогнозных ресурсов. При рассмотрении условий размещения колчеданных месторождений отражены общие региональные закономерности, подкрепленные примерами конкретных объектов. Однако подобные характеристики приведены лишь для месторождений уральского и в какой-то мере рудноалтайского (куроко) типов. В то же время, из анализа выпали объекты кипрского и фидзчайского типов. Необходимо также указать, что автор необоснованно широко использует понятие «рудно-формационное семейство» применительно к медно-скарновым, ванадий-железо-медным месторождениям и месторождениям медистых песчаников.

Относительно срединных массивов, для которых металлогения применительно к меди, свинцу и цинку изучена недостаточно полно, интересны предположения Е.С.Контаря о возмож-

ности формирования на Урале докембрийских колчеданных месторождений, а также стратиформных свинцово-цинковых объектов и полиметаллических руд атасуйского типа в их карбонатном чехле.

Валерьяновский вулканоплутонический пояс, который формировался в течение среднего девона—позднего карбона, рассматривается Е.С.Контарем как активизационная металлогеническая провинция, одноранговая с Уральской палеозойской геосинклинальной системой и не зависящая от нее. В связи с развитием пояса образованы месторождения медно-порфировых руд, а также проявления медистых песчаников и свинцово-цинковых руд.

Анализ геодинамических обстановок формирования месторождений меди, цинка, свинца на Урале иллюстрируется серией последовательных палеометаллогенических схем, охватывающих интервал от раннего протерозоя до перми, на которых отражены общие закономерности геологического развития Урала и металлогения этих металлов.

В заключительном разделе Объяснительной записки сформулированы направления и задачи геологоразведочных работ на медь, цинк, свинец на Урале применительно к следующим рудно-формационным типам месторождений: колчеданным, медно-скарновым, ванадий-железо-меднорудным, медистых песчаников и стратиформным свинцово-цинковым в терригенно-карбонатных отложениях. Они органически вытекают из изложенного материала, представляются обоснованными и аргументированными, тем более, что автором в качестве ориентировок приводятся параметры типовых объектов.

Завершая рассмотрение работы Е.С.Контаря, подчеркнем следующее. На современном научном уровне выполнено металлогеническое обобщение, проведенное на формационно-геодинамической основе, учитывающее разработки как ведущих исследователей Урала, так и самого автора и достаточно логично объясняющее многие важные аспекты геологии и металлогении Урала. В результате разработана объемная пространственно-временная, историко-металлогеническая модель Урала применительно к различным типам месторождений меди, свинца и цинка. Работа может быть использована для обоснования направлений геологоразведочных работ, их научно-методического сопровождения; ее выводы могут быть востребованы при дальнейших металлогенических исследованиях других крупных геосинклинально-складчатых систем.

УДК 553.41

© М.М.Константинов, 2002

ЗАГАДОЧНЫЙ «КАРЛИНСКИЙ ТИП»**М.М.Константинов (ЦНИГРИ МПР России)**

Открытие в 1960 г. месторождения Карлин в штате Невада (США) вызвало большой интерес российских геологов. В американской геологической литературе к настоящему времени накоплен большой материал по геолого-структурной позиции и генезису месторождения и подобных ему объектов. Первым, или одним из первых, на выявление в СССР месторождений такого типа обратил внимание С.Ш.Шер в известной монографии «Металлогения золота» (1972). В дальнейшем многие специалисты в своих публикациях прогнозировали возможность обнаружения сходных месторождений в различных районах России и Союза. На страницах журнала «Руды и металлы» обсуждению этой проблемы посвящен ряд статей. В этой связи появление монографии коллектива дальневосточных ученых, целиком посвященной «карлинскому типу», представляет несомненный интерес*.

В монографическом издании авторы сделали то, что невозможно осуществить в отдельной публикации: свели воедино основные зарубежные публикации, включая самые современные данные, по карлинской группе месторождений. В этом, на наш взгляд, основная научная и познавательная ценность выполненных исследований. Далее по определенной системе выполнен анализ имеющихся материалов: последовательно рассмотрены литолого-стратиграфические особенности рудовмещающих комплексов, тектоническая позиция месторождений и их геологическое строение, данные по магматизму района и его абсолютные возрастные датировки, особенности метасоматических процессов и минерального состава руд, генезис оруденения, прогнозные критерии.

Авторы «априори» присоединили к карлинскому типу такие российские месторождения, как Куранах, Олимпиада, Воронцовское и Тас-Юрх.

Независимо от позиции рецензента по этому вопросу, приведенные в монографии фактиче-

ские данные представляют интерес для широкого круга специалистов. Большую ценность имеют выводы авторов о значительных перспективах выявления месторождений карлинского типа в России и обширная библиография.

Из выполненного авторами аналитического обобщения больше всего удалось, на наш взгляд, описание метасоматических процессов. Характеристику минералогии руд можно было дать намного интереснее, а выводы по тектоническим позициям — конкретнее.

Не останавливаясь на других частных замечаниях, перейдем к главному: что же такое «карлинский тип» по мнению авторов монографии. Просматривая книгу, я искал ответ на этот вопрос и наконец нашел на с. 127: «золотое оруденение невадийского (т.е. карлинского, М.К.) геолого-промышленного типа представляет собой результат интенсивного гипергенного окисления золотосульфидной минерализации различного генезиса, развивающегося в карбонатных осадочных толщах, сопровождающегося обычно развитием карста — поверхностного±термального (подземного)».

Определение, на наш взгляд, весьма неудачное. Так, если следовать ему, то зона окисления Олимпиадинского месторождения — это карлинский тип, а вот первичные руды — уже не карлинский.

А как быть с месторождением Мейкл в тренде Карлин? Оно вообще не выходит на поверхность и не окислено, заключая между тем 30 г/т «первичного» субмикроскопического золота.

Чтобы пояснить нашу позицию, вернемся к истокам проблемы. Чем так взволновало американцев открытие месторождения Карлин, что они даже пошли на выделение особого «карлинского типа», что вообще делают весьма редко? Да тем, что вместе с месторождением Карлин была открыта и новая, ранее неизвестная в рудной геологии золотая минерализация: промыш-

* Бакулин Ю.И., Буряк В.А., Пересторонин А.Е. Карлинский тип золотого оруденения. — Хабаровск: Изд. ДВМСа, 2001.

ленное месторождение оказалось представленным микронными выделениями металла, образующими высокие концентрации (8–10 г/т) и крупные запасы (~100 т Au). Если мы примем эту исходную позицию, то вынуждены будем признать, что месторождение Куранах не может относиться к карлинскому типу. В данном конкретном случае было бы правильнее выделить «куранахский тип» золоторудных месторождений, как это сделали американцы, впервые изучив карлинские руды. Месторождение Куранах не вписывается ни в одну из известных классификаций, и я глубоко убежден, что его природа еще далеко не раскрыта. Только глубокое изучение этого месторождения на современном уровне позволит подойти к разгадке его генезиса и типов руд.

Что касается объективных признаков карлинской группы, то они отмечались многими исследователями, в том числе и рецензентом, поэтому на их аргументации вряд ли стоит останавливаться.

Следует отметить, что при посещении карлинского карьера нами обращено внимание на интенсивные натёки жидкого битума на стенках

карьера. Наличие органического вещества на месторождении не находит места ни в генетических, ни в эмпирических систематиках.

Напрасно авторы обошли вниманием достижения отечественной рудно-формационной школы. Выделение золото-мышьяковисто-сульфидной формации позволяет объяснить элементы общности месторождения Карлин с месторождением Майское, отчасти Нежданинское и рядом других преимущественно с тонкодисперсным золотом, но локализованных в углеродсодержащих толщах, на чем настаивают А.А.Сидоров и А.В.Волков.

В целом капитальный труд дальневосточных ученых не только включает сводку ценнейшей информации, но и определенную позицию, которая, несомненно, во многом дискуссионна. Это также признак настоящего поискового научного исследования.

В заключение хотелось бы отметить, что Ю.И.Бакулиным и его коллегами выполнено актуальное научное обобщение, которое можно рекомендовать всем, кто занимается вопросами научного и практического прогнозирования золоторудных месторождений в России.

ПАМЯТНЫЕ ДАТЫ

ПАМЯТИ ВЛАДИМИРА СЕРГЕЕВИЧА ТРОФИМОВА

В 2003 г. исполняется 105 лет со дня рождения доктора геолого-минералогических наук Владимира Сергеевича Трофимова — выдающегося ученого в области геологии месторождений полезных ископаемых и одного из основоположников создания алмазной промышленности СССР.

В.С.Трофимов родился в 1898 г. в семье военнослужащего, умер 14 августа 1985 г. В 1916 г. окончил Оренбургское реальное училище, а в 1925 г. — Ленинградский горный институт. Его практическая деятельность началась с изучения коренных месторождений молибдена, меди, вольфрама, олова, исландского шпата и сурьмы в Забайкалье, на Кавказе, в Казахстане, на Урале, Алтае. Высказанное им предположение о существовании в Казахстане крупных вольфрамовых месторождений впоследствии подтвердилось. В 1938 г. Ученым советом Московского геологоразведочного института по совокупности работ ему была присвоена ученая степень кандидата геолого-минералогических наук.

В дальнейшем его научная деятельность была посвящена изучению алмазоносных пород и связанных с ними россыпей. Вначале объектами исследований были ультраосновные породы Восточного Саяна и Ветренного пояса, а в конце 30-х годов В.С.Трофимов становится начальником партии Уральской алмазной экспедиции. Главным геологом ее в то время был А.П. Буров — крупнейший специалист, возглавлявший все поисковые работы на алмазы, который утверждал, что Урал не сможет обеспечить нашу страну необходимым количеством алмазного сырья, поэтому поиски алмазов следует распространить на другие регионы, в частности на Сибирскую платформу. Перспективы ее алмазоносности положительно оценивали и другие ученые, но без указания конкретных площадей и очередности поисков. Частично эта задача была решена В.С.Трофимовым в его работах по выявлению в пределах СССР благоприятных в отношении алмазоносности структур. В числе первоочередных объектов поисков им был назван Средний Вилюй (Крестяхский порог). Эти прогнозы подтвердились работами Восточно-Сибирского геологического управления.

Так как в 1949 г. на р. Средний Вилюй не было обнаружено ни одного алмаза (партия Г.Х.Файнштейна), встал вопрос о прекращении работ в этом районе. Однако ведущие специалисты-алмазники В.С.Трофимов, В.О.Ружицкий, М.О.Одинцов и другие настояли на продолжении исследований, и в очень короткое время было найдено 15 алмазов. Рекомендации В.С.Трофимова и В.О.Ружицкого сыграли существенную роль в открытии первой алмазоносной провинции Сибирской платформы.

Руководимая В.С.Трофимовым с 1949 по 1965 гг. Комплексная Центрально-Сибирская экспедиция (КЦСЭ) осуществила комплексное изучение геологического строения Сибирской платформы (стратиграфии, тектоники, литологии, полезных ископаемых), что способствовало определению перспектив ее алмазоносности. Итоги работ КЦСЭ отражены в нескольких статьях, монографиях, отчетах. Как отмечено Г.Д.Афанасьевым, Ф.В.Чухровым и другими учеными, именно В.С.Трофимовым было высказано предположение о существовании на Сибирской платформе более древних, чем мезозойские, кимберлитов, что впоследствии подтвердилось.

В 1947 г., т.е. еще до начала работ на Сибирской платформе, В.С.Трофимов издал монографию «Ресурсы алмазов зарубежных стран», в которой впервые описал месторождения алмазов всего мира. В том же году он защитил докторскую диссертацию на тему «Алмазы западного склона Урала» в Институте геологических наук АН СССР, на работу в которую и был приглашен.

С окончанием работ КЦСЭ круг научных интересов В.С.Трофимова расширился за счет изучения закономерностей формирования титаноциркониевых и янтарных россыпей в Казахстане, Западной Сибири, на Украине, в Прибалтике. Им составлена первая сводка мировых месторождений янтаря, а позже (в 1974 г.) опубликована монография «Янтарь», в которой обобщен обширный материал по месторождениям и проявлениям янтаря и янтареподобным ископаемым смолам, разработана генетическая классификация месторождений янтаря, выделен ряд новых янтареносных провинций.

С 1964 г. В.С.Трофимов начал работать в ЦНИГРИ. Здесь им издается монография «Закономерности размещения и образования алмазных месторождений на древних платформах и в геосинклинальных областях» (1967), в которой, в частности, изложена новая гипотеза генезиса алмазов, подтвердившаяся позднее, а также «Геология месторождений природных алмазов» (1980). Кроме того, он является соавтором первого в геологической литературе Словаря по геологии россыпей. Его перу принадлежит также множество статей по геологии месторождений различных полезных ископаемых, обзоров по зарубежным месторождениям алмазов. Всего издано более 130 научных работ, не считая многочисленных отчетов.

На протяжении многих лет В.С.Трофимов систематически собирал периодическую отечественную и зарубежную литературу по россыпям различных минералов и коренным месторождениям алмазов. Ксерокопии статей переплетались в отдельные тома, в результате чего скопилось около 50 оригинальных и очень ценных «подборок», которые, наряду с рукописями Владимира Сергеевича, были переданы его вдовой Екатериной Ивановной Трофимовой в дар ЦНИГРИ.

В.С.Трофимова отличали энциклопедичность знаний и необычайная широта научных интересов. Именно это позволило ему внести весомый вклад в науку о формировании месторождений таких диаметрально противоположных по ряду свойств (происхождению, прочности и т.д.) россыпеобразующих минералов, как алмаз и янтарь. Значителен его вклад и в области раз-

работки генезиса россыпей: предложенная им классификация россыпей дополняет прежние, в том числе широко известную классификацию Ю.А.Билибина.

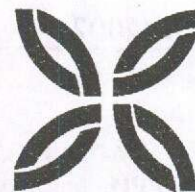
Плодотворную научную работу В.С.Трофимов удачно сочетал с педагогической, общественной, организаторской, редакционной деятельностью. Около семи лет (1948–1954 гг.) он вел специальные курсы во Всесоюзном политехническом институте, был членом Московского горкома работников просвещения высшей школы и научных учреждений нескольких созывов. Долгие годы возглавлял Секцию россыпей Научного совета по рудообразованию АН СССР. При его непосредственном участии и руководстве проведено четыре Всесоюзных совещания по геологии россыпей и изданы посвященные им материалы. Он являлся также членом ученых советов ИГЕМа, а в ЦНИГРИ — редактором-консультантом Горной энциклопедии. Его имя широко известно среди отечественных и зарубежных геологов.

Вся научная деятельность В.С.Трофимова была тесно связана с практикой и служила развитию минерально-сырьевой базы нашей страны. Его заслуги отмечены орденом «Знак почета», рядом медалей (в том числе «За доблестный труд в Великой Отечественной войне») и почетных грамот Геолкома и ЦК профсоюзов СССР.

Своими доброжелательностью, готовностью делиться обширными знаниями и богатым жизненным опытом, а также принципиальностью В.С.Трофимов снискал глубокое уважение у всех общавшихся с ним людей. Это чувство всегда будет храниться в наших сердцах.

В.И.Елисеев, Е.М.Камшилина, Б.В.Рыжов

ПОЗДРАВЛЯЕМ С ЮБИЛЕЕМ



11 ноября 2002 г. исполнилось 75 лет кандидату геолого-минералогических наук, ведущему научному сотруднику отдела конъюнктуры минерального сырья ЦНИГРИ **Измаилу Сергеевичу Чанышеву**.

Более 50 лет И.С.Чанышев проводит комплексные исследования коренной и россыпной золотоносности в различных регионах России. После окончания Новочеркасского политехнического института он многие годы был связан с производством геологоразведочных работ в составе Дальневосточного геологического управления. Под его руководством Хаканджинская геологоразведочная экспедиция успешно разведала крупное Хаканджинское золото-серебряное месторождение, запасы которого были утверждены ГКЗ СССР.

В настоящее время это важное для страны месторождение подготавливается к освоению. По результатам научно-исследовательских работ Дальневосточного региона Измаил Сергеевич в 1976 г. успешно защитил кандидатскую диссертацию на Ученом совете ДВГИ. Полученные теоретические разработки по закономерностям локализации эндогенной золотоносности в структурах Дальнего Востока и основанные на этом прогнозные оценки привели к открытию, сейчас уже разрабатываемого, Покровского золоторудного месторождения, расположенного в пределах Гонжинского выступа Буреинского срединного массива.

И.С.Чанышев в ЦНИГРИ работает с 1977 г. в должностях старшего научного сотрудника, заведующего сектором, лабораторией, ведущего научного сотрудника. Он плодотворно использует свой богатый производственный опыт, глубокие знания ученого и организаторские способности в проведении современных исследований по прогнозу развития и мониторингу минерально-сырьевой базы алмазов, благородных и цветных металлов России. Систематически участвует в выполнении особо важных заданий МПР России по лицензированию объектов, апробации прогнозных ресурсов по золоту, разработке программ воспроизводства и использования минерально-сырьевой базы АБЦМ страны, научному сопровождению прогнозно-поисковых и оценочных работ территориальных геологических организаций.

И.С.Чанышев — участник Великой Отечественной войны. Награжден медалями «За Победу над Германией в Великой Отечественной войне 1941–1945 гг.», «За доблестный труд», «Ветеран Труда», знаком «Отличник разведки недр», почетными грамотами.

Измаил Сергеевич — человек широкой эрудиции, исключительного трудолюбия, пользуется большим авторитетом и заслуженным уважением в коллективе института.

Поздравляем Измаила Сергеевича Чанышева с юбилеем, желаем ему крепкого здоровья, долголетия и благополучия.

*Ученый совет ЦНИГРИ
Редколлегия журнала*

Поздравляем с пятидесятилетием кандидата геолого-минералогических наук, старшего научного сотрудника отдела металлогении и прогноза месторождений цветных и благородных металлов ЦНИГРИ **Вадима Станиславовича Звездова**, внесшего заметный вклад в разработку геолого-генетических и поисковых моделей месторождений цветных металлов. Желаем крепкого здоровья, благополучия и дальнейших творческих успехов.

*Ученый совет ЦНИГРИ
Редколлегия журнала*



7 ноября 2002 г. исполнилось 70 лет **Володину Роальду Николаевичу** — старшему научному сотруднику отдела металлогении и прогноза месторождений цветных и благородных металлов ЦНИГРИ.

Р.Н.Володин работает в ЦНИГРИ с 1959 г. Основное направление его научной деятельности — прогноз и поиски месторождений цветных металлов и оценка сырьевой базы страны. Первые результаты этой работы отражены в кандидатской диссертации «Минералогия и генезис Удоканского месторождения медистых песчаников», которую он защитил в 1962 г.

Р.Н.Володин внес большой вклад в изучение металлогении Забайкалья, Казахстана, притрассовой зоны БАМ, Приуралья, Красноярского края, для территории которых им совместно с коллегами были подготовлены мелко- и крупномасштабные прогнозно-металлогенические карты, в значительной мере определявшие направление поисковых работ на цветные металлы в этих регионах и обеспечившие проведение надежных оценок прогнозных ресурсов. В результате детального изучения крупнейших Джезказганского и Удоканского месторождений им разработаны научные основы прогнозирования месторождений медистых песчаников и созданы оптимизированные прогнозно-поисковые комплексы, которые были внесены в практику геологоразведочных работ. Он принимал непосредственное участие в подсчете запасов уникального Удоканского месторождения, выявлении и оценке его месторождений-сателлитов — Лово-Чинейского, Ункурского, Право-Ингамакитского, за что награжден медалью «За трудовую доблесть».

В последние годы Р.Н.Володиным выполнен ряд работ по изучению осадочных комплексов чехла Русской платформы, на основе которых сформулированы задачи дальнейших исследований по поискам и оценке месторождений цветных и благородных металлов в центральной части России.

Исследования Р.Н.Володина отличаются особой тщательностью и их результаты отражены в многочисленных отчетах, монографиях, методических руководствах, статьях, докладах на различных научных совещаниях и конференциях. Роальд Николаевич продолжает трудиться с неутомимой энергией.

Поздравляя Роальда Николаевича с юбилеем, от всей души желаем ему крепкого здоровья, благополучия и дальнейших творческих успехов.

*Ученый совет ЦНИГРИ
Редколлегия журнала*



19 ноября 2002 г. исполнилось 50 лет ведущему научному сотруднику отдела компьютерных технологий и информатики ЦНИГРИ **Щендригину Александру Николаевичу**.

В 1976 г. он с отличием окончил Московский институт стали и сплавов, а в 1983 г. защитил кандидатскую диссертацию.

В ЦНИГРИ А.Н.Щендригин работает с 1983 г. За время работы в институте он зарекомендовал себя высококвалифицированным специалистом в области информатики и маркетинга. Под его руководством и при непосредственном его участии разработана и реализована концепция маркетинговых исследований ЦНИГРИ. Значительный вклад он внес в создание и внедрение новых компьютерных технологий, подготовку геолого-методических и информационно-аналитических изданий института, пропаганду научно-технических достижений ЦНИГРИ. Организаторские способности Александра Николаевича проявились в проведении выставок, презентаций, конференций, совещаний.

За трудовую деятельность А.Н.Щендригин награжден юбилейным знаком «300 лет горно-геологической службе России» МПР России и неоднократно почетными грамотами ЦНИГРИ.

Высокий профессионализм и трудолюбие принесли ему заслуженное уважение коллег по работе. Находясь в постоянном поиске, он внедряет в практику новые технологии и технические решения.

Поздравляем Александра Николаевича с юбилеем, желаем ему крепкого здоровья и дальнейших творческих успехов.

*Ученый совет ЦНИГРИ
Редколлегия журнала*

Список статей, опубликованных в журнале «Руды и металлы» в 2002 году

Прикладная металлогения и недропользование
Буряк В.А., Михайлов Б.К., Цымбалюк Н.В. Генезис, закономерности размещения и перспективы золото- и платиноносности черносланцевых толщ. № 6. С. 25.

Зайченко В.Ю. Оценка интеллектуальной собственности в сфере геологического изучения недр. № 1. С. 5.

Зайченко В.Ю. Учет объектов интеллектуальной собственности в сфере геологического изучения и использования недр. № 4. С. 5.

Золотухин В.В., Бронников А.П., Васильев Ю.Р. Взаимосвязь базитового магматизма и тектоники западной окраины Сибирской платформы. № 6. С. 17.

Конкин В.Д., Ручкин Г.В. Ряды рудных формаций терригенно-сланцевых складчатых поясов. № 1. С. 15.

Константинов М.М. Стратиграфический контроль месторождений золота и серебра в Верхоянской металлогенической провинции. № 1. С. 20.

Матвеева Е.В., Филиппов В.П., Агибалов О.А., Емельянов С.А., Иванов Н.М., Яблокова С.В., Чернышов В.И. Экзогенная золотоносность северо-востока Русской платформы: предпосылки освоения. № 4. С. 16.

Никешин Ю.В., Кузнецов А.М. Гиганты мировой медедобывающей промышленности. № 6. С. 7.

Подкуйко Ю.А., Ваганов В.И., Захарченко О.Д., Шиятый И.Н. Щелочно-ультраосновные породы Приполярного Урала как возможный коренной источник алмазов. № 4. С. 12.

Серокуров Ю.Н., Калмыков В.Д., Макаров Д.В. Рудоносный потенциал Анабарского щита по материалам дистанционного зондирования. № 2. С. 7.

Третьяков А.В. Россыпная золотоносность Южно-Алтайского района, Восточный Казахстан. № 6. С. 12.

Методы и методики прогноза, поисков, оценки и разведки месторождений

Архангельская В.В., Шурига Т.Н. Оценка редкометальных месторождений в щелочных метасоматах по минералого-геохимическим признакам. № 2. С. 15.

Ахмедов Н.А., Исаходжаев Б.А., Зималина В.Я. Требования к стадийности геологоразведочных работ в Республике Узбекистан. № 4. С. 27.

Долгаль А.С. Использование аналитических аппроксимаций геофизических полей при прогнозировании золотого оруденения. № 2. С. 21.

Исаков М.У., Исанова Г.Р., Зималина В.Я. Подтверждаемость запасов на золоторудных месторождениях Республики Узбекистан. № 4. С. 31.

Минорин В.Е., Веричев Е.М. Способ оценки стоимости крупных камней и средней цены карата по их зависимости от классов крупности алмазов в месторождении. № 2. С. 29.

Строение рудных месторождений

Болонин А.В. Морфология и структурный контроль карбонатитов Карасугского месторождения, Тува. № 2. С. 34.

Ворошилов В.Г., Боярко Г.Ю., Бирюков Е.И. Геохимическая зональность Самолазовского золоторудного поля, Центральный Алдан. № 6. С. 53.

Жимулев Е.И., Сонин В.М., Чепуров А.А. Устойчивость алмаза к окислению при высоких РТ параметрах. № 2. С. 64.

Зинчук Н.Н., Подгаецкий А.В., Бондаренко А.Т., Котельников Д.Д., Солодкова Н.А. Взаимосвязь химико-минералогического состава и петрофизических свойств кимберлитов трубки Ботубинская при гипергенных изменениях. № 2. С. 43.

Илутин И.П. Высокохромистые хромиты из кимберлитов и ультрабазитов — сходства и различия. № 4. С. 54.

Калинин А.И., Константинов М.М., Стружков С.Ф. Геологическое строение золото-серебряного месторождения Ольча, Омолонский массив. № 4. С. 41.

Конев Р.И., Гертман Ю.Л., Игнатиков Е.Н. Минералого-геохимические особенности Кызылалмасайского золоторудного поля. № 1. С. 31.

Наталенко М.В., Стружков С.Ф., Рыжов О.Б., Вакин М.Е., Политов В.К., Ишков Б.И., Гиллес Б., Карчавец В.П., Устинов В.И., Шергина Ю.П. Геологическое строение и минералогия руд месторождения Биркачан, Магаданская область. № 6. С. 37.

Цой В.Д. Особенности формирования и возраст кварц-карбонат-золото-серебряных жил Кураминской подзоны. № 4. С. 47.

Чекалин В.М. Геолого-генетические особенности Рубцовского месторождения полиметаллических руд на Рудном Алтае. № 1. С. 23.

Шведов Г.И., Некос В.В., Динер А.Э., Уйманов А.М. О природе сперрилита и самородной платины россыпи р. Колорамо, Енисейский край. № 2. С. 55.

Юшманов Ю.П. Рудовмещающие структуры Au-Ag рудопроявления Минеральное в Восточном Сихотэ-Алине. № 1. С. 43.

Аппаратурно-технические средства и технологии геологоразведочных работ

Воробьев А.Е., Щелкин А.А., Чекушина Т.В. Переработка марганцевых руд отходами сернокислотного производства. № 1. С. 56.

Грачев А.А. О кажущейся зависимости между удельным электрическим сопротивлением и диэлектрической проницаемостью горных пород. № 4. С. 59.

Евсюков Ю.А., Зезюлин В.Н., Карасев А.П., Юдицких Е.Ю. Автоматизированный аппаратно-технологический комплекс для съемки ВП в движении. № 6. С. 59.

Заири Н.М., Савушкина Е.Ю. Роль изотопных характеристик в изучении потоков загрязняющих веществ в зоне влияния промышленных объектов Воскресенского района. № 2. С. 69.

Крылова Г.С., Барашичев Н.И. Технология обогащения углеродистой золотосодержащей руды. № 6. С. 64.

Кузнецов В.В., Иваненкова Е.В., Конкина А.А. Информационно-аналитическая компьютерная система (ИАКС) обеспечения мониторинга МСБ АБЦМ. № 1. С. 59.

Трофимов Н.Н., Голубев А.И., Филиппов Н.Б., Петров С.В. Результаты технологических исследований золото-платиноидных титаномагнетитовых руд Пудожгорского месторождения Карелии. № 1. С. 47.

Дискуссии

Долгушин С.С., Садур О.Г., Шадрин А.Н., Островский Л.Я. Новая интерпретация строения Щучьинской структуры Полярного Урала и перспективы ее алмазоносности. № 4. С. 72.

Кузовков Г.Н., Двоеглазов Д.А. Об астенолитовой модели Среднего Урала и строении Шар-

ташской золоторудной вихревой структуры. № 4. С. 63.

Мундузова М.А. Золотоносность среднепалеозойских карбонатных пород центрального блока Алмалыкского рудного поля. № 1. С. 71.

Нарсеев В.А. К дискуссии о генезисе руд карлинского типа. Суздаль-тренд (Юго-Западный Алтай). № 1. С. 67.

Рецензии

Бойцов В.Е., Игнатов П.А. Интересная книга по гидрогенным месторождениям. № 2. С. 77.

Константинов М.М. Загадочный «карлинский тип». № 6. С. 68.

Ручкин Г.В. Металлогения меди, свинца и цинка в геологической истории Урала. № 6. С. 66.

Памятные даты

Бортников А.Я., Ясковский П.П. Д.А.Зенков — геолог и разведчик XX века (к 100-летию со дня рождения). № 2. С. 78.

Елисеев В.И., Кампилина Е.М., Рыжов Б.Ю. Памяти Владимира Сергеевича Трофимова. № 6. С. 70.

Памяти Веры Ивановны Седовой. № 1. С. 75.

Доклады Всероссийской конференции

«Минерально-сырьевая база территории России и ее континентального шельфа в условиях глобализации мировой экономики»,

Москва, 5–7 февраля 2002 г.

Логвинов М.И., Файдов О.Е., Медведев А.Я., Старокожева Г.И., Вялов В.И., Балачивадзе С.Г. Угольный ресурсный потенциал России: состояние, проблемы и перспективы использования. № 3. С. 7.

Машковцев Г.А., Наумов С.С., Терентьев В.М. Минерально-сырьевая база урана: состояние и перспективы развития. № 3. С. 16.

Мигачев И.Ф., Беневольский Б.И., Михайлов Б.К. Состояние, перспективы использования и развития минерально-сырьевой базы алмазов, благородных и цветных металлов мира и России. № 3. С. 20.

Лелюх М.И., Голубев Ю.К. Программа развития геологоразведочных работ на алмазы на территории Российской Федерации. № 3. С. 36.

Покалов В.Т., Михайлов Б.К. Черные металлы: состояние минерально-сырьевой базы и перспективы ее развития. № 3. С. 42.

Кременецкий А.А. Минерально-сырьевая база редких металлов России: перспективы развития и привлечения инвестиций. № 3. С. 46.

Ведерников Н.Н., Аксенов Е.М., Вафин Р.Ф., Чу-прина Н.С., Русина Л.П. Неметаллическое сырье: минерально-сырьевая база, проблемы и пути развития. № 3. С. 52.

Сурганов А.В., Коротеев В.А., Сергеева Н.А., Ка-шубин С.Н., Прокин В.А., Золоев К.К., Хрытов В.Н. Минерально-сырьевые ресурсы Урала: состоя-ние, проблемы. № 3. С. 57.

Головин А.А., Буренков Э.К. Задачи, возможнос-ти и проблемы геохимических технологий в ком-плексе геологоразведочных работ по воспроиз-водству минерально-сырьевой базы России. № 3. С. 71.

Тоскунина В.Э. Минерально-сырьевые ресурсы: проблемы оценки, использования и воспроиз-водства. № 3. С. 72.

Соловьева Е.А. Повышение эффективности осво-ения минерально-сырьевых ресурсов как фактор устойчивого экономического развития России. № 3. С. 73.

Красников В.И., Саитов Ю.Г. К политике раци-онального освоения минерально-сырьевой базы Сибири и Дальнего Востока. № 3. С. 74.

Назаров В.И. Экономико-правовые проблемы оптимизации недропользования. № 3. С. 75.

Кокотов Б.В. Проблемы правового регулирова-ния отношений при заключении соглашений о разделе продукции. № 3. С. 76.

Перцов А.В., Антипов В.С. Научное обеспечение технологии космоаэрогеологических исследований для обеспечения современного уровня ведения металлогенических, прогнозных и поисковых ра-бот. № 3. С. 80.

Мац Н.А. Геофизическое обеспечение прогнозно-поисковых работ на уран. № 3. С. 82.

Кардыш В.Г. Проблема технико-технологиче-ского обеспечения геологоразведочного бурения. № 3. С. 83.

Роговой В.М. Международное сотрудничество России в минерально-сырьевом секторе эконо-мики. № 3. С. 84.

Поздравляем с юбилеем

С.В.Яблокову, Т.М.Коновалову, А.Г.Волчкова. № 1. С. 76.

А.А.Фельдмана, Е.М.Ершова, Н.К.Курбанова, А.А.Сапрыкина. № 2. С. 81.

А.А.Буйнова, А.Д.Харькива, О.Д.Захарченко. № 4. С. 80.

И.С.Чанышева, Р.Н.Володина, А.Н.Щендри-гина, В.С.Звездова. № 6. С. 72.

А.П.Шапиро. № 3. С. 86.

Памяти В.А.Фаворова. № 1. С. 78.

100 лет со дня рождения Михаила Николаевича Годлевского (27.10.1902–04.06.1984)

Вопросы генезиса платино-медно-никелевых и плати-новых месторождений

Лихачев А.П. Платино-медно-никелевые и пла-тиновые месторождения: механизмы накопле-ния, новые источники и методы получения руд-ных веществ. № 5. С. 9.

Маракушев А.А., Панях Н.А., Зотов И.А. Про-блемы формирования медно-никелевых суль-фидных месторождений. № 5. С. 23.

Надретт А.Дж. Геологические обстановки, благоприятные для нахождения магматических сульфидных руд. № 5. С. 33.

Состав и строение сульфидоносных магматических комплексов

Заскинд Е.С., Конкина О.М., Кочнев-Первухов В.И. Рудно-минералогическая типизация плуто-нов Мончегорского рудного района, Кольский полуостров. № 5. С. 48.

Туровцев Д.М., Служеникин С.Ф., Михалев С.К., Степанов В.К. Высокотемпературный контакто-вый метаморфизм карбонатных пород в ореолах норильских гипербазит-базитовых интрузий. № 5. С. 57.

Прогнозная оценка территорий, состояние сырьевой базы и направление геологоразведочных работ

Люлько В.А., Амосов Ю.Н., Козырев С.М., Кома-рова М.З., Рябкин В.А., Радько В.А., Рочев Н.В., Симонов О.Н. Состояние рудной базы цветных и благородных металлов в Норильском районе и направление первоочередных геологоразве-дочных работ. № 5. С. 66.

Чернышов Н.М., Молотков С.П., Буковшин В.В. Развитие новой минерально-сырьевой базы цветных и благородных металлов центральной зоны России в свете идей М.Н.Годлевского. № 5. С. 82.

Воспоминания о М.Н.Годлевском

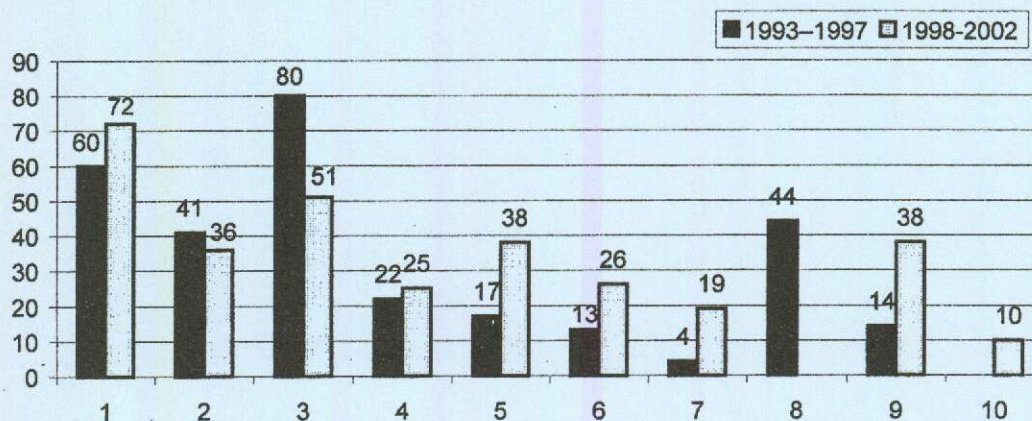
Юдина В.В. Памяти М.Н.Годлевского. № 5. С. 93.

Список научных трудов М.Н.Годлевского. № 5. С. 97.

Список статей, опубликованных в журнале «Ру-ды и металлы» в 2002 году. № 6. С. 74.

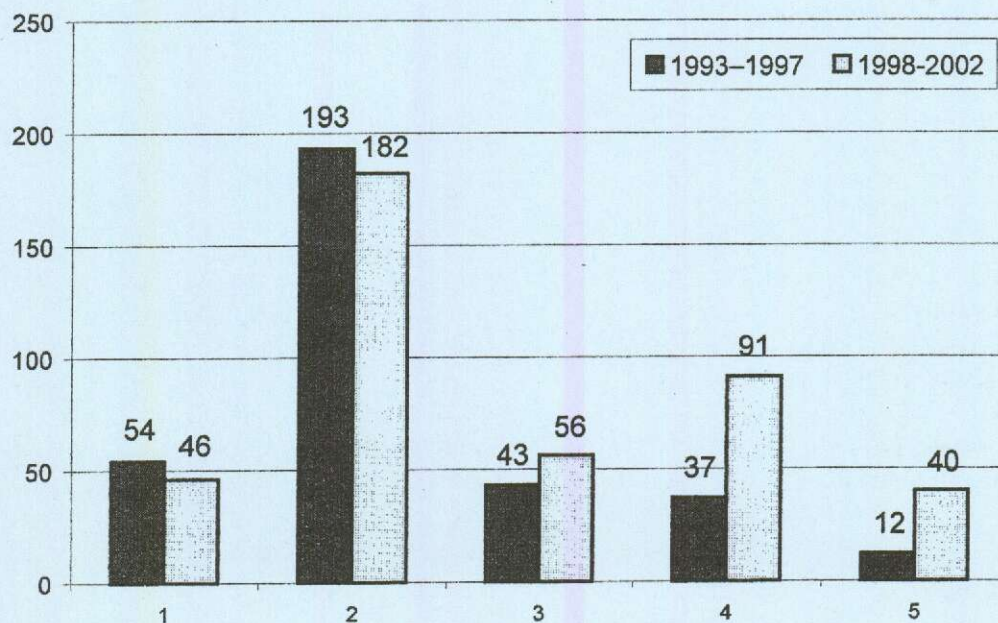
За 1993–2002 гг. в журнале «Руды и металлы» опубликовано 610 статей 754 авторов

А. Распределение статей по рубрикам



Рубрики: 1 — прикладная металлогения, научно-методические основы и практика рудно-формационного анализа; 2 — методы и методики прогноза, поисков, оценки и разведки месторождений; 3 — строение рудных месторождений, модели рудных месторождений; 4 — геолого-экономическая оценка месторождений, экономика, комплексное использование минерального сырья, недропользование; 5 — аппаратно-технические средства и технологии геологоразведочных работ; 6 — дискуссии; 7 — хроника, новости, информация; 8 — история геологических исследований; 9 — памятные даты; 10 — рецензии

Б. Распределение авторов статей по организациям



Организации: 1 — учебные; научные: 2 — МПР РФ, 3 — РАН; 4 — производственные; 5 — прочие

