

# РУДЫ И МЕТАЛЛЫ



**3/2008**

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  
П.А.ИГНАТОВ  
М.А.КОМАРОВ  
М.М.КОНСТАНТИНОВ  
А.И.КРИВЦОВ, зам. главного редактора  
В.В.КУЗНЕЦОВ  
Н.К.КУРБАНОВ  
Е.В.МАТВЕЕВА  
Г.А.МАШКОВЦЕВ  
Н.И.НАЗАРОВА, зам. главного редактора  
Г.В.РУЧКИН  
Ю.Г.САФОНОВ  
Г.В.СЕДЕЛЬНИКОВА  
В.И.СТАРОСТИН



УЧРЕДИТЕЛЬ

**ЦЕНТРАЛЬНЫЙ  
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫЙ ИНСТИТУТ  
ЦВЕТНЫХ И БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ  
Роснедра  
МПР России**

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

**Москва ЦНИГРИ 2008**

Редакция: Н.И.Назарова, Г.В.Вавилова  
Компьютерный набор: Н.И.Назарова  
Верстка и оригинал-макет: Т.В.Лукина

Сдано в набор 28.04.08 г.  
Подписано в печать 6.05.08 г.  
Тираж 400 экз.

Формат 30×42 1/2  
Бумага листовая  
Печать офсетная

Адрес редакции: 117545, Москва, Варшавское шоссе, 129, корп. 1, ЦНИГРИ  
Телефон: 315-28-47  
Факс: 313-18-18  
E-mail: [tsnigri@tsnigri.ru](mailto:tsnigri@tsnigri.ru)  
Типография ЦНИГРИ: Варшавское шоссе, 129, корп. 1

© «Руды и металлы», 2008

**Прикладная металлогения****Applied metallogeny***Беневольский Б.И., Августинчик И.А.*

Минерально-сырьевая база свинца и цинка — ретроспектива и прогноз

4

*Benevolsky B.I., Avgustinszyk I.A.*

Mineral base of lead and zink — Retrospective and perspective

*Иванов А.И.*

Основные черты геологического строения и золотоносность Бодайбинского рудного района

43

*Ivanov A.I.*

Major geological features and gold potential of the Bodaibo area

**Строение рудных месторождений****Anatomy of ore deposits***Николаева Л.А., Гаврилов А.М., Некрасова А.Н., Яблокова С.В.*

Обобщенные признаковые модели самородного золота месторождений различных рудно-формационных типов

62

*Nikolaeva L.A., Gavrilov A.M., Nekrasova A.N., and Yablokova S.V.*

Generalized attributive models of native gold from deposits of various styles

**Поздравляем с юбилеем****Our congratulations**

И.Ф.Мигачева, В.К.Политова, А.А.Черемисина, Н.А.Шило

69

I.F.Migachev, V.K.Politov, A.A.Cheremisin, and N.A.Shilo

**Дискуссии****Discussion***Образцов А.И.*

О полигенности и полихронности формирования месторождений

75

*Obraztsov A.I.*

Genesis of ore deposits and On polygenetic and chronologically discrete nature of the ore deposits genesis

Памяти А.Д.Харькива

80

In memoriam: A.D.Kharkiv



## МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВАЯ БАЗА СВИНЦА И ЦИНКА — РЕТРОСПЕКТИВА И ПРОГНОЗ\*

Б.И.Беневольский, И.А.Августинчик (ЦНИГРИ Роснедра МПР России)

Свинец тесно связан с цинком общими закономерностями совместного нахождения в месторождениях, их геологии и металлогении, процессов формирования руд, единой систематикой минеральных и геолого-промышленных типов и, как следствие, закономерностями освоения их минерально-сырьевой базы.

**Основные типы месторождений свинца.** Основу минерально-сырьевой базы свинца и цинка составляют несколько главных (>5–10% запасов или добычи) геолого-промышленных типов (ГПТ) месторождений [6, 7], в том числе:

медно-свинцово-цинковый в углеродистых терригенных породах (филизчайский) в структурах пассивных окраин континентов (терригенные миогеосинклинали на границах блоков континентальной и океанической кор и авлакогенов);

медно-свинцово-цинково-колчеданный в осадочно-вулканогенных породах (рудно-алтайский) в структурах энсиалических островных дуг;

свинцово-цинковый стратиформный в карбонатных породах (миргалимсайский) в структурах чехла активизированных платформ, срединных массивов и авлакогенов.

К второстепенным ГПТ по распространенности, роли в сырьевой базе и промышленному значению отнесены:

свинцово-цинковый в известняках, нередко со скарнами (приаргунский), в вулканогенно-карбонатных антиклинальных структурах вулканоплутонических поясов (ВПП);

свинцово-цинковый жильный (садонский) в структурно-вещественных комплексах складчатых систем различного типа;

свинцово-цинково-медноколчеданный в гомолитовых непрерывных базальт-андезит-дацит-риолитовых формациях (малокавказский) в структурах внутриконтинентальных и окраинно-континентальных рифтов и островных дуг на мозаичной кратонизированной коре; в зарубежной литературе — тип куроко;

железо-марганцево-барит-свинцово-цинковый колчеданный в трахибазальт-трахит-кремнисто-карбонатно-терригенных формациях (атасуйский) в структурах внутриконтинентальных зон слабого прогибания.

Промышленные концентрации свинца и цинка известны также в месторождениях ряда других малораспространенных типов:

свинцово-цинковый стратиформный в терригенных формациях базальных горизонтов чехла древних платформ (лайсвальский);

свинцово-цинковый в соляных диапирах;

свинцово-цинковый в трубообразных телах эксплозивных брекчий андезитовидных ВПП.

Заметная доля мировых запасов свинца и цинка заключена в серебро-свинцово-цинковых месторождениях в карбонатных толщах основания андезитовидных ВПП. В зарубежной литературе они объединены под названием «манто» (или метасоматического замещения), и в русскоязычной литературе не имеют рудно-формационного определения. Возможно, это глубоко метаморфизованные и регенерированные месторождения мургалимсайского типа. В мировой МСБ свинца и цинка определенную роль играют также месторождения других видов полезных ископаемых. В РФ более 30% учетных запасов цинка сосредоточены в колче-

\* Продолжение. Начало см. журнал «Руды и металлы» № 3/2007, № 1/2008.



**Рис. 1.** Структура мировых доказанных запасов свинца по состоянию на 01.01.07 г. по континентам (а), странам с различными типами экономики (б) и ведущим геолого-промышленным типам месторождений (в)

данных медно-цинковых месторождениях (уральский тип). Промышленное извлечение свинца и цинка производится на некоторых месторождениях медистых песчаников и сланцев (Любин, Польша), месторождениях сульфидно-касситеритовой формации.

**Запасы.** По данным Д.Сингера [32], в 660 месторождениях свинца различных типов заключено около 310 млн. т Pb, а в 884 месторождениях цинка — 680 млн. т Zn. Распределение запасов характеризуется следующими особенностями:

около 79% запасов сосредоточены в месторождениях, в которых содержания Pb и Zn превышают средние изученных объектов (2,1 и 3,9% соответственно);

месторождения с низкими содержаниями Pb и Zn обладают меньшими запасами, чем месторождения с высокими содержаниями этих металлов;

содержания Pb и Zn в 10% наиболее богатых месторождений составляют 9 и 10% соответственно;

10% крупнейших месторождений свинца и цинка в сумме содержат 71% мировых запасов Pb и 73% Zn, уникальные месторождения (около 1% выборки) несут в сумме более 30% запасов Pb и 25% запасов Zn.

По масштабам запасов месторождения свинца и цинка разделяются на категории (Pb и Zn, млн. т): весьма крупные >5, крупные — 1,5–5, средние — 0,5–1,5, мелкие — <0,5.

Распределение мировых доказанных запасов по континентам (в порядке снижения уровня запасов) свидетельствует о том, что в настоящее время примерно одна треть их сосредоточена в Азии (32,9%), далее следуют Американские континенты (23,4%), Австралия (15%), Европа (12,8%) и Африка (7,3%). Около 8,5% мировых доказанных запасов приходится на Россию, и все они сосредоточены в азиатской части страны (рис. 1, а). Почти половиной доказанных мировых запасов (45,4%) владеют страны с рыночной экономикой, меньший их объем приходится на развивающиеся страны (16,6%) и страны с плановой и переходной экономикой (15,6%), на страны СНГ (без РФ) приходится 13,8% мировых запасов, на РФ — 8,5% (см. рис. 1, б).

Структура доказанных мировых запасов свинца по ведущим геолого-промышленным типам показывает, что на колчеданно-полиметаллические месторождения в вулканогенных, терригенных и кремнисто-карбонатных комплексах различных геодинамических обстановок приходится около 63% общего их объема, свинцово-цинковые стратиформные в карбонатных породах — 20%, полиметаллические скарновые и жильные в карбонатных породах — около 15%, медноколчеданные и прочие — всего 2% (см. рис. 1, в).

Запасы свинца учтены в 71 стране, на 01.01.07 г. мировые доказанные запасы составили 100,155 млн. т и за период 1970–2006 гг. почти не изменились — увеличились в 1,04 раза (табл. 1). Одним из важных показателей динамики МСБ во

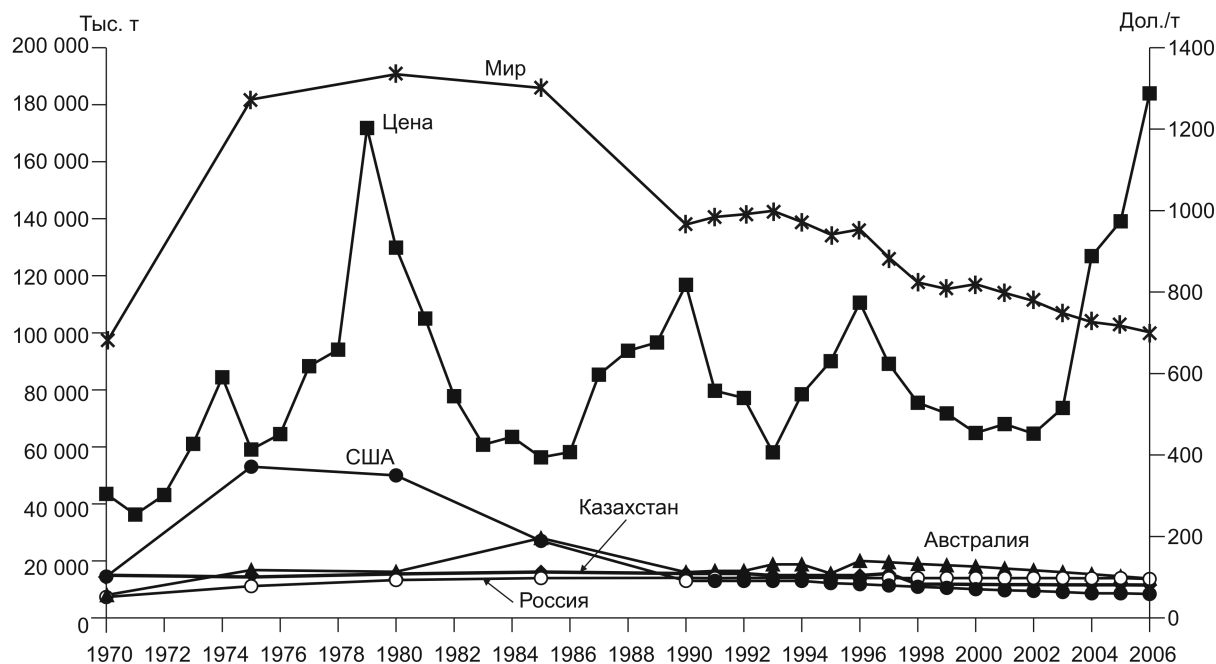


Рис. 2. Динамика доказанных запасов свинца в мире, Австралии, Казахстане, России и США в 1970–2006 гг. в сопоставлении с ценой

времени являются соотношения запасов разных лет. Анализ за период 1970–2000 гг. [7] показал, что мировые запасы свинца были наиболее высокими в 80-х годах (максимум 190,6 млн. т в 1980 г.) в связи с открытиями крупных месторождений в 1970–1980 гг. В последующие годы они снизились примерно на одну треть объема в течение 90-х годов. В начале 2000 г. эта тенденция сохранилась. Высокий среднегодовой темп прироста запасов в первой половине 70-х годов (21,9%) в середине 90-х упал до самой низкой отметки (–3,7%). К 1995 г. в связи с общим снижением уровня мирового рудничного производства наметилось возрастание темпов роста запасов свинца, однако в последующие годы они продолжали снижаться (рис. 2; см. табл. 1).

По сравнению с оценками на 01.01.01 г. доказанные запасы в 2001–2006 гг. снизились на 14,4% (см. табл. 1, рис. 2). Спад запасов после 1980 г. связывают с отсутствием крупных открытий свинцово-цинковых месторождений и активным погашением.

Коэффициент компенсации добычи приростом запасов свинца за весь период составил 1,0004; он был наиболее высоким в 70-е годы (более 5) и снизился до отрицательных значений к концу 90-х (–1,8), что свидетельствует об отсутствии воспроизводства запасов в этот период. В 90-е годы произошел возврат коэффициента компенсации к положительным значениям в связи со снижением уровня добычи.

Доказанные запасы свинца ведущих 15 стран-держателей составили на 01.01.07 г. 84 618 тыс. т, что соответствует более чем 84% объема мировых запасов металла (см. табл. 1). Доля ведущих стран в мировой МСБ свинца с 1990 г. незначительно варьировала (79,7–84,8%), что говорит об отсутствии резких изменений и возрастающей роли ведущих стран в мировой МСБ свинца. Самыми крупными держателями запасов свинца среди ведущих стран (более 5% мировых запасов в каждой стране) являются Австралия, Россия, Казахстан, Канада, США, Индия (более 61% суммарных мировых запасов). Среди наиболее крупных держателей только Индия, Россия и Австралия за 1970–2006 гг. наращивали объем запасов (в 1,7–8,2 раза). У остальных стран-лидеров они выросли в меньшей степени (в 1,7–2,2 раза) или снизились (в 1,5–1,7 раза), причем наиболее существенно — в США (см. табл. 1, рис. 2). В 2001–2006 гг. положение с запасами всех 15 ведущих стран ухудшилось, особенно значительно в Китае, где они снизились за этот период на 46,4% (см. табл. 1).

В Индии при значительном росте запасов свинца в 80-е годы месторождения обрабатываются в небольшом объеме, а перерабатывающие мощности загружены главным образом привозным сырьем. Рост запасов в Испании происходил в результате открытия полиметаллических (Лос-Фрайлес) и медно-свинцово-цинковых (Сотьель, Эсте-



**Рис. 3.** Структура мирового рудничного производства свинца в 2006 г. по континентам (а), странам с различными типами экономики (б) и ведущим геолого-промышленным типам месторождений (в)

Сотьель, Мигольяс и др.) месторождений, в Австралии — колчеданно-полиметаллических месторождений и новых рудных залежей (Маунт-Айза, Хилтон, а в 80–90-х годах — Мак-Артур-Ривер, Сенчери, Кеннингтон).

Темпы прироста запасов в США, Канаде и Австралии в конце 80-х годов были низкими или характеризовались отрицательными значениями (соответственно 8,7% и по –6,7% в каждой); в остальных ведущих странах-производителях они в целом не превышали первых процентов. Эти процессы происходили на фоне неустойчивых мировых цен на свинец и их спада в 1985, 1993 и 2000 гг. (см. рис. 2).

Снижение запасов свинца в мире и у ведущих держателей — Казахстана, Канады, США, Китая, Мексики — связано с недостаточным их воспроизводством в результате активного погашения, высокими темпами роста добычи при отсутствии новых открытий, несмотря на повышение затрат на ГРП [36] и наличие крупных новых проектов с высоким уровнем подготовленности их к эксплуатации [15].

Россия занимает второе место в мире по доказанным запасам свинца, наращивала их до середины 90-х годов, однако с 2002 г. до настоящего времени они также неуклонно снижаются (см. табл. 1, рис. 2).

**Рудничное производство.** Мировое рудничное производство свинца в 2006 г. составило 3442 тыс. т. Распределение объемов его по континентам, странам с различными типами экономики и геолого-промышленным типам месторождений приведено на рис. 3. Максимальные объемы рудничного производства (2006 г.) характерны для стран Азии (34,6%) и Американских континентов (32,4%), меньшие — для Австралии (21%), Европы без РФ (6,4%), минимальные — для Африки (3,4%) (см. рис. 3, а). Страны с рыночной экономикой производят около 43,4% свинца в концентрате, плановой и переходной (в первую очередь, Китай) — около 34,4%, развивающиеся страны — 20,1%. Доля стран СНГ, включая Россию, в мировом рудничном производстве свинца невелика (соответственно 1,5 и 0,7%) (см. рис. 3, б).

Структура мирового рудничного производства свинца по геолого-промышленным типам месторождений отражает преобладающую роль колчеданно-полиметаллических месторождений в вулканогенных, терригенных и кремнисто-карбонатных толщах (40%) и свинцово-цинковых стратиформных — в карбонатных и углисто-карбонатных толщах (40%). Значительно меньшую роль в добыче свинца играют полиметаллические скарновые, жильные в карбонатных породах и другие ГПТ (см. рис. 3, в).

В течение 1970–2006 гг. мировое рудничное производство неравномерно сокращалось, испытало подъем в 80-е годы (до максимума 3520 тыс. т), спады в 1994 г. (2800 тыс. т) и 2002 г. (2840 тыс. т)

## 1. Состояние доказанных запасов свинца в мире и ведущих странах за 1970–2006 гг., тыс. т [5, 6, 26]

Страна	1970	1975	1980	1985	1990	1995	1996	1997	1998	1999
Австралия	8000	16 800	16 150	28 000	16 000	15 590	20 000	19 510	18 930	18 500
Россия	7341,5	11 152,8	13 246,2	13 943,1	14 013,8	14 043,6	13 991,7	13 973,3	13 934,9	13 978,6
Казахстан	14 924	14 314	15 395	16 080	15 599	14 900	14 860	15 599	11 840	11 800
Канада	12 700	14 500	11 600	17 000	10 000	9620	9410	9224	9035	9000
США	14 500	53 000	50 000	27 000	13 000	12 240	11 850	11 391	10 910	10 500
Индия	640	900	900	3430	5830	5700	5674	5641	5600	5560
ЮАР	4000**	4000**	4000	5670	5400	5215	5130	5047	4970	4890
Китай	7000**	7000**	9000	8750	8500	7620	7200	6500	5800	5300
Югославия*	2000**	2000**	2000**	2250	2500	2480	2480	2466	2450	2435
Мексика	3600	4500	4500	4000	4000	3670	3510	3336	3170	3100
Испания	900	3300	3300	2400	2400	2345	2315	2292	2270	2250
Узбекистан	1565	2420	2894	3571	3834	3200	3200	3198	1917	1917
Бразилия	1100	410	400	410	1900	1990	1990	1982	1980	1970
Польша	1500**	1500**	1500**	1500	1800	2490	2435	2380	2325	2265
Таджикистан	1864	1870	1755	3622	5102	4500	4500	4500	1800	1800
Итого	81 635	137 667	136 640	137 626	109 879	105 604	108 546	107 039	96 932	95 266
Мир	96 449	181 812	190 655	185 886	137 935	134 479	136 313	126 415	117 674	115 395

\* Включая все страны, образовавшиеся после распада Югославии в 1991 г.

\*\* Оценка.

и в 2006 г. незначительно превысило уровень 1970 г. (табл. 2, рис. 4). Наиболее значительный его спад в 90-х годах – начале XXI в. коррелируется с

ростом активного замещения мирового производства свинца из руд производством из вторичных материалов (автомобильных аккумуляторов).

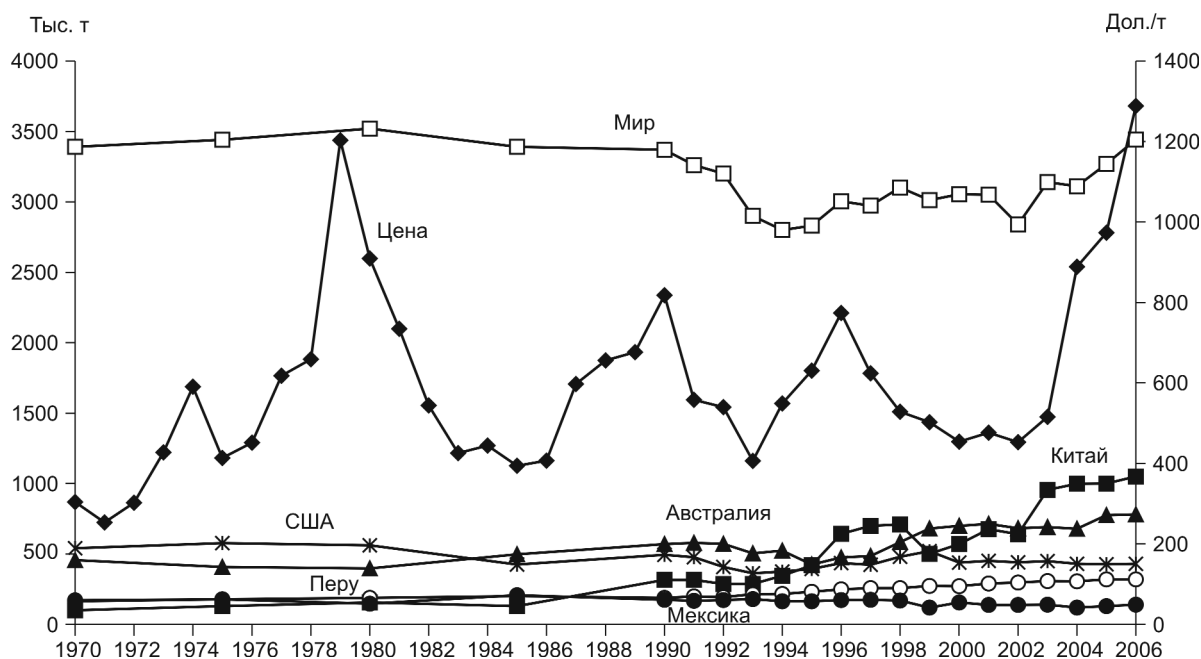


Рис. 4. Рудничное производство свинца в мире, Китае, Австралии, США, Перу и Мексике в 1970–2006 гг. в сопоставлении с ценой



2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	% от мира	2006/1970
18 000	17 300	16 700	16 015	15 335	14 554	13 810	13,79	1,73
13 992,0	13 970,0	13 969,4	13 940,2	13 907,0	13 795,3	13 623,1	13,60	1,86
11 750	11 710	11 675	11 635	11 600	11 569	11 538	11,52	0,77
8850	8700	8550	8600	8520	8600	8600	8,59	0,68
10 100	9700	9500	9050	8650	8611	8426	8,41	0,58
5530	5500	5475	5420	5400	5274	5238	5,23	8,18
4810	4760	4700	4700	4665	4632	4613	4,61	1,15
8400	7800	7200	6400	5360	5150	4504	4,50	0,64
2430	2425	2420	2420	2400	2410	2406	2,40	1,20
2950	2810	2700	2560	2445	2459	2400	2,40	0,67
2200	2150	2100	2100	2100	2030	1999	2,00	2,22
1920	1900	1900	1900	1895	1900	1900	1,90	1,21
1960	1950	1940	1930	1920	1904	1889	1,89	1,72
2200	2140	2100	2045	1990	1928	1872	1,87	1,25
1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1,80	0,97
96 892	94 615	92 729	90 515	87 987	86 616	84 618	84,49	1,04
117 022	114 007	111 142	106 877	103 740	102 500	100 155	100,00	1,04

Рудничное производство свинца в 15 ведущих странах-производителях в 2006 г. составило более 95% его мирового объема, а четыре наиболее крупных мировых производителя — Китай, Австралия, США и Перу (более 5% от общемировой добычи в каждом) — обеспечили в 2006 г. около 76% (см. табл. 2). В 1970–2006 гг. некоторые ведущие страны (Индия, Китай, ЮАР) существенно увеличили (в 10,5–15,6 раз) рудничное производство, а в ряде других (Казахстан, Канада, Марокко, Россия) по различным причинам оно резко снизилось (на 22–80%).

Россия, занимая третье место в мире по запасам свинца, находится на одном из средних мест среди 15 ведущих стран по его рудничному производству (см. рис. 4, табл. 2). В начале 90-х годов снижение рудничного производства в России обусловлено распадом СССР и реформированием экономики. После 2001 г. отмечается некоторый рост рудничного производства, связанный с оживлением деятельности добывающих предприятий.

Добычу и переработку свинцово-цинковых руд в 90-х годах – начале XXI в. осуществляли около 270 государственных и частных предприятий в разных странах мира. Аналитические группы, службы и агентства (ILZSG, австралийская AME Mineral Economics и др.) насчитывают более 125 компаний,

ведущих добычу, переработку руд, подготовку проектов освоения и разведку месторождений. К самым крупным из них относятся 15–20 компаний, среди

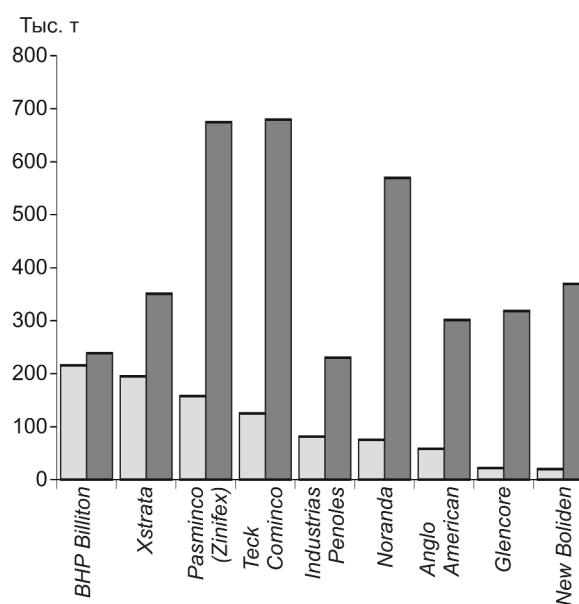


Рис. 5. Ведущие мировые компании по добыче свинца и цинка, ранжированные по производству рафинированного свинца в 2003 г. (левая колонка) в сопоставлении с рудничным производством цинка (правая колонка)

2. Динамика рудничного производства свинца в мире и ведущих странах-производителях за 1970–2006 гг., тыс. т [5, 6, 25–27]

Страна	1970	1975	1980	1985	1990	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Китай	100,0	130,0	155,0	130,0	315,3	420,0	643,0	700,0	710,0	501,0	570,0	676,0
Австралия	456,7	407,8	397,5	497,6	570,0	425,0	475,0	486,0	583,0	681,0	700,0	714,0
США	540,3	576,5	561,6	424,4	493,4	394,0	436,0	424,0	480,0	520,0	438,0	450,3
Перу	164,0	177,6	189,1	200,6	187,8	232,0	249,0	258,0	258,0	273,0	271,0	289,6
Мексика	171,6	178,6	147,2	206,7	174,1	164,0	172,0	174,0	170,0	120,0	156,0	139,0
Канада	357,2	352,5	296,6	284,6	241,3	211,0	257,0	186,0	189,0	161,0	149,0	153,9
Россия	90,6	66,4	118,0	71,1	85,3	27,7	28,4	25,6	17,9	24,8	23,4	31,1
Индия	4,4	12,3	14,5	26,0	25,5	34,0	35,0	33,0	38,0	40,0	29,0	32,0
Ирландия	64,2	36,3	59,0	34,6	35,3	46,0	45,0	45,0	36,0	45,0	58,0	44,5
Швеция	76,5	68,8	72,1	76,2	84,2	100,0	99,0	109,0	112,0	115,0	107,0	86,0
Польша	67,2	77,0	47,5	80,9	45,4	55,0	54,0	51,0	57,0	61,0	68,0	52,6
Казахстан	271,3	289,7	232,2	218,5	203,9	40,0	28,0	29,0	26,0	34,1	39,0	37,7
ЮАР	0	3,6	86,1	98,4	70,2	88,0	89,0	83,0	80,0	80,0	75,0	50,8
Марокко	81,0	69,9	115,5	106,8	66,9	68,0	74,0	78,0	79,0	87,0	82,0	76,8
Иран	21,0	50,0	12,0	21,6	9,3	18,0	16,0	20,0	19,0	14,0	29,0	19,0
Итого	2466,0	4472,0	2503,9	2478,0	2623,3	2325,7	2704,4	2701,6	2853,4	2761,3	2789,1	2834,3
Мир	3390,0	3440,0	3520,0	3390,0	3370,0	2830,0	3003,1	2973,0	3102,0	3012,3	3054,3	3050,0

\* Отношение 2006/1975.

которых 5–6 ведущих. Поскольку крупнейшими компаниями по добыче свинца являются одновременно и крупнейшие производители цинка, приводятся данные по этим компаниям, ранжированным по объемам производства рафинированного свинца в 2003 г. (рис. 5). Прямая корреляция между производством цинка и рафинированного свинца по компаниям отсутствует, так как она зависит от состава руд обрабатываемых месторождений. Обычно свинец занимает сопоставимое с цинком или подчиненное положение в производстве. Крупное производство свинца характерно для предприятий и компаний, обрабатывающих свинцово-цинковые месторождения с высокими содержаниями серебра в рудах, например на руднике Кеннингтон (Австралия) компании *BHP Billiton* [28].

В 2003 г. суммарный объем производства рафинированного свинца 14 ведущих компаний составил 1708,8 тыс. т, что соответствует лишь 25,5% от мирового. Это косвенно указывает на мировую расщепленность производства свинца и отсутствие явных компаний-лидеров.

Мировой перечень компаний, сфера деятельности которых связана с разработкой, подготовкой к освоению свинцово-цинковых месторождений, производством товарной продукции, насчитывает более сотни единиц. В их число входят компании, занятые исключительно производством рафиниро-

ванного металла из первичного и вторичного сырья и не владеющие сырьевыми активами (швейцарская *Metaleurop S.A.*, ряд европейских и американских компаний). Наиболее крупные из них успешно работают на мировом рынке свинца и цинка [1].

Краткая характеристика ведущих мировых действующих предприятий по добыче свинца приведена в табл. 3. Десять крупнейших рудников обеспечивают более одной четверти мирового рудничного производства свинца (29% от производства 15 стран — ведущих производителей мира). Эти данные также указывают на раздробленность рудничного производства металла. Характерно, что Китай — лидер по рудничному производству свинца — не имеет крупных рудников в числе своих добывающих предприятий [28].

Россия располагает мощной сырьевой базой свинца и развитыми отраслями промышленности с постоянно растущей потребностью в металле (автомобильная, аккумуляторная, кабельная и др.). Наиболее крупные российские компании по добыче свинца представлены *ГМК «Дальполиметалл»* и *Уральской ГМК* (в 2003 г. производство из руд составило соответственно 12 и 10,2 тыс. т Pb). Действующие предприятия по добыче свинца в России сосредоточены на разрабатываемых полиметаллических месторождениях Приморского края, Рудного Алтая и Северной Осетии. В небольших объе-

2002	2003	2004	2005	2006	% от мира	2006/1970
641,0	955,0	998,0	1000,0	1050,0	30,51	10,50
683,0	690,0	678,0	776,0	780,0	22,66	1,71
440,1	448,7	430,0	426,4	430,0	12,49	0,80
297,7	307,8	306,2	319,3	320,0	9,30	1,95
138,7	139,4	118,5	130,0	140,0	4,07	0,82
101,3	92,9	71,1	72,5	79,0	2,30	0,22
33,6	34,3	37,5	52,9	70,6	2,05	0,78
34,0	44,0	51,0	58,0	68,7	2,00	15,61
32,0	50,0	65,0	63,8	65,0	1,89	1,01
44,0	51,0	55,0	61,0	61,0	1,77	0,80
56,6	42,0	40,0	48,0	60,0	1,74	0,89
40,0	44,0	44,0	44,0	55,0	1,60	0,20
49,4	39,9	37,5	42,2	50,0	1,45	13,89*
62,4	38,6	31,3	31,0	42,0	1,22	0,52
19,0	20,0	22,0	22,0	22,0	0,64	1,05
2658,3	2987,2	2970,6	3130,2	3293,3	95,68	1,34
2840,0	3140,0	3110,0	3270,0	3442,0	100,00	1,02

мах производится отработка Горевского месторождения в Восточной Сибири. Общий объем добычи РФ за период 1970–2006 гг. снижился в 5,1 раза в конце 90-х годов, в последующем наметился его рост, который в 2006 г. составил 70,6 тыс. т (см. табл. 2).

Важным фактором состояния мирового рынка свинца (и цинка) являются отсутствие новых горнорудных предприятий для замены выбывающих старых и активизация процесса сокращения действующих мощностей. С одной стороны, это обусловлено отсутствием в последние годы новых крупных открытий месторождений свинца и цинка [13], поэтому ни рост мировых цен на свинец, ни снижение затрат на производство товарной продукции не в состоянии удовлетворить спрос на металл и способствовать росту объемов добычи. С другой стороны, потребности промышленности в свинце все более удовлетворяются масштабными и расширяющимися объемами переработки свинцового скрапа автомобильных аккумуляторов, что замещает до 60% производства свинца из руд металлом из вторичного сырья [1].

Период интенсивных ГРП на большинство цветных металлов пришелся на 1949–1977 гг. [25], что привело к открытию крупных Pb-Zn месторождений [13]. В дальнейшем темп открытий резко снизился, несмотря на рост мировых затрат на ГРП



Рис. 6. Структура мирового потребления свинца в 2006 г. по континентам (без РФ и других стран СНГ) (а), странам с различными типами экономики (б) и сферам использования (в)

на большинство металлов во второй половине 70-х годов, и в настоящее время находится на очень низком уровне. В этих условиях в мировой индустрии свинца (и цинка) наблюдаются рост интереса к вторичному сырью как одному из важных источников металла для промышленности и увеличение производства свинца из вторичных материалов.

На предприятиях свинцово-цинковой отрасли производство свинца обычно рассматривают как получение копродукта или попутного продукта, а издержки производства рассчитываются не на него,

## 3. Крупнейшие мировые предприятия по добыче свинца в 2004 г. и их краткая характеристика

Рудник, страна	Компания	Запасы Pb, тыс. т (01.01.04–01.01.05)	Pb/Zn в рудах	Годовое производство Pb в концентрате, тыс. т
Cannington, Австралия	<i>BHP Billiton</i>	1926,0	1:0,36	271,4
Tara, Ирландия	<i>Otokumpu Oju</i>	309,7	1:4,6	152,5
Red Dog, США, Аляска	<i>Teck Cominco</i>	3655,0	1:4,2	117
George Fisher, Австралия	<i>Xstrata</i>	1095,8	1:1,63	100
Brunswick, Канада	<i>Noranda</i>	703,0	1:2,48	73,7
Mount Isa, Австралия	<i>Xstrata</i>	18,8	1:1,26	37,2
Zinkgruvan, Швеция	<i>Lundin Mining</i>	456,0	1:2,0	31,4
Galmoy, Ирландия	<i>Arcon International Resources</i>	160,8	1:3,4	28,2
McArthur River, Австралия	<i>Xstrata</i>	257,6	1:2,3	26,2
Garpenberg, Швеция	<i>Boliden</i>	118,25	1:2,4	19,1

а на основной металл — цинк (в некоторых случаях серебро), поэтому характеристика издержек приводится в разделе по цинку.

**Потребление.** Объем мирового потребления свинца в 2006 г. составил 7953 тыс. т и за 1970–2006 гг. вырос в 2,05 раза. Среднегодовой темп роста потребления за весь период составил 2,91%, а после мирового спада, начиная с 1992 г., — 4,21%.

Структура потребления по континентам, странам с различными типами экономики и сферам использования свинца приведена на рис. 6. Основной объем потребления приходится на страны Азии, Америки и Европы с некоторым преобладанием в Азии, в странах которой сосредоточены основные

мощности предприятий автомобильной и лакокрасочной промышленности (см. рис. 6, а). Это подчеркивается и структурой потребления по странам с различными типами экономики с преобладанием промышленно развитых стран (более 54%) (см. рис. 6, б). В сфере потребления свинца преобладает продукция для автомобильной промышленности (изготовление аккумуляторов 71%), строительной и химической индустрии (получение пигментов и др. 12%) (см. рис. 6, в).

В число 15 ведущих мировых стран-потребителей свинца входят не только его продуценты, но и «чистые» потребители (табл. 4). На эти страны в сумме приходится около 82% мирового потребле-

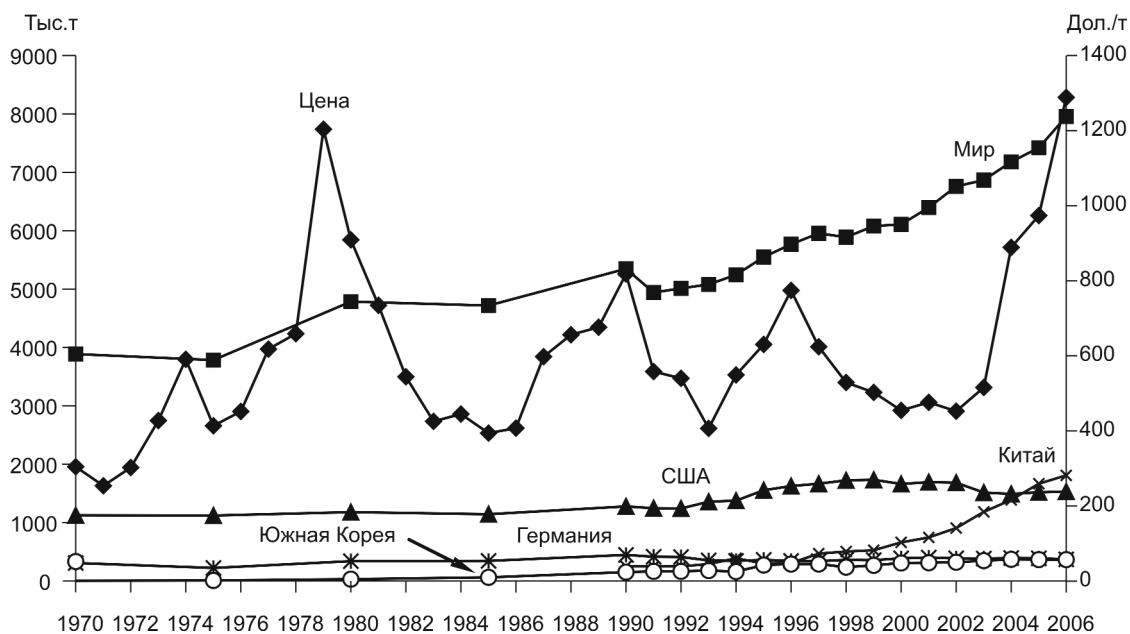
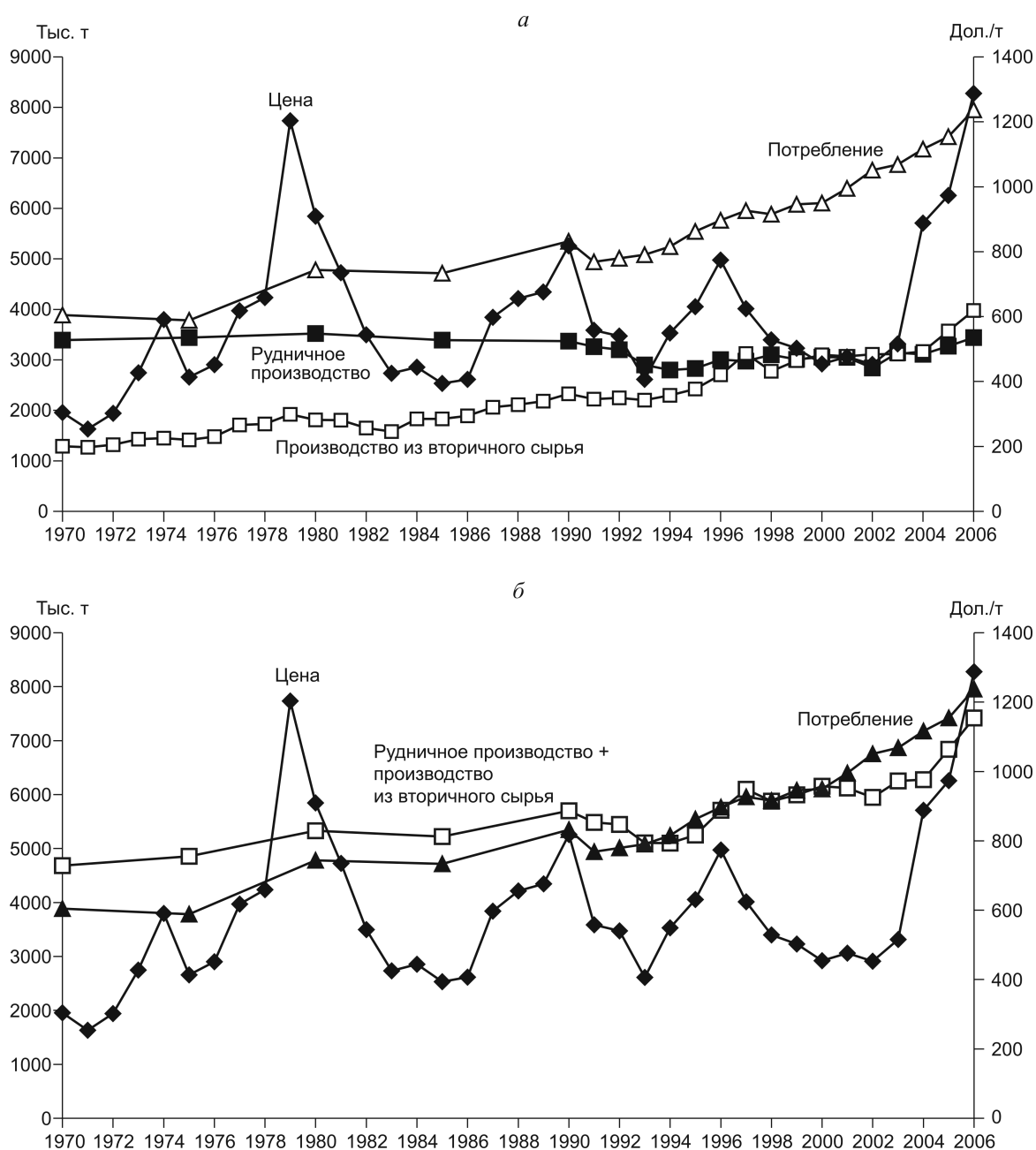


Рис. 7. Потребление свинца в мире, Китае, США, Германии, Южной Корее за 1970–2006 гг. в сопоставлении с ценой



**Рис. 8.** Рудничное производство, производство из вторичного сырья и потребление свинца в мире (а), суммарное рудничное производство, производство из вторичного сырья и потребление свинца в мире (б) в 1970–2006 гг. в сопоставлении с ценой

ния. К лидерам относятся страны (Китай, США, Германия, Южная Корея, Мексика) с хорошо развитыми или активно развивающимися автомобильной, электротехнической (кабельной) промышленностью, строительной индустрией, производством вооружений и т.д. Они обеспечивают около 55% общемирового объема потребления свинца (рис. 7; см. табл. 4). Все ведущие страны-потребители в течение 1970–2006 гг. наращивали

объемы потребления и особенно интенсивно — Китай (за 1990–2006 гг. в 7,24 раза) (см. рис. 7).

Россия не является крупным потребителем свинца и в число 15 ведущих стран не входит. Потребление свинца в РФ в 2006 г. составило около 110 тыс. т (производство 80 тыс. т + покрытие дефицита за счет импорта 30 тыс. т). Оно резко снизилось в 90-е годы в связи с потерей сырьевых активов и перерабатывающих мощностей при распаде СССР.

4. Динамика потребления свинца в ведущих странах-потребителях мира за 1970–2006 гг., тыс. т  
[5, 6, 25–27]

Страна	1970	1975	1980	1985	1990	1995	1996	1997	1998	1999
Китай	Нет данных (Н.д.)				250,0	300,0	310,0	470,0	505,0	525,0
США	1124,0	1120,0	1178,0	1141,7	1275,2	1555,0	1626,0	1665,0	1724,0	1733,0
Германия	306,0	224,0	341,0	345,0	447,5	360,0	342,0	341,0	361,0	359,0
Южная Корея	5,0*	10,0	33,0	63,2	150,0	272,0	290,0	292,0	237,0	270,0
Мексика	75,0	72,0	126,0	105,6	118,8	134,0	141,0	148,0	163,0	170,0
Япония	210,0	189,0	371,0	394,9	416,4	333,0	330,0	330,0	306,0	293,0
Великобритания	262,0	238,0	314,0	274,3	301,6	282,0	368,0	382,0	310,0	338,0
Италия	182,0	146,0	272,0	230,0	258,0	247,0	245,0	265,0	259,0	272,0
Испания	95,0	103,0	111,0	103,1	114,6	115,0	137,0	143,0	163,0	195,0
Тайвань	Н.д.			40,0	74,5	132,0	124,0	142,0	132,0	147,0
Тайланд	5,0*	10,0	16,0	23,0	30,1	60,0	80,0	48,0	46,0	62,0
Франция	192,0	174,0	206,0	208,0	254,5	263,0	255,0	256,0	251,0	250,0
Бразилия	26,0	51,0	81,0	74,2	75,0	92,0	94,0	115,0	110,0	108,0
Индия	57,0	36,0	54,0	70,0	80,0	80,0	104,0	88,0	88,0	100,0
Турция	8,0	9,5*	11,0	27,0	21,4	30,0	32,0	36,0	54,0	60,0
Итого	Н.д.				3885,2	4291,0	4516,0	4758,0	4721,0	4897,0
Мир	3885,7	3782,4	4783,4	4717,9	5348,0	5545,6	5765,6	5956,0	5886,0	6081,0

\* Оценка.

\*\* Отношение 2006/1985.

\*\*\* Отношение 2006/1990.

Однако в 2001–2006 гг. происходит оживление спроса на внутреннем рынке и рост потребления.

В 2006 г. средние мировые показатели душевого потребления свинца по сравнению с оценками за 1970–2000 гг. (1,13–1,29 кг/чел.) незначительно снизились до 1,19 кг/чел. Диапазон колебаний их у ведущих стран-потребителей сохраняется значительным — от 0,14 кг/чел. в Индии до 8 кг/чел. в Германии. В России душевое потребление свинца низкое, в 2005 г. оно составило 0,52 кг/чел., что ниже среднемирового уровня и близко к аналогичному показателю Бразилии (0,77 кг/чел.).

Суммарный мировой объем потребления свинца в 1970–2006 гг. обеспечивался производством металла из первичного сырья и за счет переработки скрапа. Соотношение между мировым рудничным производством и потреблением показывает, что рост последнего происходит на фоне снижения уровня добычи, обусловленного, по-видимому, отсутствием открытий новых месторождений, ухудшением качества руд на действующих предприятиях и др. (рис. 8, а). Максимальный темп снижения рудничного производства пришелся на 90-е годы, но рост потребления сохранялся. Высокий уровень потребления свинца обеспечивался возрастающей ролью в его структуре рафинированного ме-

талла, полученного из вторичного сырья. В 2006 г. доля металла из вторичного сырья в мировом потреблении составила около 50% (см. рис. 8, а), в США — около 90%. Эксперты еще в 1995 г. полагали, что к середине первого десятилетия XXI в. около 63% спроса на рафинированный свинец будут удовлетворяться за счет вторичного сырья [34]. Фактические данные по устойчивому росту производства свинца из вторичного сырья и успехи компаний, работающих в этой области [1], подтверждают подобные прогнозы. В 2001–2006 гг. мировое потребление продолжало расти и превысило суммарный объем рудничного производства свинца и металла из вторичного сырья (см. рис. 8, б). Однако рынок вторичного свинца имеет свои недостатки. Он сильно фрагментирован, свинцовые плавильные заводы подпитываются многочисленными мелкими поставщиками скрапа, в основном автомобильных аккумуляторов, доступность которого является всегда критической с точки зрения возможностей выявления, сбора, сортировки и поставок в различных странах [12], поэтому более 90% рециклированного металла поставляют на рынок промышленно развитые страны.

Снижение рудничного производства происходит на фоне повышения спроса на металл, и неко-

2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006*	% от мира	2006/1970
663	743,9	907,1	1183,0	1390,0	1665,0	1809,3	22,75	7,24***
1660	1694	1682,0	1513,0	1494,0	1520,0	1530,0	19,24	1,36
388,5	403,34	388,4	384,0	395,0	390,0	372,4	4,68	1,22
309	312,3	320,5	349,0	371,0	365,0	365,0	4,59	73,00
195	241,4	297,0	259,0	262,0	270,0	274,9	3,46	3,67
343,1	321,2	297,5	311,0	292,0	280,0	271,0	3,41	1,29
306,1	298,3	305,7	302,0	295,0	270,0	262,9	3,31	1,00
280	273,4	281,2	258,0	272,0	265,0	250,0	3,14	1,37
169,2	207,9	261,3	216,0	247,0	250,0	250,0	3,14	2,63
148	145,4	139,5	137,0	162,0	196,3	237,0	2,98	5,92**
73,2	69,5	85,5	131,0	138,0	168,5	217,0	2,73	43,40
262,4	253,6	214,9	220,0	215,0	212,0	200,0	2,51	1,04
121,2	121,5	117,4	112,0	103,0	132,7	144,8	1,82	5,57
56,4	57,6	139,1	142,0	150,0	110,2	120,0	1,51	2,11
56,4	46,1	63,5	72,7	83,2	92,9	97,0	1,22	12,13
5069,1	5226,9	5526,9	5589,7	5869,2	6187,6	6401,3	80,49	1,65***
6104,1	6397,2	6756,1	6867,0	7176,0	7420,0	7953,0	100,00	2,05

торые аналитики рассматривают этот процесс как кризис предложения [18].

Другими источниками потребляемого металла могут быть его складские биржевые запасы и запасы продуцентов.

**Цена.** В течение 70–80-х годов мировые цены на свинец испытывали значительные колебания, но основной тенденцией было их снижение после мирового максимума 1979 г. (1203,15 дол./т). В 90-е годы снижение мировых цен на свинец происходило одновременно с ростом производства и доли в производстве и потреблении свинца из вторичных материалов. Эти тенденции отражают существенное влияние на динамику мировых цен производства относительно дешевого по затратам металла из крупных свинцово-цинковых месторождений со значительным извлечением попутных компонентов руд (Cu, Zn, Ag, Au, TR) и растущего производства металла из вторичного сырья с низкими издержками на его получение по сравнению с рудами. Однако мировые цены на свинец (как и на другие цветные металлы) существенно возросли в 2003 г., в течение 2004–2006 гг. их рост продолжился. В 2006 г. был достигнут абсолютный максимум за период 1970–2006 гг. — 1287,9 дол./т. В 2007 г. средняя цена за девять месяцев достигла 2353,6 дол./т. Подоб-

ные ценовые изменения на рынке, как полагают аналитики, тесно связаны с двумя важнейшими факторами: значительным ростом и положительными прогнозами развития мировой автомобильной индустрии (т.е. повышением спроса, особенно в Китае, Южной Корее, на Тайване, в Мексике и Индии) и отсутствием крупных мирового масштаба открытий новых месторождений [13], позволяющих увеличить рудничное производство.

Сопоставление динамики среднегодовых мировых цен на свинец и показателей по миру и ряду ведущих стран по запасам, рудничному производству и потреблению свинца (см. рис. 2, 4, 7, 8) не выявляет корреляции этих показателей с ценовой ситуацией или она проявляется слабо. Причинами этого является влияние нескольких факторов. Процессы в добычном, перерабатывающем и потребляющем сегментах индустрии цветных металлов более инерционны по сравнению с изменениями цен на рынке. Соответствующая реакция рынка на изменения в горнодобычном секторе и отклик на них в мировых ценах наступают не сразу, а с некоторым лагом через события и ситуации длительного действия в промышленности и на рынке, общеэкономические рецессии и подъемы, связанные с крупнейшими мировыми процесса-

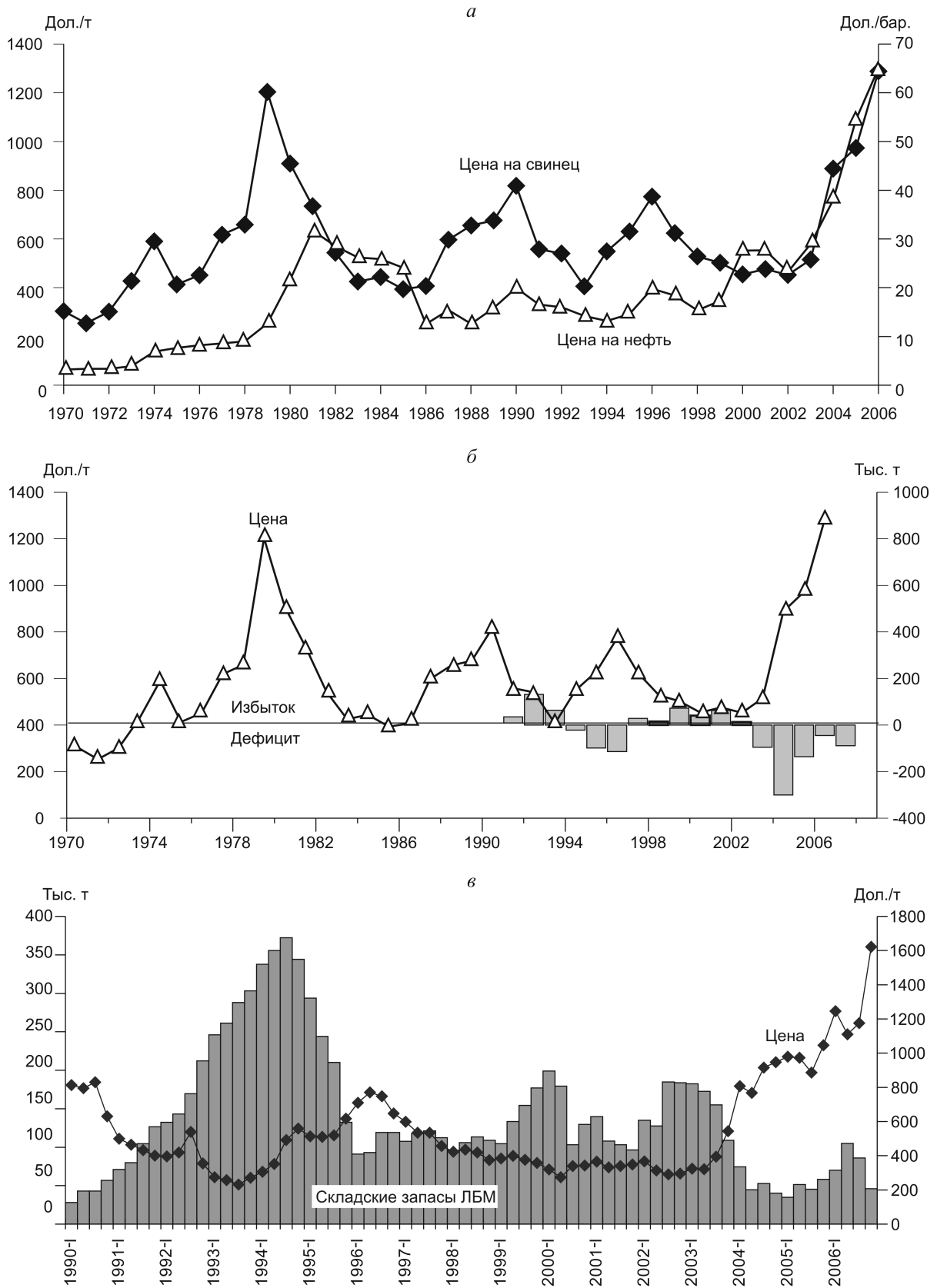


Рис. 9. Мировые цены на свинец в 1970–2006 гг. в сопоставлении со среднегодовыми мировыми ценами на нефть (а), балансом спроса-предложения на металл (б) и объемами складских запасов свинца на ЛБМ [22] (в)



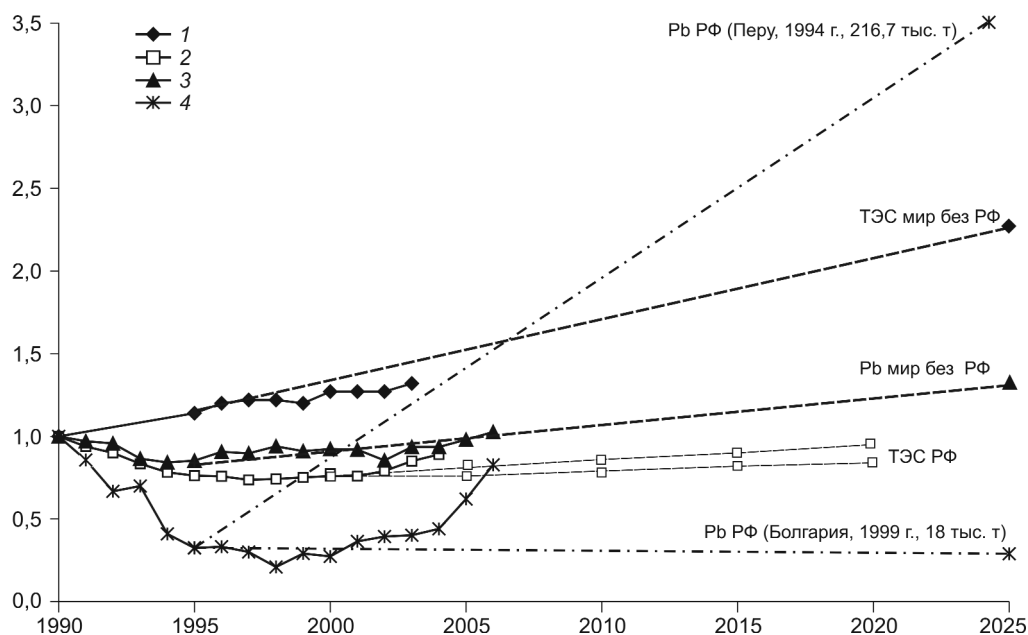


Рис. 10. Достигнутые (1990–2006 гг.) и прогнозируемые до 2025 г. уровни добычи свинца и топливно-энергетического сырья в мире и России (1990 г.=1):

1 — ТЭС мир без РФ, факт и прогноз; 2 — ТЭС РФ, факт и прогноз; 3 — Pb мир без РФ, факт и прогноз; 4 — Pb РФ, факт и прогноз

ми — войнами, технологическими новациями и др. [33]. С другой стороны, на мировой рынок влияют события вне рамок добычного сектора — общеполитические или общеэкономические, маркетинговые (выброс складских запасов металлов на мировой рынок) и др. Влияние каждого из этих факторов индивидуально, а их комбинации приводят к плохо контролируемым рыночным ситуациям. Так, существенное понижательное влияние на мировые цены свинца оказывает возрастающее вовлечение в потребление металла из вторичного сырья. В то же время, бурное развитие автомобилестроения и сопутствующих производств приводит к повышению спроса на металл и мировой цены на него, особенно при отсутствии новых сырьевых источников. Эта ситуация наблюдается в настоящее время.

Растущие цены на энергетическое сырье, преимущественно на нефть, оказали прямое воздействие на мировые цены на свинец, как и на другие цветные металлы, хотя и с некоторым отставанием (рис. 9, а). Баланс спроса-предложения на свинец в 90-е годы претерпел разнонаправленные колебания, при этом мировые цены на него возрастали в условиях рыночного дефицита и падали при избытке предложения [18] (см. рис. 9, б). Уменьшение складских запасов свинца на ЛБМ наиболее су-

щественно влияет на краткосрочную динамику цен, приводя к их немедленному повышению, и наоборот [30] (см. рис. 9, в).

Прогноз развития МСБ свинца, как и других цветных металлов, базируется на учете темпов роста народонаселения и потребности в топливно-энергетическом сырье (ТЭС). Динамика этих показателей определяет темпы роста добычи других полезных ископаемых [4, 7]. По прогнозам на этой основе добычи ТЭС и свинца в развитых и развивающихся странах с учетом основных положений энергетической стратегии России на период до 2020 г. объем мировой добычи свинца в 2025 г. должен достигнуть 1,310 тыс. т (от уровня 1990 г. 2965 тыс. т) при среднегодовых темпах роста за 1995–2025 гг. 2,3% (рис. 10).

Между прогнозом и динамикой добычи свинца и ТЭС в мире (без РФ) наблюдаются некоторые расхождения, которые отражают общие понижательные тенденции в добыче ТЭС по сравнению с прогнозным темпом и тенденции роста мирового производства свинца, близкие к прогнозу (см. рис. 10). Фактические данные по мировому (без РФ) рудничному производству свинца за 1995–2000 гг. показали хорошую сходимость с прогнозом. В 2001–2005 гг. произошло некоторое снижение уровня его рудничного производства по сравнению с прогноз-

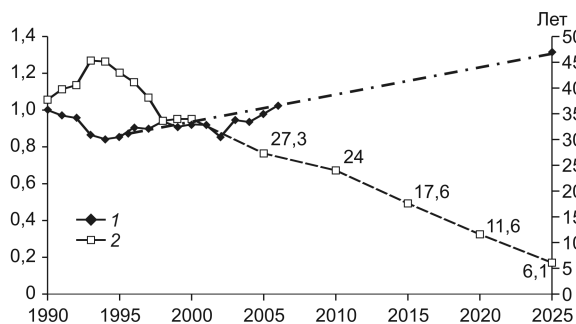


**Рис. 11. Обеспеченность мировой добычи запасами свинца:**

ретроспектива за 1970–2006 гг. и прогноз до 2025 г. по данным за 1994–2006 гг.

ным, но в дальнейшем темп роста мирового рудничного производства повысился.

Для РФ характерно превышение темпов роста производства ТЭС по сравнению с прогнозом даже по оптимистическому варианту энергетической стратегии России (см. рис. 10), обусловленное успехами нефте- и газодобычи. Прогнозный уровень добычи свинца в РФ на 2025 г., по оценке ЦНИГРИ [4], при оптимистическом варианте мог бы составить 216,7 тыс. т, при минимальном пессимистическом (с продолжающимся спадом производства) — 18 тыс. т (см. рис. 10). Однако реальные уровни и темп добычи свинца в РФ в конце 90-х годов не соответствовали рассчитанным прогнозным оценкам и оказались несколько заниженными даже по сравнению с пессимистическим вариантом. С 1995 по 1998 гг. продолжалось неравномерное снижение рудничного производства. В 1999–2004 гг. наступил

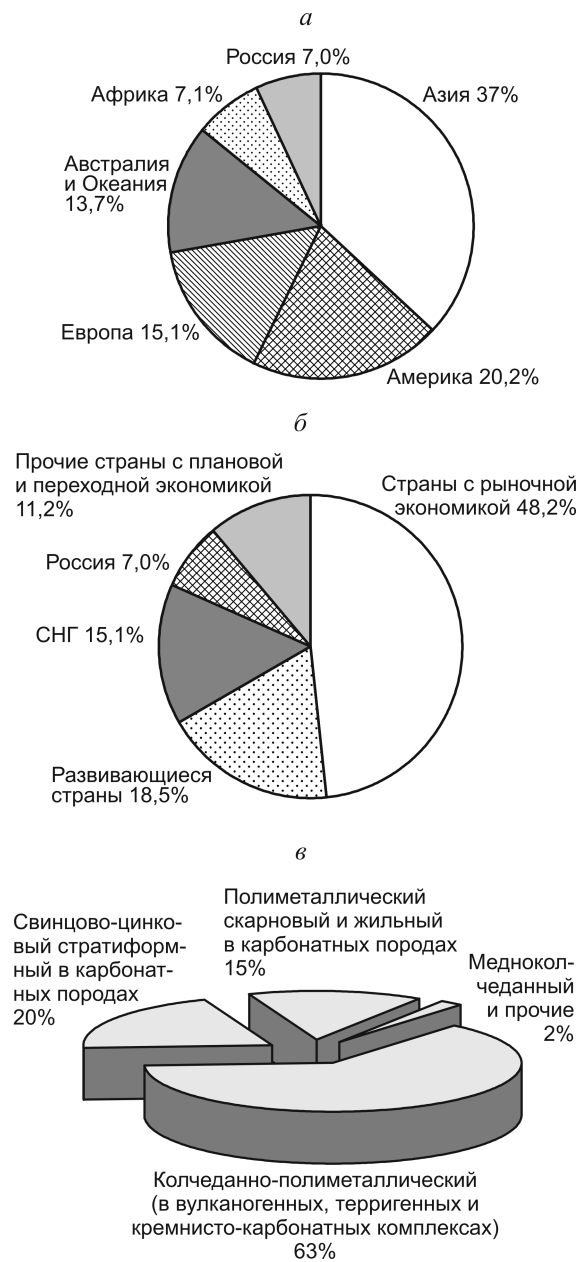


**Рис. 12. Обеспеченность мировой добычи свинца доказанными мировыми (без РФ) запасами по состоянию на январь 2000 г. в сопоставлении с прогнозом добычи до 2025 г. (уровень добычи 1990 г.=1):**

1 — добыча, мир без РФ, факт и прогноз; 2 — обеспеченность добычи запасами, факт и прогноз

перелом и производство металла росло со среднегодовым темпом 18,3%, превысив пессимистический прогнозный уровень роста. В 2005–2006 гг. он вырос до 44,1%, превысив оптимистический темп роста. Эти факты хорошо объясняются активизацией добывающих мощностей РФ.

Фактические и прогнозные данные для РФ показывают, что на динамику добычи свинца существенно влияют не только факторы развития то-



**Рис. 13. Структура мировых доказанных запасов цинка по состоянию на 01.01.07 г. по континентам (а), странам с различными типами экономики (б) и ведущим геолого-промышленным типам месторождений (в)**

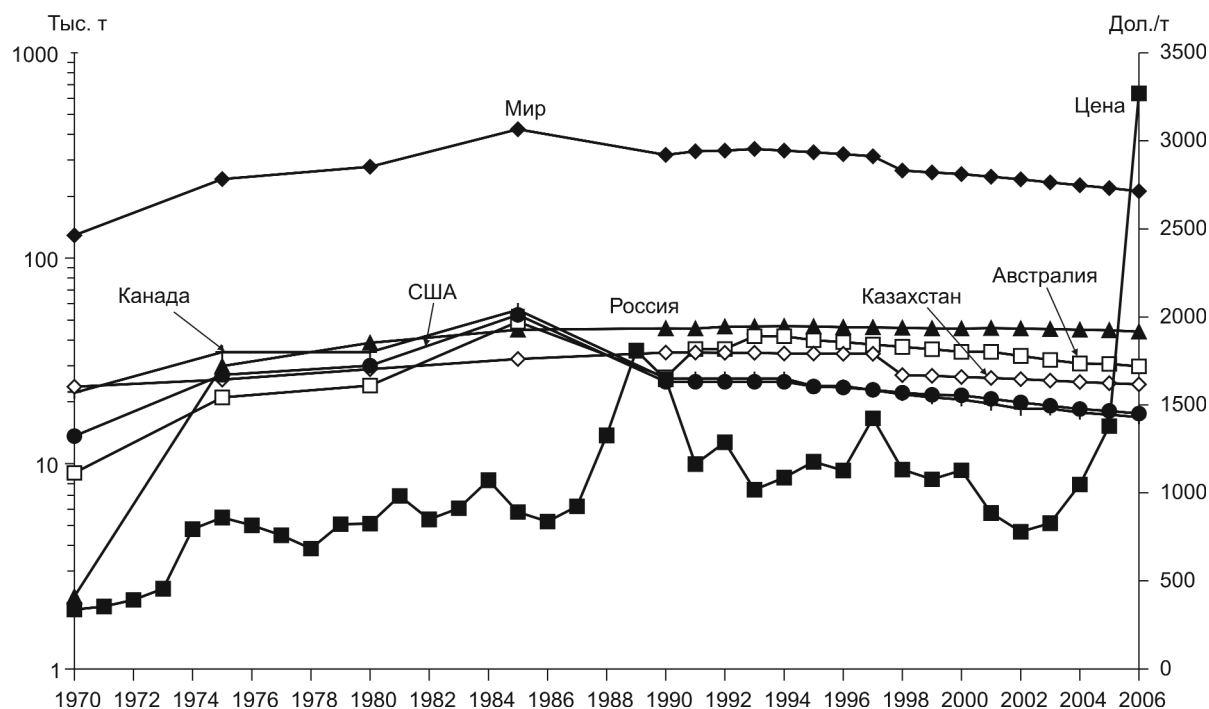


Рис. 14. Динамика доказанных запасов цинка по состоянию на 01.01.71–01.01.07 гг. в мире, России, Австралии, Казахстане, США и Канаде в сопоставлении с номинальной ценой

пивно-энергетического комплекса страны, но и более сложные экономические и правовые. Ретроспективный анализ за 90-е годы указывает также на отсутствие связи между уровнями добычи ТЭС и свинца в РФ. Расхождение между добычей свинца и ТЭС обусловлено более существенным снижением уровня рудничного производства свинца по сравнению даже с пессимистическим прогнозом и динамикой добычи ТЭС. Позитивные изменения в свинцовой отрасли с конца 90-х годов происходят в связи с общим улучшением состояния экономики страны, промышленностью, совершенствованием принципов сырьевой политики государства и ведущих добывающих компаний, в частности в сфере освоения месторождений, и т.д.

**Обеспеченность добычи доказанными запасами.** Обеспеченность добычи запасами — важный, но неустойчивый показатель, величина которого зависит от многих факторов, в том числе: темпов роста рудничного производства; состояния запасов сырья и темпов их воспроизводства (открытия новых месторождений); состояния ресурсной базы; объемов инвестиций в ГРР; темпов подготовки новых объектов к эксплуатации; рыночной конъюнктуры в целом — мировых цен (экономической доступности минерального сырья), соотношения между спросом и предложением; инноваций в технологической области добычи

и переработки руд и области конечного использования (потребления); накопленных объемов вторичного сырья и развития технологий извлечения металлов из него и др.

Для свинца характерен значительный и возрастающий объем мирового производства дешевого металла из вторичного сырья (с 1997 г. отмечено превышение производства металла из первичного сырья) [1], и это в сочетании с отсутствием новых открытий месторождений обуславливает снижение в потреблении относительной доли дорогостоящего металла, полученного из руд (см. рис. 8, а, б). Совместное действие данных факторов и уменьшающихся с начала 90-х годов мировых запасов приводит к тому, что обеспеченность добычи запасами за 1970–2006 гг. испытала сложные изменения. Ретроспективный анализ показал, что мировая обеспеченность по свинцу имеет один ярко выраженный максимум в 1985 г. (~55 лет), резко снижается (до 41 года) в начале 90-х годов с последующим ростом до 50 лет в 1994 г. В дальнейшем и в настоящее время происходит ее снижение. Тренд снижения за 1994–2006 гг. показывает, что к 2025 г. она может составить около 14 лет (рис. 11).

Прогноз мировой добычи до 2025 г. [7] с достижением в 2025 г. 1,60 объема добычи 1990 г. при принятом темпе его роста и отсутствии простого воспроизводства запасов (годового прироста, ком-

5. Состояние доказанных запасов цинка в мире и ведущих странах за 1970–2006 гг., тыс. т  
[5, 6, 24–26]

Страна	1970	1975	1980	1985	1990	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Россия	2253,2	29861,6	38751,9	44753,5	45554,3	46571,5	46180,9	46011,0	45792,5	45591,7	45366,0
Австралия	9000	21000	24000	49000	26300	39880	39000	38040	37030	36000	35000
Казахстан	23635	25645	28795	32343	34745	34340	34220	34220	26980	26735	26400
США	13600	27000	30000	53000	25000	23725	23500	22868	22135	21620	21500
Канада	22700	34900	34900	56000	26000	23880	23880	22811	21750	21000	20500
Индия	1500	2200	2200	13000	17960	17660	17510	17368	17175	17000	16830
ЮАР	900	1800	7000	12120	12000	11850	11800	11729	11660	11580	11520
Япония	4450	3910	3910	7550	7100	6905	6805	6733	6665	6600	6540
Польша	3877*	5734*	6205*	8569*	8600	8095	7100	6942	6785	6724	6570
Ирландия	1330	4800	6000	4300	6500	9420	9220	9027	6850	6650	7500
Иран	500	6000	6000	6840	6000	5863	5800	5625	5545	5465	5390
Испания	1400	5400	5400	9240	6000	5680	5510	5363	5235	5217	5100
Турция	100	200	1000	5530	5500	5400	5335	5271	5215	5160	5110
Узбекистан	2087	3082	3567	4473	5142	4745	4725	4722	4722	4722	4722
Азербайджан	2898	3430	4168	3648	3648	3648	3648	3648	3648	3648	3648
Итого	90230	174962	201897	310367	236049	247663	244234	240378	227188	223713	221696
Мир	129251	242779	279030	424380	318368	327717	321400	313023	267492	261607	256633

\* Оценка.

пенсующего годовую добычу) дает отрицательную динамику обеспеченности добычи подтвержденными запасами (для мира без РФ) и приводит к снижению мировой обеспеченности добычи запасами свинца к 2025 г. до уровня 6 лет (рис. 12).

**Основные типы месторождений цинка.** Минерально-сырьевая база металла представлена теми же геолого-промышленными типами месторождений, что и сырьевая база свинца [6, 7], а также некоторыми нетрадиционными ГПТ, в частности несulfидным.

Несulfидные Pb-Zn месторождения (неточное название «Pb-Zn оксидные месторождения») широко распространены в крупнейших планетарных орогенных поясах мира [15], стали привлекательными объектами ГРП и освоения в результате недавних достижений гидрометаллургии. Руды большинства объектов подобного типа являются цинковыми по составу, свинцоворудные объекты редки. Типичным примером месторождений такого типа служит крупный горнорудный проект Скорпион (Намибия), недавно вошедший в число действующих.

**Запасы.** Доказанные запасы цинка учтены в 71 стране, на 01.01.06 г. составили 211 900 тыс. т и за период 1970–2006 гг. выросли в 1,6 раза. Структура мировых доказанных запасов цинка по континентам, странам с различными типами экономики приведена на рис. 13, по геолого-промышленным ти-

пам месторождений она аналогична структуре запасов для месторождений свинца. Ведущими по запасам являются Азиатский континент (37%) и страны рыночной экономики с высокоразвитой промышленностью (48,2%). Среди ведущих ГПТ преобладают колчеданно-полиметаллические месторождения в вулканогенных, терригенных и кремнисто-карбонатных комплексах (63%).

Анализ за 1970–2000 гг. [7] показывает, что мировые запасы достигли максимума 340,839 млн. т в 1993 г. и в последующие годы снижались (табл. 5, рис. 14). В начале XXI в. эта тенденция сохраняется, и за 2000–2003 гг. запасы снизились на 8,7%. Интенсивное снижение запасов происходит в Канаде, Польше и особенно резкое в Китае (более чем в 2 раза с 1990 г.). Россия, занимающая ведущее место по запасам цинка в мире, наращивала их до 1994 г. (47 166,1 тыс. т) (см. табл. 5, рис. 14). В последующие годы и по настоящее время происходит их медленное снижение в связи с отсутствием на балансе новых минерально-сырьевых объектов и воспроизводства запасов.

У 15 ведущих стран-держателей, в том числе наиболее крупных — России, Австралии, Казахстана, США (54,5% общемировых запасов цинка в 2006 г.), запасы до 1994 г. росли и за весь период увеличились более чем в 2 раза, хотя в последующие годы также снижались (см. табл. 5). За весь пе-

2001	2002	2003	2004	2005	2006*	% от 2006	2006/1970
45643,0	45427,2	45142,9	44867,4	44550,5	43916,5	20,73	19,49
35000	33480	32000	30670	30558	29708	14,02	3,30
26080	25735	25340	24980	24612	24272	11,45	1,03
20670	19870	19135	18420	18048	17525	8,27	1,29
19510	18460	18500	17710	17264	16827	7,94	0,74
16640	16438	16120	15790	15401	14887	7,03	9,92
11395	11320	11280	11270	11220	11204	5,29	12,45
6475	6475	6425	6375	6325	6246	2,95	1,40
6415	6245	6090	5950	5774	5610	2,65	1,45
7240	6950	6530	6100	5663	5244	2,47	3,94
5310	5240	5130	5040	5000	4931	2,33	9,86
4900	4900	4885	4870	4870	4870	2,30	3,48
5060	5010	4975	4940	4892	4855	2,29	48,55
4722	4722	4722	4720	4720	4720	2,23	2,26
3648	3648	3648	3650	3650	3650	1,72	1,26
218708	213920	209923	205352	202547	198465	93,66	2,10
249396	242044	234048	226698	219386	211900	100,00	1,64

риод доля в мировых запасах цинка 15 ведущих стран-держателей возросла более чем на 34% из-за уменьшения запасов в остальных странах мира (см. табл. 5, рис. 14). Это состояние сохраняется по причине более низких затрат на ГРП и инвестиций на освоение выявленных ресурсов в остальных странах мира.

**Рудничное производство.** Объем мирового рудничного производства цинка в течение ретроспективного периода 1970–2006 гг. устойчиво увеличивался в связи с растущими нуждами промышленности и в 2006 г. составил 10 350 тыс. т, а за весь период вырос в 1,88 раза. Темп этого роста до начала 90-х годов составил около 1,67%, в 1992–1994 гг. произошел резкий спад производства, в последующие годы до настоящего времени наблюдается его рост с более высоким темпом, порядка 3,55%.

В структуре мирового рудничного производства цинка (рис. 15) наиболее важная роль принадлежит Американским (37,4%) и Азиатскому (34,7%) континентам (см. рис. 15, а), странам рыночной экономики (37,2%) и развивающимся (30,6%) (см. рис. 15, б), а из геолого-промышленных типов — колчеданно-полиметаллическому в различных комплексах пород (48%) и свинцово-цинковому стратиформному в карбонатных породах (30%) (см. рис. 15, в).



Рис. 15. Структура мирового рудничного производства цинка в 2006 г. по континентам (а), странам с различными типами экономики (б) и ведущим геолого-промышленным типам месторождений (в)

В рудничном производстве цинка, как и свинца, участвуют десятки стран на различных континентах, поэтому величины этого показателя для ведущих стран-производителей по сравнению с мировыми объемами оказываются достаточно низкими, как и их суммарная доля в мировом производстве. Среди 15 ведущих стран-производителей (92% общемирового производства) к наиболее крупным производителям (более 10% мирового рудничного производства в каждом) относятся Китай, Австралия и Перу, ко-

6. Динамика рудничного производства цинка в мире и ведущих странах-производителях за 1970–2006 гг., тыс. т [5, 6, 25–27]

Страна	1970	1975	1980	1985	1990	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Китай	100,0	150,0	160,0	390,0	618,9	1011,0	1121,0	1210,0	1200,0	1280,0	1710,2	1572,1	1624,0	2029,0
Австралия	487,2	510,0	495,3	742,5	940,0	893,0	1008,0	972,0	1013,0	1122,0	1379,0	1476,0	1444,0	1447,0
Перу	329,0	364,9	487,6	582,6	583,9	689,0	759,0	865,0	869,0	910,0	910,3	1056,0	1221,8	1369,0
Канада	1253,1	1229,5	1058,7	1172,2	1203,2	1113,0	1223,0	1069,0	1065,0	1009,0	1002,0	1065,0	916,0	788,0
США	532,5	467,9	348,5	251,9	543,2	678,0	628,0	632,0	733,0	813,0	852,0	842,0	787,2	768,0
Индия	9,0	22,8	32,0	53,0	70,0	154,0	154,0	142,0	195,0	145,0	208,0	222,0	234,0	305,0
Мексика	263,0	220,8	235,3	312,2	306,7	364,0	379,0	367,0	370,0	390,0	393,0	429,0	446,1	472,0
Казахстан	474,4	449,9	419,4	465,4	464,6	155,0	157,0	223,0	224,0	245,0	322,1	320,0	376,0	395,0
Ирландия	108,4	66,6	228,7	191,6	166,5	184,0	163,0	193,0	177,0	201,0	263,0	298,3	252,7	419,0
Россия	575,0	537,3	439,4	356,0	319,3	199,1	194,7	170,1	203,1	203,1	273,9	261,4	291,1	296,2
Швеция	89,0	111,3	167,4	216,4	159,9	168,0	160,0	155,0	160,0	177,0	176,6	156,3	148,6	186,9
Бразилия	12,6	37,4	67,0	85,0	110,0	136,0	128,0	128,0	88,0	93,0	96,5	111,4	136,4	147,0
Боливия	47,0	48,8	50,3	38,1	107,9	146,0	145,0	155,0	156,0	152,0	151,0	145,0	141,7	145,0
Иран	40,0	80,0	30,0	50,0	14,8	62,0	76,0	75,0	80,0	82,0	102,0	105,0	121,0	111,0
Польша	241,7	210	216,7	185,8	154,8	156,0	159,0	158,0	158,0	153,0	157,0	152,7	152,2	154,0
Итого	4561,9	4507,2	4436,3	5092,7	5763,7	6108,1	6454,7	6514,1	6602,0	6900,0	7741,7	7975,5	7647,7	8311,9
Мир	5510,3	6176,7	6039,6	6696,1	7327,8	7071,1	7382,7	7372,1	7440,0	7715,8	8821,7	9052,9	8919,1	9365,6

\* Оценка.

торые в сумме дают около 50% общемирового производства (табл. 6, рис. 16). Наиболее существенный рост рудничного производства за 1970–2006 гг. произошел в Индии (в 53,4 раза), Китае (в 25,9 раз) и Бразилии (в 13,1 раза).

Среднегодовые темпы роста добычи стран-производителей неравномерно возрастали и в середине

90-х годов у ведущих из них достигали высоких значений — в США (23%), Китае (12,7%). В конце 90-х и до 2005 г. темпы добычи ведущих стран-производителей снизились, в Канаде до отрицательных значений (–2,34%). В настоящее время наиболее высокий темп роста рудничного производства характерен для Китая (9,34%).

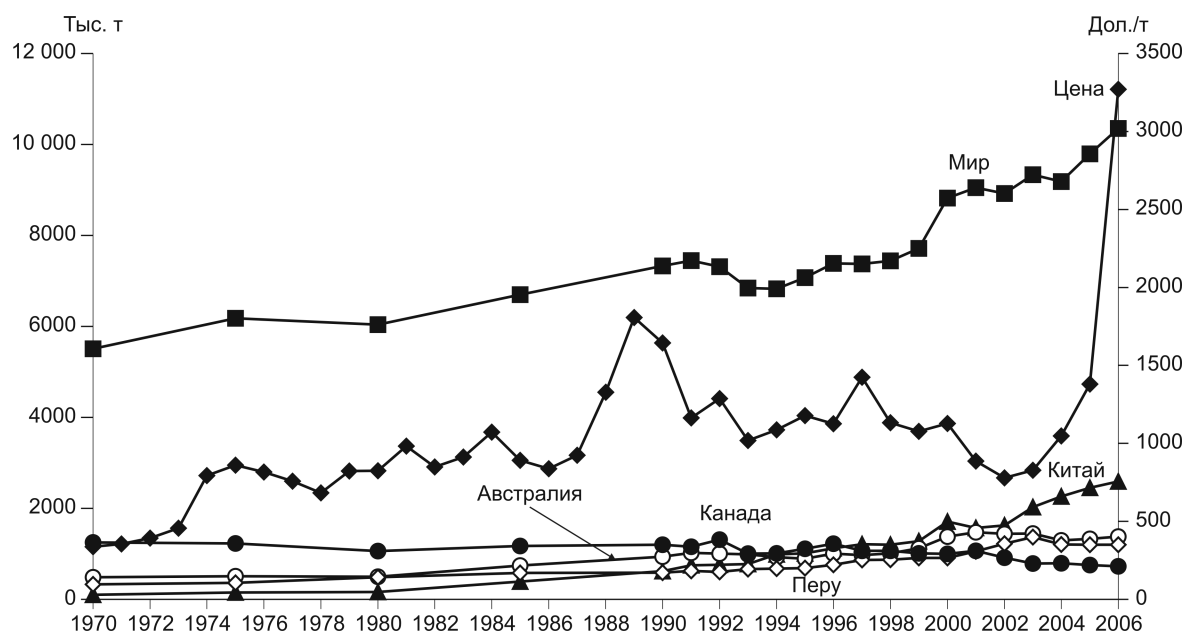


Рис. 16. Рудничное производство цинка в мире, Китае, Австралии, Перу и Канаде за 1970–2006 гг. в сопоставлении с ценой

2004	2005	2006*	% от мира	2006/1970
2264,0	2450,0	2591,0	25,03	25,91
1298,0	1329,0	1380,0	13,33	2,83
1209,0	1201,7	1201,7	11,61	3,65
791,0	755,0	725,0	7,00	0,58
739,0	748,0	725,0	7,00	1,36
341,0	446,0	480,8	4,65	53,42
462,0	470,0	450,0	4,35	1,71
384,0	400,0	450,0	4,35	0,95
438,0	429,0	430,0	4,15	3,97
289,3	335,4	304,7	2,94	0,53
199,0	216,0	220,0	2,13	2,47
165,0	160,0	165,0	1,59	13,10
147,0	158,6	162,4	1,57	3,46
121,0	125,0	134,9	1,30	3,37
148,0	117,2	111,2	1,07	0,46
8962,0	9185,5	9531,7	92,09	2,09
9185,2	9795,1	10350,0	100,00	1,88

Россия занимает 10-е место в составе 15 ведущих стран по добыче цинка. Отрабатываемые сырьевые объекты представлены колчеданными медно-цинковыми и полиметаллическими месторождениями Челябинской и Оренбургской областей Урала, а также Приморского края. В небольших объемах отрабатывается Горевское месторождение в Восточной Сибири. За рассматриваемый период в результате выбытия добывающих мощностей при распаде СССР и отсутствия новых сырьевых объектов рудничное производство цинка в РФ снижалось до минимума в 1997 г. — 170 тыс. т. За весь период оно снизилось в 1,89 раза и в 2006 г. составило 304,7 тыс. т (см. табл. 6). С 1998 г. и до настоящего времени происходит неравномерный подъем производства цинка со среднегодовым темпом 8,79%.

Показатели душевой добычи цинка в мире в 1970–2000 гг. снизились в 1,2 раза до 1,44 кг/чел. [7]. В 2001–2006 гг. они несколько увеличились (до 1,55 кг/чел. в 2006 г.) и у трех ведущих стран (>10% мирового производства в каждой) составили 3,77 кг/чел. Максимальный уровень (100 кг/чел.) и некоторый спад душевой добычи в 2006 г. характерны для Ирландии. Высокие уровни душевой добычи (21,9–65,4 кг/чел.) удерживают также Австралия, Перу, Казахстан, Швеция, Канада.

Сводные данные и краткая характеристика наиболее крупных компаний-производителей свинца и цинка, ранжированных по рудничному производству или производству рафинированных металлов, обычно имеются в ежегодных стратегических об-

зорных докладах по минеральному сырью [19, 20]. Сведения о рудничном производстве цинка 10–20 ведущих мировых добывающих компаний в 2003–2005 гг. (по данным компании *Boliden*) приведены на рис. 17.

В 2003 г. выделяются три наиболее крупные компании, лидирующие в отрасли — *Teck Cominco* (Канада), *Pasminco* (Австралия) и *Noranda Inc.* (Канада), владеющие крупными сырьевыми активами с высокими уровнями рудничного производства свинца и цинка (см. рис. 17, рис. 5). Динамика рудничного производства двух из этих компаний за 2001–2004 гг. отрицательная, особенно у *Pasminco*, и лишь *Noranda Inc.* наращивала производство. Выделяется также группа компаний с резко выраженной положительной динамикой роста рудничного производства, активно осваивающих или готовящих к освоению новые свинцово-цинковые сырьевые объекты — *Xstrata/Glencore* (Швейцария), *Anglo American* (Великобритания), *Boliden* (Швеция), *Hindustan Zinc* (Индия) и *BHP Billiton* (Австралия). У остальных крупных компаний динамика роста производства выражена слабо или отсутствует. К их числу относится и российская *Уральская ГМК* с объемом годового рудничного производства цинка около 115 тыс. т. В 2005–2006 гг. подобные различия в группах компаний выравниваются в результате изменения объемов их производства, слияния компаний (*Xstrata/Glencore*) и по другим причинам.

Крупнейшие действующие рудники ведущих компаний по производству цинка на свинцово-цинковых и медно-цинковых месторождениях и их краткая характеристика представлены в табл. 7.

Сопоставление объемов годового рудничного производства цинка на ведущих объектах зарубежных компаний (см. табл. 7) и крупнейшей в России *Уральской ГМК* (см. рис. 17) свидетельствует о необходимости принятия решительных мер по наращиванию российского рудничного производства цинка.

Средние издержки производства стран — крупнейших мировых продуцентов цинка — как интегральный показатель эффективности их добывающей отрасли во второй половине 90-х годов снижались и в 1997–2000 гг. находились в интервале 841,0–864,2 дол./т [3] (рис. 18, а). Пологий характер кривых и узкий интервал издержек ведущих стран-продуцентов указывают, с одной стороны, на острую конкурентную борьбу между ними за снижение показателя, а с другой — на возможность их снижения за счет влияния макроэкономических факторов, а также интенсивных усилий компаний по подъему производительности и сокращению издержек всеми доступными способами. Понижительная динамика производственных издержек на цинк в 1997–2006 гг.

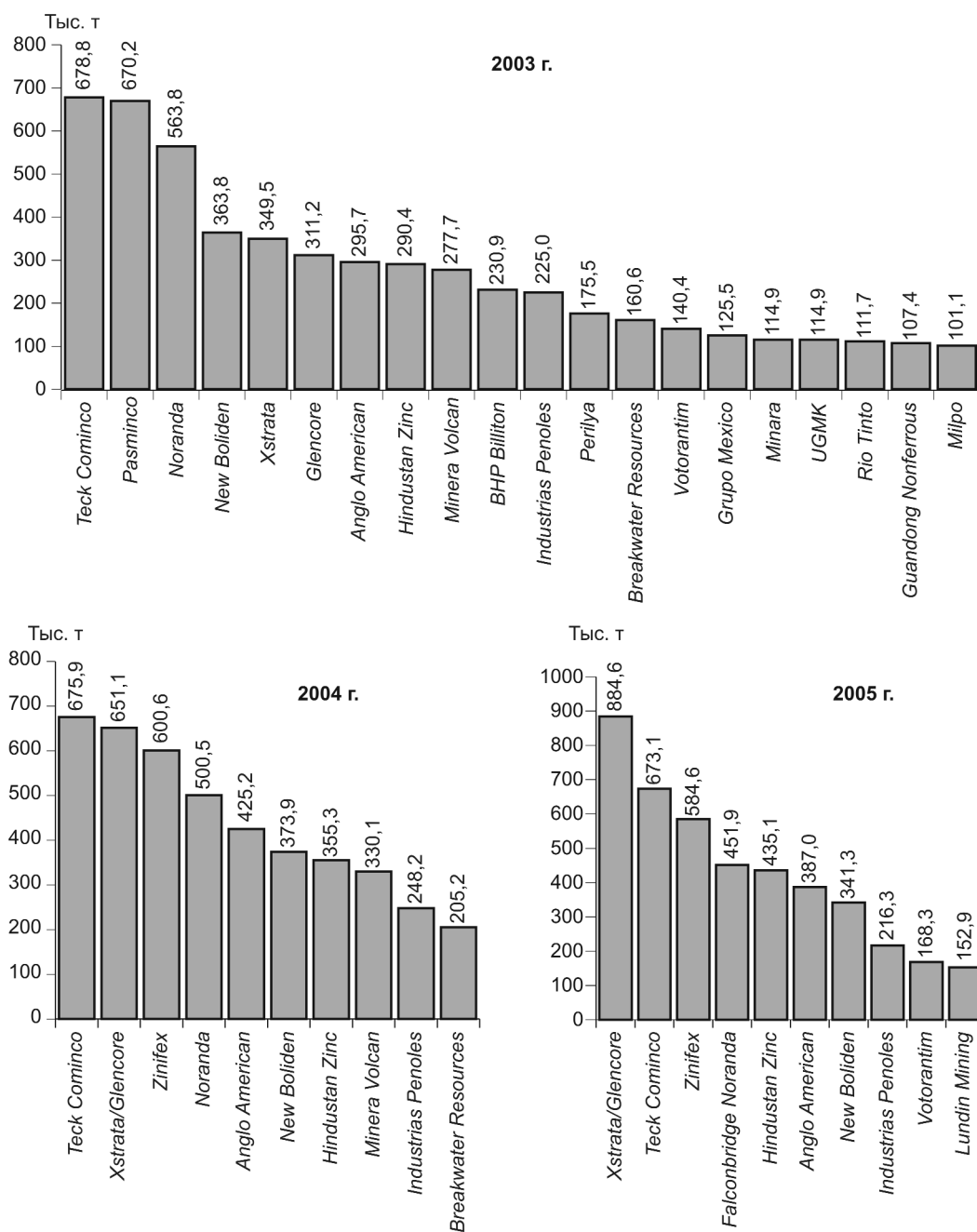


Рис. 17. Рейтинг и динамика рудничного производства цинка ведущих мировых компаний-производителей в 2003–2005 гг. [12, 17]

показана на примере свинцово-цинковых добывающих предприятий шведской компании *Boliden* — одной из ведущих мировых компаний по производству цинка (см. рис. 18, б). По данным этой компании за 2005–2006 гг. [12], происходят смена тенденций и рост издержек на ее предприятиях вследствие всеобщего удорожания энергетических ресурсов, материалов и др.

Разработка процессов экстракции в раствор (SX) и электроосаждения (EW) [14, 36], модернизация традиционной технологии передела несulfидных руд до оксида цинка в обжиговых печах Waltz способствовали вовлечению в производство нового геолого-промышленного типа несulfидных цинковых месторождений (Скорпион, Намибия). Они играют важную роль в снижении издер-



### 7. Характеристика крупнейших мировых предприятий по добыче цинка из руд полиметаллических и медно-цинковых месторождений (2003–2004 гг.) [16, 35]

Рудник, страна	Компания-оператор, страна	Запасы руды, млн. т	Среднее содержание в рудах, %	Производство Zn в концентрате, тыс. т/год
Red Dog, США	Teck Cominco, США	85	18,2	554,2
Century, Австралия	Zinifex Ltd., Австралия	48,7	12,1	500
Antamina, Перу	Noranda Inc., Канада	559	1,03	283,5
Cannington, Австралия	BHP Billiton, Австралия	22,24	3,88	281,97
Rampura Agucha, Индия	Hindustan Zinc Ltd., Индия	42,3	13,1	240
Mount Isa, Австралия	Xstrata Plc, Швейцария	45,7	6,63	231
Brunswick, Канада	Xstrata Plc, Швейцария	14,69	8,77	260
Tara, Ирландия	Boliden, Швеция	15,9	8,5	195,8
Lisheen, Ирландия	The Lisheen Mine, Ирландия	10,6	10,4	159,3
Kidd Creek, Канада	Falconbridge Ltd., Канада	18,07	6,03	133,7
Galmoy, Ирландия	Arcon International Resources, Ирландия	3,55	14,7	95,88
Zinkgruvan, Швеция	Lundin Mining, Швеция	8,16	9,7	62,8
McArthur River, Австралия	Xstrata Plc, Швейцария	40	12,6	60,26
Garpenberg, Швеция	Boliden, Швеция	4,73	6,00	54,9
Myra Falls, Канада	Breakwater Resources Ltd.	6,39	6,7	18,23

жек производства. Существенный вклад в снижение производственных издержек вносят и другие технологические новшества. Например, технология нетрадиционного автоклавного выщелачивания, применяемая при переделе низкосортных продуктов обогащения руд — концентратов с 39–45% металла (обычно 50%), т.е. когда традиционная для цинкового производства технология — пирометаллургический способ, или термический обжиг (обжиг–выщелачивание–электролиз), экономически невыгодна. Автоклавные технологии используют при переработке руд канадские компании и казахская *Казахмыс* (Балхашский завод, впервые в Казахстане и странах СНГ). Технология передела двухстадийная с замкнутым циклом: автоклавное кислотное выщелачивание с последующим извлечением цинка из растворов электролизом (SX EW). Метод характеризуется большим выходом металла и экологической безопасностью [10]. Достоинства этой технологии — сокращение выбросов вредных веществ в атмосферу, поскольку не нужны процессы обжига и вельцевания, и отсутствие необходимости строительства сернокислотного цеха. В балхашском проекте (мощность 100 тыс. т/год чушкового цинка) совмещены канадская технология автоклавной переработки низкосортных цинковых концентратов (Dunatek), технологии очистки растворов и электролиза ВНИИцветмета и используется высокопроизводительное оборудование фирм Финляндии, Канады, Германии, Бельгии, Швейцарии, Казахстана, России и Украины [11].

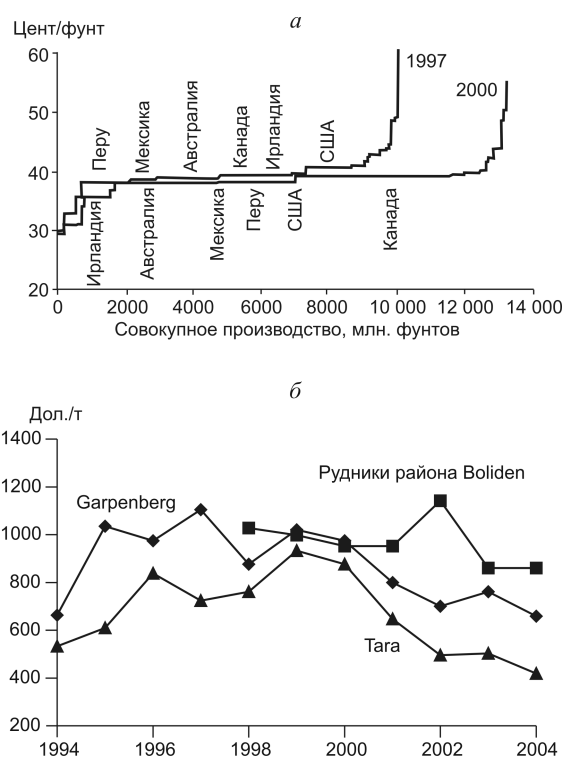


Рис. 18. Средние издержки производства цинка в развитых и развивающихся странах — крупнейших производителях цинка в 1997–2000 гг. [3] (а), среднегодовые производственные издержки по цинку на крупнейших Pb-Zn предприятиях компании Boliden, Швеция в 1994–2004 г. [12] (б)

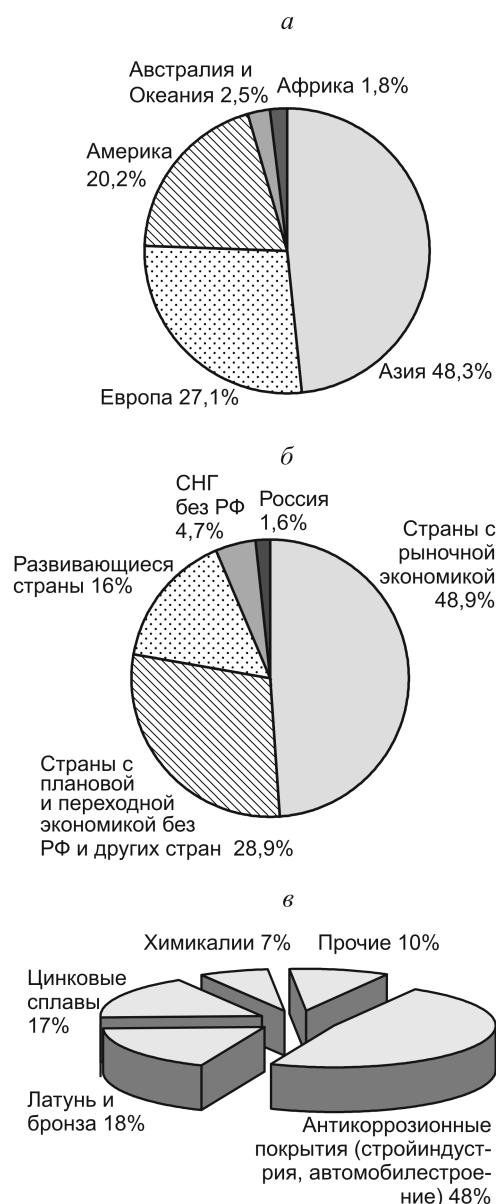


Рис. 19. Структура мирового потребления цинка за 2006 г. по континентам (а), странам с различными типами экономики (б), секторам промышленности и областям конечного использования (в)

Снижение издержек производства цинка (и свинца) зависит также от состава руд комплексных свинцово-цинковых и медно-цинковых месторождений, различающихся по количеству попутно извлекаемого серебра (и золота). Общеизвестно, что реализация дорогостоящих попутных благородных и редких металлов из руд Pb-Zn месторождений может существенно снижать издержки по основному металлу — цинку [9].

С учетом мировых тенденций роста потребления и расширения сфер использования цинка ре-

зультаты освоения комплексных месторождений с попутными благородными металлами, а также опыт работ по гидрометаллургии цинка актуальны и перспективны не только для ведущих мировых стран-производителей цинка, но и для России, на большинстве заводов которой (*Уральская ГМК* и другие компании) применяются устаревшие технологии.

**Потребление.** Потребление цинка в мире резко выросло за последние 30 лет и продолжает расти. Развиваются и новые направления использования металла. В структуре его мирового потребления преобладающую роль играют страны Азиатского континента (48,3%) — промышленно развитая Япония и бурно развивающийся Китай. Меньший объем потребления приходится на Европу (27,1%) и Американские континенты (20,2%). Страны Африки, Австралия и Океания потребляют всего лишь 4,3% цинка (рис. 19, а). Однако в структуре потребления по типам экономики преобладают промышленно развитые страны (48,9%), меньшая часть приходится на страны плановой и переходной экономики без СНГ, в том числе РФ (28,9%), а также страны СНГ без РФ (4,7%), Россию (1,6%), развивающиеся страны (около 16%) (см. рис. 19, б). Среди сфер конечного использования цинка преобладает производство антикоррозионных покрытий (стройиндустрия и автомобильная промышленность) — 48%, изготовление латуни и бронзы составляет 18%, производство цинковых сплавов различного назначения — 17%, химикалий — 7%, прочие — 10% (см. рис. 19, в). Важнейшие потребители цинка — строительный и автомобильный сегменты промышленности (в совокупности более 70% мирового производства металла). В стадии разработки — цинковые топливные элементы для производства электроэнергии, что может увеличить спрос на цинк [37].

Потребление цинка 15 ведущих стран-потребителей составляет около 78,5% от мирового, а пяти крупнейших стран — 51% (табл. 8, рис. 20). Это указывает, с одной стороны, на наличие нескольких лидеров среди крупнейших стран-потребителей (Китай, США, Япония — более 5% мирового потребления в каждой), с другой — на распределенный характер потребления металла в строительной индустрии многих стран. Рост потребления цинка в 90-е годы прошлого века и начале нынешнего характерен лишь для ведущих стран-потребителей. Это связано с новыми направлениями промышленности (антикоррозионные покрытия автомобильных кузовов и стальной арматуры строительных конструкций) и расширением известных областей применения металла (оцинкованный стальной лист). Существенный рост потребления (в 5–13,8 раза) за 1970–2004 гг. произошел в ряде развиваю-

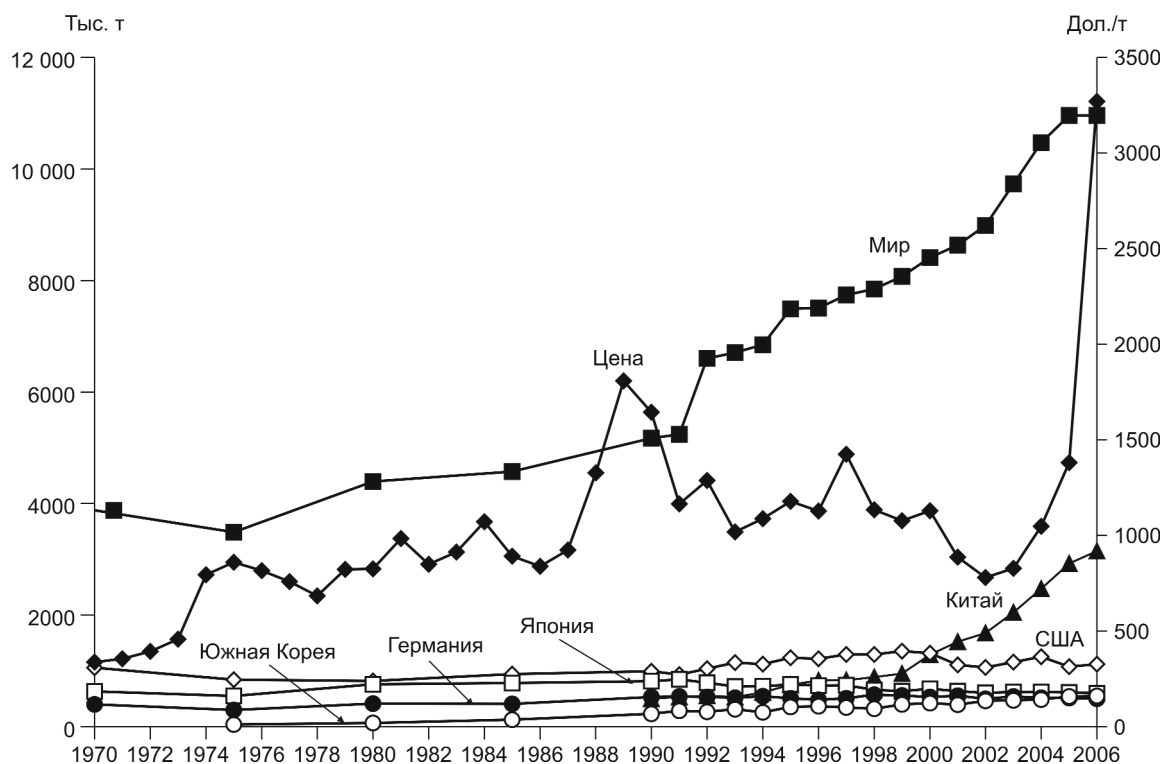


Рис. 20. Потребление цинка в мире, Китае, США, Японии, Южной Кореи и Германии за 1970–2006 гг. в сопоставлении с ценой

щихся и стран с плановой и переходной экономикой (Южная Корея, Бразилия, Китай, Индия), некоторый спад отмечен в 90-х годах в Японии (в 1,3 раза). Наиболее существенный спад за этот же период, на 36,9%, произошел в России (см. табл. 8, рис. 20). Для мира в целом характерен рост потребления за 90-е годы в 1,6 раза, а для ведущих 15 стран в 1,7 раза.

Высокий и увеличивающийся среднегодовой темп роста мирового потребления цинка, наметившийся еще в начале 80-х годов и резко возросший в начале XXI в., в настоящее время сохраняется и в 2000–2004 гг. составил около 6,1%. Наиболее впечатляющий среднегодовой темп роста потребления цинка характерен для Китая (~23%).

Анализ соотношений мирового рудничного производства, потребления и производства цинка из вторичного сырья в сопоставлении с мировыми ценами на металл показывает (рис. 21), что с 2001 г., когда мировое потребление превысило рудничное производство, существенно увеличились мировые цены на металл и активизировалось производство цинка из вторичного сырья. Ретроспективное рассмотрение компанией *Boliden* общемирового тренда потребления цинка за длительный период [17] показало, что в 1960–1973 гг. глобаль-

ный рост потребления составлял 5,1%, в 1974–1990 гг. — 3%, в 1991–2003 гг. — 3,2%. В 2004–2015 гг. он, как прогнозировали, должен был снизиться до 2,8%, т.е. сохраниться на достаточно высоком уровне, требующем соответствующего пополнения МСБ и поддержания обеспеченности добычи запасами. Однако в 2004–2006 гг. среднегодовой рост мирового потребления составил 4,2%, в 2001–2004 гг. потребление превысило рудничное производство, что свидетельствует о дефиците предложения. Это произошло на фоне резкого повышения мировой цены на цинк (в 2004 г. — до 1048, в 2005 г. — до 1379,5, в 2006 — до 3270, за девять месяцев 2007 г. — до 3443,5 дол./т) и инициировало увеличение объема производства цинка из вторичного сырья (см. рис. 21). За 2000–2004 гг. оно возросло на 42,1% и составило 2900 тыс. т, или 27,7% мирового потребления рафинированного цинка. При существующих тенденциях развития автомобилестроения и стройиндустрии в крупнейших развитых и развивающихся странах и отсутствии новых крупных сырьевых объектов ситуация на мировом рынке цинка в ближайшем будущем может стать напряженной.

На обеспеченность промышленности металлом значительно влияют и возможности извлечения до-

8. Динамика потребления цинка в мире и ведущих странах-потребителях за 1990–2006 гг., тыс. т  
[5, 6, 25–27]

Страна	1970	1975	1980	1985	1990	1995	1996	1997	1998	1999
Китай	Нет данных (Н.д.)				500,0	750,0	829,0	830,0	885,0	950,0
США	1054,0	839,0	816,0	940,6	991,0	1234,0	1214,0	1294,0	1291,0	1351,0
Япония	630,0	547,0	756,0	780,1	814,3	752,0	736,0	742,0	659,0	633,0
Южная Корея	Н.д.	35,0	64,0	125,0	230,0	350,0	365,0	343,0	318,0	396,0
Германия	396,0	297,0	412,0	408,8	529,5	505,0	480,0	507,0	573,0	557,0
Италия	175,0	150,0	236,0	218,0	270,0	345,0	337,0	348,0	371,0	375,0
Индия	82,0	82,0	106,0	130,0	135,0	200,0	214,0	220,0	232,0	246,0
Бельгия	142,0	103,0	157,0	169,1	177,6	250,0	235,0	260,0	260,0	275,0
Франция	220,0	222,0	330,0	246,9	284,0	272,0	248,0	271,0	285,0	280,0
Тайвань	Н.д.			49,4	79,4	205,0	194,0	225,0	241,0	240,0
Мексика	63,0	63,0	89,0	106,3	110,5	119,0	152,0	178,0	186,0	192,0
Бразилия	48,0	82,0	138,0	145,4	129,7	174,0	180,0	190,0	192,0	185,0
Испания	72,0	92,0	105,0	100,3	118,9	159,0	150,0	168,0	182,0	190,0
Австралия	117,0	82,0	100,0	81,9	113,9	180,0	177,0	176,0	178,0	201,0
Россия	Н.д.				340,0	130,0	130,0	146,0	130,0	107,0
Итого	Н.д.				4823,8	5625,0	5641,0	5898,0	5983,0	6178,0
Мир	3880,0	3487,0	4395,0	4574,2	5169,2	7492,4	7503,4	7736,0	7846,0	8072,0

\* Оценка.

\*\* Отношение 2006/1975.

\*\*\* Отношение 2006/1985.

\*\*\*\* Отношение 2006/1990.

полнительного его объема из вторичного сырья. Извлечение цинка из вторичного сырья в последние годы активизируется. С ростом использования сталей с цинковым покрытием в автомобильной и строительной индустрии существенным источником вторичного цинка становятся пылевые отходы

электродуговых печей [22]. Если в 1970 г. в западном мире из вторичного сырья было получено около 270 тыс. т металла, то общее извлечение цинка из вторичных материалов в 1994 г. (данные ILZSG) составило 1,88 млн. т. К 2004 г. этот объем вырос до 2,9 млн. т (см. рис. 21).

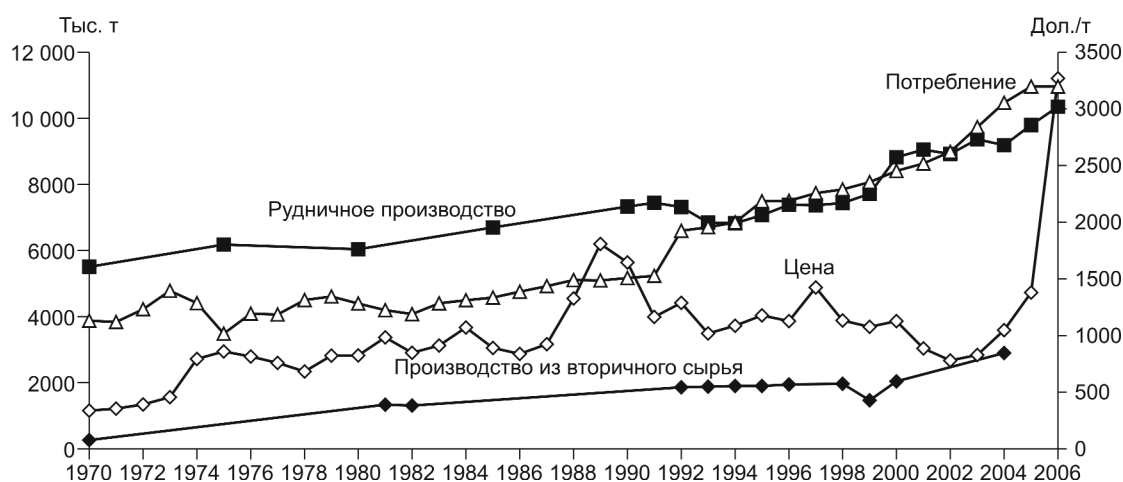


Рис. 21. Рудничное производство, производство из вторичного сырья и потребление цинка в мире в 1970–2006 гг. в сопоставлении с мировой ценой [31, 38]

2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006*	% от мира	2006/1970
1287,5	1522,8	1676,1	2045,0	2470,0	2924,5	3147,0	28,71	6,29****
1314,6	1106,7	1060,8	1154,0	1252,0	1073,0	1118,4	10,20	1,06
674,2	633,3	603,4	619,0	623,0	613,0	600,0	5,47	0,95
419,2	393,8	461,2	471,0	484,0	540,6	547,4	4,99	15,64**
531,8	550,7	496,1	539,0	514,0	513,0	500,0	4,56	1,26
375,2	346,9	375,6	348,0	389,0	389,0	390,0	3,56	2,23
229,2	245,5	312,3	332,0	347,0	377,5	380,4	3,47	4,64
275,0	275,0	361,0	350,0	365,0	344,9	346,6	3,16	2,44
364,7	335,5	303,3	300,0	298,0	311,1	320,1	2,92	1,46
293,5	300,0	301,9	330,0	342,0	309,2	310,0	2,83	6,28***
179,0	197,0	191,2	236,0	240,0	245,0	250,0	2,28	3,97
183,3	200,6	219,4	215,0	239,0	240,0	245,0	2,24	5,10
195,0	195,0	195,0	226,0	248,0	235,0	241,8	2,21	3,36
192,5	212,4	222,0	254,0	250,0	241,5	240,0	2,19	2,05
92,9	161,8	148,6	189,0	164,0	189,0	192,5	1,76	0,57****
6607,6	6677,0	6927,9	7616,0	8219,0	8546,3	8829,2	80,56	1,83****
8408,8	8633,3	8985,3	9731,0	10468,0	10959,0	10960,0	100,00	2,82

Вторичный цинк включает высокочистый рафинированный металл, переплавленный (менее 98,5% Zn) и цинк скрапа, используемого в производстве цинковых сплавов. Западный мир ежегодно потребляет более 6,5 млн. т чушек, оксидов, порошков и пылей, 2 млн. т из них (30,8%) составляет рециклированный цинк. По оценке USBM, в результате совершенствования технологий переработки вторичного сырья в 2003 г. количество цинка из скрапа достигло 30% общемирового потребления. В США в общем объеме потребления цинка (~1400 тыс. т в год) в 2003 г. около 25% составил металл из скрапа [31].

Извлечение цинка из скрапа, как и свинца, приводит к снижению объемов безвозвратных потерь металла, сохранению энергии в результате уменьшения добычи и плавления, снижению воздействия на окружающую среду, сбережению МСБ. Цинк обладает ценными антикоррозионными и другими качествами, в отличие от многих других материалов его можно многократно рециклировать без изменения механических и химических свойств. Положительный тренд роста производства цинка из вторичного сырья не подвержен существенным колебаниям (см. рис. 21) и не зависит ни от каких других

факторов, кроме устойчиво растущего спроса автомобильной промышленности и стройиндустрии [1].

**Цена.** Цены на цветные металлы подвержены воздействию различных по направлению и масштабу факторов. Наиболее важные из них — цены на энергетическое сырье, изменения промышленного предложения и спроса, состояние биржевых запасов металлов. Не является исключением и цинк (рис. 22). Просматривается прямая зависимость цены на цинк от мировых цен на нефть с лагом отставания приблизительно на восемь лет (см. рис. 22, а). Не менее отчетлива взаимосвязь между мировой ценой и балансом спроса-предложения на цинк. Цена растет вслед за возникновением дефицита предложения.

Баланс мирового спроса-предложения на цинк как интегральный показатель возможностей сырьевого сектора и его металлургических предприятий и запросов со стороны промышленности за 1970–2006 гг. испытывал значительные и разнонаправленные колебания. За весь период преобладали положительные значения баланса, однако в отдельные годы промышленность испытывала дефицит предложения цинка, и именно после этих лет с небольшим лагом росли мировые цены на металл. Так было в 1975, 1979, 1989, 1997 и 2004 гг. Соответствующим

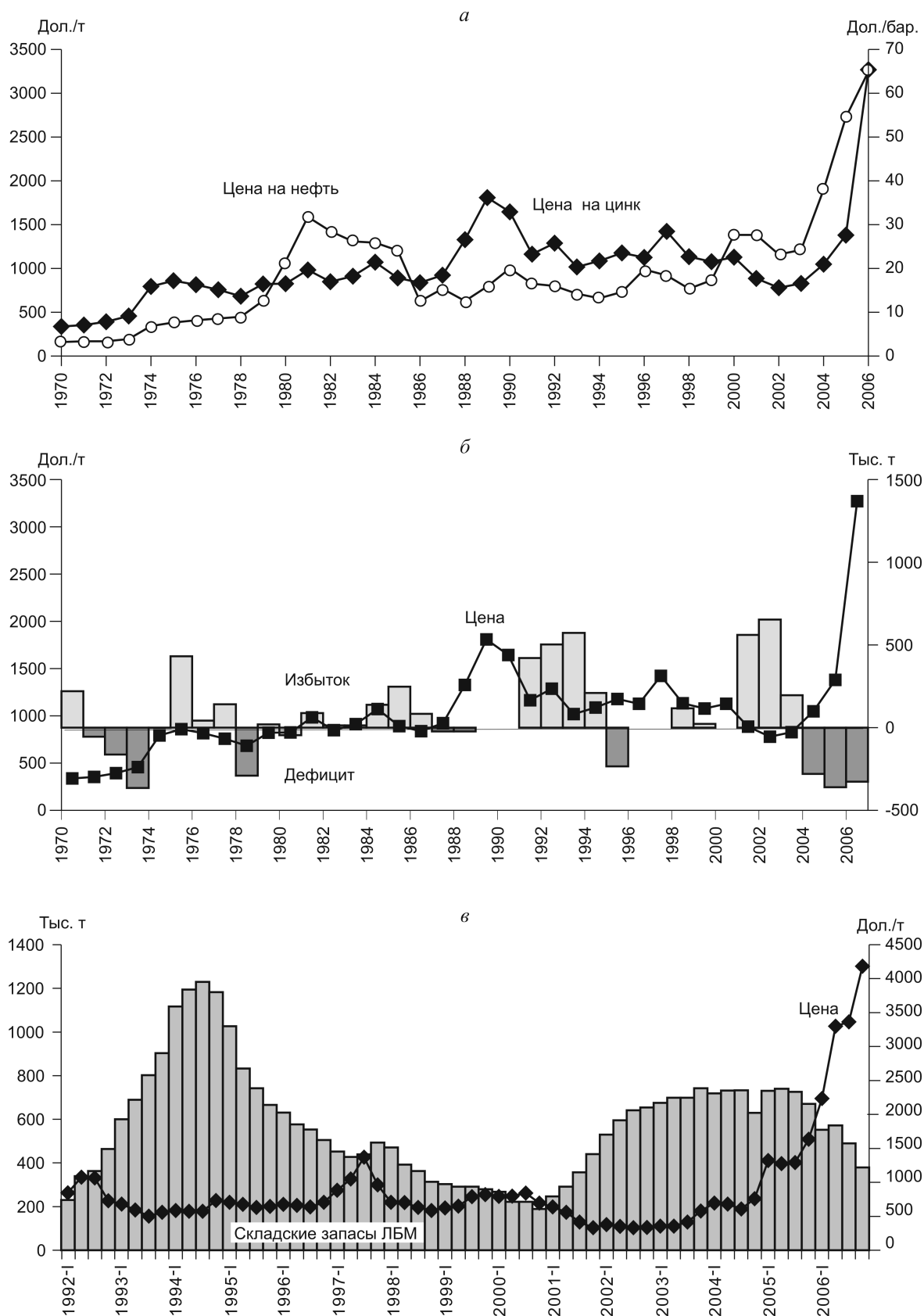


Рис. 22. Мировые цены на цинк в 1970–2006 гг. в сопоставлении со среднегодовыми мировыми ценами на нефть (а), балансом спроса-предложения на металл (б) и складскими запасами цинка на ЛБМ в 1992–2006 гг. (в)

шие спады цен всегда происходили во время или после коротких периодов положительного сальдо спроса-предложения, отражая изменения в производстве рафинированного металла в ответ на запросы промышленности (см. рис. 22, б). В 2004–2006 гг. дефицит предложения цинка сохранился и мировые цены на него резко повысились, достигнув 4182,5 дол./т в IV квартале 2006 г. В дальнейшем дефицит и высокие цены на металл сохранились.

Рост потребления цинка в автомобильном и строительном секторах мировой индустрии привел к тому, что начиная с 1993 г. мировое потребление металла сравнялось с уровнем рудничного производства и стало превышать его. Процесс сопровождался устойчивым ростом производства металла из вторичного сырья (см. рис. 21). В 2000 г. – начале 2003 г. цены на металл достигли наиболее низких уровней (779 дол./т в 2002 г.). Причиной служит еще один существенный фактор воздействия на цены — уровень складских запасов цинка на ЛБМ. Как показывает анализ (см. рис. 22, в), в 1992–2006 гг. снижение уровня запасов на ЛБМ (соответствует относительно низкому производству и, как следствие, предложению) вызывало рост мировых цен. Периодам значительных биржевых запасов металла отвечают минимумы мировых цен. Так было в последнее десятилетие XX в. и имеет место в начале XXI в. В 2002–2003 гг. биржевые запасы достигли максимума, и мировые цены были низкими. В 2006 г., когда запасы на ЛБМ начали резко снижаться после их пика, цены на цинк показали устойчивый рост. Эти взаимосвязанные процессы продолжают и в 2007 г.

Примечательно, что в 2006 г. среднегодовые мировые цены на цинк на ЛБМ с немедленной поставкой достигли 3270 дол./т (на 319,8% выше среднегодовой цены 779 дол./т — минимума 2002 г.). За последние несколько лет доступность концентрата на рынке ухудшилась, так как мировая конъюнктура при низких ценах подтолкнула компании к закрытию нерентабельных рудников. Подъем мировой экономической активности привел к возросшему спросу на цинк, особенно в области гальванических покрытий. В Китае только в 2004 г. он увеличился на 14%. Высокий спрос существует также в сталелитейном секторе, особенно в США. Кроме того, складские запасы ЛБМ в 2006 г. существенно снизились и достигли минимума 88,6 тыс. т в конце III квартала 2007 г., что в 8 раз меньше их среднегодового максимума 2005 г. (716,8 тыс. т). Наконец, глобальный дефицит рафинированного цинка в 2006 г. составил около 327,6 тыс. т (см. рис. 22, в). Все это вместе взятое привело к резкому скачку мировых цен на цинк (3443,5 дол./т за девять месяцев 2007 г.) В ближайшей перспективе в связи с возра-

стающим спросом в строительной и автомобильной индустрии, особенно заметным в Китае и США, и отсутствием новых открытий месторождений прогнозируется сохранение высоких мировых цен на цинк [29].

На мировые цены воздействует также не поддающаяся анализу и плохо прогнозируемая активность ключевых финансовых участников рынка металлов, в частности консолидация сырьевых активов при поглощениях, слияниях компаний, деконсолидация или реструктуризация их.

**Проекты.** Ведущие добывающие компании, кроме отработки известных месторождений, проводят подготовительные работы для ввода в эксплуатацию выявленных, разведанных и оцененных месторождений или их участков, новых проектов и ранее законсервированных при неблагоприятных условиях рынка. Реализуются также проекты расширения действующих добывающих предприятий.

Нами собраны и проанализированы с геолого-экономической точки зрения сведения о 27 важнейших новых горнорудных проектах по свинцу и цинку со сроками освоения 2000–2015 гг., в большинстве случаев с попутным производством меди, серебра, золота и др. [5, 6, 8, 12, 15, 23, 28 и др.] (табл. 9). Данные по важнейшим горнорудным проектам отражают разнообразие существующих тенденций в этой сфере: ГПТ, масштабы осваиваемых запасов сырья, условия подготовки и схемы освоения проектов, закономерности их размещения по странам и регионам.

Все проекты объединены в несколько групп. Преобладают проекты освоения новых месторождений, имеются также проекты оживления ранее остановленных предприятий, освоения новых выявленных запасов на действующих предприятиях и проекты переработки хвостов предшествующего производства (см. табл. 9). В сводку включены горнорудные проекты с масштабами месторождений от средних (>0,5 млн. т Pb+Zn) до весьма крупных (>5 млн. т). Параметры проектов в координатах запасы руды – содержания цинка в рудах приведены на рис. 23 и отражают спектр осваиваемых ГПТ, масштаб месторождений и качество их руд.

Обычными объектами добычи свинца и цинка являются месторождения традиционных ГПТ: колчеданно-полиметаллического в вулканогенных, терригенных и карбонатно-кремнистых породах, колчеданного Cu-Zn, Pb-Zn стратиформного и др. Они широко представлены в проектах (см. табл. 9). Однако собранные данные обнаруживают ряд новых тенденций в закономерностях освоения новых месторождений по сравнению с данными по проектам 1995–2000 гг. [7]. Главная из них в том, что в

9. Ведущие мировые горнорудные проекты по свинцу и цинку с планами освоения в 2000–2015 гг. [5, 6, 8, 12, 15, 23, 28 и др.]

Проект, страна	Компания-владелец, страна	Год	Геолого-промышленный тип	Доказанные запасы				Годовое производство		Пропроводимые издержки, кв. дол./т	Объект проектирования, млн. дол.	Удельные капитальные затраты, дол./т руды в год	Год ввода (срок эксплуатации)	Стадия развития проекта
				Руда, млн. т	Содержание, % 1/т	Металл, тыс. т. т	Руда, млн. т	Металл, тыс. т. т	8					
1		2	4	5	6	7	8	9	10	11	13	14	15	
Antamina, Перу	Noranda Inc., Billiton plc, Канада (33,75%)	2000	КМЦ	500	Zn 1,00 Cu 1,2 Ag 13,7	Zn 5000 Cu 6000 Ag 6850	22,4	Zn 306,2		КР, ОФ	100,90	2005 (22)		
Gamsberg, ЮАР	Anglo American Corp. of SA Ltd.	2000	СЦС	90,0	Zn 7 Pb 0,5	Zn 6300 Pb 450	4,285	Zn 300 Pb 21,4		КР, ОФ	200,70	(21)		
San Cristobal, Боливия	Apex Silver Mines Ltd., США	2005	КПМ/вкл	244,8	Zn 1,67 Pb 0,37 Ag 62,2	Zn 4082,4 Pb 1400 Ag 15226,6	14,4	Zn 258,6 Pb 88,7 Ag 0,06		КР	36,11	2002 (17)		
Lanping (Linding), Китай	Billiton China B.V. (Billiton plc), Yunnan LanPing Nonferrous Metals Co., Китай		КПМ (ОКС)	150,0	Zn 11,9 Pb 2,43 Cu	Zn 17850 Pb 3645	2,52	Zn 250 Pb 51		КР, ОФ	198,41	2004 (>60)		
Scorpion, Намибия	Anglo American plc	2005	ОКС	19,5	Zn 10,3 Pb 2,1	Zn 2008,5 Pb 409,5	1,07	Zn 150,0 Pb 30,6		КР, гидрометаллургия	424,30	2003 (10)	Действует	
Ajustrel (Feitais), Португалия	EuroZinc Mining Corp., Португалия	2005	КПМ	17,6	Zn 5,81 Pb 2,06 Cu 0,24 Ag 66	Zn 1022,6 Pb 362,6 Ag 1161,6	1,5	Zn 71 Pb 25,2	Zn 793,6	ПР, ОФ	300	2001 (12)		
Mehdiabad, Иран	Правительство Ирана, Union Resources	2005	СЦС 25% оксиды 75% сульфиды	218	Zn 7,2 Pb 2,3 Ag 51	Zn 15700 Pb 5000 Ag 11118	3,78	Zn 225 Pb 71,7		КР+ПР	105,8	(57)	ТЭО	
McArthur River, Австралия	Xstrata, Швейцария Nippon Mining Holdings, Mitsubishi & Co., Япония		КПМ	47,0	Zn 16 Pb 6	Zn 7520 Pb 282	3,7	Zn 296 Pb 11,1	Zn 440,92	КР, ПР	96,2	(26) карьер, (40) карьер – подземный рудник	Действует, расширение	
Lady Loretta, Австралия	Buka Minerals Ltd., Австралия		СЦС	9,0	Zn 14 Pb 8 Ag 110	Zn 1260 Pb 720 Ag 990	0,554	Zn 64,55 Pb 36,9		КР	471,11	(16)	Полное ТЭО	



Продолжение табл. 9

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Кассандра, Греция	ПУХ Gold Inc., Канада	2005	СК-М	3,5	Zn 4,5 Pb 3,5	Zn 157,5 Pb 122,5	0,225	Zn 8,0 Pb 6,0 Ag Au 7		ПР-КР, ОФ, ботка хвостов	254,1	1129,30	2001 (15)	
Sierra Mojada, Мексика	СП: Metalline Mining Co., Канада, Minas Gerais, Мексика	2005	ОКС	25,35	Zn 9,75	Zn 2230	2,53	Zn 180	Zn 440,92	ПР	250	98,81	(9)	ТЭО
San Gregorio, Перу	Vielaventura, Перу	2005	СЦкрб	70	Zn 7,3 Pb 2,8 Ag 17,7	Zn 5110 Pb 1960 Ag 1240,4	3,72	Zn 220 Pb 60 Ag 60,84		КР	200	53,76	(19)	Предварительное ТЭО
Андоуан, Иран	Правительство Ирана	2005	ОКС	18,7	Zn 29,29 Pb 4,24	Zn 5372 Pb 763,7	От 0,178 до 0,468 (на 0,29)	Zn до 100 (на 80) Pb 11,4		КР	200	427,4	(40)	Действует, расширение (ТЭО)
Triple Seven «777», Канада	Hudson Bay Mining & Smelting, Канада		КМЦ	14,5	Zn 4,68 Cu 2,51	Zn 678,6	2,9	Zn 109	Zn 925,9	ПР, ОФ	136	46,9	2003 (5)	
Dairi, Индонезия	Herald Resources Ltd.	2005	КПМкрб, трп	6,3	Zn 16 Pb 10	Zn 1008 Pb 630	1	Zn 129,6 Pb 81		ПР	135	135	(7)	ТЭО
Yukon Ag-Zn Project, Канада: месторождение Wolverine (Ag)	Expatriate Resources Ltd.	2005	КПМвлк, крб (VHMS)	6,2	Zn 12,66 Pb 1,55 Cu 1,33 Ag 371 Au 1,76	Zn 787,4 Pb 96,1 Cu 82,46 Ag 2300,2	0,413	Zn 51 Pb 4,8 Cu 3,3 Ag 226,1	Zn 551,15	ПР	133	134,3	2006 (8)	ТЭО
месторождение Logan (Zn)				12,3	Zn 6,17 Ag 25	Zn 758,91 Ag 307,5	0,99	Zn 67,9 Ag 22,3 Au 1,11		КР			(12)	Предварительное ТЭО
Рогова, Буркина Фасо		2005	СЦС	4,1	18,00	Zn 738	0,52	Zn 93,6		ПР, ОФ	100	192,3	2001 (8)	
Duddar, Пакистан	Metallurgical Construction Group (MCG), Китай	2005	СЦС	17	Zn 11,43 Pb 2,01	Zn 731,5 Pb 128,6	0,66	Zn 100,3 Pb 32,6		КР	75	113,6	2007 (26)	Строительство
Shaimerden, Казахстан	ZnOx, Казанк	2005	ОКС	4,55	Zn 21,14	Zn 961,87	0,329	Zn 60		КР	75	418,8	2006 (13)	

Продолжение табл. 9

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Pend Oreille, США	<i>Cominco American Resource Finance Corp. (RFC)</i>		СЦС	6,3	Zn 1,6 Pb 10,2	Zn 78,4 Pb 499,8	0,63	Zn 8,4 Pb 13,0		ПР, ОФ оживление	70	67,3	2002 (10)	
Tumurin- Ovoo, Монголия	<i>Metalmex SMLM Group, Китай</i>	2005	СК+М	7,57	Zn 13,6	Zn 1029,5	0,4	Zn 33		КР	45	112,5	(27)	ТЭО
Vula (Tara), Ирландия (дополни- тельные за- пасы)	<i>Outokumpu Oy</i>		СЦС?	10,4 дополни- тельные запасы	Zn 10 Pb 2	Zn 936 Pb 208	3,2	Zn 250 Pb 50		ПР, ОФ	42,7	13,3	2001 (8)	
Storliden, Швеция	<i>North Atlantic Nat. Res (VANR), Boliden Mineral AB</i>	2005	КМЦ	1,8	Zn 10,3 Cu 3,5 Ag 24	Zn 185,4 Cu 63 Ag 43,2	0,35	Zn 28,9 Cu 10		ПР	42,5	121,4	2002 (6)	
Black Star, Австралия			СЦС	37	Zn 3,9 Pb 3,3 Ag 77	Zn 1443 Pb 1221 Ag 2849	1,5	Zn 47,4 Pb 40,1 Ag 93,6		КР, ПР	27,6	18,4	(25)	ТЭО
Balmat- Edwards, США	<i>Frame family, Ontic (OTZ), Канада</i>		СЦСрб+ ОКС	23	Zn 10,1 Pb 0,3	Zn 2323 Pb 69	1,2	Zn 98,2 Pb 2,9	Zn 661,4- 771,6	ПР	25	20,83	2004 (19)	Повторный запуск, строи- тельство
Терса, Сербия- Черногория	<i>Kosovo Trust Agency</i>		СК+М	29	Zn 2,31 Pb 3,44 Cu Ag 75,86	Zn 670 Pb 999 Ag 2200	0,58	Zn 10,8 Pb 16,2 Ag 35,6		ПР	20	34,48	(50)	Повторный запуск после остановки
Magellan (+Сапо), Австралия	<i>Sentient, Anglo American, Cambrian Mining</i>	2003	ОКС	11,1	Zn — нет Pb 6,8	Pb 755	1,2	Pb 70	Pb 380	КР	Фаза I 20,5, фаза II 13,1 (3,4)	57,6	2005 (12)	Строитель- ство
Итого: 27 проектов				1604,6		Pb 19721,8 Zn 85942,6	76,85	Pb 387,7 Zn 3497,45			7925,9			

Пр и м е ч а н и е. Геолого-промышленные типы месторождений: КМЦ — колчеданный медно-никелевый; СЦСрб — свинцово-цинковый в карбонатных породах; СЦС — свинцово-цинковый стратиформный (красноморский тип), SEDEX; КМВлк. прр, крб — колчеданно-полиметаллический в вулканогенных, терригенных, карбонатных породах; VHM5; СК+М — свинцово-цинковый скарновый (+ тип манто); ОКС — окисльно-карбонатно-сульфатный; ОФ — обогащательная фабрика.

отсутствие новых открытий традиционных сульфидных месторождений свинца и цинка, наряду с типичными свинцово-цинковыми объектами, начинается масштабное освоение нетрадиционного оксидно-карбонатно-сульфатно-силикатного ГПТ. В число мировых горнорудных проектов вошли и становятся важным источником цинка (>10% мирового производства металла) крупные объекты подобного ГПТ [15, 21]. Крупнейший среди них — месторождение Скорпион в Намибии [23].

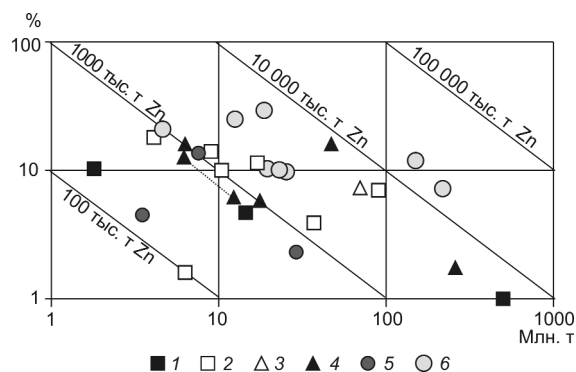
Несульфидные цинковые месторождения широко распространены в крупнейших планетарных орогенных поясах мира (рис. 24). Они стали привлекательными объектами геологоразведочных работ и освоения в результате достижений гидрометаллургии — разработки процессов экстракции в раствор (SX) и электроосаждения (EW) [37], модернизации традиционной технологии передела несульфидных руд до оксида цинка в обжиговых печах Waltz. Месторождения объединяют два крупных типа (широко распространенный гипергенный и более редкий гипогенный) и ряд подтипов [15]. Руды большинства объектов подобного типа цинковые по составу, свинцоворудные объекты редки (небольшой свинцоворудный проект Magellan+Canon, Австралия).

В ближайшие годы намечается ввод в эксплуатацию в числе новых сырьевых объектов довольно крупных несульфидных цинковых и окисленных свинцово-цинковых месторождений (см. табл. 9): Angouran (Иран), Shaimerden (Казахстан), Lanping (Китай), Balmat-Edwards (США), Sierra Mojada (Мексика), Mehdiabad (Иран) и др. Для них характерны высокие содержания цинка в рудах, крупные запасы руды и металла.

Казахстанский проект Шаймерден — второй в мире пример освоения месторождений нетрадиционного оксидно-цинкового ГПТ после рудника Скорпион (ввод в действие в 2006 г.). Шаймерден — среднее по масштабу месторождение (запасы 4,55 млн. т оксидных цинковых руд с содержаниями 21,14% Zn, или 961 тыс. т руды, по оценке компании *Kazzinc*, 2003). Компания планирует строительство рудника открытой добычи, транспортировку и переработку руды на перерабатывающих мощностях Усть-Каменогорского ГМК.

Суммарные запасы цинка несульфидных месторождений (девять проектов из 28) составляют 39,6%, рудничное производство — 921,6 тыс. т, или 26,51% (более одной четверти всего проектного объема производства) металла.

Сопоставление потенциальной ценности руд и других параметров осваиваемых несульфидных цинковых месторождений с таковыми месторождений традиционных ГПТ [23] (рис. 25) показывает



**Рис. 23. Параметры мировых горнорудных проектов 2000–2015 гг. по ведущим геолого-промышленным типам месторождений свинца и цинка в координатах запасы руды – содержания цинка в рудах:**

геолого-промышленные типы месторождений: 1 — колчеданный медно-цинковый, 2 — свинцово-цинковый стратиформный (красноморский) SEDEX, 3 — свинцово-цинковый в карбонатных породах, 4 — колчеданно-полиметаллический в вулканогенных, терригенных, карбонатных породах, 5 — свинцово-цинковый скарновый (+тип манто), 6 — оксидно-карбонатно-силикатный

важную роль (~39% запасов Zn) в числе проектов и высокие возможности освоения месторождений этого типа (низкие производственные издержки) при существующей конъюнктуре мирового рынка свинца и цинка. Геолого-экономические характеристики проектов данного типа в координатах удельные капиталовложения/т руды в год – годовая производительность по руде и объемы капиталовложений в эти проекты (априорно рентабельные) свидетельствуют об их экономической доступности в условиях роста мировых цен на цинк [2].

В числе российских свинцово-цинковых сырьевых объектов, подлежащих освоению, — крупные месторождения Озерное (Бурятия) и Павловское (Архангельская область). Месторождение Озерное — колчеданно-полиметаллического типа в вулканогенных породах (атасуйский тип) с предполагаемыми запасами (в категориях JORC) 157 млн. т руды с содержаниями Zn 5,2% (8,16 млн. т Zn), Pb 1% (1,57 млн. т Pb) [8]. Лицензия на разработку месторождения принадлежит компании «Техпромвест» (дочерняя фирма ИФК «Метрополь»). Предполагается создание совместного предприятия со шведской фирмой *Lundin Mining* (зарегистрирована в Канаде, активы по добыче свинца и цинка — в Швеции и Ирландии; производство цинка в 2005 г. 176,3 тыс. т, чистая прибыль 30 млн. дол., капитализация компании 991 млн. дол.). Капиталовложения в проект составляют 400 млн. дол. Планируется строительство ГОКа с годовым производством руды 3,2 млн. т (ранее 2 млн. т) и годовой мощностью

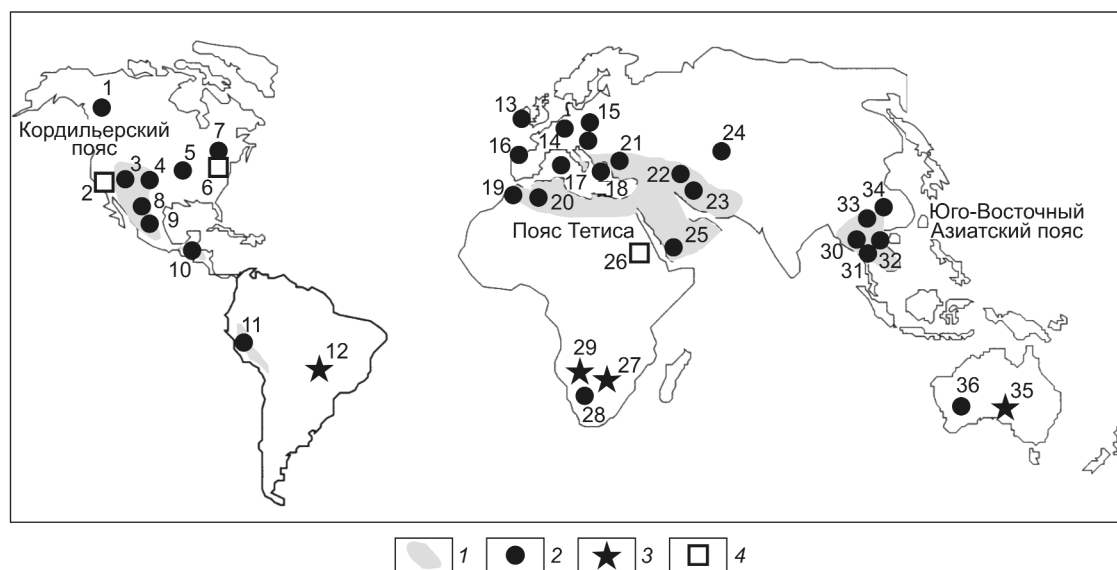


Рис. 24. Размещение несulfидных Pb-Zn месторождений в глобальных структурах земного шара, по [15]:

1 — регионы повышенного потенциала на несulfидные цинковые месторождения; типы несulfидных месторождений цинка: 2 — гипергенные, 3 — гипогенные со структурным контролем, 4 — стратиформные гипогенные; месторождения: 1 — Howard Pass, Канада, 2 — Desert View, США, 3 — Tintic, США, 4 — Leandville, США, 5 — район Upper Mississippi Valley, США, 6 — Franklin@Sterling Hill, США, 7 — Balmat, США, 8 — Sierra Mojada, Мексика, 9 — Santa Eulalia, Мексика, 10 — Torion, Гватемала, 11 — Accha, Перу, 12 — Vazante, Бразилия, 13 — Tynagh@Silvermine, Ирландия, 14 — La Calamine, Бельгия, 15 — район Upper Silesian (MVT), Польша, 16 — Reocin, Испания, 17 — Pb-Zn район Сардинии, Италия, 18 — Larium@Thasson, Греция, 19 — Touissit, Марокко, 20 — Hamman N'Banls, Алжир, 21 — Pb-Zn район Zamanti, Центральная Турция, 22 — Angouran, Иран, 23 — Mehdiabad, Иран, 24 — Shaimerden, Казахстан, 25 — Jaball, Йемен, 26 — Abu Samar, Судан, 27 — Kabwe@Star Zn, Замбия, 28 — Scorpion, Намибия, 29 — Berg Aukas@Abendab, Намибия, 30 — Padaeng (Mae Sot), Тайланд, 31 — Long Keng, Мьянма, 32 — Cho Dien, Вьетнам, 33 — Jinding (Lanping), Китай, 34 — Qiandong, Shen, Китай, 35 — Beltana@Agoona, Австралия, 36 — Magellan@Cano Pb, Австралия

500–600 тыс. т цинкового и 80 тыс. т свинцового концентратов.

По Павловскому свинцово-цинковому месторождению (архипелаг Новая Земля, Архангельская область) производится подготовка ТЭО. Месторождение относится к свинцово-цинковому ГПТ в карбонатно-терригенных породах. Разведанные запасы составляют по уточненным данным 37 млн. т с содержаниями в рудах Zn 5,32%, Pb 1,22%, Ag ~6,2 г/т, т.е. месторождение относится к категории крупных по запасам цинка и свинца и мелких по запасам серебра. Добычу открытым способом планирует ОАО «Первая горнорудная компания» (ПГК) после разведки месторождения (начата в 2003 г.) и подготовки ТЭО. Планируется строительство обогатительной фабрики для раздельного получения свинцового и цинкового концентратов.

По данным экспрессной оценки геолого-экономических параметров предполагаемые приведенные капиталовложения ~125 дол./т руды в год по Озерному месторождению позволяют оценивать его как объект, пригодный для освоения в условиях современной конъюнктуры мирового рынка цинка,

свинца и серебра. По этим же данным будущий проект по Павловскому месторождению также попадает в поле объектов с параметрами, вполне допустимыми для рентабельной отработки при современной конъюнктуре свинца, цинка и серебра [2].

Обобщенные данные по ведущим мировым горнорудным проектам по свинцу и цинку (табл. 10) позволяют оценить состояние и особенности подготовки минерально-сырьевых объектов к освоению, а также изменения в этой области по сравнению с предыдущим анализом до 2000 г. включительно [7]. Они показывают, что суммарный запланированный мировой прирост рудничного производства этих металлов в течение ближайших 5–7 лет сохранится или будет медленно снижаться. При сохраняющейся тенденции снижения объемов добычи первичного металла это не приведет к ухудшению обеспеченности первичным сырьем.

Прогноз развития МСБ цинка, как и других металлов, основан на учете темпов роста народонаселения и потребностей в топливно-энергетическом сырье. С динамикой этих показателей тесно связаны темпы роста добычи других полезных ископаемых

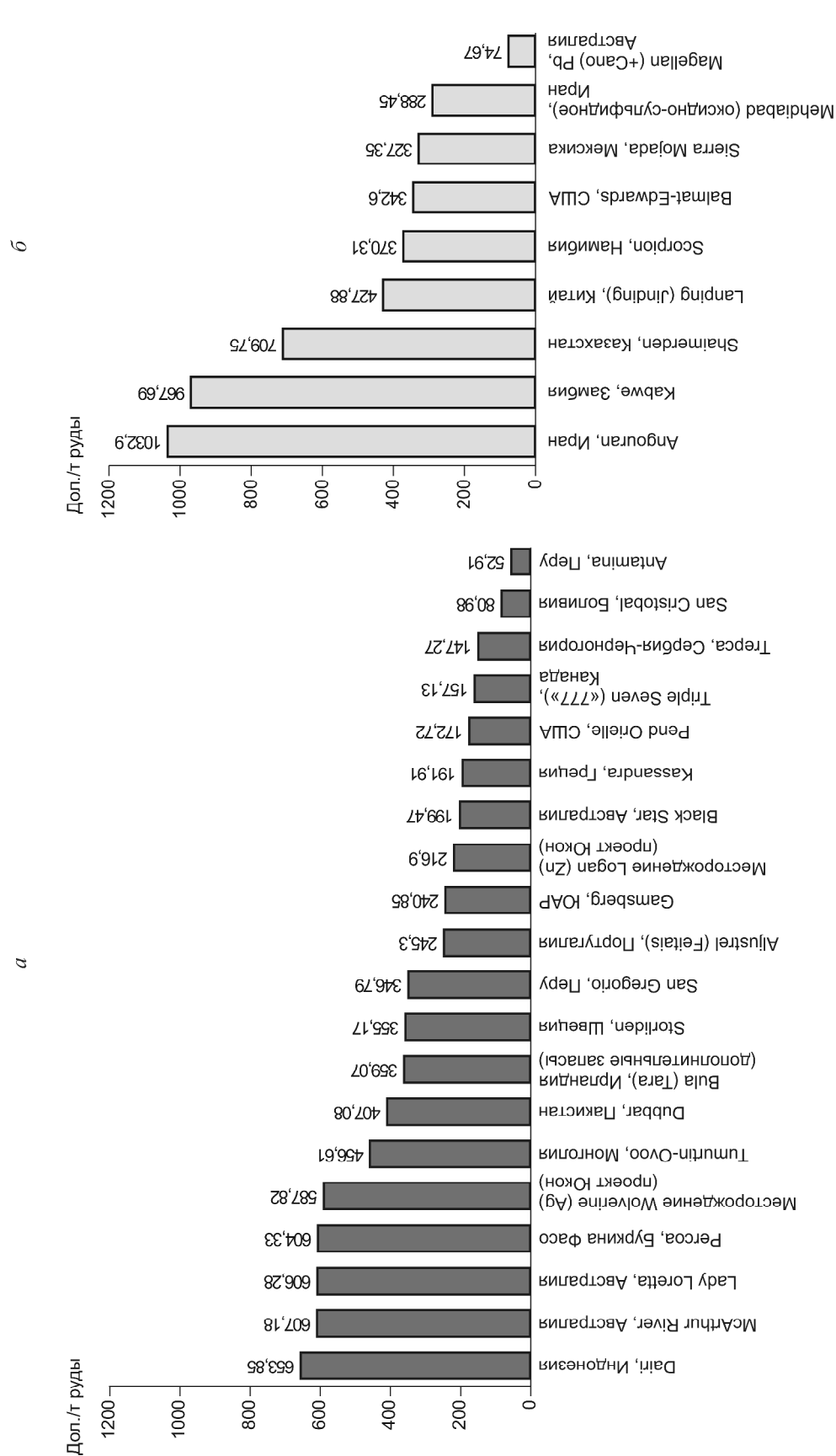


Рис. 25. Сопоставление потенциальной извлекаемой ценности руд сульфидных (а) и несulfидных (б) Pb-Zn месторождений, запланированных к освоению минеральными горнорудными проектами на 2000–2015 гг.

10. Основные показатели ведущих мировых горнорудных проектов по свинцу и цинку (Pb и Zn) с планами освоения после 2000 г. по геолого-промышленным типам месторождений [5, 6, 8, 12, 15, 23, 28] с пересчетами авторов

Показатели	КМЦ			СЦС			КПМГпр. влк. крб		
	КР	ПР	Все проекты	КР	ПР	КР+ПР	КР	ПР	КР+ПР
Число проектов	1	2	3	1	3	1	1	7	1
Средний срок эксплуатации, лет	22	5,5	11	19	21	25	17	16	9,5
Доказанные запасы: руда всего, млн. т	500	16,3	516,3	70	116	37,0	244,8	173,8	23,9
на один проект, млн. т	-5000	8,15	172,1	70	38,7	37,0	244,8	24,8	11,95
Pb и Zn всего, тыс. т	-5000	-864	-5864 (3)	1960/5110	1298,6/8291,5	1221/1443	1400/4082,4	3227,4 (6)	992,6/2030,6
на один проект, тыс. т	-5000	-432	-1954,7	1960/5110	432,9/2763,8	1221/1443	1400/4082,4	537,9/1641,0	496,3/1015,3
Среднее содержание Pb и Zn в руде:									
всего, %	-1,00	-5,30	-1,14	2,87,3	1,12/7,15	3,3/3,9	0,57/1,67	1,90/6,61	4,15/8,50
на один проект, %	-1,00	4,68-10,3	-1-10,3	2,87,3	0,5-8,0/7-14	3,3/3,9	0,57/1,67	0,5-10,2 (6)	2,06-10,5/8,1-16
	-1,00	5,30	-1,14	2,87,3	1,12/7,15	3,3/3,9	0,57/1,67	1,90/6,61	4,15/8,50
Капиталовложения: всего, млн. дол.	2260	178,5	2438,5	200	1196	27,6	520	1436,3	585
на один проект, млн. дол.	2260	42,5-136	42,5-2260	200	75-860	27,6	520	27,6-860	135-450
на 1 т запасов руды, дол.	4,52	89,25	812,8	200	398,67	27,6	520	205,19	292,5
на 1 т запасов Pb и Zn, тыс. дол.	-0,452	10,95	4,72	2,86	10,31	0,75	2,12	8,26	24,48
Проектная годовая производительность: по руде всего, млн. т	22,4	3,25	25,65	3,72	5,50	1,5	14,4	11,350	2,5
на один проект, млн. т	22,4	0,35-2,9	0,35-22,4	3,72	0,55-4,285	1,5	14,4	0,52-4,285	1-1,5
	22,4	1,62	8,55	3,72	1,83	1,5	14,4	1,62	1,25
По Pb и Zn в концентрате: всего, тыс. т	-306,2	-137,9	-444,1	60/220	90,9/464,9	40,1/47,4	1400/4082,4	189,4/868,9	106,2/200,6
на один проект, т	-306,2	-28,9-137,9	-28,9-306,2	60/220	21,4-36,9/64,6-300	40,1/47,4	1400/4082,4	8,4-50/13-300	25,2-81/71-129,6
	-306,2	-69,0	-148,0	60/220	30,3/155,0	40,1/47,4	1400/4082,4	27,06/124,13	53,1/100,3
Удельные капиталовложения на годовую производительность: на 1 т руды, дол.	100,90	54,92	95,07	53,76	217,5	18,4	36,11	126,55	23,4
на 1 т Pb и Zn в концентрате, тыс. дол.	-7,38	-1,29	-5,49	3,33/0,91	13,16/2,57	0,69/0,58	0,37/0,13	7,58/1,65	5,51/2,92

Продолжение табл. 10 (правая часть)

Показатели	КПМГрр, в.к. крб		КР	СК+М		Все проекты	ОКС		Всего по проектам
	КР+ПР	Все проекты		ПР	КР+ПР		КР	КР	
Число проектов	2	5	1	1	1	3	8	27	27
Средний срок эксплуатации, лет	23	16,4	27	50	15	31	27,5	20,7	20,7
Доказанные запасы:									
руда всего, млн. т	65,5	334,2	7,57	29	3,5	40,07	470,2	1604,57	1604,57
на один проект, млн. т	32,75	66,84	7,57	29	3,5	13,4	58,78	59,43	59,43
Рb и Zп всего, тыс. т	378,19066,3	2770,715179,31	-1029,5	999,670	122,5157,5	1120,11857	0655,2(6)/46445,37(7)	19721,8(27)85942,58(27)	19721,8(27)85942,58(27)
на один проект, тыс. т	189,054533,15	554,143035,86	-1029,5	999,670	122,5157,5	373,8619	1775,96635,0	730,43183,1	730,43183,1
Среднее содержание Рb и Zп в руде:									
всего, %	0,58/13,84	0,86/4,54	-/13,6	3,44/2,31	3,5/4,5	3,45(2)/4,63	2,42(6)/10,12(7)	0,78/5,36	0,78/5,36
на один проект, %	0,58/13,84	0,57-10/1,67-16	-/13,6	3,44/2,31	3,5/4,5	3,44-3,5(2)/2,31-13,6	0,3-6,8(6)/7,2-29,29(7)	0-10,2/0-29,29	0-10,2/0-29,29
	0,58/13,84	0,86/4,54	-/13,6	3,44/2,31	3,5/4,5	3,45(2)/4,63	2,42(6)/10,12(7)	0,78/5,36	0,78/5,36
Капиталовложения:									
всего, млн. дол.	489	1594	45	20	254,1	319,1	1938	7925,90	7925,90
на один проект, млн. дол.	133-356	133-520	45	20	254,1	20-254,1	25-500	20-2260	20-2260
на 1 т запасов руды, дол.	7,46	4,77	5,94	0,69	72,6	106,4	242,25	293,55	293,55
на 1 т запасов Рb и Zп, тыс. дол.	1,29/0,054	0,575/0,105	-/0,044	0,020/0,030	2,07/1,61	0,285/0,172	0,182/0,042	0,402/0,092	0,402/0,092
Производственная мощность:									
по руде всего, млн. т	5,103	22,003	0,4	0,58	0,225	1,205	12,219	76,846	76,846
на один проект, млн. т	1,403-3,7	0,413-14,4	0,4	0,58	0,225	0,225-0,58	0,29-3,78	0,225-22,4	0,225-22,4
	2,55	4,40	0,4	0,58	0,225	0,402	1,33	2,85	2,85
По Рb и Zп в концентрате:									
всего, тыс. т	15,9/414,9	1522,1/4697,9	-/33	16,2/10,8	6,8	22,2/51,8	237,6/1043,2	387,7/3497,45	387,7/3497,45
на один проект, т	4,8-11,1/51-296	4,8-1460/51-4082,4	-/33	16,2/10,8	6,8	6-16,2/8-33	0-71,7/0-250	0-88,7/0-306,2	0-88,7/0-306,2
	7,95/207,45	304,42/939,58	-/33	16,2/10,8	6,8	7,4/17,3	29,7/130,4	14,36/129,54	14,36/129,54
Удельные капиталовложения на годовую производительность:									
на 1 т руды, дол.	95,82	72,44	112,5	34,5	1129	264,8	158,60	103,14	103,14
на 1 т Рb и Zп в концентрате, тыс. дол.	30,75/1,18	1,05/0,34	-/1,36	1,23/1,85	42,35/31,76	14,37/6,16	8,16/1,86	20,44/2,266	20,44/2,266

Примечание. КР — карьер, ПР — подземный рудник; цифры в скобках — число учтенных проектов, остальные усл. обозн. см. табл. 9.

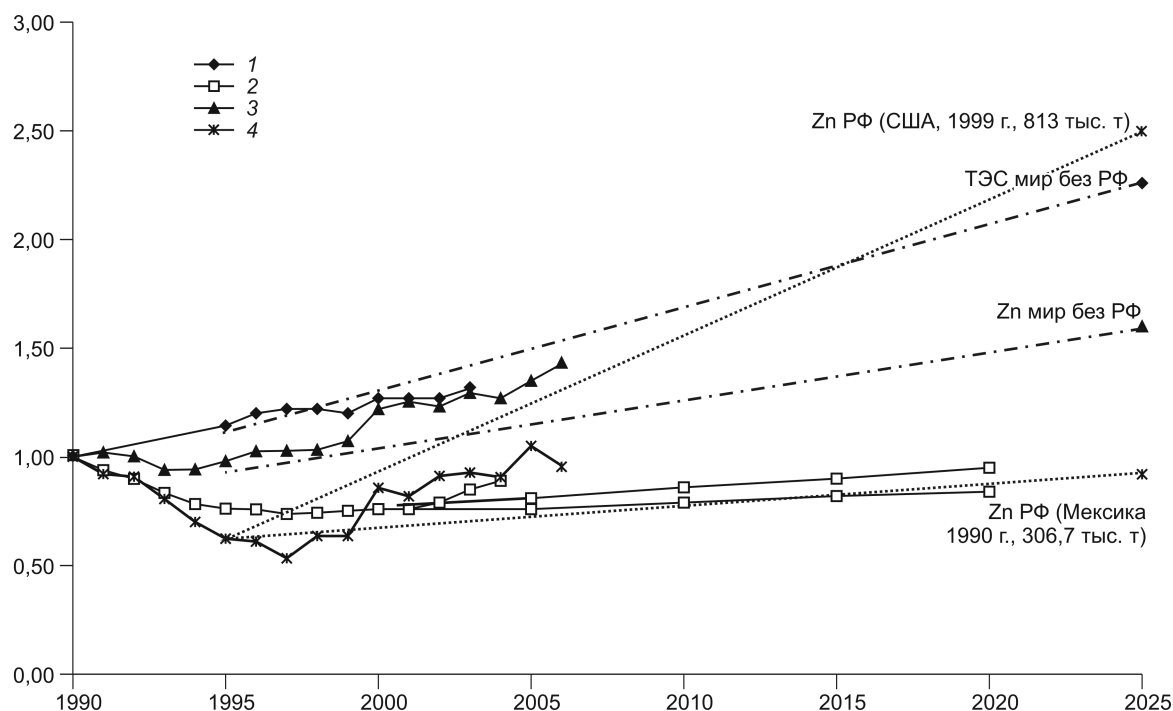


Рис. 26. Достигнутые (1990–2004 гг.) и прогнозируемые до 2025 г. уровни добычи (1990 г.=1) цинка и топливно-энергетического сырья в мире и России:

1 — ТЭС мир без РФ, факт и прогноз; 2 — ТЭС РФ, факт и прогноз; 3 — Zn мир, факт и прогноз; 4 — Zn РФ, факт и прогноз

[4, 7]. Прогноз добычи ТЭС и цинка в развитых и развивающихся странах на этой основе с учетом основных положений энергетической стратегии РФ на период до 2020 г. показывает, что в 2025 г. объем мировой добычи цинка должен достигнуть (от уровня 1990 г.) 1,6 (11 213,6 тыс. т) при среднегодовых темпах роста за 1995–2025 гг. 2,19% (рис. 26).

Между прогнозом и динамикой добычи цинка и ТЭС в мире (без РФ) имеются расхождения, которые отражают общие понижающие тенденции в добыче ТЭС по сравнению с прогнозным темпом и заметное повышение темпа роста мирового производства цинка в сравнении с прогнозом (см. рис. 26). Фактические данные по мировому (без РФ) рудничному производству цинка за 1995–1999 гг. показали хорошую сходимость с прогнозом. В 2000 г. произошло повышение уровня его рудничного производства по сравнению с прогнозным, в дальнейшем темп роста предшествующих лет сохранился. Для РФ характерно превышение темпов роста производства ТЭС по сравнению с прогнозом по всем вариантам энергетической стратегии России (см. рис. 26), обусловленное успехами нефте- и газодобычи.

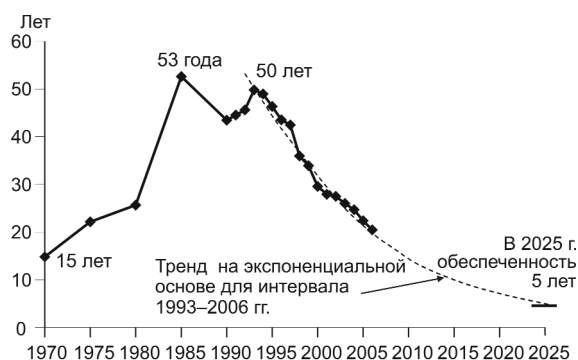
Прогнозный уровень добычи цинка в РФ на 2025 г., по оценке ЦНИГРИ [4], мог бы составить

при оптимистическом варианте 813 тыс. т, при минимальном пессимистическом (с продолжающимся спадом производства) — 306,7 тыс. т. (см. рис. 26). Однако реальные уровни и темп добычи цинка в РФ в конце 90-х годов не соответствовали рассчитанным прогнозным оценкам и оказались существенно ниже оценок даже для пессимистического варианта. В 1995–1997 гг. продолжалось резкое снижение рудничного производства со среднегодовым темпом 24,9%. В 1998–2005 гг. происходит рост добычи цинка со среднегодовым темпом 12,12%, превышающим уровень и темп прогнозных оценок для пессимистического варианта прогноза. Эти факты, по-видимому, связаны с повышением спроса на цинк и его добычи в РФ, несмотря на отсутствие новых источников сырья. В 2006 г. произошел спад добычи.

По фактическим и прогнозным данным для РФ на динамику добычи цинка влияют не только факторы развития ТЭК, но и другие экономические и правовые факторы. Ретроспективный анализ за 90-е годы показывает определенную положительную статистическую связь между уровнями добычи ТЭС и цинка в РФ в конце 90-х – до 2005 г.

**Обеспеченность.** Изменения состояния обеспеченности мировой добычи цинка подтвержден-





**Рис. 27. Обеспеченность мировой добычи цинка доказанными запасами:**

ретроспектива за 1970–2006 гг. и прогноз на линейной основе по данным за 1993–2006 гг.

ными запасами были проанализированы за 1970–2003 гг. (рис. 27). Обеспеченность изменяется неравномерно, максимальный ее уровень (53 года) был достигнут в 1985 г. В 1970–1985 гг. происходил рост обеспеченности, спад в конце 80-х годов сменился подъемом в 1990 г. с новым пиком в 1993 г. (50 лет); далее и до настоящего времени обеспеченность постепенно снижается. Последнее связано в основном с отсутствием крупных открытий свинцово-цинковых и медно-цинковых месторождений — основных источников рудничного производства [13]. Пики обеспеченности (1985, 1993 гг.) отвечают периодам, следовавшим за новыми открытиями и освоением крупных месторождений.

Прогноз обеспеченности мировой добычи цинка подтвержденными запасами путем построения тренда за период 1970–2003 гг. на полиномиальной основе предполагает возможное истощение мировых запасов в 2007 г. Прогноз по данным 1993–2006 гг. на экспоненциальной основе предсказывает снижение обеспеченности к 2025 г. до уровня 5 лет. Однако эти угрожающие прогнозы, скорее всего, не подтвердятся. Падение обеспеченности будет продолжаться до тех пор, пока не будут открыты, подготовлены и введены в эксплуатацию новые сырьевые объекты, как это произошло в начале 90-х годов (см. рис. 27). Кроме того, сохраняющийся рост производства цинка из вторичного сырья не приводит, как известно, к росту обеспеченности добычи первичным сырьем, но способствует поддержанию производства рафинированного металла и достигнутых уровней потребления при снижении потребности в погашении части запасов.

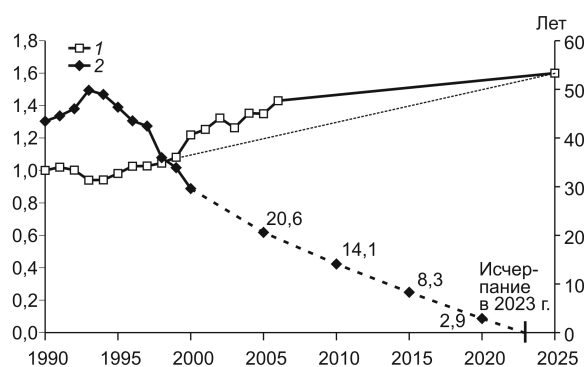
Прогноз мировой добычи до 2025 г. [7] с достижением в 2025 г. 1,6 объема добычи 1990 г. при принятом темпе его роста и отсутствии простого

воспроизводства запасов (годового прироста, компенсирующего годовую добычу) дает отрицательную динамику обеспеченности добычи подтвержденными запасами (для мира без РФ) и приводит к практически полному истощению мировых запасов цинка к 2023 г. (рис. 28).

Таким образом, свинцовый и цинковый сегменты сырьевого сектора мировой экономики характеризуются следующими тенденциями развития в начале XXI в.

Для мировой МСБ свинца и цинка характерно отсутствие крупных открытий новых источников минерального сырья в течение последнего десятилетия. Поэтому прирост мировых запасов по этим металлам отсутствует. Особенно заметно отсутствие воспроизводства по свинцу, запасы которого резко снизились к концу 80-х годов и продолжают снижаться. В то же время, данные по мировым горнорудным проектам по свинцу и цинку показывают, что суммарный запланированный рост рудничного производства металлов позволит в течение ближайших 5–7 лет полностью удовлетворить спрос со стороны промышленности. При продолжающемся снижении объемов добычи первичного металла это не приведет к значительному ухудшению обеспеченности первичным сырьем благодаря росту производства металлов из вторичного сырья.

Неуклонное сокращение объемов рудничного производства свинца (для периода после 2000 г. рассматривается как кризис предложения) и наращивание рудничного производства цинка характерны как для мира в целом, так и для ведущих стран-держателей и рудничных продуцентов. Одновременный рост спроса на оба металла преимущественно в строительном и автомобильном секторах промыш-



**Рис. 28. Обеспеченность добычи цинка доказанными мировыми запасами без РФ по состоянию на январь 2000 г. в сопоставлении с прогнозом добычи до 2025 г. (уровень добычи 1990=1):**

1 — добыча, мир без РФ, факт и прогноз; 2 — обеспеченность добычи запасами, факт и прогноз

шленности в странах со всеми типами экономики, особенно в Китае и Индии, приводит к наращиванию объемов потребления, причем по свинцу в значительной степени за счет производства рафинированного металла из вторичного сырья. Растет и производство цинка из скрапа. Наиболее значительный рост потребления цинка характерен для Китая (среднегодовой темп роста в начале XXI в. более 20%). В ближайшем будущем рост мирового спроса на оба металла, по-видимому, будет продолжаться.

Рост мирового спроса на свинец и цинк при значительной возможности наращивания рудничного производства отразился на росте мировых цен на оба металла в начале XXI в. Прогнозируемое повышение мирового спроса на свинец и цинк, особенно в бурно развивающихся странах Восточной Азии, будет способствовать сохранению на высоком уровне мировых цен.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Августинчик И.А.* Освоение вторичного сырья металлов: мировые тенденции, роль и место России // Руды и металлы. 2006. № 1. С. 58–74.
2. *Августинчик И.А., Мызенкова Л.Ф.* Экспрессная оценка затрат на освоение месторождений благородных и цветных металлов на основе геолого-экономических моделей (по зарубежным горнорудным проектам) // Прогноз, поиски, оценка рудных и нерудных месторождений на основе их комплексных моделей — достижения и перспективы. Научно-практическая конференция (4–6 апреля 2006 г., Москва, ЦНИГРИ). М., 2006. С. 192–203.
3. *Бруэр К.Д., Бержевен Ж., Маккалох Б.Р.* Подходы правительства к политике налогообложения в горно-добывающей промышленности // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. 2002. № 2. С. 28–35.
4. *Кривцов А.И.* Минерально-сырьевая база на рубеже веков — ретроспектива и прогнозы. — М.: ЗАО «Геоинформмарк», 1999.
5. *Минеральные ресурсы зарубежных стран.* — М.: ВНИИ «Зарубежгеология», 1970–1995.
6. *Минеральные ресурсы мира.* — М.: ИАЦ «Минерал», 1997–2006.
7. *Мировая минерально-сырьевая база благородных и цветных металлов: 1970–2000–2025 гг. (обзор-анализ)* / А.И.Кривцов, И.Ф.Мигачев, Б.И.Беневольский и др. — М.: ЦНИГРИ, 2003.
8. *Рыбак К.* Метрополь нашел партнера. Lundin поможет ему разрабатывать месторождение // Ведомости, 30 июня 2006. С. Б2.
9. *Серебро 2004, 2005.* — М.: The Silver Institute, GFMS, НБЛЗолото, 2004, 2005.
10. *Цинковый бум Балхаша.* Публикации и статьи по цветной и черной металлургии. 05.11.04 г. (Infogeo.ru/metals/press).
11. *Чайжунсунов Т.Ж.* Технологии мирового уровня. Рецензия на монографию С.Б.Садыкова «Автоклавная переработка низкосортных цинковых концентратов» // Цветные металлы. 2006. № 9. С. 124–125.
12. *Boliden Annual Report 2003–2004, 2004–2005, 2005–2006.*
13. *Dummet H.T.* Minerals resource development — our new Challenges // Mining Engineering, July 2000. Vol. 52. № 7. P. 37–42.
14. *Hand S.* New Raw Material Supply Opportunities. June 8, 2004 UBS, London.
15. *Hitzman M.W., Reynolds N.A., Sangster D.F., Allen C.R., Carman C.* Classification, genesis, and exploration guides for non-sulfide zinc deposits // Econ. Geol. 2003. Vol. 98. № 4. P. 685–714.
16. *Information on World Mining Operations — MineSite, 2007* (<http://www.infomine.com/minesite/minesiteall.asp>).
17. *Johansson J.* Market analysis. Boliden Capital Markets Day, New Boliden, 5 Apr. 2005.
18. *Kettle P.* Lead, zinc, nickel and tin. CRU analysis. — LME Metals Seminar 2005 «The Non-Ferrous Metals Markets: A Changing Landscape», 31 October 2005.
19. *Lead & Zinc Outlook March 2002* // AME Mineral Economics, March 2002. P. 1–14.
20. *Lead & Zinc Strategic Market Service, 2004.*
21. *Large D.* The geology of non-sulphide zinc deposits — an overview // Erzmetall. 2001. Vol. 54. № 5. P. 264–276.
22. *Low cost of zinc through innovation.* ZincOx Resources plc, undated (<http://www.zincox.com>).
23. *Mine Project Survey* // Engineering and Mining Journal, January 2001–January 2006.
24. *Mineral Commodity Summaries, USGS, 1992–2006.*
25. *Minerals Yearbook. 1996–2005.* USGS, 1996–2005.
26. *Mining Annual Review 1999–2004* // The Mining Journal, Ltd., 1999–2004.
27. *Mining Annual Review 2003. Russia.* — Interfax-CAN, 2004, Russia, p. 1–23.
28. *Mining Technology. Industry Projects. Asia and Pacific Rim, 2006* (<http://www.mining-technology.com>).
29. *Price Forecast 2005 — «Forecast 2005»*, GFMS, 21 Feb. 2005.
30. *Pulvermacher K.* Commodity returns and the economic cycle // World Gold Council, May 2005.
31. *Recycling — Metals. Minerals Yearbook 2003* // U.S. Geological Survey. 2003. P. 61.1–61.17.
32. *Singer D.A.* World-class base and precious metal deposits — quantitative analysis // Econ. Geol. 1995. Vol. 90. P. 88–104.

33. *Tarbutt S., Soldey C.* The rise and fall imperative of metals // *Mining Magazine*. 1998. Vol. 179. № 6. P. 272–284.
34. *Walawalker R.* Lead's summer of discount // *Metal Bulletin Monthly*. July 2000. P. 36–37.
35. *White P.* Lead and Zinc Near Term Prospects LME Week. The Metals Seminar. ILZSG, 2006.
36. *World Exploration Trends.* A Special Report from Metals Economics Group for the PDAC 2006 International Convention. MEG, 2006.
37. *Zinc Solvent Extraction and Zinc Market.* Metaline Mining Company // *Mining Investments, Mining Exploration – Silver, Zinc, Copper*. 2004. P. 1–4 ([http://www.metalin.com/zinc\\_solvent.html](http://www.metalin.com/zinc_solvent.html)).
38. *Zinc: World Mine Production (Zinc Content of Concentrate and Direct Shipping Ore Unless Noted, by Country) – Index Mundi.* – USGS Mineral Resources Program (Through 1 July 2004) ([http://www.indexmundi.com/en/commodities/minerals/zinc/zinc\\_table17.html](http://www.indexmundi.com/en/commodities/minerals/zinc/zinc_table17.html)).

УДК 553.411 (571.53)

© А.И.Иванов, 2008

## ОСНОВНЫЕ ЧЕРТЫ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ И ЗОЛОТОНОСНОСТЬ БОДАЙБИНСКОГО РУДНОГО РАЙОНА

А.И.Иванов (ЗАО «Сибирская геологическая компания»)

*Рассмотрено геологическое строение Бодайбинского рудного района и золоторудных месторождений в его северной части. Обосновывается перспективность района на выявление новых золоторудных месторождений.*

Бодайбинский рудный район, занимающий центральную часть Ленской золотоносной провинции, характеризуется интенсивной россыпной золотоносностью. С середины XIX в. здесь из россыпей добыто более 1500 т золота. В 60–80-х годах XX в. выявлено и оценено несколько месторождений рудного золота прожилково-вкрапленного типа золото-сульфидно-кварцевой формации и кварцево-жильного типа золото-кварцевой формации [1, 8]. К прожилково-вкрапленному типу относятся кварц-сульфидные залежи месторождений Сухой Лог, Высочайшее, Вернинское и Невское, кварцево-жильному — месторождения Догалдынская жила, Кавказ, Копыловское, жильные зоны Первенец (Вернинское) и Центральная (Сухой Лог) (рис. 1). Территория района сложена карбонатно-терригенными отложениями баллаганахской, ныгринской и бодайбинской серий (см. рис. 1).

Среднерифейская баллаганахская серия включает хорлухтахскую, хайвергинскую, бугорихтинскую и бодайбокканскую свиты. Хорлухтахская свита имеет сланцево-конгломерато-песчаный наиболее грубозернистый состав, хайвергинская и бугорихтинская — песчано-сланцевый и сланцево-песчаный соответственно, бодайбокканская сложена известняками.

К средне-верхнерифейской ныгринской серии относятся бужуихтинская, угаханская, хомолхинская и имняхская свиты. Бужуихтинская и хомолхинская свиты характеризуются повышенной углеродистостью и имеют песчано-сланцевый состав, угаханская и имняхская — песчано-сланцево-известняковый.

Бодайбинская серия вендского [4] возраста представлена аунакитской, вачской, анангрской, догалдынской и илигирской свитами. Аунакитская и вачская свиты — песчано-сланцевые, высокоуглеродистые. Отложения этих свит, как и все нижележащие, сформировались в условиях пассивной континентальной окраины. Вышележащие свиты, сформировавшиеся в условиях активной континентальной окраины, имеют сланцево-песчаный состав.

В среднем палеозое породы были смяты в запрокинутые на юго-юго-запад линейные складки, осложненные продольными взбросами и надвигами. В районе проявлен зональный региональный метаморфизм — низкотемпературный (зона хлорита зеленосланцевой фации) в его центральной части и высокотемпературный (до амфиболитовой фации) на периферии. Изограды биотита, граната, кианита пересекают складчатые структуры, что свидетельствует о более позднем проявлении высо-

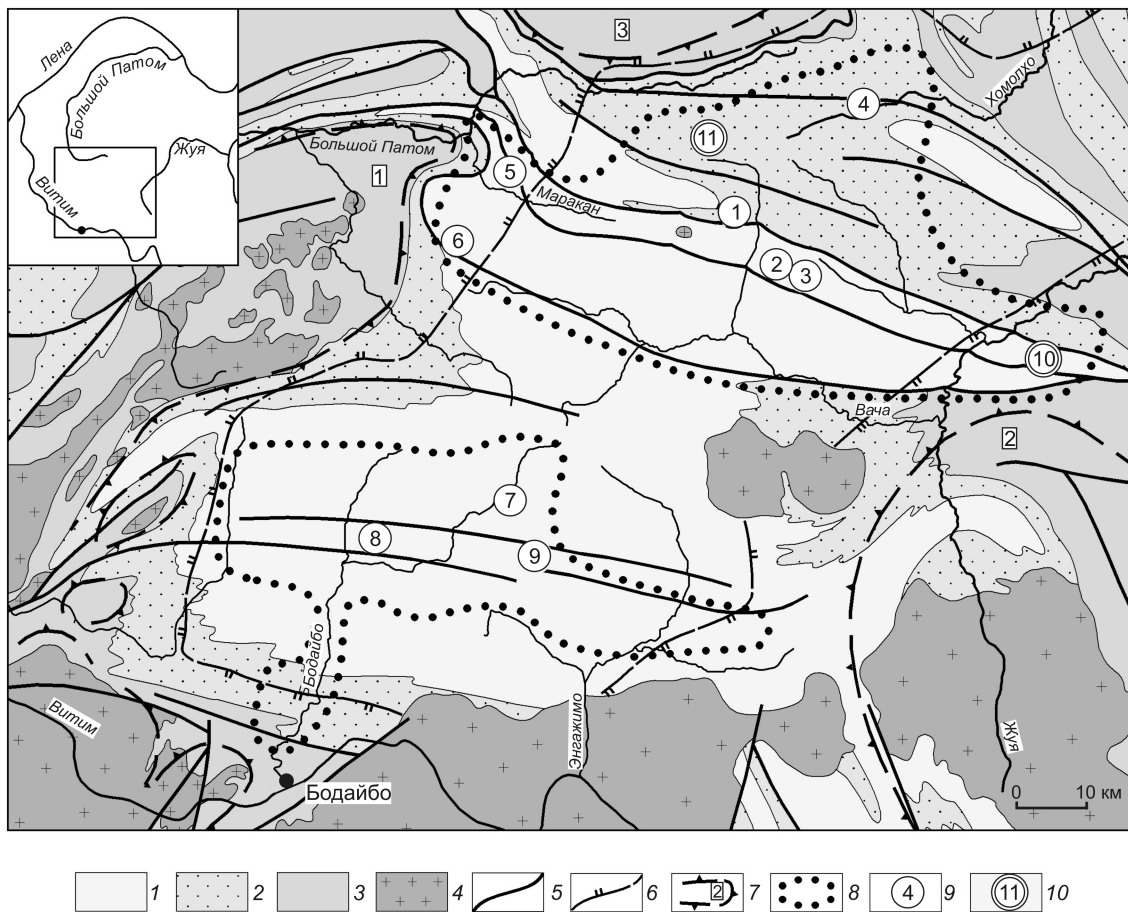


Рис. 1. Схематизированная геологическая карта Бодайбинского рудного района:

рифейско-вендские отложения: 1 — венд, бодайбинская серия (аунакитская, вачская, анангская, догалдынская и илигирская свиты), 2 — средний – верхний рифей, ныгринская серия (бужихтинская, угаханская, хомолхинская и имняхская свиты), 3 — средний рифей, баллаганакская серия (хорлухтакская, хайвергинская, бугорихтинская и бодайбокская свиты); 4 — позднепалеозойские гранитоиды конкудеро-мамаканского комплекса; 5 — главные разрывные нарушения; 6 — изографа биотита регионального метаморфизма; 7 — границы внешних деформационных зон гранитоидных куполов (1 — Мамской, 2 — Верхне-Жуинской, 3 — Верхне-Хайвергинской); 8 — основные золотороссыпные районы; 9 — золоторудные месторождения (1 — Сухоложское, 2 — Вернинское, 3 — Невское, 4 — Высочайшее, 5 — Ожерелье, 6 — Ыканское, 7 — Догалдынская жила, 8 — Кавказ, 9 — Копыловское); 10 — потенциальные золоторудные месторождения (рудные зоны с промышленными параметрами: 10 — в Светловском, 11 — в Верхне-Угаханском рудных полях)

котемпературного регионального метаморфизма относительно линейного складкообразования. В этап регионального метаморфизма в зонах высокотемпературных фаций формировались гранитоидные купола, деформирующие линейную складчатость.

Рифейско-вендские отложения прорваны позднепалеозойскими гранитоидами мамского, конкудеро-мамаканского и лампрофирами кадали-бутуинского комплексов. Мамский комплекс — синметаморфический, относительно небольшие тела плагиопегматитов сложной формы формировались в условиях амфиболитовой фации метаморфизма в пределах крупных гранитоидных структур. Гранитоиды

конкудеро-мамаканского комплекса, внедрившиеся в регрессивно-метаморфический этап, вскрыты в основном на периферии Бодайбинского рудного района. Они слагают многочисленные секущие по отношению к складчатым структурам интрузии, входящие в состав Байкало-Витимского «ареал-плутона». Формировались в достаточно высокотемпературных условиях, а в центральной части рудного района, где известны три отдельных массива (крупный Джекдокарский и небольшие Константиновский и Васильевский), а также несколько дайковых полей, — в условиях зеленосланцевой фации [4].

При внедрении гранитоидов в породы зеленосланцевой фации метаморфизма в эндоконтактах

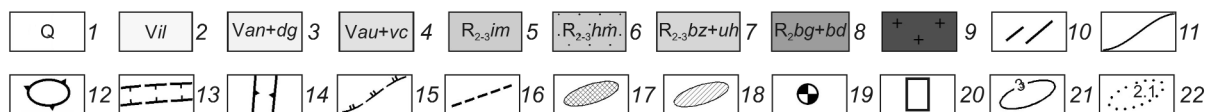
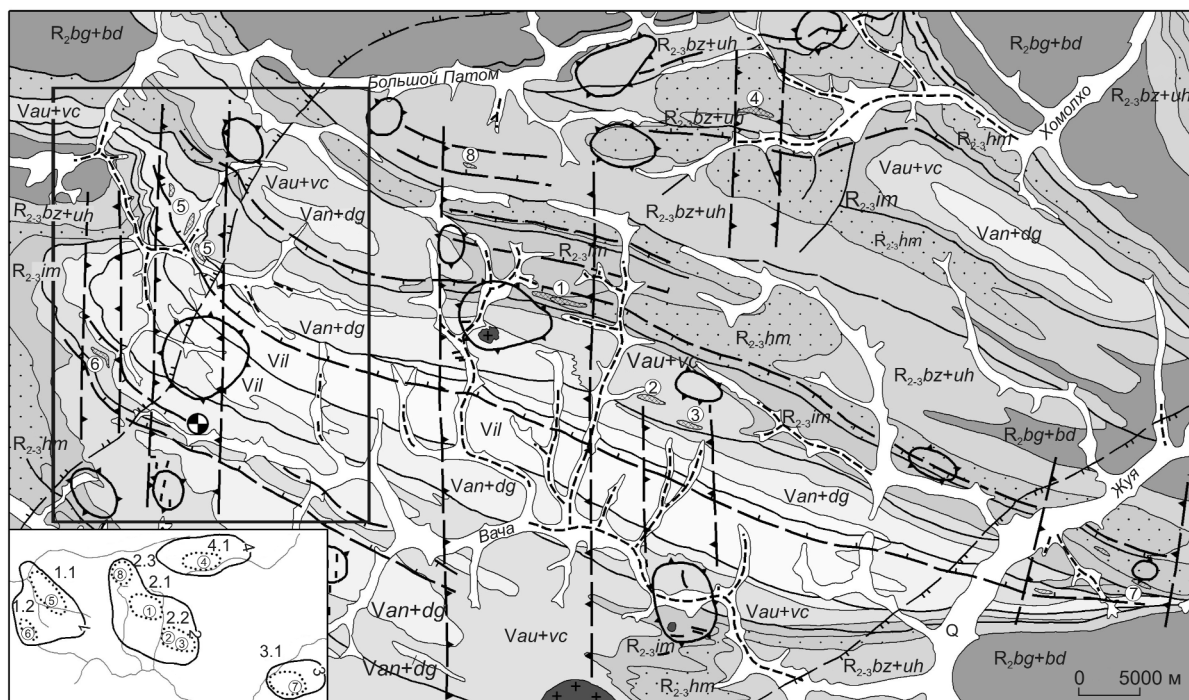


Рис. 2. Схематизированная геологическая и карта золотонности северной части Бодайбинского рудного района:

*I* — четвертичные отложения; *вендские свиты*: 2 — илигерская (сланцы углеродистые, прослои песчаников углеродистых, иногда известковистых), 3 — анангрская и догалдынская (песчаники полимиктовые и аркозовые, иногда известковистые, прослои сланцев углеродистых и слабоуглеродистых), 4 — аунакитская и вачская (сланцы высокоуглеродистые, прослои песчаников кварцевых углеродистых); *средне-верхнерифейские свиты*: 5 — имняхская (известняки, карбонатно-слюдистые алевролиты, сланцы, песчаники), 6 — хомолхинская (сланцы и металавролиты углеродистые, в средней части — прослои кварцевых песчаников), 7 — бужуихтинская и угаханская (сланцы углеродистые в переслаивании с песчаниками, в верхней части — с известняками); 8 — *среднерифейские* бугорихтинская и бодайбокская *свиты* (песчаники полимиктовые, прослои сланцев углеродистых, в верхней части — известняки с прослоями сланцев углеродистых); *граниты конкудеро-мамаканского комплекса*: 9 — массивы биотитовых гранитов, 10 — дайки гранит-порфиров; 11 — основные разломы (надвиги, взбросы); 12 — контур надынтризивных зон над не вскрытыми эрозией гранитными интрузиями на глубине около 3 км (по геолого-геофизическим данным); 13 — продольные рудоконтролирующие (для золотого оруденения) зоны складчато-разрывных деформаций; 14 — сингранитные зоны поперечных деформаций над разломами фундамента; 15 — изограда биотита регионального метаморфизма; 16 — основные промышленные россыпи золота; 17 — месторождения рудного золота (1 — Сухоложское, 2 — Вернинское, 3 — Невское, 4 — Высочайшее, 5 — Ожерелье, 6 — Ыканское); 18 — рудные зоны с промышленными параметрами Светловского (7) и Верхне-Угаханского (8) рудных полей; 19 — рудопоявление олова и вольфрама Юдовое (с Au, Ag, Bi); 20 — контур территории Мараканского участка; на врезке: 21 — рудные узлы (1 — Мараканский, 2 — Кропоткинский, 3 — Тунгусский, 4 — Хомолхинский), 22 — рудные поля (1.1 — Ожерельное, 1.2 — Ыканское, 2.1 — Сухоложское, 2.2 — Вернинско-Невское, 2.3 — Верхне-Угаханское, 3.1 — Светловское, 4.1 — гольца Высочайшего)

массивов кристаллизовались более мелкозернистые разновидности гранитов вплоть до гранит-порфиров, а в экзоконтактовой зоне шириной до 1–3 км — биотитовые, андалузитовые, кордиеритовые роговики. Массивы окружены дайковым ореолом гранит-порфиров, мелкозернистых гранитов. Длина отдельных даек достигает 1000 м при мощности до 10 м. Ширина дайкового ореола 1–2 км. Отдельные дайковые поля развиты над не вскрытыми эрозией

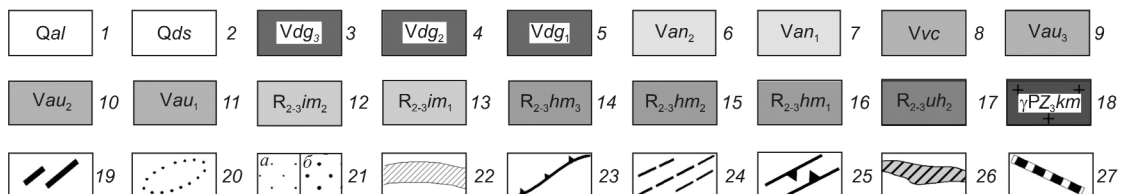
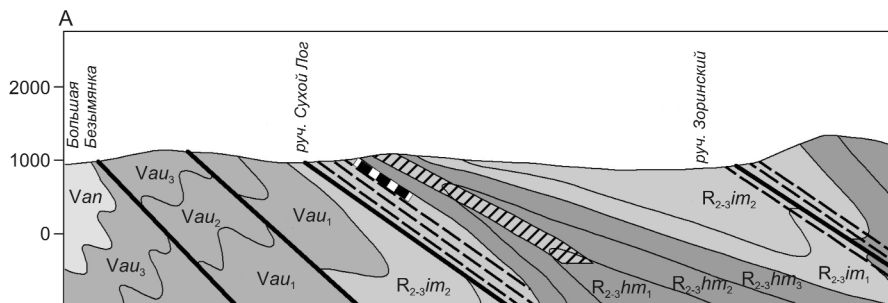
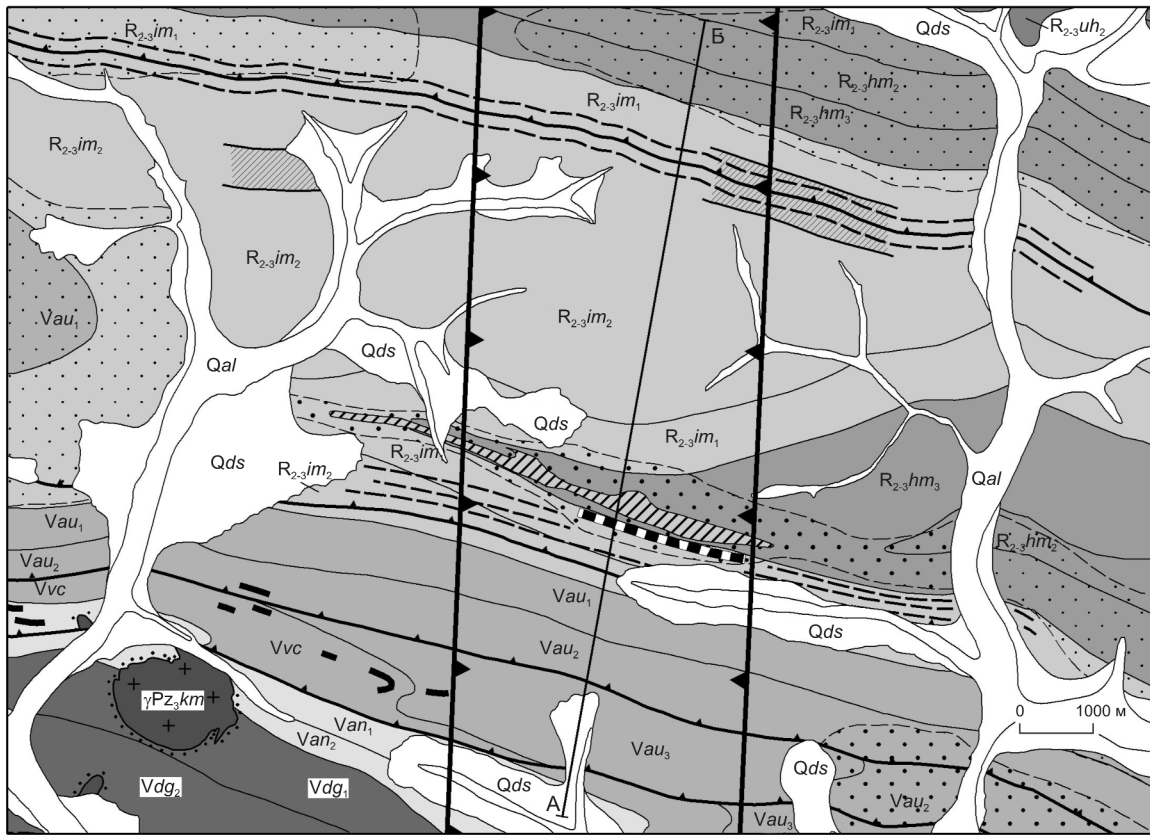
гранитными интрузиями. Диафторические изменения высокометаморфизованных пород наиболее интенсивны в зонах расланцевания, активизированных в этот этап.

Кадали-бутуинский комплекс [4, 8] представлен дайками лампрофиров (спессартитов, керсантитов, одинитов, минетт), кварцевых диоритов, диоритовых порфиров, встречающихся в пределах Байкало-Патомского нагорья преимущественно

в дайковом поясе северо-северо-восточного направления. Дайки кадали-бутуинского комплекса прорывают гранитоиды конкудеро-мамаканского комплекса и, по данным С.Д.Шера, золотоносные кварцевые жилы.

Разломы, картируемые на поверхности, отнесены к двум основным возрастным группам — связанным с линейной складчатостью и позднепалеозойским коллизионным этапом. К разломам первой группы относятся продольные взбросы, надвиги и

сбросы отставания, а также секущие сдвиги. Наиболее крупные продольные разломы трассируются зонами расланцевания с жильно-прожилковым окварцеванием, железо-магнезиальной карбонатизацией (бурошпатизацией). Деформации по таким разломам происходили раньше «пика» регионального метаморфизма, а в последующие синметаморфический и послеметаморфический этапы многие из них активизировались. Секущие сдвиги этапа линейной складчатости выражены зонами трещиноватости.



Разломы второй группы образовались на этапе становления интрузий конкудеро-мамаканского и кадали-бутуинского комплексов. В это время активизировались более древние разломы, формировались новые преимущественно секущие крутопадающие «хрупкие» разломы и зоны трещиноватости различной ориентировки — от северо-западной до меридиональной и северо-восточной. Системы разломов второй группы обычно вмещают жильные тела (кварца, гранит-порфиры) и интенсивно гидротермально метасоматически преобразованные породы, что отражается в геофизических и геохимических полях.

Глубинные разломы, расчленяющие раннепротерозойский фундамент складчатой области, на уровне денудационного среза устанавливаются по ряду прямых и косвенных признаков. К последним относятся продольные и поперечные перегибы зеркал складчатости, зоны сближенных поверхностных разломов, аномальные или градиентные зоны в региональных магнитных и гравиметрических полях, пояса даек, градиентные зоны регионального метаморфизма и т.д. [4]. Глубинные разломы в большинстве своем являются длительно развивающимися рудоконтролирующими структурами, к которым приурочены аномальные геохимические зоны, а также известные месторождения и рудопроявления полезных ископаемых.

Наиболее хорошо изучена золотоносность северной части Бодайбинского рудного района (рис. 2), где с различной детальностью разведаны месторождения Сухой Лог, Вернинское, Невское, Высочайшее, Ожерелье, Ыканское, а также установлены рудные зоны с промышленными параметрами в пределах Светловского и Верхне-Угаханского рудных

полей. На врезке к рис. 2 приведена схема металлогенического районирования этой территории, составленная с использованием материалов Н.А.Суслова, В.В.Коткина и др. Выделены четыре рудных узла (Кропоткинский, Мараканский, Тунгусский, Хомолхинский) и в их пределах рудные поля.

**Кропоткинский рудный узел** включает Сухоложское, Вернинско-Невское и Верхне-Угаханское рудные поля. В Сухоложском рудном поле разведано месторождение Сухой Лог, в настоящее время проводятся поисковые работы в его северной части. В Вернинско-Невском рудном поле разведаны месторождения Вернинское и Невское. В Верхне-Угаханском рудном поле работами А.Н.Фалилеева, В.К.Черепанова выявлено рудное тело с промышленными параметрами, ведутся поисковые работы (ЗАО «Сибирская геологическая компания»).

**Месторождение Сухой Лог** [8, 11] располагается в междуречье Ныгри и Угахана. Локализовано в породах хомолхинской и имнянской свит, слагающих ядерную часть и крылья Сухоложской антиклинали. В связи с исторически сложившейся последовательностью изучения месторождение «расчленено» на четыре рудных объекта: собственно Сухоложское месторождение, запасы которого защищены в 1977 г. (Н.П.Попов и др.), Северо-Западное рудное тело (Г.Н.Кочнев и др., 1979 г.), Центральную зону (В.Н.Глазков и др., 1992 г.), Западное месторождение (В.А.Бобров и др., 2001 г.). Месторождение Западное выделилось в самостоятельный объект, ОАО «Полус» получена лицензия на его разведку и добычу. С 2005 г. на нем проводятся эксплуатационные работы. Работы по переоценке месторождения Сухой Лог, завершённые в 2007 г. ЦНИГРИ (И.А.Карпенко и др.), показали, что фактически все четыре

### Рис. 3. Схематизированная геологическая карта Сухоложского рудного поля:

*четвертичные отложения: 1 — аллювиальные, 2 — делювиально-солифлюкционные; венские отложения, подсвиты догалдынской свиты: 3 — верхняя (песчаники полимиктовые в переслаивании со сланцами углеродистыми), 4 — средняя (песчаники полимиктовые, прослой сланцев углеродистых), 5 — нижняя (песчаники полимиктовые, редкие прослой сланцев углеродистых); подсвиты анангской свиты: 6 — верхняя (переслаивание песчаников, иногда известковистых, и сланцев углеродистых, часто тонкоритмичное), 7 — нижняя (песчаники в переслаивании со сланцами углеродистыми); 8 — вачская свита (сланцы высокоуглеродистые кварцевые, прослой песчаников углеродистых кварцевых); подсвиты аунакитской свиты: 9 — верхняя (переслаивающиеся песчаники кварцевые и углеродистые слюдисто-кварцевые сланцы), 10 — средняя (сланцы углеродисто-слюдисто-кварцевые, иногда алевритовые), 11 — нижняя (песчаники кварцевые известковистые в переслаивании со сланцами углеродистыми); *средний – верхний рифей*, подсвиты имнянской свиты: 12 — верхняя (известняки, карбонатно-слюдистые сланцы, алевриты, песчаники), 13 — нижняя (карбонатно-слюдистые алевриты, песчаники, сланцы); подсвиты хомолхинской свиты: 14 — верхняя (сланцы углеродистые, метаалевриты), 15 — средняя (сланцы углеродистые филлитовидные и алевритовые в переслаивании с кварцитовидными песчаниками), 16 — нижняя (сланцы алевритовые углеродистые); *средний – верхний рифей*, подсвиты угаханской свиты (сланцы углеродистые слюдисто-кварцевые в переслаивании с известняками углеродистыми); *конкудеро-мамаканский комплекс*: 18 — граниты Константиновского массива и его сателлитов, 19 — дайки биотитовых гранит-порфиров; 20 — контактовые роговики; 21 — площади проявления гидротермально-метасоматических преобразований пород — железо-магнезиальной карбонатизации, сульфидизации, окварцевания (а), в том числе интенсивного (б); 22 — золотоносные зоны жильно-прожилкового окварцевания (по работам 2007 г.); 23 — продольные разрывные нарушения (взбросы и надвиги); 24 — зоны рассланцевания (вязкие разломы); 25 — зоны поперечных деформаций над скрытыми разломами фундамента; 26 — Главная рудная зона; 27 — жильно-прожилковая зона Центральная*

объекта находятся в единой минерализованной зоне и являются участками единого месторождения.

Сухоложская антиклиналь — линейно вытянутая, сильно сжатая асимметричная складка, запрокинута на юг. Простираание северного крыла, осложненного разрывными нарушениями, изменяется от 260 до 280°, падение на север под углами 15–30°. Простираание южного подвернутого крыла более выдержано (азимут 290°), угол падения 30–40°, осевой поверхности — 270–310° с падением на север под углами 20–25°. Шарнир складки полого (0–15°) погружается в северо-западном направлении (азимут 300–310°). Приосевая часть антиклинали осложнена тектонической зоной смятия (рассланцевание «вязкого разлома»), характеризующейся интенсивной разнопорядковой мелкой складчатостью, наличием будинаж-структур и многочисленных вязких разрывов по кливажным поверхностям. Породы зоны смятия интенсивно серицитизированы, карбонатизированы с железо-магнезиальными разновидностями, пиритизированы, прожилково окварцованы и сульфидизированы. В целом выделяется единая минерализованная рудовмещающая зона, которая прослеживается в междуречье Ныгри и Угахана на 12 км. Гидротермально-метасоматические процессы неравномерны по простираанию зоны, наибольшая их интенсивность проявлена в пределах ее пересечения с секущей субмеридиональной зоной деформаций (рис. 3). Последняя находится в «эпицентре» более широкой зоны (соответственно, зоны второго и первого порядков) (см. рис. 2, 3), выделенной по геолого-геофизическим данным и контролирующей поперечные деформации линейных складок, которые на уровне денудационного среза выражаются в ундуляции их шарниров и изгибании осей. Поперечная зона первого порядка расположена над региональным скрытым разломом фундамента, сдвиго-взбросовые перемещения по которому в синрудный этап привели к деформации ранее сформированных линейных складок. Минерализованная зона, таким образом, сформировалась на пересечении продольной зоны смятия с поперечной зоной деформаций первого порядка, а участок минерализованной зоны с наиболее интенсивной переработкой — над поперечной зоной второго порядка, в которой сдвиго-взбросовые деформации проявились наиболее «концентрированно». Именно к этому участку и приурочена Главная рудная зона.

**Вернинское месторождение** занимает ядерную часть и крылья Вернинской антиклинали IV порядка, на уровне денудационного среза сложенные породами нижней и средней подсвет аунакитской свиты (рис. 4). Нижняя подсвета состоит из переслаивания кварцевых песчаников часто известковистых с

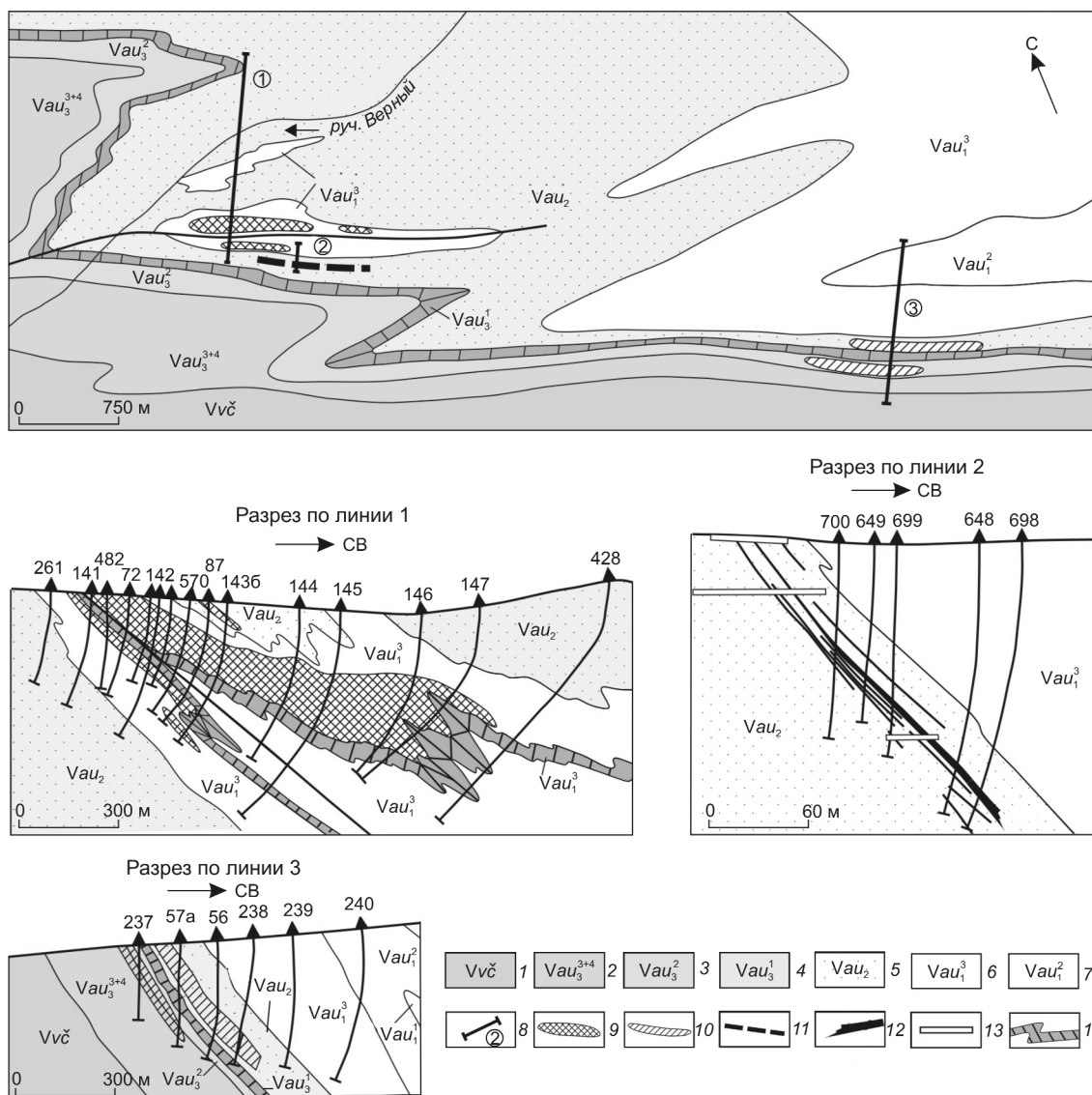
углеродистыми пелитовыми сланцами и алевролитами. В верхней ее части преобладают кварцевые песчаники с прослоями известковистых песчаников, алевролитов, прослеживается горизонт известняков, стратиграфически выше которого локализуются минерализованные зоны месторождения. Антиклиналь сильно сжата, резко запрокинута на юг: углы падения осевой поверхности 35–40°, запрокинутого (южного) крыла 40–50°, нормального (северного) крыла 20–30°. Ядерная часть антиклинали и запрокинутое крыло осложнены зоной смятия, ориентированной параллельно осевой поверхности складки, с проявлением будинажа песчаных прослоев, вязких разрывов, мелкой складчатости. В нормальном и запрокинутом крыльях антиклинали выделяются золотоносные минерализованные зоны, характеризующиеся интенсивными железо-магнезиальной карбонатизацией (сидеритом и анкеритом), прожилково-вкрапленной кварц-пирит-арсенипиритовой минерализацией и жильно-прожилковым окварцеванием.

На Вернинском месторождении установлено промышленное оруденение двух типов: золото-кварц-сульфидного прожилково-вкрапленного и кварцево-жильного. Рудные зоны (1 и 2) с золото-кварц-сульфидным прожилково-вкрапленным оруденением выделены в пределах минерализованных зон в обоих крыльях антиклинали. Они контролируются участками наибольшей деформированности пород (мелкая складчатость, будинаж-структуры, вязкие разрывы и т.п.) и интенсивными гидротермально-метасоматическими преобразованиями. Оруденение локализуется в горизонте высокоуглеродистых песчано-сланцевых ритмитов (с резким преобладанием сланцев) на контакте со стратиграфически нижележащим горизонтом известняков как в нормальном (висячем), так и в запрокинутом крыле антиклинали.

Рудная зона 1 в висячем крыле Вернинской антиклинали на стадии предварительной разведки прослежена по простираанию на 1,6 км, по падению в центральной части на 700 м. В центральной, наиболее золотоносной, части морфология зоны близка к пластообразной и она изгибается по падению в целом конформно деформированному в складки верхнему контакту горизонта известняков. Наиболее высокие содержания сульфидов (3–5%) и, соответственно, золота установлены в центральной части рудной зоны в ее лежащем боку на контакте с горизонтом известняков. В пределах зоны при борте 1,0 г/т Au выделено рудное тело со средними содержаниями 2,6 г/т Au мощностью 20–30 м, иногда до 38–52 м.

Рудная зона 2 локализована в запрокинутом крыле антиклинали. Форма ее также близка к пла-





**Рис. 4.** Схематизированная геологическая карта Вернинско-Невского рудного поля, по А.Д.Баранову, В.К.Черепанову:

вендские свиты: 1 — вачская (сланцы высокоуглеродистые кварцевые, прослои песчаников углеродистых, кварцевых); пачки верхней подсвиты аунакитской свиты: 2 — третья и четвертая объединенные (переслаивание высокоуглеродистых сланцев с песчаниками, прослои известняков), 3 — вторая (сланцы углеродистые, прослои известковистых песчаников), 4 — первая (известняки углеродистые); 5 — средняя подсвита аунакитской свиты (переслаивание углеродистых сланцев с известковистыми песчаниками); пачки нижней подсвиты аунакитской свиты: 6 — третья (кварцевые песчаники с прослоями известковистых песчаников, алевролитов, горизонт известняков в средней части), 7 — вторая (переслаивание углеродистых сланцев с известковистыми песчаниками); 8 — линии разрезов и их номера; минерализованные зоны: 9 — на месторождении Вернинское, 10 — на месторождении Невское, 11 — жильно-прожилковая зона Первенец (на карте), 12 — золотоносные жилы (на разрезе 2); 13 — горные выработки (на разрезе 2); 14 — известняки

стообразной. На стадии предварительной разведки рудная зона мощностью 9,6–21,8 м прослежена по простиранию на 150 м, по падению на 50–150 м. В настоящее время на месторождении завершаются разведочные работы (ОАО «Полус»), в процессе которых значительно увеличены параметры рудных

зон золото-кварц-сульфидного жильно-вкрапленного типа, и ожидаемые запасы золота, вероятно, превысят 100 т. Месторождение готовится к эксплуатации.

Кварцево-жильное оруденение промышленных масштабов установлено в кварцево-жильной зоне

Первенец (в настоящее время она в значительной степени отработана). Зона контролируется продольным взбросом, осложняющим запрокинутое крыло Вернинской антиклинали, и расположена субпараллельно золото-кварц-сульфидной рудной зоне 2 на расстоянии около 150 м южнее со смещением к юго-востоку. Мощность зоны разлома 35–50 м, жильной зоны Первенец 10–15 м. Насыщенность пород кварцем в жильной зоне 20–30%. На фоне маломощных жил и прожилков выделяются два параллельных относительно мощных (3–8 м) и протяженных (50–200 м) кварцево-жильных тела. По простиранию и падению они периодически выклиниваются, поэтому часто наблюдается одно жильное тело, местами переходящее в зоны прожилков. Морфология жил довольно сложная: нередко изменяются элементы залегания, мощность, характерны расщепление на серию прожилков и линз, наличие многочисленных апофиз, различных по размерам ксенолитов вмещающих пород. Иногда расположение жил в зоне кулисообразное. Наряду с кварцем, постоянно присутствуют железо-магнезиальные карбонаты (2–18%). Из рудных минералов кроме золота отмечаются пирит (0,2–1,5%), в небольших количествах сфалерит, халькопирит, галенит, блеклые руды. В целом для жил характерно большое количество выделений крупного золота (+0,25 мм) как в виде самостоятельных обособлений, так и в сростании с железо-магнезиальным карбонатом и сульфидами.

В пределах жильной зоны при борте для открытой отработки 1,0 г/т Au выделена плитообразная рудная залежь, прослеженная по простиранию на поверхности на 240 м, по падению подземными горными выработками на 180 м. Мощность рудного тела 3–21 м, в среднем 7,0 м. Средние содержания по блокам 4,78–6,62 г/т Au. Для открытого способа отработки утверждены запасы 2150 кг по категории  $C_1$  при среднем содержании 5,56 г/т Au; для подземной отработки — 3878 кг по категории  $C_2$  при среднем содержании 6,25 г/т; всего — 6028 кг при среднем содержании 5,99 г/т (В.К.Черепанов и др.).

**Невское месторождение** находится в верховьях ручьев Атыркан-Берикан и Александро-Невский. Локализовано в запрокинутом крыле антиклинальной складки IV порядка в породах средней и верхней подсвиты аунакитской свиты (см. рис. 4). Средняя подсвита сложена углеродистыми пелитовыми сланцами с прослоями углеродистых алевролитов, песчаников и известняков; в основании верхней залегают горизонт известняков с прослоями алевролитов и углеродистых сланцев, на контактах с которым располагаются минерализованные зоны. Выше отмечаются углеродистые сланцы с

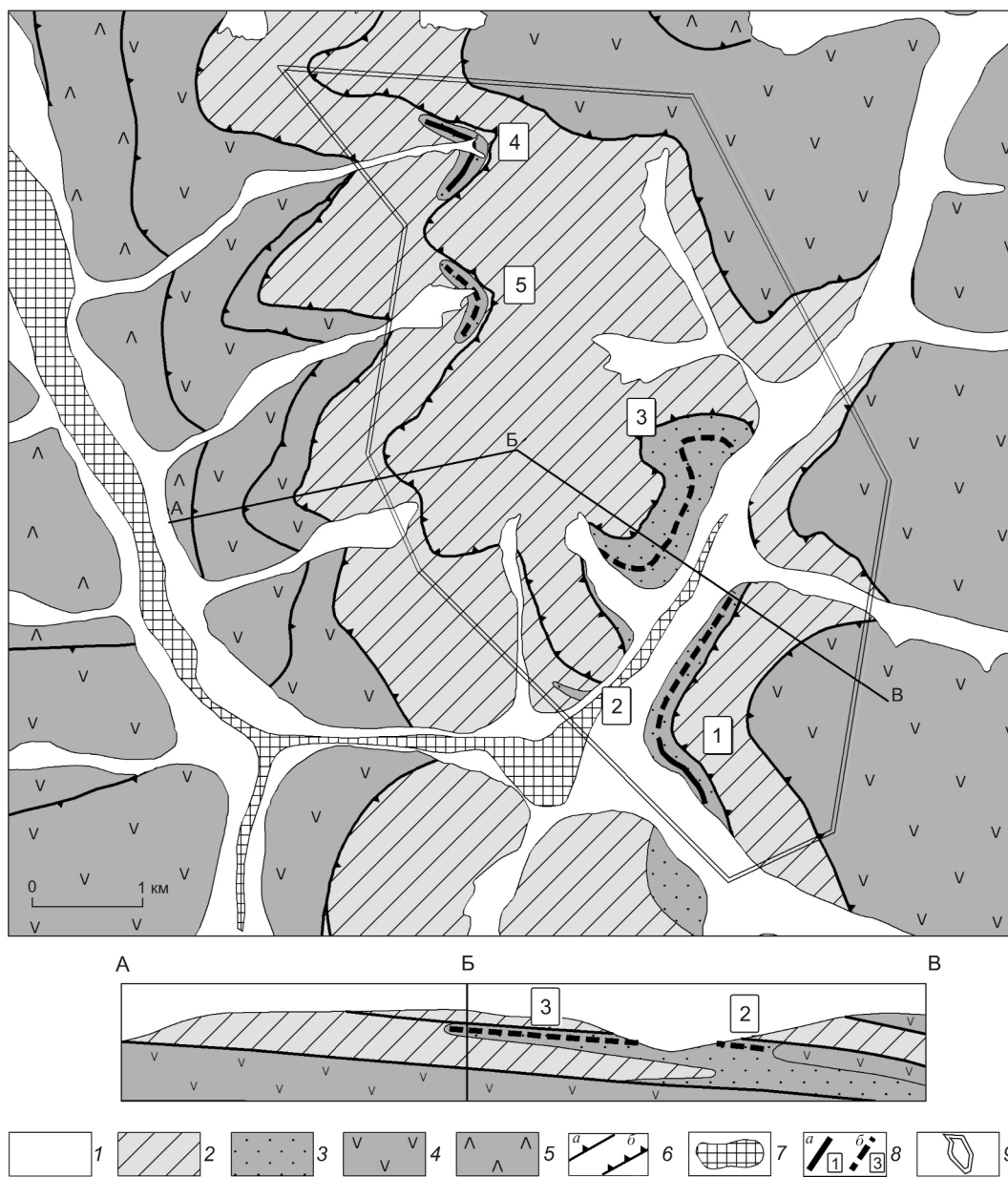
прослоями кварцевых алевролитов, алевролитовых сланцев и песчаников. Породы интенсивно рассланцованы, углы их падения 50–60°.

Золотоносные минерализованные зоны выделяются с обеих сторон карбонатной пачки, играющей рудофокусирующую роль, и характеризуются интенсивным проявлением железо-магнезиальной карбонатизации, прожилково-вкрапленной кварц-пирит-арсенопиритовой минерализации и жильно-прожилкового окварцевания. Установлена серия таких зон, размеры которых по простиранию 100–800 м, по падению 50–300 м. Наиболее крупная Восточная зона на стадии предварительной разведки прослежена на 1100 м по простиранию и на 300–500 м по падению. Она приурочена к контакту углеродистых сланцев с прослоями песчаников средней подсвиты и горизонта известняков верхней подсвиты аунакитской свиты. Последний служит «подошвой» (так как находится в запрокинутом залегании) минерализованной зоны и, по-видимому, геохимическим барьером при рудоотложении. Зона имеет мощность от 10–30 до 90–110 м, характеризуется проявлением кварц-арсенопиритовой и пиритовой минерализации с содержанием сульфидов >0,5–2,5%. Распределение сульфидной минерализации неравномерное, количество сульфидов увеличивается в зонах прокварцевания и вблизи кварцевых жил.

Сульфидная минерализация представлена вкрапленным (пирит, арсенопирит) и прожилковым типами. Прожилки имеют кварц-пиритовый, кварц-пирит-арсенопиритовый и кварц-арсенопиритовый составы. Первые две разновидности преобладают, ориентированы согласно слоистости и сосредоточены в участках зоны, где наряду с кварц-сульфидной минерализацией интенсивно проявлено жильно-прожилковое окварцевание.

По результатам предварительной разведки (В.К.Черепанов) в пределах зоны Восточная при борте 1,0 г/т Au, минимально-промышленном содержании 2,1 г/т, минимальной мощности 5,0 м выделены два рудных тела, имеющих близкую к пластообразной форму с изменчивой мощностью по простиранию и падению. Длина рудного тела 1, расположенного вблизи контакта рудовмещающей толщи с известняками, по простиранию 500 м, по падению от 220 м на флангах до 465 м в центральной части, мощность 5,2–15,0 м. В большей части пересечений оно не выходит на поверхность. Запасы золота по категории  $C_2$  при средних содержаниях 2,78 г/т Au составили 14 830 кг.

Рудное тело 2 значительно меньше по масштабам, имеет пластообразную форму, располагается севернее (далее от контакта с известняками) рудного тела 1 и субпараллельно ему на расстоянии



**Рис. 5. Схематизированная геологическая карта месторождения Ожерелье:**

1 — аллювиальные отложения; вендские отложения, подсвиты догалдынской свиты: 2 — средняя и верхняя (метапесчаники, прослойки сланцев углеродистых), 3 — нижняя рудовмещающая (сланцы высокоуглеродистые, прослойки метапесчаников углеродистых); 4 — аунакитская, вачская и анангрская свиты (метапесчаники, сланцы углеродистые); средне-верхнерифейские отложения: 5 — бужуйхтинская, угаханская, хомолхинская и имнянская свиты (метапесчаники, сланцы углеродистые, мраморы); 6 — надвиговые зоны расланцевания (а), в том числе рудоконтролирующие (б); 7 — промышленные россыпи золота; 8 — рудные зоны и их номера (а — прослеженные канавами и скважинами с подсчитанными запасами, б — предполагаемые по рудным обломкам и делювиальным шлиховым ореолам золота); 9 — границы месторождения Ожерелье

25–40 м. Длина его по простиранию 200 м, по падению от 90 до 130 м, мощность 5–13 м (средняя 8,0 м), на поверхность оно не выходит. Запасы золота по категории C<sub>2</sub> составили 960 кг при средних содержаниях 2,58 г/т Au.

Для месторождения характерно повышение золотоносности кварц-сульфидных зон по мере увеличения в них концентрации жильного кварца.

В настоящее время геологические работы на месторождении Невское проводит недропользователь

ватель ООО «Друза». Прирост запасов золота уже составил несколько десятков тонн, месторождение подготовлено к эксплуатации.

**Мараканский рудный узел** охватывает бассейн р. Маракан. В его пределах работами ЗАО «Сибирская геологическая компания» выявлены месторождения Ожерелье и Ыканское (соответственно в Ожерельинском и Ыканском рудных полях).

**Месторождение Ожерелье** располагается на правом берегу р. Маракан в пределах Мараканского рудного поля, приуроченного к рудоконтролирующей Маракано-Тунгусской зоне надвигов, осложняющей северо-восточное запрокинутое крыло одноименной синклинали (рис. 5). В районе месторождения синклиналь деформируется северо-восточной частью Мамского гранитогнейсового купола (см. рис. 1), в результате чего ось синклинали и все продольные взбросы и надвиги, сформированные при линейной складчатости, огибают купольную структуру по ее периферии. При куполообразовании произошло «раздавливание» синклинали. По морфологии она становится лежачей изоклиальной. Угол падения ее осевой поверхности 8–12°, углы падения нормального крыла 5–10°, запрокинутого — 10–15°. В пределах рудного поля в ядре синклинали залегают породы догалдынской свиты, крылья сложены породами аунакитской, вачской, анангрской и догалдынской свит, метаморфизованными в условиях эпидот-амфиболитовой и амфиболитовой фаций. Шарнир складки, в целом полого погружающийся к северо-западу, испытывает ундуляцию в пределах купольной структуры.

Синклиналь осложнена запрокинутыми складками более высокого порядка и взаимосвязанными с ними чешуйчатыми надвигами, представляющими собой зоны интенсивного рассланцевания. Месторождение Ожерелье контролируется надвиговой зоной рассланцевания, локализованной в ядерной части и запрокинутом крыле одной из осложняющих антиклиналей с размахом крыльев более 200 м. После линейной складчатости зона неоднократно активизировалась как разломная структура. В ее пределах проявлены многостадийные гидротермально-метасоматические процессы. Зона прослеживается на 7 км и более. На уровне денудационного среза в ней выявлено пять участков с золоторудной минерализацией, вскрытых эрозией. Они и составляют месторождение Ожерелье (см. рис. 5).

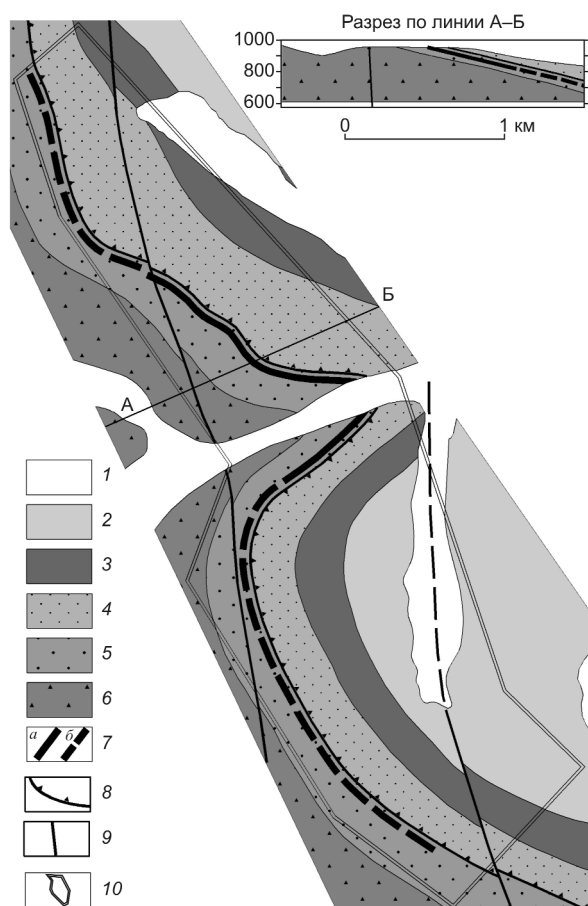
Минерализованные зоны локализованы в ядерной части и запрокинутом крыле лежачей антиклинали в углеродистых метапесчаниках, металаеволитах и сланцах нижнедогалдынской подсвиты. Антиклиналь осложняет северо-восточное крыло

Маракано-Тунгусской синклинали. Осевая поверхность антиклинали ориентирована согласно зоне рассланцевания.

Минерализованная зона 1 наиболее детально изучена — на протяжении 700 м она вскрыта серией канав и скважин колонкового бурения и частично карьером. Выделяется по геологическим признакам как зона интенсивной гидротермально-метасоматической переработки (вплоть до образования мусковит-бурошпатовых метасоматитов) высокометаморфизованных пород, на которые наложена золотоносная жильно-прожилковая бурошпат-кварцевая минерализация. Насыщенность жильно-прожилковым материалом различна. Золотоносность определяется степенью этой насыщенности — в рудных интервалах обычно 5–15%, иногда до 30–40%.

Среди жил и прожилков различаются четыре генерации, из которых к рудным отнесены первая и вторая. Первая, наиболее ранняя, генерация представлена кианит-кварцевыми жилами и прожилками, субсогласными со сланцеватостью и слоистостью и секущими. Кианит интенсивно мусковитизирован, жилы часто содержат видимое золото. Ко второй рудной генерации относится основная масса бурошпат-кварцевых жил и прожилков рудной зоны. Секущие жилы и прожилки часто формируют кулисные системы. В участках складчатых деформаций секущих жил, происходящих в процессе их формирования, часто образуются бурошпат-кварцевые жильные тела сложной морфологии. Сульфидная минерализация (пирит, реже пирротин) отмечается в незначительных количествах. Золото в жилах и прожилках приурочено обычно к зальбандовой бурошпатовой кайме. На основании ресситовки в процессе переработки валовых проб установлено, что около 70% золотин имеют размер >2 мм, в том числе 13–18% — более 7 мм. Часто встречаются золотины размером 20–40 мм. Это обуславливает крайне неравномерное распределение золота и низкую вероятность попадания крупных золотин в рядовые, прежде всего керновые, пробы из-за малого их объема. По этой причине при оценке минерализованной зоны 1 применялось крупнообъемное валовое опробование с переработкой на гравитационно-обоганительном комплексе 5000 т горной массы (получено 15 кг Au).

Рудная зона 1 представляет центральную часть минерализованной зоны 1, наиболее насыщенную золотоносными бурошпат-кварцевыми жилами и прожилками (>4–5%). В золотоносных жилах и прожилках по результатам бороздowego опробования содержания Au от 10n до 100n г/т. При количестве жил и прожилков >5–10% от объема зоны зо-



**Рис. 6.** Схематизированная геологическая карта месторождения Ыканское:

1 — аллювиальные отложения; 2 — анангская свита (метапесчаники); 3 — вачская свита (сланцы высокоуглеродистые); верхняя подсвита аунакитской свиты; 4 — сланцы слюдяно-гранатые («гранатые диафториты»), 5 — сланцы высокоуглеродистые (рудомещающие), 6 — сланцы углеродистые, метапесчаники; 7 — рудная зона, прослеженная канавами (а), линиями шурфов (б); рудоконтролирующие разломы; 8 — секущие; 9 — субогласная надвиговая структура (зона расланцевания); 10 — границы месторождения Ыканское

лотоносные интервалы, как правило, характеризуются содержаниями  $>1$  г/т Au. При меньшем количестве кварцевого материала или в межжилных промежутках содержания Au составляют 0,3–1,0 г/т. Средняя мощность рудной зоны 26 м. На месторождении защищены запасы по категориям  $C_1$  и  $C_2$  в количестве 3864 кг Au со средними содержаниями 3,78 г/т. Прогнозные ресурсы золота превышают 35 т и по результатам разведочных работ 2007 г. значительно возросли.

**Ыканское месторождение** расположено в бассейне р. Маракан в пределах Вачской рудоконтро-

лирующей зоны надвигов (зоны расланцевания), осложняющей юго-западное крыло Маракано-Тунгусской синклинали. Месторождение локализовано в отложениях верхнеаунакитской подсвиты, метаморфизованных в условиях эпидот-амфиболитовой фации (рис. 6) и представленных тонкоритмичным переслаиванием сланцев и углеродистых кварцевослюдистых, гранат-кварцево-сланцевых металевролитов с мелко-тонкозернистыми часто углеродистыми метапесчаниками.

Золоторудная минерализация сосредоточена в минерализованной зоне расланцевания с интенсивным диафторезом (мусковитизация, хлоритизация, сульфидизация) углеродистых сланцев под горизонтом гранатых диафторитов. Гранатые диафториты развиты по кварц-сланцево-гранатовым металевролитам, в которых гранат и биотит практически полностью замещены хлоритом и серицитом (мусковитом). Эти породы более плотные, чем нижележащие сланцы, и служат экраном при формировании золоторудной минерализованной зоны и рудного тела, локализованного непосредственно под контактом с гранатовыми диафторитами. Общая мощность зоны расланцевания превышает 50 м; практически по всей ее мощности содержания Au 0,05–0,2 г/т. Канавами и скважинами минерализованная зона прослежена на 950 м по простиранию и 750 м по падению (в рельефе). Средний угол падения зоны 12–14° (на северо-восток). Северо-западнее и юго-восточнее минерализованная зона прослежена шурфами соответственно еще на 1800 и 2500 м по простиранию. По борту 1 г/т Au на месторождении Ыканское выделено единое рудное тело, имеющее отчетливый литолого-стратиграфический контроль. Оно залегает под нижним контактом горизонта гранатых диафторитов, захватывая и его нижнюю часть мощностью до 0,5–1,0 м. Мощность рудного тела 2,0–8,0 м, средние содержания Au по пересечениям от 2,1 до 10,0 г/т. Подсчитаны запасы категорий  $C_2$  и  $C_1$  в количестве 4221 кг со средним содержанием 3,43 г/т Au.

Руда — серые кварц-серицитовые сланцы с тонкими чаще нитевидными прерывистыми золотоносными просечками кварц-пирит-пирротинового состава. Количество кварца в просечках не превышает 10–20%, поэтому визуально он не фиксируется. Просечки приурочены к сколовым трещинам, секущим сланцеватость под острыми углами, или к зонам гофрировки, в которых на «изломе» сланцеватости и локализуется кварц-пирит-пирротинная минерализация.

Разведочные работы на месторождении продолжаются.

**Тунгусский рудный узел** находится на восточном фланге Маракано-Тунгусской рудоконтролирующей разломной зоны (см. рис. 2). В его пределах, в бассейнах рек Тунгусска и Спектральный, располагается Светлинское рудное поле, где в последние годы геологами ЗАО «Сибирская геологическая компания» выявлено несколько минерализованных зон, а в их пределах — рудных зон с промышленными параметрами. В геологическом строении рудного поля участвуют отложения угаханской, хомолхинской, имнянской, аунакитской, вачской и анангрской свит. Породы смяты в разноамплитудные почти изоклиналильные линейные складки. В их подвернутых крыльях развиваются зоны рассланцевания, представляющие собой субсогласные взбросы и надвиги. Поперечные северо-северо-восточные разломы, фиксирующие секущую рудоконтролирующую структуру, характеризуются небольшими смещениями и часто представлены зонами трещиноватости и кварцевого прожилкования. Из магматических образований обнаружено несколько даек лампрофиров.

Золотое оруденение контролируется рудоносной надвиговой зоной, прослеженной в пределах рудного поля по геолого-геофизическим данным на 11 км (рис. 7). Ширина ее 3–5 км. Она состоит из нескольких надвигов (зон рассланцевания), которые и вмещают собственно минерализованные зоны.

В структурном плане Светлинское рудное поле — зеркальное отражение Ожерельинского. Оба они располагаются в узлах пересечения Маракано-Тунгусской рудоконтролирующей разломной зоны с секущими глубинными разломами, контролирующими процессы гранитизации и регионального метаморфизма.

В рудном поле выявлено несколько минерализованных зон, располагающихся в диафторированных метаморфизованных породах (зона граната). В пределах четырех из них оконтурены рудные зоны мощностью 10–30 м. Наиболее детально изучена зона Дорожная (см. рис. 7), прослеженная горными выработками и колонковыми скважинами на расстояние >0,5 км. Зона жильно-прожилкового окварцевания в интенсивно мусковитизированных и сульфидизированных углеродистых сланцах хомолхинской свиты приурочена к запрокинутому крылу, осложняющему антиклиналь. Углы падения зоны ~35°, вертикальная мощность 10–30 м, средние содержания 2,0–3,5 г/т Au. Количество жильного материала в зоне 3–15%, состав жил бурошпат-кварцевый. Среди сульфидов резко преобладает пирротин, редко отмечаются пирит и арсенопирит. Золото крупное, аналогичное таковому на месторождении Ожерелье. Своеобразие Светловского рудного поля состоит в более интенсивном проявлении мус-

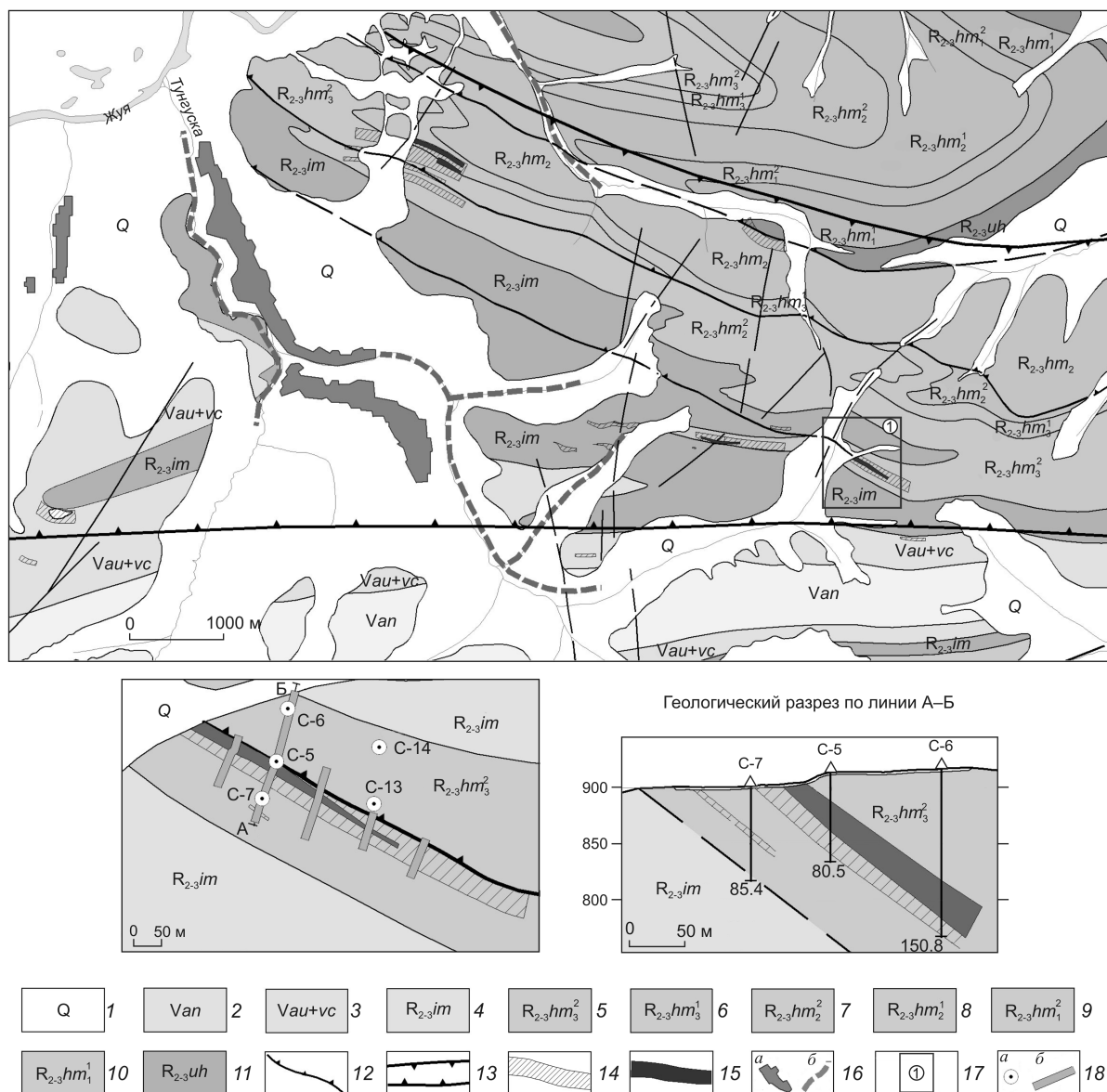
ковитизации (серицитизации) в предрудный этап, вплоть до образования почти мономинеральных тонкочешуйчатых слюдитов.

Прогнозные ресурсы Au составляют десятки тонн и будут оценены после завершения полевых работ (2009 г.).

**Хомолхинский рудный узел** охватывает верховья р. Хомолхо. В его пределах установлено месторождение Высочайшее (Высочайшее рудное поле).

**Высочайшее месторождение** располагается в левом борту верховьев р. Хомолхо (рис. 8) и известно как источник золота для россыпи р. Хомолхо еще с конца прошлого века [8]. Геологоразведочные работы неоднократно проводились в 50–60-годы XX в., однако окончательно лишь в 70-е годы этот объект получил достоверную оценку (Н.А.Суслов, В.А.Назарьев и др.), подтвержденную эксплуатационными работами (в 2007 г. добыто более 3 т Au).

Месторождение локализовано в породах нижней подсвиты хомолхинской свиты, залегающих на карбонатных породах угаханской свиты в нормальном крыле запрокинутой на юг почти изоклиналильной Имнянской синклинали. В ядре последней на северном фланге месторождения обнажаются породы верхней подсвиты хомолхинской свиты, а в одном-двух километрах восточнее — имнянской. Осевая поверхность синклинали падает под углом 15–20°, породы нормального крыла — под углами 10–15° (см. рис. 8), а запрокинутого (на месторождении эродировано) — 15–20°. Собственно месторождение Высочайшее локализовано в пределах Каменской флексуры (см. рис. 8) субширотного простирания, называемой многими исследователями [8 и др.] Каменской антиклиналью. Флексура — по-существу крупный пластичный разлом — деформирует нормальное крыло Имнянской синклинали, имеет ширину ~500 м, падение осевой поверхности на север под углом 40–50°, вертикальную амплитуду перемещения взброшенного северного крыла 300–500 м. Структура сформировалась позднее линейной складчатости и после этапа гранитоидного куполообразования, с которым связаны (на южном фланге Верхне-Хайвергинского купола, см. рис. 1) резкое запрокидывание линейных складок и осложнение их надвигами (см. рис. 2). Таким образом, флексура деформирует уже осложненную синметаморфическими надвигами лежащую синклинали и имеет постметаморфический возраст. В обоих ее крыльях, по данным Н.А.Суслова, проявлена интенсивная разнопорядковая осложняющая складчатость. Осевые поверхности складок имеют углы падения 40–45° и субпараллельны осевой поверхности флексуры.



**Рис. 7. Схематизированная геологическая карта Светловского рудного поля и геологический план участка Дорожный:**

1 — четвертичные отложения; вендские отложения: 2 — анангская свита (метапесчаники аркозовые и полимиктовые, сланцы углеродистые), 3 — аунakitская и вачская свиты нерасчлененные (метапесчаники и сланцы кварцевые углеродистые); средне-верхнерифейские отложения: 4 — имняхская свита (известняки, известковистые сланцы); пакки верхней подсвиты хомолхинской свиты: 5 — вторая (сланцы углеродистые), 6 — первая (сланцы углеродистые, прослои темных известняков); пакки средней подсвиты хомолхинской свиты: 7 — вторая (песчаники кварцевые, прослои сланцев слюдисто-кварцевых углеродистых), 8 — первая (сланцы углеродистые, прослои песчаников кварцевых); пакки нижней подсвиты хомолхинской свиты: 9 — вторая (сланцы слюдисто-кварцевые углеродистые, прослои темных кварцевых песчаников), 10 — первая (переслаивание песчаников кварцевых и сланцев слюдисто-кварцевых углеродистых); 11 — угаханская свита (известняки мраморизованные углеродистые, редкие прослои сланцев углеродистых); 12 — надвиги; 13 — рудоносная надвиговая зона; 14 — минерализованные зоны; 15 — рудные жильно-прожилковые зоны; 16 — россыпи золота (а — контуры подземной отработки террасовых, б — разведанные русловые); 17 — участки детальных поисковых работ (1 — Дорожный); 18 — горные выработки (а — колонковые скважины, б — каналы)

«Концентрированные» разрывные нарушения на месторождении не откартированы, но повсеместно отмечаются мелкие субогласные, кососеку-

щие и поперечные (меридиональные) срывы. По комплексу геофизических и геохимических признаков многими авторами выделяется секущая субме-

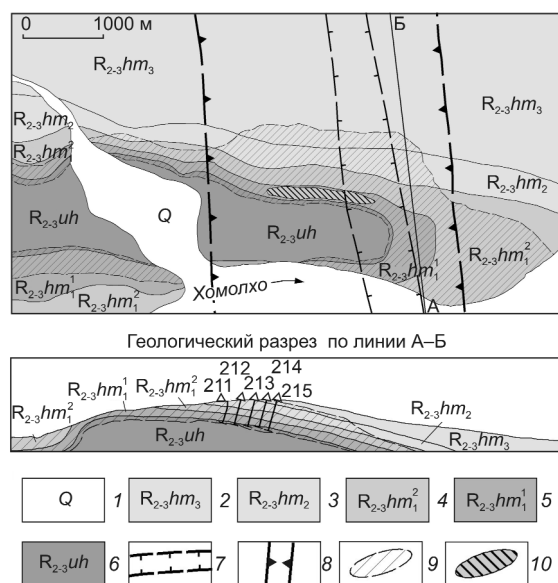


Рис. 8. Схематизированная геологическая карта месторождения Высочайшее:

1 — четвертичные отложения; подсыты хомолхинской свиты; 2 — верхняя (сланцы углеродистые, металаевролиты), 3 — средняя (сланцы углеродистые филлитовидные и алевритовые в переслаивании с кварцитовидными песчаниками), пачки нижней подсыты хомолхинской свиты; 4 — вторая (сланцы углеродистые с прослоями песчаников), 5 — первая (сланцы алевритовые углеродистые слюдясто-кварцевые с редкими маломощными прослоями известняков, известковистых сланцев, песчаников); 6 — верхняя подсыта угаханской свиты (известняки углеродистые, прослой сланцев углеродистых); 7 — секущая субмеридиональная зона деформаций; 8 — гравиметрическая отрицательная аномалия; 9 — минерализованная зона; 10 — рудная зона

ридиональная зона деформаций, к узлу пересечения которой с Каменской флексурой и приурочено промышленное оруденение. В горных выработках наблюдаются многочисленные зонки дробления аналогичной ориентировки, а гравиметрическая отрицательная аномалия свидетельствует и о существовании гидротермально-метасоматического преобразования пород в субмеридиональной зоне.

Каменская флексура эродирована долинами р. Хомолхо и ее левых притоков, в ядре обнажаются породы угаханской свиты.

В породах нижней подсыты хомолхинской свиты минерализованная зона сложена углеродистыми кварц-серицитовыми сланцами с редкими маломощными прослоями известняков, известковистых сланцев и песчаников. В субмеридиональной структуре ее мощность возрастает, и она развивается и в вышележащих породах второй пачки нижней подсыты, сложенной углеродистыми сланцами с прослоями песчаников. В нижележащих известняках угахан-

ской свиты минерализация интенсивна только вблизи контакта с породами хомолхинской свиты. Минерализованная зона мощностью в несколько десятков метров прослежена на 6 км. В ней интенсивно проявлены бурошпатизация (в основном анкерит), вкрапленная сульфидизация (пирит и пирротин), кварц-сульфидное прожилкование. Н.А.Сусловым и др. она выделяется как зона сульфидной прожилково-вкрапленной минерализации с пиритовыми, пирит-пирротинowymi и пирротинowymi прожилками.

Строение зоны зональное. В центральной (по простиранию) ее части длиной около 2,5 км наряду с сульфидной минерализацией встречаются золотоносные кварц-сульфидные прожилки и кварцевые жилы. Эта часть зоны отнесена Н.А.Сусловым к рудной (кварц-сульфидной) зоне в пределах субмеридиональной зоны деформаций. Золотоносные кварцевые и кварц-сульфидные жилы и прожилки, формирующие рудную зону, фиксируются только в месте перегиба Каменской флексуры, что подчеркивает ее синрудный возраст и рудоконтролирующую роль наряду с субмеридиональной зоной деформаций.

Н.А.Сусловым в пределах кварц-сульфидной части минерализованной зоны выделялись рудные тела (Восточное и Западное), которые по данным эксплуатационной разведки (ЗАО «Высочайший») объединены в единое тело (рудную зону) длиной по простиранию ~1200 м, средней мощностью 25–30 м. Наиболее интенсивная минерализация связана с жильно-прожилковым кварцем — 2–3%, сульфидной минерализацией — 3,0–5,5% (пирита 1–1,5%, остальное — пирротин), карбонатизацией (наряду с анкеритом отмечается сидерит). Средние содержания по данным оценочных работ 2,8–3,18 г/т Au, по данным эксплуатационных — до 4 г/т Au. Запасы золота месторождения по категории C<sub>2</sub> оценивались в 43,3 т (Н.А.Суслов), в процессе эксплуатационной разведки общие запасы увеличены на несколько десятков тонн.

**Закономерности формирования золотого оруденения.** Анализ собственных материалов, имеющихся геологических, геофизических, геохимических данных и информации по золоту, включая данные разведочных работ по золотым россыпям, позволил автору создать вероятную модель формирования золоторудных месторождений в Бодайбинском рудном районе, в том числе в зонах повышенного метаморфизма. Модель легла в основу прогнозирования новых рудных объектов, в результате чего в последние годы работами ЗАО «Сибирская геологическая компания» выявлены рудные объекты в Мараканском и Тунгусском рудных узлах, несколько рудопроявлений на других изучаемых в настоящее время участках. Для обоснования



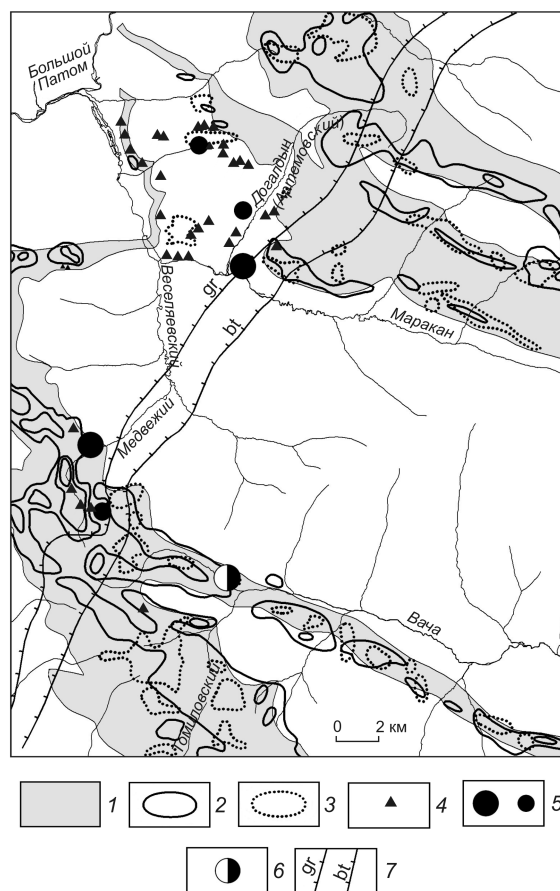
ряда положений модели выбран Мараканский участок (см. рис. 2), расположенный в зонах разных фаций регионального метаморфизма и наиболее полно охарактеризованный геолого-геохимическими материалами. В основу модели положено признание длительности формирования золотого оруденения в Бодайбинском рудном районе [4–7]. Выделено четыре этапа оруденения.

*Первый этап.* Первоначальное обогащение высокоуглеродистых глинистых толщ (хомолхинская, аунакитская, вачская и другие свиты) некоторыми химическими элементами произошло еще в осадочном процессе. Ранее (А.Е.Гапон, М.М.Гапеева, 1969 и др.) обосновывалось обогащение этих пород и золотом, хотя доказательства авторов нельзя признать строгими из-за включения в статистические выборки измененных пород с рудных участков. Другими авторами [1] эта точка зрения оспаривалась.

Литохимическое опробование вторичных ореолов рассеяния показывает обогащение высокоуглеродистых толщ вачской и аунакитской свит Мо и В (рис. 9). Из-за низкой чувствительности спектральных анализов на Au площадными геохимическими методами не удается доказать обогащение высокоуглеродистых пород золотом. И все же, исходя из фактов широкого проявления в этих толщах сингенетичной сульфидной минерализации и имеющих геохимических материалов по современному осадконакоплению в океанах, нами этап сингенетичного обогащения пород золотом условно выделяется.

*Второй этап.* Основные рудоконтролирующие разломные структуры сформировались при завершении линейного складкообразования. К ним относятся субсогласные с простираем пород зоны расланцевания с интенсивными метасоматическими сульфидизацией (пирит+пирротин) и железомagneзиальной карбонатизацией (бурошпатизация). Именно сульфиды и бурый шпат отличаются повышенным содержанием тонкодисперсного (связанного?) золота, которое при выщелачивании образует солевые ореолы, выявляемые литохимическим опробованием по вторичным ореолам рассеяния. На Мараканском участке нами выделены две такие рудоконтролирующих структуры — Ровнинская и Вачская (рис. 10). Они приурочены к надвиговым зонам с интенсивным расланцеванием пород и трассируются вторичными ореолами рассеяния Au в ассоциации с As и другими элементами.

Процесс бурошпатизации (железо-магнезиального углекислого метасоматоза) протекает, согласно исследованиям Ф.А.Летникова [9], в С-флюидных системах, имеющих астеносферный источник. Флюиды этих систем мигрируют в земную кору по глубинным разломам [4, 6] и контролируют образо-

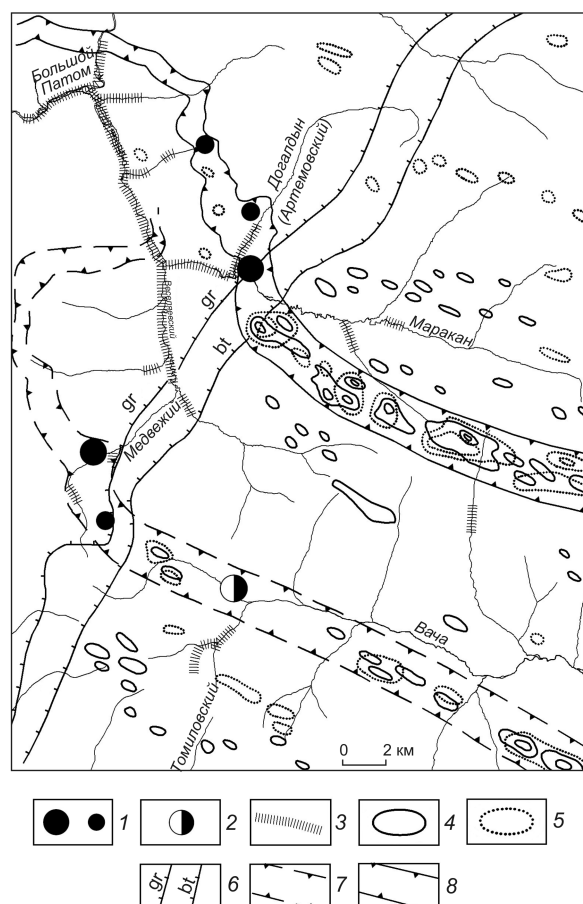


**Рис. 9. Схема распределения вторичных ореолов рассеяния В и Мо на Мараканском участке:**

1 — выход на земную поверхность высокоуглеродистых отложений аунакитской и вачской свит; изолинии содержания по вторичным ореолам рассеяния: 2 — Мо (0,001–0,005%), 3 — В (0,02%); 4 — турмалин-кварцевые жилы; 5 — золоторудные месторождения и рудопроявления; 6 — рудопроявление олова Юдовое; 7 — изограды граната и биотита регионального метаморфизма

вание в том числе и месторождений золота. В процессе же миграции флюидов в разломных зонах могло происходить их дополнительное обогащение золотом за счет его выноса из металлоносных высокоуглеродистых пород. Процесс формирования золотоносных зон бурошпатизации является рудно-подготовительным, и месторождения рудного золота в их пределах образуются при переработке золотоносных пород последующими процессами. Подобная точка зрения высказывалась многими исследователями (П.Ф.Иванкин и др).

*Третий этап.* Линейная складчатость завершилась образованием зон гранитизации, проявлением регионально-метаморфических преобразований пород, формированием гранитогнейсовых куполов



**Рис. 10.** Схема распределения вторичных ореолов рассеяния Au и As на Мараканском участке:

1 — золоторудные месторождения и рудопоявления; 2 — рудопоявление олова Юдовое; 3 — промышленные россыпи золота; 4 — изолинии содержания по вторичным ореолом рассеяния: 4 — Au (0,003–0,1–1,0 г/т), 5 — As (0,004–0,01%); 6 — изограды граната и биотита регионального метаморфизма; рудоконтролирующие структуры: 7 — Ровнинская, 8 — Вацкая

и купольной складчатости [4, 5]. При этом во фронтальных частях гранитогнейсовых куполов активизировались соскладчатые зоны рассланцевания с бурошпат-сульфидной золотоносной минерализацией. В таких зонах, проницаемых для метаморфизирующих флюидов, интенсивность метаморфических процессов была выше и изограда биотита в виде «клиньев» заходит в слабометаморфизованные породы (верховья р. Ваца). Подобные «клинья», возможно, распространены более широко, но не выявляются при картировании из-за наложения сингранитного низкотемпературного этапа, при котором биотит мусковитизировался.

Согласно специальным исследованиям, проведенным в Байкало-Патомском нагорье [12, 14], при

региональном метаморфизме уже на изограде биотита происходит практически полное метаморфическое преобразование бурых шпатов (в агрегаты биотита, магнетита, доломита и др.). В золотоносных бурых шпатах при минеральных превращениях субмикроскопическое или связанное золото, по-видимому, укрупняется и выделяется в свободном виде. Пирит на изограде биотита переходит в пирротин. Именно с метаморфизмом золотоносного пирита, в котором золото находится в субмикроскопическом состоянии, Л.И.Салоп [14] связывал укрупнение золота. Укрупнением золота и его гравитационным просаживанием в делювиальных отложениях обусловлены «исчезновение» на изограде биотита аномальной по золоту геохимической структуры Ровнинской рудоконтролирующей надвиговой зоны (см. рис. 10) и «появление» золотой россыпи в долине р. Маракан. Сама же Ровнинская надвиговая зона по геологическим данным прослеживается непрерывно на правом берегу р. Большой Патом. Во всех водотоках, дренирующих эту структуру, установлены россыпи золота. Таким образом, золотоносность зоны надвигов в участках развития высокотемпературных пород очевидна, несмотря на то, что вторичные ореолы рассеяния золота «исчезли» на изограде биотита.

Итак, в результате третьего, метаморфического, этапа произошло «освобождение» и укрупнение золота. Имеющиеся материалы позволяют предполагать, что значительной миграции золота (за пределы рудоконтролирующей структуры) в этот этап не было. В то же время, в условиях активизации тектонических движений в зонах рассланцевания его перераспределение с дальнейшим относительным концентрированием в различного рода структурных ловушках и литологически благоприятных горизонтах, по нашему мнению, имело место. В это время начинали формироваться, вероятно, жильно-прожилковые зоны (в том числе жилы с кианитом), хотя собственно рудные тела формировались в следующий этап.

*Четвертый этап.* Послеметаморфический возраст золоторудных месторождений доказывается на примере месторождений Ыканское и Ожерелье, а также рудных зон Светловского рудного поля. Рудные тела на этих объектах располагаются среди пород, метаморфизованных в условиях эпидот-амфиболитовой и амфиболитовой фаций. Руды локализованы в зонах диафтореза — рассланцованных мусковитизированных, серицитизированных, сульфидизированных и карбонатизированных породах с «исчезновением» всех высокотемпературных минералов. В Бодайбинском рудном районе в послеметаморфический этап коллизионные

процессы завершили внедрением гранитоидов конкудеро-мамаканского комплекса [2, 4, 13]. Ранее в соответствии с гидротермальной плутоногенной концепцией формирование золоторудных месторождений в миогеосинклинальных областях (золотое оруденение Бодайбинского рудного района) связывали с гранитоидами конкудеро-мамаканского комплекса позднепалеозойского возраста, являющимися, соответственно, источником рудного вещества [8, 10 и др.]. Формирование золоторудных месторождений, во многом predetermined предшествующими этапами, закончилось при дополнительной переработке золотоносных структур сингранитными гидротермально-метасоматическими процессами.

Роль гранитоидов в рудообразовании обосновывалось нами ранее [4, 5] исходя из анализа истории развития региона и на основании их металлогенической специализации на олово, вольфрам, висмут, золото [6], а также учета предполагаемой по изотопным исследованиям [3, 13, 15] генетической связи гранитоидов конкудеро-мамаканского комплекса и золота из Сухоложского месторождения.

В результате поисковых работ на золото, олово, вольфрам на Мараканском участке, где при прогнозировании рудных месторождений по отрицательным аномалиям силы тяжести (рис. 11) и комплексу геологических признаков (дайки гранитоидов, наличие роговиков и скарнов) были выделены надынтрузивные зоны, кроме золоторудных месторождений Ожерелье и Ыканское, установлено рудопроявление олова и вольфрама Юдовое (см. рис. 2). Оно расположено в пределах дайкового поля гранит-порфиров (с субмеридиональным вертикальным залеганием даек) на периферии двух надынтрузивных зон. Наиболее детально изученная рудная зона 1 состоит из субвертикальных мусковит-кварцевых жил с касситеритом субмеридиональной ориентировки. В экзоконтакте жил вмещающие породы турмалинизированы и мусковитизированы. В рудных жилах кроме Sn (до 6,7%) в высоких концентрациях содержатся Au (до 3–6 г/т), Ag (100–300 г/т), Bi (до 0,1–0,2%). На продолжении зоны выявлены обломки богатых шеелит-кварцевых жил. Рудопроявление по-существу комплексное и включает группу металлов, характерных для гранитоидов конкудеро-мамаканского комплекса. Поэтому и разрывы, вмещающие дайки и жильные тела, и гидротермально-метасоматические процессы, развитые на рудопроявлении, связываются нами с сингранитным этапом. В пределах рудопроявления наблюдаются многочисленные жилы такой же ориентировки, но другого состава: турмалин-кварцевые, висмутин-кварцевые, шеелит-кварцевые, хрусталеносные кварце-

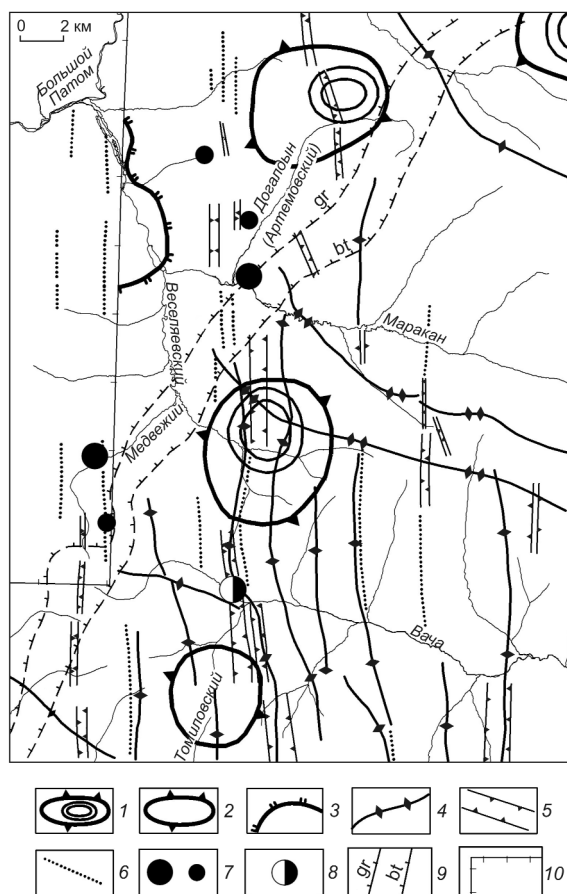
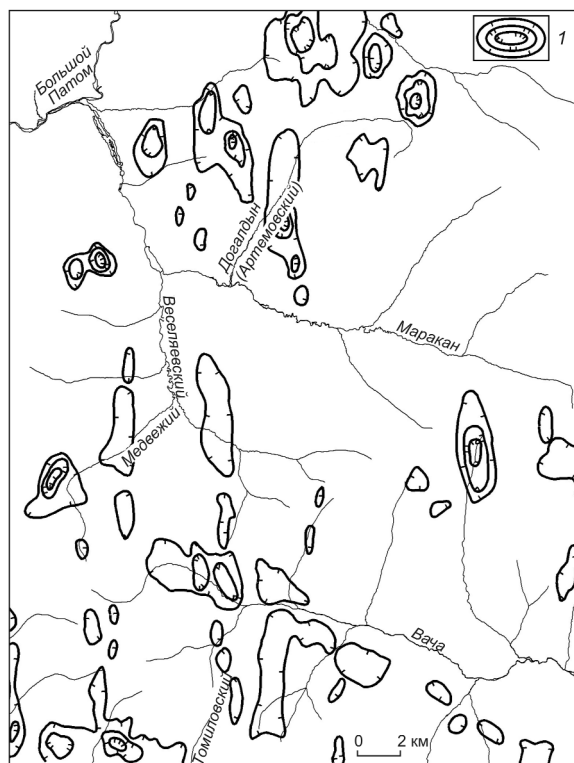


Рис. 11. Схема рудоконтролирующих структур сингранитного этапа на Мараканском участке (по геофизическим данным):

отрицательные гравиметрические аномалии над не вскрытыми эрозией гранитными массивами интенсивностью, мгал: 1 — 2,5–3,5, 2 — 1,5; 3 — отрицательная гравиметрическая аномалия над гранитоидным куполом; 4 — линейные отрицательные гравиметрические аномалии; 5 — секущие отрицательные аэромагнитные аномалии; 6 — границы аэромагнитных полей с различными характеристиками; 7 — золоторудное месторождение и проявления; 8 — рудопроявление олова Юдовое; 9 — изограны граната и биотита регионального метаморфизма; 10 — контур участка, где отсутствуют гравиметрические материалы

вые. Подобные субмеридиональные жилы и разрывы, секущие складчатые структуры и характеризующиеся развитием послеметаморфических низкотемпературных процессов, отнесены по возрасту образования к сингранитному этапу. Меридиональные жилы близкого состава широко распространены в Ожерельинском рудном поле, куда по геофизическим данным (см. рис. 11) из района рудопроявления Юдовое прослеживается меридиональная зона.

В участках повышенного регионального метаморфизма в экзоконтакте субмеридиональных жил



**Рис. 12.** Схема распределения вторичных ореолов рассеяния  $W_i$  на Мараканском участке:

1 — изолинии содержаний  $W_i$  по вторичным ореолам рассеяния (0,2–1,0–3,0·10<sup>-4</sup>%)

интенсивно проявлены регрессивные низкотемпературные процессы — мусковитизация и хлоритизация, что указывает на их послерегионально-метаморфический (сингранитный) возраст. На месторождении Ожерелье золотоносные субмеридиональные вертикальные кварцевые жилы участвуют в строении рудной жильно-прожилковой зоны. Они часто «смыкают» соседние продольные жилы или продольные жилы «утыкаются» в субмеридиональные. И те и другие деформируются при позднем расланцевании, сопровождаемом мусковитизацией. Геохимические данные также свидетельствуют об интенсивности «сингранитных» гидротермально-метасоматических процессов — вторичные ореолы рассеяния  $W_i$  (рис. 12),  $W$  характеризуются меридиональной ориентировкой.

Месторождение Ожерелье сформировалось в узле пересечения Ровнинской рудоконтролирующей структуры и субмеридиональной зоны, в которой располагается рудопоявление Юдовое, а месторождение Ыканское — в узле пересечения Вачской и субмеридиональной (по геолого-геофизическим данным) зон.

Материалы по Мараканскому участку подтверждают приведенные выше данные по другим месторождениям Бодайбинского рудного района о проявлении гидротермально-метасоматических золотоносных процессов, прежде всего бурошпатизации и сульфидизации, при формировании соскладчатых «зон смятия» (расланцевания), которые и являются обогащенными золотом продольными рудоконтролирующими структурами.

При региональном метаморфизме и последующей активизации золотоносных рудоконтролирующих зон расланцевания золото в той или иной степени высвобождалось из бурых шпатов и сульфидов, укрупнялось и перераспределялось.

Окончательное становление золоторудных месторождений происходит в пределах рудоконтролирующих зон расланцевания при наложении на них низкотемпературных процессов сингранитного этапа, наиболее интенсивно проявленных в секущих тектонических зонах на периферии надынtrizивных зон. Золото частично поступает с сингранитными флюидами, а основная масса заимствуется из вмещающих обогащенных золотом пород в пределах рудоконтролирующих структур при их новой тектонической активизации и гидротермально-метасоматической переработке.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Буряк В.А. Метаморфизм и золотое оруденение // Метаморфогенное рудообразование низкотемпературных фаций и ультраметаморфизма. М., 1981. С. 31–48.
2. Геодинамические условия формирования золоторудных месторождений Бодайбинского неопротерозойского прогиба / М.И.Кузьмин, В.В.Ярмолюк, А.И.Спиридонов и др. // Докл. РАН. 2006. Т. 407. № 6. С. 797–797.
3. Геохронологическое и изотопно-геохимическое изучение золоторудных месторождений Байкальской складчатой области / Л.А.Неймарк, Е.Ю.Рыцк, Б.М.Гороховский и др. // Изотопное датирование эндогенных рудных формаций. М., 1993. С. 124–146.
4. Докембрий Патомского нагорья / А.И.Иванов, В.И.Лифшиц, О.В.Перевалов и др. — М.: Недра, 1995.
5. Иванов А.И. Основные этапы рудообразования и металлогеническое районирование северной части Байкало-Патомского нагорья // Металлогения Сибири (тезисы докладов XI Всесоюзного металлогенического совещания). Новосибирск, 1987. Т. II С. 87–88.
6. Иванов А.И. Новые типы коренных месторождений золота в Ленской золотоносной провинции и основные закономерности рудообразования // Благородные и редкие металлы Сибири и Дальнего Востока: рудообразующие системы месторождений комплексных и нетрадиционных типов руд (материалы научной конференции). Иркутск, 2005. Т. I. С. 7–10.

7. *Иванов А.И.* Закономерности формирования золоторудных месторождений Бодайбинского рудного района // Изв. Сиб. отд. секции Наук о Земле РАЕН. Иркутск, 2005. Вып. 2. С. 37–49.
8. *Ленский* золотоносный район / Ю.П.Казакевич, С.Д.Шер, Т.П.Жаднова и др. – М.: Недра, 1971. Т. 1.
9. *Летников Ф.А.* Флюидные фации континентальной литосферы и проблемы рудообразования // Смирновский сборник-99. М., 1999. С. 63–98.
10. *Лишневский Э.Н., Дистлер В.В.* Глубинное строение земной коры района золото-платинового месторождения Сухой Лог по геолого-геофизическим данным (Восточная Сибирь, Россия) // Геология рудных месторождений. 2004. Т. 46. № 1. С. 88–104.
11. *Месторождение Сухой Лог* / В.А.Буряк, Н.П.Попов, Д.А.Дорофеев и др. // Геология рудных месторождений. 1986. Т. 3. С. 173–185.
12. *Петров Б.В., Макрыгина В.А.* Геохимия регионального метаморфизма и ультраметаморфизма. – Новосибирск: Наука, 1975.
13. *Рундквист Д.В.* Особенности геологического развития байкалид // Основные проблемы рудообразования. М., 1990. С. 44–65.
14. *Салоп Л.И.* Геология Байкальской горной области. – М.: Недра, 1967. Т. 2.
15. *Этапы формирования Бодайбинского золоторудного района* / И.К.Рундквист, В.А.Бобров, Т.Н.Смирнова и др. // Геология рудных месторождений. 1992. № 6. С. 3–15.

# СТРОЕНИЕ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ



УДК 549.283:553.411

© Л.А.Николаева, А.М.Гаврилов, А.Н.Некрасова, С.В.Яблокова, 2008

## ОБОБЩЕННЫЕ ПРИЗНАКОВЫЕ МОДЕЛИ САМОРОДНОГО ЗОЛОТА МЕСТОРОЖДЕНИЙ РАЗЛИЧНЫХ РУДНО-ФОРМАЦИОННЫХ ТИПОВ

Л.А.Николаева, А.М.Гаврилов, А.Н.Некрасова, С.В.Яблокова (ЦНИГРИ Роснедра МПР России)

*Для идентификации рудно-формационной принадлежности самородного золота коренных источников и россыпей уже на ранних стадиях геологоразведочных работ предлагается использовать его обобщенные признаковые модели, полученные в результате компьютерной обработки банка данных по самородному золоту 120 месторождений.*

Новые методологические разработки авторов по типоморфизму самородного золота основаны на статистической обработке большого массива частных признаков золота в месторождениях основных рудно-формационных и геолого-промышленных типов на территории России и сопредельных государств.

Выявление характерных особенностей самородного золота для месторождений каждого типа — важнейшее направление минералогических исследований при изучении рудных и россыпных объектов и золотоносности разных регионов в более широком плане. Задача осложняется изменчивостью частных признаков золота, проявлением конвергенции, значительными вариациями информационной значимости каждого из признаков в месторождениях разных типов. Поэтому в качестве типоморфных выступают чаще всего не отдельные признаки (что также имеет место), а их характерные сочетания — совокупности с количественной оценкой информативности отдельных признаков.

Формационную принадлежность разнотипных месторождений можно определить с помощью построения обобщенных признаковых моделей самородного золота в табличной или графической формах [4].

В табличной модели содержится статистически обработанная информация (признаки) по основным характеристикам самородного золота — составу и внутреннему строению выделений, пробности и элементам-примесям (табл. 1). По

частоте встречаемости все признаки золота разделены на три группы: устойчивые, варьирующие и эпизодические. К устойчивым отнесены признаки, частота встречаемости которых в выборке превышает 60%. Варьирующими считаются признаки с более низкой частотой встречаемости, которая в отдельных месторождениях изменяется в определенных интервалах. Варьирующие признаки в значительном числе случаев имеют большее типоморфное значение для идентификации типов месторождений. Эпизодические признаки самородного золота проявляются на отдельных месторождениях в силу региональных особенностей рудоносных территорий или каких-то конкретных специфических структурно-морфологических условий формирования месторождений. К этим признакам, кроме экзотического состава продуктивных ассоциаций, относятся: появление весьма крупного (до самородков) золота; присутствие необычных элементов-примесей и повышенные содержания некоторых элементов; характерные морфологические разновидности выделений, структуры перекристаллизации и деформации.

Для определения степени значимости варьирующих признаков золота при идентификации рудно-формационных типов золоторудных месторождений была выполнена математическая обработка информации по самородному золоту банка данных 120 золоторудных месторождений наиболее распространенных в России рудно-формационных типов:

## 1. Признаки самородного золота различных рудно-формационных типов месторождений

Характеристики	Основные признаки золота		
	Устойчивые (частота встречаемости >60%)	Варьирующие (их информативность в баллах*)	Эпизодические
<b>Золото-кварцевые малосульфидные месторождения</b>			
Размеры**, мм	<b>0,1–0,25</b>	0,25–0,5 (2) 0,5–1,0 (5) 1,0–2,0 (3)	Присутствие самородков (от мелких до гигантских)
Пробность**, ‰	<b>860–940</b>	750–850	>950 и <700
Элементы-примеси	Cu (0,00n–0,n%) Pb (0,00n–n%) Sb (0,000n–0,n%) Bi (0,000n–0,n%)	Fe (0,000n–n%) (3) As (0,00n–0,0n%) (3) Te (0,00n–0,n%) (<1) Hg (0,00n–n%) (<1)	As >1% Sb до 1% Примеси Se, Pt, Ni, Sn, Mo, Mn, Ti
Формы**	<b>Трещинные, гемидноморфные</b> , цементационные	Искаженные кристаллы	(2) Правильные кристаллы, двумерные дендриты, дендритоиды
Внутреннее строение	Разнозернистая, среднезернистая структура агрегатов, однородное строение зерен, пятнистая неоднородность	Структура рекристаллизации агрегатов и зерен	(1) Пятнисто-блоковое строение зерен. Диффузионные зоны. Структуры грануляции, дезинтеграции, регенерации неяснозональное строение, зоны трансляций
Золотоносные ассоциации***	Пирит-арсенопиритовая с тонкодисперсным золотом, <b>сульфидно-полиметаллическая</b>	Кварцевая (3) Сульфосольная (2)	С хрусталеносным (перекристаллизованным) кварцем
<b>Золото-сульфидно-кварцевые месторождения</b>			
Размеры, мм	<b>0,05–0,1</b> 0,1–0,25	0,01–0,05 (<1) 0,25–0,5 (4)	Весьма крупное (>5 мм) Au и самородки (от мелких до гигантских)
Пробность, ‰	<b>850–950</b>	Вариации в диапазоне 750–970	(3) 600–750
Элементы-примеси	Cu (0,0n–n%) Fe (<0,001–0,n%)	Pb, Bi, As, Te, Co, Ni, Zn, Sb (<1)	Концентрация Bi >1%. Присутствие на отдельных объектах Cr, Mn, Hg, W, Ge, Pt, Pd
Формы	<b>Трещинно-прожилковые, интерстициальные</b> (плечные, чешуйчатые, клиновидные)	Комковидные	(4) На отдельных объектах проволоковидные кристаллы, дендриты, дендритоиды, хорошо ограненные кристаллы и их сростки, гемидиморфные
Внутреннее строение	Монозернистые индивиды и зернистые агрегаты, двойники, гетерофазные выделения, структуры цементации	Неясная зональность	(3) Интенсивные структуры перекристаллизации (грануляция и дезинтеграция, диффузионные зоны, регенерационные каймы, рекристаллизация, деформации зон)
Золотоносные ассоциации	Пирит-арсенопиритовая с тонкодисперсным золотом, <b>полисульфидная, сульфидно-полиметаллическая с минералами Bi и Te</b>	Теллуридно-висмутовая (4) Сульфидно-полиметаллическая (2) Кварцевая (карбонат-кварцевая) (2)	Халькопирит-висмутиновая, айкинит-блеклорудная, сульфосоль свинца и меди, сульфидно-полиметаллическая с самородным Ag и баритом, гематитовая (халькозин-гематитовая), арсенопирит-кварцевая с минералами Bi
<b>Золото-мышьяковисто-сульфидные месторождения</b>			
Размеры, мм	<b>&lt;0,0005</b> <b>&lt;0,01–0,005</b> 0,01–0,05 0,05–0,1	0,1–0,25 (3) 0,25–0,5 (2) >0,5 (1)	Заметное количество Au >0,1 мм
Пробность, ‰	Субмикроскопического и тонкодисперсного — <b>высокая</b>	Микроскопического и видимого >950 (2) 700–800 (2) 400–700 (1)	
Элементы-примеси	Cu (0,00n% и более)		Повышенные концентрации Hg (0,n–n%), наличие Sb, Pb, As
Формы	Микроскопического и видимого: <b>изометричные</b> (комковидные, интерстициальные, округлые кристаллы), удлиненные, неправильные	Трещинные (пластинки, чешуйки, таблички) (3) Прожилковые (1)	Губчатое Au в антимоните и ауристите
Внутреннее строение	Гомогенные монокристаллические и зернистые выделения		Неяснозональное, пятнисто-неоднородное, структуры рекристаллизации

Продолжение табл. 1

Характеристики	Основные признаки золота		
	Устойчивые (частота встречаемости >60%)	Варьирующие (их информативность в баллах*)	Эпизодические
Золотоносные ассоциации	<b>Пирит-арсенопиритовая с тонкодисперсным золотом</b> , сульфидно-полиметаллическая	Бертьерит-антимонитовая (5) Халькостибит-сфалерит-блекло-рудная (2)	Ауростибитовая Киноварная
<b>Золото-антимонит-кварцевые месторождения</b>			
Размеры, мм	<b>0,01–0,05</b> <b>0,05–0,1</b>	<0,01 (5) 0,25–1,0 (3) 1–2 (1)	Au >2 мм
Пробность, ‰	<b>&gt;950</b>	850–950 (3) 750–850 (1)	<750
Элементы-примеси	Бедность примесями	Cu, Sb, Hg, As, Fe, Pb, Ni (<1)	Повышенные концентрации (в мас. %) Hg, Sb и Cu (0,п)
Формы	<b>Комковидно-уплощенные, гемиидиоморфные</b> , кристаллические, губчатые	Пластинчатые (3) Проволоковидные (1)	«Горчичное» Au, образовавшееся в результате разложения ауростибита
Внутреннее строение	Гомогенное моно- и полизернистое	Структуры рекристаллизации (3)	Неяснозональные структуры, проявления грануляции и дезинтеграции
Золотоносные ассоциации	<b>Пирит-арсенопиритовая с тонкодисперсным золотом, бертьерит-антимонитовая</b>	Сульфидно-полиметаллическая (с сульфосолями Cu и Pb) (4)	Ауростибитовая
<b>Золото-скарновые месторождения</b>			
Размеры, мм	<b>0,05–0,1</b> <b>0,1–0,25</b>	<0,0005–0,01 (3) >0,25 (5)	Мелкие самородки
Пробность, ‰	<b>850–950</b>	900–800 (3) 800–700 (1)	<750
Элементы-примеси	Cu, Fe, Bi	As (5) Te (3) Sb (3)	Повышенные концентрации Cu (0,п–п%), Bi (0,0п–0,п%). Присутствие платиноидов, Se, Zn, Mo, W, Cr
Формы	<b>Комковидные, ячеистые, интерстициальные</b> , кристаллы		Наличие дендритов, дендритоидов и смешанных форм; каркасно-пластинчатые и проволоковидные образования, друзовидные сростки
Внутреннее строение	Гомогенные моно- и полизернистые выделения		Структуры распада межзерновых границ
Золотоносные ассоциации	<b>Пирит-арсенопиритовая с тонкодисперсным золотом, медно-сульфидная, висмут-теллуридная</b>	Полисульфидная (1) Кварцевая (3)	Ассоциации Au с карбонатом, актинолитом, гематитом
<b>Золото-серебряные месторождения</b>			
Размеры, мм	<0,01 <b>0,01–0,05</b> 0,05–0,25	1,0–2,0 (1)	Присутствие более крупного (2–4 мм) Au. Преобладание Au <0,01 или 0,25–1,0 мм
Пробность, ‰	Теллуридный подтип: <b>800–900</b> Серебро-сульфосольный подтип: <b>&lt;700–400</b>	800–900 (1) 700–800 (2) 400–700 (5) <400 (5)	
Элементы-примеси	Cu, Fe, Pb, Sb (0,00п–0,п%)	As (3) Hg (1) Se (5) Te (2) Mn (4)	Повышенные концентрации Cu до 1%, Hg >1%. Присутствие Pt, Ni, W, Sn, Mo, Ti, Bi, Cr
Формы	<b>Комковидные, прожилковидные, интерстициальные</b>	Ячеистые, губчатые (2) Пластинчатые (3) Искаженные кристаллы (2) Проволоковидные (1) Дендриты, дендритоиды (1) Гемиидиоморфные (5)	



Продолжение табл. 1

Характеристики	Основные признаки золота		
	Устойчивые (частота встречаемости >60%)	Варьирующие (их информативность в баллах*)	Эпизодические
Внутреннее строение	Кристаллические и зернистые индивиды; неясная зональность	Гетерофазное (3) Двойники (1) Структура однородная (1) Концентрически-зональная (5) Фрагменты зональности (4)	Структуры рекристаллизации, дезинтеграции, распада твердого раствора
Золотоносные ассоциации	Теллуридный подтип: <b>полисульфидная, теллуридная</b> Серебро-сульфосольный подтип: <b>серебро-акантитовая, серебро-сульфосольная</b>	Адуляр-кварцевая (5)	Борнит-халькозиновая, халькопирит-канфилдитовая, теллур-висмутиновая, пирит-арсенопиритовая

\* Информированность: 5–4 — высокоинформативные, 3–2 — информативные, 1 — малоинформативные, <1 — неинформативные.

\*\* Размеры, пробность, формы: жирный шрифт — преобладающие, обычный — второстепенные.

\*\*\* Золотоносные ассоциации: жирный шрифт — главные продуктивные, обычный — малопродуктивные.

малосульфидных золото-кварцевых, золото-сульфидно-кварцевых, золото-мышьяковисто-сульфидных, золото-кварц-антимонитовых и золото-скарновых. По каждому типу месторождений составлены выборки, содержащие от 6 до 15 объектов из различных золоторудных провинций [1]. Математическая обработка данных показала, что один и тот же признак самородного золота имеет различный информационный вес в комплексе признаков, характеризующих золото месторождений разных типов. Каждый формационный тип определяется своей совокупностью наиболее значимых признаков.

Получены количественные (в %) оценки информационного веса каждого признака в комплексе наиболее значимых типоморфных признаков, характеризующих золото разных типов месторождений. Число таких признаков варьирует от 9 (для золото-сульфидно-кварцевых месторождений) до 38 (для золото-серебряных месторождений), что затрудняет сопоставление информационных весов одинаковых признаков в разных совокупностях. Поэтому результаты математической обработки банка данных, показывающие степень информативности признаков самородного золота, для удобства восприятия представлены в настоящей работе не в процентах, а в условных единицах — баллах. Сравнительная характеристика информативности признаков самородного золота по основным типам золоторудных месторождений приведена в табл. 2.

Самой высокой информативностью для разделения месторождений по формационной принадлежности обладают составы основных золотоносных ассоциаций, наиболее полно отражающие главные различия условий формирования разнотипных золоторудных объектов. Значение минеральных па-

рагенезисов в качестве ведущих критериев классификации месторождений ранее подчеркивалось Н.В.Петровской [3]. Информативность других характеристик самородного золота широко варьирует в различных типах месторождений в зависимости от конкретных обстановок их формирования.

*Месторождения золото-кварцевого малосульфидного типа* (Советское, Совиное, Наталкинское, Дуэт-Бриндакит, Токур и др.) формировались в относительно спокойной тектонической обстановке в условиях больших и средних глубин и характеризуются простым однородным составом руд. Основная масса самородного золота выделялась в конце рудного процесса, выполняя трещинные полости и интестиции и замещая легко растворимые минералы. При длительной циркуляции золотоносных растворов создавались условия для образования частиц повышенной крупности. Это определило сравнительно высокую информативность размеров выделений золота, для которых, при преобладании мелких (0,1–1,0 мм) частиц, типично максимальное по сравнению с месторождениями других типов развитие золота средней (1–2 мм) и высокой (2–5 мм) крупности при незначительной роли тонкодисперсного (<0,01 мм). Скопление в россыпях золота повышенной крупности — отличительный признак его связи с источниками золото-кварцевого типа.

Пробность золота, напротив, малоинформативна, так как на разных объектах она может существенно различаться (при невысокой дисперсии в пределах одного месторождения), но среднестатистическая величина некоторых интервалов пробности и вариации ее значений оказываются сопоставимыми с аналогичными показателями в месторождениях других типов.

## 2. Информативность основных признаков самородного золота золоторудных месторождений различных типов в баллах\*

Характеристика золота	Золото-кварцевые мало-сульфидные	Золото-сульфидно-кварцевые	Золото-мышьяковисто-сульфидные	Золото-скарновые	Золото-серебряные
Размеры	3	1	4	1	2
Пробность	1	<1	<1	<1	3
Элементы-примеси	2	2	2	2	5
Формы	<1	2	1	3	5
Внутреннее строение	1	2	<1	<1	5
Минеральные ассоциации	3	5	5	2	5

\* См. табл. 1.

Форма выделений золота для данного типа не является информативным признаком. Незначительные проявления интратрудного выщелачивания, отсутствие пустот, трещины в кварце и по границам золота с кварцем, полевыми шпатами, реликтами вмещающей породы способствовали преобладанию неправильных прожилковых и гемиидиоморфных (смешанных) с ограниченным числом искаженных кристаллических выступов форм, обычных для золоторудных месторождений большинства типов.

Для месторождений *золото-сульфидно-кварцевого типа* (Березовское, Кочкарское, Дарасунское, Кировское, Школьное, Центральное и др.), формировавшихся на средних глубинах в нестабильной тектонической обстановке, типичен сложный неоднородный состав руд с полостями интратрудного выщелачивания. Отложение золота происходило в несколько стадий.

Размеры, как и пробность, существенно различающиеся на конкретных месторождениях у золота разных стадий минерализации, при определении их среднестатистических значений для всех месторождений в выборке нивелируются и становятся неинформативными или малоинформативными.

Формы выделений золота (трещинно-прожилковые, интерстициальные, цементационные, правильные), отложившихся в участках дробления, полостях выщелачивания и при метасоматическом замещении широко распространенных достаточно легко растворимых сульфидов и других минералов, отчетливо различаются и используются как информативный признак. Информативно также внутреннее строение выделений благодаря заметным проявлениям неясной зональности и развитию структур перекристаллизации.

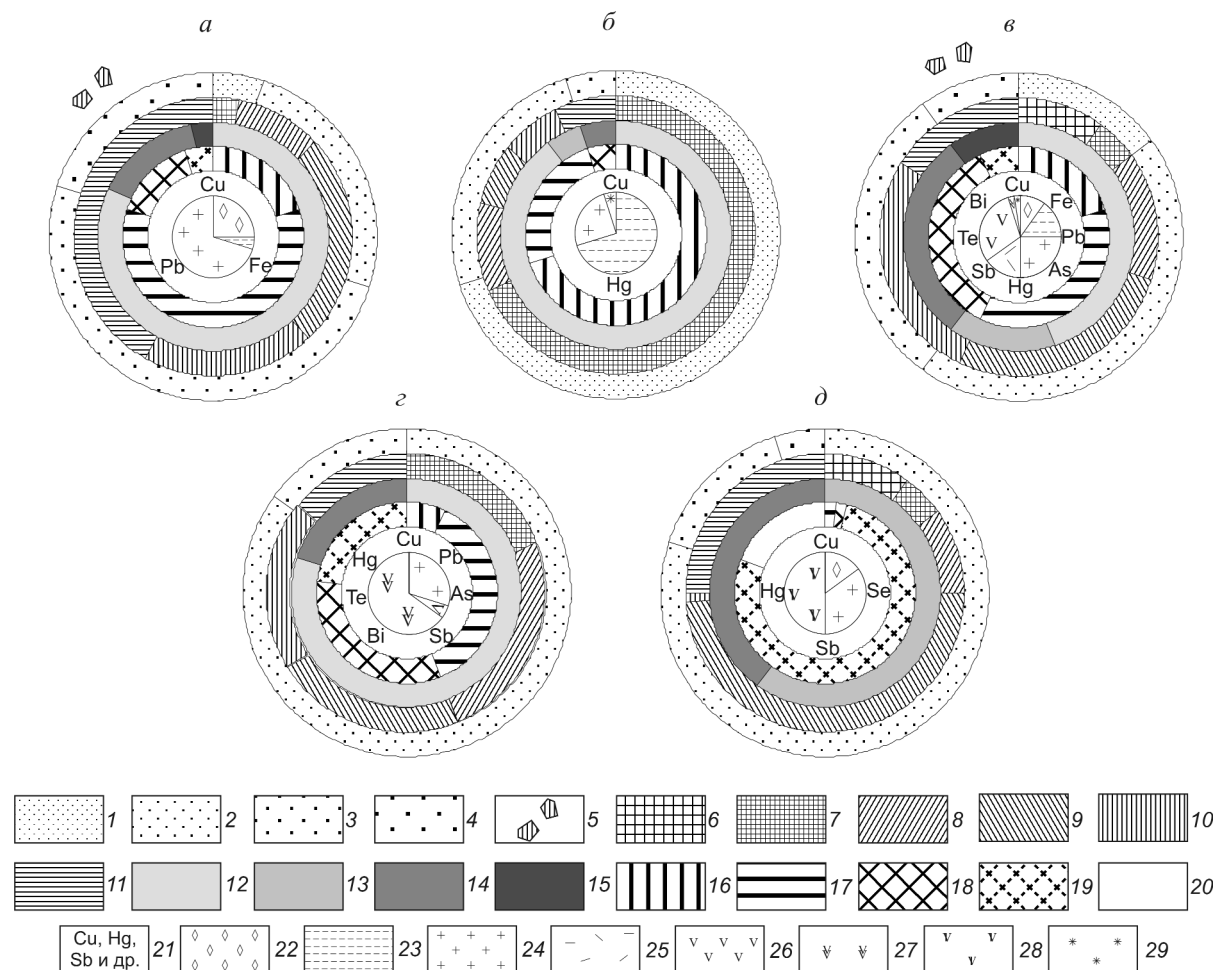
*Золото-мышьяковисто-сульфидные месторождения* вкрапленных руд (Олимпиада, Майское, Неждановское, Ключос и др.) отличаются тесной ассоциацией золота с сульфидами и в основном среднеглубинными уровнями формирования. Единствен-

ный высокоинформативный признак золота данных месторождений (за исключением золотоносных ассоциаций) — размеры выделений. Это связано с тем, что доминирующая часть золота таких месторождений сингенетична сульфидам ранней ассоциации и находится в тонкодисперсном (<0,01–0,0005 мм) и субмикроскопическом (<0,0005 мм) состоянии.

Для комплексных *золото-антимонит-кварцевых месторождений* (Сарылах, Сентачан, Малтан и др.) информативны размеры золота (преобладание пылевидного 0,01–0,05 мм и тонкого 0,05–0,1 мм) и весьма высокая пробность, что, возможно, связано с его регенерационной природой.

Состав и содержания элементов-примесей у золота месторождений всех типов, за исключением золото-серебряных (и отчасти золото-антимонит-кварцевых), имеют относительно невысокую информативность. Это обусловлено влиянием региональных металлогенических обстановок, часто нивелирующих различия комплексов примесей, типичных для месторождений различных типов.

*Золото-скарновые месторождения* (Лебедское, Синюхинское, Натальевское и др.) тесно пространственно и, возможно, парагенетически связаны со скарнированными карбонатными породами на контакте или вблизи контакта с гранитоидами. Минеральный состав руд весьма разнообразен; нередко руды комплексные. Золото-скарновые месторождения пространственно часто связаны с золото-сульфидно-кварцевыми и имеют сходные с ними минеральные ассоциации. Наряду с переменным, чаще небольшим количеством сингенетичного с ранними сульфидами субмикроскопического золота, преобладает золото поздней рудной стадии. Поэтому размеры выделений малоинформативны. Не информативна пробность, средние значения которой нивелируются ее вариациями. В то же время, в связи с изменчивым минеральным составом вмещающей среды формы выделений достаточно информативны.



**Признаковые модели самородного золота основных типов золоторудных месторождений:**

*a* — золото-кварцевых малосульфидных, *б* — золото-мышьяковисто-сульфидных, *в* — золото-сульфидно-кварцевых, золото-серебряных, *г* — теллуридного подтипа, *д* — серебро-сульфосольного подтипа; *гранулометрия Au*: 1 — тонкодисперсное, 2 — пылевидное и тонкое, 3 — мелкое, 4 — среднее и крупное, 5 — самородки; *морфология Au*: 6 — правильные формы (кристаллы изометричные и удлиненные), 7 — дендриты и дендритоиды, 8 — гемиидиоморфные (смешанные), 9 — цементационные (комковидные, ячеистые, губчатые), 10 — интерстициальные, 11 — трещинные; *внутреннее строение Au*: 12 — гомогенное, 13 — зональное и неяснозональное, 14 — структуры деформации и перекристаллизации, 15 — гетерофазные выделения; *пробность Au*: 16 — высокая, 17 — средняя, 18 — относительно низкая, 19 — низкая, 20 — кустелит; 21 — элементы-примеси (Cu, Hg, Sb и др.); *парагенетические ассоциации Au*: 22 — с кварцем (с кварцем и адуляром), 23 — сингенетичное с сульфидами (пиритом и арсенопиритом), тонкодисперсное, 24 — с простыми и сложными сульфидами, 25 — с сульфoантимонитами свинца, 26 — с теллуру-висмутовыми и висмутовыми минералами, 27 — с теллуридами золота и серебра, 28 — с акантитом, сульфосолями серебра, 29 — с антимонитом и бертьеритом

Формирование *месторождений золото-серебряного типа* (Балейское, Карамкен, Кубака, Хаканджа, Агинское, Многовершинное и др.) происходило в близповерхностных и малоглубинных условиях, сопровождалось многократными тектоническими подвижками, вскипанием рудоносных растворов, смешением глубинных флюидов с вадозными водами. Проявления золотой минерализации на месторождениях этого типа многостадийные. По особенностям самородного золота и составу золотоносных ассоциаций, отличающихся боль-

шим разнообразием, золото-серебряные месторождения делятся на два контрастных подтипа — теллуридный и серебро-сульфосольный [2] с характерными типоморфными признаками золота. Только для данного типа месторождений высокоинформативны элементы-примеси, формы выделений, внутреннее строение золота, информативна его пробность и несколько менее — размеры.

При металлогеническом исследовании территорий для определения рудно-формационной принадлежности золоторудных проявлений рекоменду-

ется использовать типоморфные признаки золота не только из рудных объектов, но и из шлихов и россыпей. Это обусловлено тем, что в россыпи сносятся обломочный материал с обширных площадей, где могут располагаться различные источники рудного золота, и поступает остаточное золото с эродированных горизонтов рудных проявлений.

Типы коренных источников определяются путем сопоставления результатов изучения золота рудных объектов и россыпей или их сближенных групп с признаковыми моделями самородного золота месторождений различных рудно-формационных типов. При идентификации изучаемых объектов и выводах об их формационной принадлежности по ограниченному числу признаков необходимо учитывать информационный вес используемых признаков (см. табл. 2). Наиболее достоверные выводы получаются при сопоставлении признаков рудного и россыпного золота месторождений, расположенных в пределах одних и тех же металлогенических областей.

На самых ранних стадиях исследований, когда число признаков ограничено, для установления возможной формационной принадлежности изучаемых золоторудных проявлений эффективно использование обобщенных графических моделей, содержащих средние статистические оценки частных характеристик самородного золота и сведения о типичных элементах-примесях (рисунок).

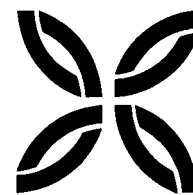
Графические признаковые модели, построенные в виде круговых диаграмм, в более наглядной и удобной для восприятия форме отражают типо-

морфные особенности золота разных формационных типов месторождений. Основные характеристики самородного золота (гранулометрический состав, морфология выделений, пробность и т.д.) на диаграммах показаны в виде концентрических зон, внутри которых соответствующим условным знаком выделены сегменты, отвечающие частным ранжирующим признакам золота (классы крупности, морфологические типы, интервалы пробности и т.д.) с их различными для каждого типа месторождений количественными сочетаниями. Характерные элементы-примеси в золоте обозначены соответствующими символами. Наличие специфических для того или иного типа месторождений частных признаков самородного золота и особенно количественные соотношения частных признаков наглядно отражают типоморфизм золота.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Количественная* оценка типоморфных признаков самородного золота различных золоторудных формаций / Л.А.Николаева, А.Н.Некрасова, И.А.Чижова и др. // Руды и металлы. 1995. № 5. С.20–25.
2. *Некрасова А.Н., Орешин В.Ю., Чижова И.А.* Классификация золото-серебряных месторождений на основе логико-информационного анализа // Руды и металлы. 1997. № 5. С. 33–43.
3. *Петровская Н.В.* О понятии «парагенетическая минеральная ассоциация» // Геология рудных месторождений. 1967. № 2. С. 69–78.
4. *Самородное* золото рудных и россыпных месторождений России. Атлас / Л.А.Николаева, А.М.Гаврилов, А.Н.Некрасова и др. – М.: ЦНИГРИ, 2003.

# ПОЗДРАВЛЯЕМ С ЮБИЛЕЕМ



13 мая 2008 г. исполнилось 70 лет **Игорю Федоровичу Мигачеву** — директору Федерального государственного унитарного предприятия «Центральный научно-исследовательский геологоразведочный институт цветных и благородных металлов», доктору геолого-минералогических наук, академику Российской академии естественных наук, академику Международной академии минеральных ресурсов, заслуженному деятелю науки и техники Российской Федерации, видному организатору отраслевой геологической науки, одному из лидеров в области металлогении, прогноза, поисков и геолого-экономической оценки месторождений цветных и благородных металлов.

После окончания в 1961 г. Московского института цветных металлов и золота им. М.И.Калинина И.Ф.Мигачев работал в Краснохолмской экспедиции Первого главного геологоразведочного управления, в Лаборатории осадочных полезных ископаемых Мингео СССР, в НИИ Алмаз Комитета по автоматизации и машиностроению. В период с 1964 по 1978 гг. он — сотрудник Всесоюзного научно-исследовательского института минерального сырья, где занимался изучением геологического строения медно-молибденовых месторождений и закономерностей их размещения в вулканоплутонических формациях Южного Казахстана, Приморья, Кузнецкого Алатау, оценкой перспектив и определением направлений геологоразведочных работ. Им выполнен комплекс детальных исследований по геологии, минеральному составу руд и окорудных изменений месторождений меди Кендыктасских гор, результаты которых реализованы при подсчете запасов месторождения Чатыркуль и определении приоритетных направлений поисковых работ по выявлению новых промышленных объектов. В период работы в ВИМСе в качестве инженера-петрографа участвовал в проведении контрактных геологоразведочных работ Мингео СССР во Вьетнаме (1969–1970 гг.) и Алжире (1974–1977 гг.). В 1973 г. защитил кандидатскую диссертацию.

С 1978 г. работает в ЦНИГРИ в должностях старшего научного сотрудника, заведующего лабораторией, заведующего отделом, заместителем директора по научной работе. В 1989 г. назначен директором ЦНИГРИ.

В 80-е годы с коллективом сотрудников им проведены комплексные исследования по оценке перспектив и обоснованию направлений геологоразведочных работ на цветные металлы на территории России. Полученные данные легли в основу текущих оценок прогнозных ресурсов страны. Разработанные эффективные технологии прогноза, поисков и оценки месторождений внедрены в практику геологоразведочных работ и использованы при обосновании увеличения запасов месторождений Михеевское (Урал), Соболиное (Приморье), Песчанка (Чукотка). Выделены новые провинции и зоны, перспективные на выявление месторождений цветных металлов, на Урале, в Притрассовой зоне БАМ, Хабаровском крае, Приморье, Магаданской области, на Чукотке. Разработанные под руководством и при участии И.Ф.Мигачева прогрессивные технологии прогноза, поисков и оценки месторождений цветных металлов обеспечили повышение эффективности геологоразведочных работ на территории России, Казахстана и Средней Азии, способствовали развитию минерально-сырьевой базы регионов. Коллектив авторов этих работ в 1978 г. отмечен премией Министерства геологии СССР.

В последующие годы И.Ф.Мигачевым выполнена серия исследований по морфологической типизации и условиям локализации медно-порфириновых месторождений. Вулканоплутонические пояса ранжиро-



ваны с учетом режимов геотектонического и металлогенического развития, установлены основные эпохи образования медно-порфировых месторождений, созданы их модели, изучена золотоносность. Эти материалы легли в основу докторской диссертации, которую И.Ф.Мигачев защитил в 1991 г.

Особое внимание И.Ф.Мигачев уделяет проблемам геолого-экономической оценки минерально-сырьевых баз рудных районов и состоянию минерально-сырьевого потенциала России в целом. Под его руководством разработана методика комплексной оценки рудных районов с одновременным освоением месторождений различных видов полезных ископаемых и использованием единой инфраструктуры, что обеспечивает существенное повышение экономической эффективности недропользования.

В составе авторского коллектива И.Ф.Мигачевым разработаны методические руководства по оценке прогнозных ресурсов, которые служат научно-методической основой прогнозно-поисковых и поисково-оценочных работ на алмазы, благородные и цветные металлы, выполняемых производственными организациями Роснедра. И.Ф.Мигачев — соавтор «Комплекта карт экзогенной золотоносности и платиноносности Российской Федерации», удостоенного премии Правительства Российской Федерации в области науки и техники за 2000 г.

При активном участии И.Ф.Мигачева в ЦНИГРИ выполнена серия работ, посвященных оценке тенденций развития и перспективам сбалансированного использования и воспроизводства минерально-сырьевых баз благородных и цветных металлов, обеспеченности минерально-сырьевыми ресурсами России с учетом проблем глобализации и минерально-сырьевой безопасности страны.

При его личном участии разработано «Научное обоснование, создание и реализация системы прогноза и воспроизводства минерально-сырьевой базы благородных и цветных металлов Российской Федерации». Система активно внедряется при осуществлении Долгосрочной государственной программы изучения недр и воспроизводства минерально-сырьевой базы России на основе баланса потребления и воспроизводства минерального сырья. За эту разработку в составе авторского коллектива ему присуждена премия Правительства Российской Федерации 2007 года в области науки и техники.

Результаты практической, научной и научно-организационной деятельности И.Ф.Мигачева широко известны в России, СНГ, Монголии, Югославии, Венгрии, Чехословакии, Румынии, Германии, Испании, Чили, Венесуэле, США и других странах, где он выполнял научно-исследовательские, геологоразведочные, экспертные и консультационные работы по геологии, поискам и оценке рудных месторождений. Он — организатор сотрудничества в области геологии рудных месторождений со странами СЭВ.

Возглавив ЦНИГРИ в 1989 г., в разгар реорганизации геологической службы страны, И.Ф.Мигачев сумел сохранить кадровый состав, обеспечить стабильную деятельность института, высокую эффективность научно-исследовательских и научно-методических работ. Будучи председателем специализированного диссертационного совета ЦНИГРИ по защите докторских и кандидатских диссертаций, председателем Совета директоров предприятий и учреждений, подведомственных Роснедра, главным редактором журнала «Руды и металлы», членом редколлегии журналов «Отечественная геология» и «Минеральные ресурсы России», действительным членом Международной ассоциации по генезису рудных месторождений, членом общества Society of Economic Geologists, И.Ф.Мигачев ведет большую научно-образовательную и научно-организационную работу.

И.Ф.Мигачев — автор более 200 научных работ, в том числе 16 монографий, которые отражают широкий спектр его научно-производственных интересов.

Его деятельность отмечена правительственными наградами — орденом Почета Российской Федерации и медалями. Он — лауреат премии Министерства геологии СССР, лауреат премии Правительства Российской Федерации в области науки и техники, награжден «Медалью дружбы» Демократической Республики Вьетнам, знаками «Отличник разведки недр», «Почетный разведчик недр», «За заслуги в развитии науки и экономики России» Российской академии естественных наук, Почетными грамотами Мингео СССР и МПР России.

Сердечно поздравляем Игоря Федоровича с юбилеем, желаем ему крепкого здоровья, неистощимой энергии, вдохновения и удачи в реализации всех творческих планов и замыслов.

*Коллегия Роснедра  
Ученый совет ЦНИГРИ  
Редколлегия журнала  
Коллеги, товарищи, друзья*

26 января 2007 г. исполнилось 70 лет старшему научному сотруднику отдела геологии, методов поисков и экономики месторождений благородных металлов, кандидату геолого-минералогических наук **Владиславу Кирилловичу Политову**.

После окончания в 1961 г. Московского института цветных металлов и золота им. М.И.Калинина В.К.Политов работал в составе полевой партии Омсукчанской комплексной экспедиции, сначала геологом, старшим геологом, а затем ее начальником. Он руководил и принимал непосредственное участие в поисково-разведочных и геолого-съёмочных работах м-бов 1:10 000, 1:25 000 и 1:50 000, был ответственным исполнителем геологической съёмки одного из листов карты м-ба 1:200 000. Является одним из открывателей золоторудного месторождения Эвенское.

С 1969 г. В.К.Политов работает в ВИМСе, изучает геологическое строение и тектонику рудных узлов на Чукотке, в Магаданской области и Якутии, а также особенности эволюции оловоносных гранитоидов. Результаты его исследований отражены в книге «Скарновые месторождения олова». Он — один из соавторов таких капитальных работ, как «Оловянные месторождения зарубежных стран», трехтомного издания «Оловорудные месторождения СССР», 30-го тома «Геология СССР».

В ЦНИГРИ работает с 1995 г. Занимается изучением золоторудных районов Северо-Востока Российской Федерации, прогнозированием крупных золоторудных месторождений, обоснованием золоторудного потенциала Центрально-Колымского региона, вопросами геологии Дарасунско-Балейского золоторудного района и металлогении золотоносного Южно-Омолонского района.

В.К.Политов — высококвалифицированный специалист-геолог, успешно применяющий богатый опыт практика при решении поставленных задач. Скрупулезен и точен в исследовании объектов, охотно делится своим огромным опытом с молодыми геологами.

За плодотворную работу награжден знаками «Отличник разведки недр», «300 лет горно-геологической службы России» и в 2004 г. — премией М.Б. и Н.И.Бородаевских.

Поздравляем Владислава Кирилловича с юбилеем, желаем здоровья, счастья, благополучия и дальнейших творческих успехов в его самоотверженном труде.



*Ученый совет ЦНИГРИ  
Редколлегия журнала*

4 апреля 2008 г. исполнилось 70 лет старшему научному сотруднику сектора оптимизации технико-экономической оценки месторождений, рудных узлов и районов, кандидату геолого-минералогических наук **Алексее Аркадьевичу Черемисину**.

А.А.Черемисин в 1967 г. окончил Свердловский горный институт, с 1968 г. работает в ЦНИГРИ. Более 40 лет он занимается изучением закономерностей размещения и условий локализации месторождений золота Урала (Кочкарское, Новогоднее-Монто, Светлинское, Березовское, Варваринское, Воронцовское), Бурятии (Барун-Холбинское), Амурской области (Бамское, Снежинка) и др. Стал крупным специалистом в области геологии, прогнозирования и оценки золоторудных месторождений и рудных полей.

В 1991–2000 гг. он — участник и ответственный исполнитель госбюджетных работ по комплексной геолого-экономической оценке месторождений и рудных районов Урала, Читинской, Иркутской, Амурской областей и Республики Бурятия, эксперт по апробации прогнозных ресурсов (Читинская и Иркутская области), эксперт ГКЗ Роснедра.

В 1998–2002 гг. в составе авторского коллектива выполнял договорные работы по оценке золотоносности территорий Ямало-Ненецкого АО (Полярный Урал), Озернинского рудного узла (Бурятия), Окинского района (Бурятия), на площади которых в настоящее время установлены перспективные проявления золота.

В 1999 г. — ответственный исполнитель подсчета запасов по Воронцовскому золоторудному месторождению, выполнявшегося ЦНИГРИ. Запасы месторождения утверждены в ГКЗ Роснедра и в настоящее время успешно разрабатываются АО «Полиметалл».

В 2002 г. — соисполнитель повариантного пересчета запасов по Холоднинскому месторождению свинца и цинка, положенного в основу его коренной переоценки. В настоящее время месторождение лицензировано для отработки ФК «Метрополь».

В 2001–2005 гг. — участник разработки ТЭО кондиций на месторождении алмазов им. В.Гриба. Кондиции и запасы месторождения утверждены ГКЗ Роснедра, месторождение подготавливается для промышленного освоения ОАО «Архангельскгеолодобыча», дочерней структуры АО «Лукойл».

В 2005–2007 гг. — один из ответственных исполнителей работ по переоценке золоторудного месторождения Сухой Лог по вопросам подготовки геологического обоснования подсчета запасов, которое обеспечило увеличение масштабов объекта более чем в 2 раза.

Результаты научных исследований А.А.Черемисина отражены более чем в 50 публикациях.

А.А.Черемисин за время своей активной научной и прикладной деятельности внес реальный вклад в укрепление минерально-сырьевой базы России. Награжден медалями «850 лет Москвы», «Ветеран труда», знаком «Отличник разведки недр», юбилейным знаком «300 лет горно-геологической службы России», Почетной грамотой Мингео СССР.

Поздравляем Алексея Аркадьевича с юбилеем, желаем ему отличного здоровья, благополучия и дальнейших творческих успехов.



*Ученый совет ЦНИГРИ  
Редколлегия журнала*



7 апреля 2008 г. исполнилось 95 лет **Николаю Алексеевичу Шило** — ученому с мировым именем, академику Российской академии наук, Герою Социалистического Труда, лауреату Государственной премии, признанному лидеру в области геологии россыпных месторождений.

Н.А.Шило после окончания в 1937 г. Ленинградского горного института был направлен в Северное горно-промышленное управление «Дальстроя». С этого времени вся его многолетняя практическая и научная деятельность тесно связана с Северо-Востоком России — основным золотодобывающим «цехом» нашей страны. В первые же годы работы под его руководством и при непосредственном участии здесь были открыты и разведаны месторождения золота, олова, вольфрама, молибдена и других полезных ископаемых.

При решении практических задач зарождались фундаментальные теоретические работы Н.А.Шило, публикуемые в «Материалах по геологии и полезным ископаемым Северо-Востока СССР». Успехи в решении практических и научных задач по развитию минерально-сырьевой базы Северо-Восточного региона принесли ему заслуженное признание. В 1950 г. он возглавил только что созданный первый на Колыме научно-исследовательский институт ВНИИ-1. За неполные 10 лет его директорской деятельности ВНИИ-1 из научно-исследовательской лаборатории был преобразован в крупное отраслевое научное учреждение. Решались не только проблемы геологии и металлогении, но и широкий круг вопросов горного дела, мерзлотоведения, обогащения минерального сырья, что серьезно повлияло на развитие производительных сил Магаданской области.

В 1953 г. защитил кандидатскую диссертацию, в которой обобщены материалы по россыпной золотоносности Северо-Востока СССР и определены основные задачи дальнейших исследований экзогенной золотоносности. В последующие годы в Трудах ВНИИ-1 он развивает концептуальные вопросы геологии россыпей, публикуя материалы о формах переноса золота в зонах вечной мерзлоты (1955 г.), принципах классификации россыпных проявлений (1958 г.), влиянии древних оледенений на россыпную золотоносность Яно-Колымского пояса (1959 г.), геологическом строении и коренных источниках россыпей Яно-Колымского пояса (1960 г.).

В 1960 г. с ближайшими соратниками организует в Магадане Северо-Восточный комплексный научно-исследовательский институт Дальневосточного научного центра АН СССР (СВКНИИ ДВО РАН). В числе важнейших задач института со дня его основания — изучение природных ресурсов Северо-Востока СССР, а также решение разнообразных проблемных вопросов в области наук о Земле. Главное внимание уделялось проблемам геологии золота (и серебра) — россыпного и рудного, наряду с широким диапазоном геологических исследований (россыпная и рудная геология, геофизика, металлогения, региональная тектоника, геология нефти и газа и др.). Для научного обоснования развития производительных сил региона в институте разрабатывались вопросы экономического развития Северо-Востока СССР.

Одновременно с ростом творческого потенциала создаваемого коллектива и в самые напряженные годы организации и становления института Н.А.Шило в 1962 г. блестяще защитил докторскую диссертацию. В 1964 г. избирается членом-корреспондентом, а в 1970 г. — действительным членом АН СССР.

За многолетнюю творческую деятельность опубликовал более 700 научных работ, в том числе 17 монографий, большая часть которых посвящена проблемам геологии рудных и россыпных месторождений. Особенно весом его вклад в развитие учения о россыпях, ставшее важным звеном в системе наук о Земле. Многоплановые исследования позволили Н.А.Шило разработать систематику россыпеобразующих минералов на основе константы гипергенной устойчивости, подойти к количественной оценке их миграцион-



ной способности. Им введено понятие о россыпеобразующих рудных формациях и разработана их типизация. В качестве важнейшего регионального фактора россыпеобразования определена роль тектоногеоморфологической эволюции территорий, рассмотрены причины образования протяженных и уникальных по запасам россыпных месторождений, выделен самостоятельный тип россыпеобразования в специфических условиях перигляциального литогенеза, установлена степень влияния оледенений на формирование и сохранность россыпей. Для решения практических задач нельзя не отметить его работы по проблемам рудно-формационного анализа как научной основы в поисковых и геологоразведочных целях. Он был главным инициатором организации геологического изучения и определения перспектив на золото- и сереброносность Охотско-Чукотского вулканогенного пояса, что было реализовано в сжатые сроки и увенчалось открытием уникального месторождения Дукат и ряда крупных золоторудных объектов.

В 1971–1977 гг. Н.А.Шило — заместитель председателя Президиума Дальневосточного научного центра АН СССР, в 1977–1985 гг. — возглавляет Президиум ДВНЦ АН СССР. За огромный вклад в освоение природных ресурсов Северо-Востока и большую научно-организационную работу в 1973 г. ему присвоено звание Героя Социалистического Труда, он награжден тремя орденами Ленина, двумя орденами Трудового Красного Знамени, орденами Октябрьской Революции и «Знак Почета», многими медалями. Только в одном Северо-Восточном регионе десятки его учеников стали кандидатами и докторами наук. Его воспитанники плодотворно трудятся в научно-исследовательских и производственных организациях России и странах ближнего зарубежья. На трудах Н.А.Шило воспитаны сотни специалистов, достойно развивающих и внедряющих в практику фундаментальные идеи, заложенные в его работах. Ярким примером этого служит открытие и освоение в последние десятилетия ряда крупнейших по запасам россыпных месторождений платины, золота, редких металлов, олова.

В настоящее время Н.А.Шило — советник Президиума Российской академии наук, почетный директор СВКНИИ ДВО РАН, почетный член ряда академий, почетный гражданин г. Магадана и г. Виннипега в Канаде. Сирийскими геологами его именем названа осадочная формация, с которой связаны продуктивные нефтеносные толщи. Николай Алексеевич — активный участник почти всех форумов, посвященных геологии россыпей, геологии Востока России, Тихоокеанского подвижного пояса и Тихого океана. Он полон творческих замыслов и научных идей. В 2007 г. опубликована его работа по проблеме генезиса золотоносных конгломератов месторождения Витватерсранд, вышел в свет трехтомник «Записки геолога».

Поздравляем Николая Алексеевича со славной годовщиной, желаем крепкого здоровья, новых творческих успехов.

*Коллегия МПР РФ  
Ученый совет ЦНИГРИ  
Редколлегия журнала*

# ДИСКУССИИ

УДК 553.061.12/.17

© А.И.Образцов, 2008

## О ПОЛИГЕННОСТИ И ПОЛИХРОННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

А.И.Образцов (Тульский государственный университет)

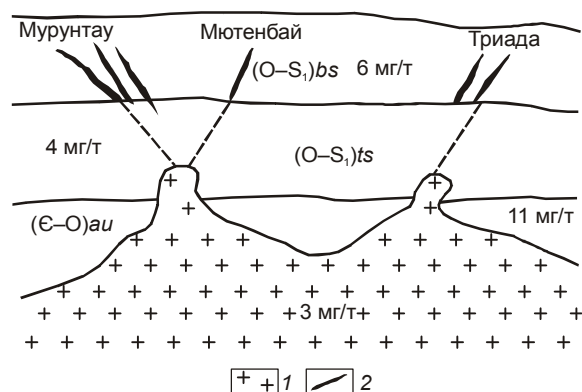
Проявление многоэтапности и разных форм концентрации полезного ископаемого при формировании месторождений признается многими специалистами. С ними связывают образование ряда уникальных месторождений. Сама идея упомянута уже в середине XX в. Но от идеи-догадки до установленной закономерности лежит долгий путь наблюдений, проверок, расчетов и сопоставлений. Автору, однако, не удалось найти таких расчетов и сопоставлений, сведений о механизмах и примерах-доказательствах полигенности, без которых невозможно направлять поиски аналогичных месторождений, перевести их в практическую плоскость.

Некоторые работы [1] содержат информацию, позволяющую в какой-то мере реконструировать проявления полигенности, но сами авторы не делают этого шага. Ближе всего к решению проблемы в общем виде подошел Л.Н.Овчинников [6]. «Стоит важная методологическая проблема, — каким образом... воссоздать процесс рудообразования в целом и отдельные его звенья, начиная от источников рудного вещества, его мобилизации и заканчивая рудоотложением» [6, с. 9]. Судя по названной работе, автор пытался ответить на поставленные вопросы. Теория систем, применительно к опыту изучения геологических объектов, показывает, что *стремление установить, какие процессы протекают на самом деле* в закрытых, ненаблюдаемых недрах развивающихся на протяжении длительного времени геологических объектов, делает задачи такого рода неразрешимыми. Бесспорно точное выражение В.В.Грузы [3, с. 20] — «никто и никогда не изучал и не сможет изучить во всей полноте и сложности никакую часть реального мира, тело, процесс, явление, — это принципиально невозможно». Действительно мы в своем сознании имеем дело не с объектами, а с их моделями, специально сконструированными мысленными образами, эквивалентными объектам в некотором заданном отношении.

Разрешимы ли поставленные вопросы? Применение метода «черного ящика», одного из разделов теории систем, позволяет получать статистически достоверные ответы на них. Суть метода сводится к обнаружению и доказательству статистически устойчивых связей между процессами (действиями) на входе в систему и результатами на ее выходе. Для пояснения идеи подхода приведены схематический разрез через месторождение Мурунтау (рис. 1) и план локализации месторождений в окрестности гранитного батолита (рис. 2).

Показано [4], что слагающие батолит гранитоиды образовались в результате метаморфизма и метасоматоза раннегеосинклинальной вулканогенно-терригенной толщи, главным образом ауминзинской свиты (Є–О). Существо подхода не меняет тот факт, что отдельные участки батолита позднее испытали полное расплавление. Геохимическими исследованиями сланцев ауминзинской свиты установлены средние содержания в них Au 8–11 мг/т (А.К.Бухарин и др., 1992 г.), а в гранитах 2–3 мг/т. Есть только одно рациональное объяснение этому явлению — вынос золота, наряду с другими элементами, при формировании батолита. Разница между средним составом гранитов и исходных пород составляет по SiO<sub>2</sub> +8,9% (увеличение), (CaO+MgO) –5,1, оксидам железа –3,5% (уменьшение). Вынос золота и отложение его в подходящих структурах реализовались в образовании крупных золоторудных месторождений Мурунтау, Мютенбай, Даугызтау и др. (см. рис. 1, 2), а оксидов кальция и магния — в накоплении мощной карбонатной толщи (D<sub>2</sub>–C), синхронной процессам гранитизации.

Главный вывод работы [4] заключается в том, что крупной положительной геохимической аномалии (месторождению) обязательно соответствует отрицательная, или область выноса. В исходных породах догранитного субстрата, на входе в систему, содержится «избыток» золота, кальция, магния,



**Рис. 1.** Средние содержания золота в метаморфических породах и гранитах, локализация месторождений (в схематическом разрезе):

свиты: (E-O<sub>au</sub>) — ауминзинская, (O-S<sub>1</sub>ts) — тасказганская, (O-S<sub>1</sub>bs) — бесапанская

железа, а на выходе из нее отмечается дефицит этих металлов в гранитах в результате выноса. Локализация выносимых компонентов происходит в соответствующих месторождениях и породах в окрестности батолита. Кремнезем и некоторые другие элементы поступают в граниты с ювенильным флюидом. Отчасти увеличение содержания SiO<sub>2</sub> имеет относительный смысл, в связи с уменьшением содержания кальция, магния, железа.

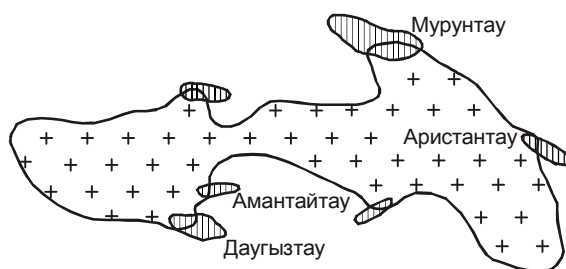
Таким образом, для месторождений подобного генезиса не существует «материнских интрузий», обогащенных нужными элементами. Наоборот, они ими обеднены, что наглядно показано на схеме (см. рис. 1). Эта закономерность — дополнительный вклад в теорию рудообразования и специфический поисковый признак, успешно примененный на практике [4]. Приведу еще одну закономерность, объясняющую распределение оруденения по вертикали. Она подмечена Ф.Г.Смитом, считающим, что в ходе прогрессивного метаморфизма дегидратация остается однородной на протяжении сотен и тысяч метров, а потоки флюидных фаз не оставляют никаких следов в материнских породах. Флюиды из высокометаморфизованных зон реагируют с породами при более низких температурах [7]. Нами уточнен физический смысл наблюдаемого явления и, учитывая значение его для петрологии и рудогенеза, предложено называть его *правилом Смита*. Флюиды из одной толщи реагируют не с твердыми породами, а с флюидами же из другой толщи, т.е. реакции протекают между растворами разного состава и в отличающихся термодинамических условиях.

Естественно, что растворы не могут осаждать растворенные в них элементы в той толще (и тех тер-

модинамических условиях), которой они порождены. Этим *законом*, следствием принципа Ле-Шателье, объясняется локализация многих золоторудных месторождений в толщах умеренной, зеленосланцевой, фации метаморфизма (см. рис. 1), а также рудоносность зеленосланцевых поясов, залегающих на кристаллическом фундаменте (Индия, Карелия и др.). И, наоборот, правило Смита «запрещает» формирование месторождений в материнской толще за счет мобилизации и перераспределения рудного элемента. Такая модель формирования Мурунтау предлагалась В.Г.Гарьковцом с коллегами.

Полигенность и многоэтапность образования месторождения Мурунтау проявляются в следующем. Первый этап (догеосинклинальный) относится к заключительному периоду формирования Туранской плиты, переходу к платформенному развитию. С ним связаны образование неизвестных нам месторождений (*подготовительная концентрация*), их выветривание и размыв, приведшие к накоплению в мелководных морских осадках Au, U, V, Mo (*первая установленная концентрация*). Следы этих металлов и минеральные формы обнаружены при изучении ауминзинской и живачисайской свит в Кызылкумах. Площадь их распространения превышает 65 тыс. км<sup>2</sup>. Осаждение происходило на содержащих органическое вещество (ОВ) илах, глинах, песках. Механизм осаждения, вероятнее всего, — адсорбция на ОВ, на что указывает практически равномерный характер распределения металлов (Au 10–12 мг/т, U 35–60 г/т). Несмотря на низкое содержание, масштаб концентрации металлов огромен. Расчеты показывают [4], что при формировании Шариктинского батолита (объем около 4900 км<sup>3</sup>) вынос золота из пород догранитного субстрата составил около 120 тыс. т.

Второй этап связан с развитием гранитизации, образованием низкоплотных гранитов (2,65 т/м<sup>3</sup>), их подъемом в форме диапиров с разрывами во вмещающих породах и разгрузкой через них гидротерм, преимущественно золотоносных метаморфогенных



**Рис. 2.** Пространственное расположение золоторудных месторождений в окрестности Шариктинского гранитного батолита

флюидов. Специалистам, изучавшим метаморфогенные флюиды в породах высоких фаций метаморфизма (Ф.Бетман, Ф.Г.Смит) и в экспериментах, известно, что они содержат до 25% растворенного SiO<sub>2</sub>. В момент формирования разрывов растворы отжимаются вверх и заполняют полости, зоны пониженного давления. Силикатные растворы дают начало кварцевым «жилам выполнения». Последующая длительная фильтрация гидротерм приводит к сорбированию на кварце золота и некоторых других элементов [4], формированию золото-кварцевых месторождений. Так образовались месторождение Мурунтау и его многочисленные аналоги. Вынос из области *первой концентрации* и накопление на природных минеральных сорбентах — это *второй*, главный, этап *концентрации* оруденения. По направлению движения рудоносных растворов, снизу вверх, месторождение можно отнести к эксфильтрационным, в отличие от инфильтрационных.

При изучении Мурунтау в процессе разведки и эксплуатации на протяжении трех десятилетий автором получены данные о двух дополнительных этапах концентрации. Для полноты и детальности информации использованы и проанализированы результаты исследований многих специалистов, представлявших крупнейшие институты страны.

Третий этап связан с завершающим циклом складчатости Южного Тянь-Шаня (C<sub>3</sub>-P) и внедрением малых интрузий. В этот период на месторождении образовались золотоносные кварц-сульфидные жилы и прожилки (*третья*, дополнительная, *концентрация*), а в регионе — крупные месторождения золото-сульфидного типа (Даугызтау, Кокпатас и др.). Доля золота этого этапа в запасах Мурунтау не превышает 4–5%.

Четвертый этап концентрации начался в позднепалеогене и продолжается до настоящего времени. В этот период месторождение было частью эродировано и затронуто процессами гипергенеза. С ним связан крупномасштабный вынос золота из коры выветривания и переотложение его в основании коры и зоне цементации (внутреннее перераспределение) [4].

Такой, многоэтапной и разной по источникам и характеру концентрации, представляется модель формирования рудных тел Мурунтау. Решающее значение имели первая концентрация, адсорбция на ОВ мелководных морских осадков, и вторая, связанная с мобилизацией золота метаморфогенным флюидом и длительным осаждением на минеральных сорбентах, главным образом кварцевых жилах и прожилках.

Более простым представляется формирование урановых гидрогенных месторождений региона.

#### Относительное содержание элементов в черных сланцах и урановом месторождении Сугралы (Узбекистан)

Толща или месторождение, возраст	Содержание относительно урана			
	Se	Mo	Re	V
Сугралы	0,5	1,5	0,002	1,5
Горючие сланцы Кызылкумов (P)	0,3	2,1	0,007	1,7
Черные (углеродистые) сланцы Мурунтау (O-S)	0,2	1,3	0,001	3,2
Черные сланцы бассейна р. Оленек (E)	0,1	9,2	0,005	4,7
Медистые сланцы Купфершифер (P)	0,1	1,0	0,006	1,9

Принятая в современной теории модель включает три стадии — выщелачивание и вынос урана из гранитов кислородсодержащими метеорными водами, транспортировку в растворах до и по водоносному горизонту, осаждение на восстановительном барьере за счет перехода урана из шести- в четырехвалентное состояние и образование нерастворимых соединений. Эта схема справедлива в главных чертах. Остается неясным, как растворы попадают именно в данный пласт, минуя другие, и как могли образоваться месторождения, не имеющие поблизости «специализированных гранитоидов» достаточного большого масштаба?

Ответы на эти вопросы появились, когда были сопоставлены [5] специфические геохимические ассоциации горючих сланцев палеогенового возраста в Кызылкумах и гидрогенных урановых месторождений. Они полностью совпали как «по номенклатуре», так и по соотношениям между элементами (таблица). Совпадение геохимического комплекса служит *первым из доказательств* генетической связи месторождений с источником — металлоносными черными сланцами. U-Se-Mo-Re (часто с V) ассоциация типична как для черных сланцев, так и для урановых месторождений. Но она не соответствует геохимии гранитов.

И в урановых месторождениях, и в черных сланцах отношение Se/U составляет первые десятые доли, Re — тысячные доли, Mo в 1,5–2, V — в 1,5–4 раза больше, чем U. Из таблицы видно, что соотношения металлов (Se-U, Re-U и др.) для разных месторождений и эпох имеют один и тот же порядок.

Черносланцевые толщи встречаются повсеместно во всех отделах фанерозоя. Так, сланцы кембрийского возраста распространены в Швеции, Норвегии, Тюрингии, Казахстане, Тянь-Шане, Африке, на Сибирской платформе. Они характеризуются

ются высокими концентрациями U, Se, Mo, Re, V. В разрезе ордовика – силура залегают диктионемовые сланцы в Ленинградской области и Польше, горючие сланцы в Эстонии, граптолитовые сланцы на Северном Урале и Пай-Хое. В девонских отложениях известны ураноносные сланцы Чаттануга США и горючие сланцы Припятского прогиба, в пермских и триасовых — медистые сланцы Германии (Купфершифер), свита Фосфория на западе США, горючие сланцы Австралии. Кроме урана и ассоциирующих с ним элементов, сланцы Купфершифер и диктионемовые сланцы в Польше отличаются повышенными концентрациями халькофильных элементов — Cu, Pb, Zn, Ag, значительными — металлов платиновой группы. Карбонатно-фосфатные черные глинисто-кремнистые сланцы свиты Фосфория содержат фосфорный ангидрит, в среднем 2%. Горючие сланцы юрского периода прослеживаются от Баренцева до Каспийского моря, включая Волжский и Тимано-Печорский бассейны. Черносланцевая баженовская свита Западно-Сибирской низменности сложена высокоуглеродистыми битуминозными глинами и глинистыми силицидами, представляющими собой одно из самых грандиозных скоплений органического вещества в фанерозойских отложениях. Помимо урановой ассоциации, сланцы содержат аномально высокие концентрации P, Cu, Ni, Ba, Sr. Горючие сланцы и битуминозные глины установлены в меловых отложениях Альпийско-Гималайского пояса и Австралии, палеогеновых отложениях Средней Азии, на Северном Кавказе, Украине, Грин Ривер (США).

Повсеместная распространенность и металлоносность черных сланцев делают их феноменальным геологическим образованием в истории Земли. Добавим к этому — черные сланцы промежуточная ступень концентрации U, Se, V, Mo, Re между ураноносными гранитами и урановыми инфильтрационными месторождениями. Это снимает противоречия, отмеченные в поставленных выше вопросах. Примем во внимание и неоспоримый эмпирический факт — урановые месторождения данного типа встречаются на площадях развития черносланцевой формации, что может служить *вторым доказательством* их генетической связи.

Модель гидрогенного инфильтрационного рудообразования удобно рассмотреть на примере Кызылкумских урановых месторождений. В нижнеэоценовых отложениях залегают пласт горючих сланцев мощностью до 2 м, а среди меловых — слои и пачки черных и пестроцветных битуминозных глин. В сланцах и черных глинах повышены концентрации элементов уранового семейства. Среднее содержание в них U около 100 г/т, Se 30 г/т, Mo

210 г/т, V 170 г/т [5]. Территория Кызылкумов более чем на 85% представлена плоской равниной, сложенной отложениями кайнозоя и мезозоя, среди которых обнажаются горные выступы палеозойских пород с обрамлением рыхлых пород мезокайнозоя, поднятых выше уровня грунтовых вод. Именно вокруг таких выступов Букантау, Тамдытау, Ауминзатау, Джетымтау, Нуратау локализуются месторождения урана в пластах водоносных песков на границе красноцветных и сероцветных отложений. Такая позиция признается и сторонниками традиционного подхода к источникам урана. Например, у Я.М.Кислякова и В.Н.Щеточкина (2000 г.) формирование инфильтрационных урановых месторождений связывается с эрозионным вскрытием водопитающих купольных структур или локализацией их в обрамлении длительно развивающихся куполов. В нашей модели это происходит вокруг куполов, заключающих в себе поднятые над уровнем грунтовых вод и частью эродированные ураноносные черные сланцы.

Среднее содержание урана в нижнеэоценовых горючих сланцах около 60 г/т. По изменению активности пород в результате выветривания можно считать, что выносится 8/9 всего ресурса, или около 53 г из каждой тонны или около 130 г из каждого кубического метра. При средней мощности пласта 1,5 м «продуктивность» каждого квадратного метра его площади составит 195 г U. При такой продуктивности обычные запасы уранового месторождения в 40 тыс. т могут быть «получены» с площади 205 км<sup>2</sup>, а при рассеивании до 30% запаса в окружающее пространство — с площади 293 км<sup>2</sup>. Если область выноса уподобить кругу, то он будет иметь диаметр в первом случае 16 км, во втором — 19 км. Этот расчет подтверждает количественную реалистичность предлагаемой модели источника урана. Установленное наличие отрицательных аномалий по содержанию урана в зоне окисления на площадях, превышающих расчетные, служит *третьим доказательством* генетической связи месторождений с черными сланцами.

Таким образом, в формировании инфильтрационных урановых месторождений выделяются два этапа. С первым связано поступление урана в содержащие ОВ мелководные морские отложения за счет размыва как гранитоидов, так и метаморфических пород коры. Для объяснения источника Se, Mo, Re, V, возможно, потребуется допустить синхронную с накоплением черных сланцев активизацию вулканизма. Среди газообразных и летучих продуктов вулканизма постоянно встречаются соединения P, F, Se, Mo, As, которые растворяются, попадают в морской бассейн и сорбируются на органическом веще-

стве черных илов (U, Se, Mo) или усваиваются планктоном (P, F) и попадают в осадок при отмирании или с пищевой цепью планктон – высшие организмы. Достоверность реализации данной модели подтверждается закономерностью А.Б.Ронова, согласно которой максимумы накопления органического углерода в осадках совпадают с периодами максимального развития вулканизма. Второй этап связан с окислением, выносом и переотложением металлов на известных геохимических барьерах. Изложенное определяет направление поиска инфильтрационных урановых месторождений.

Двухэтапное образование месторождений медистых песчаников аргументировано А.М.Лурье [2]. В красноцветные отложения медь поступала с обломочным материалом в форме оксидов и карбонатов (*первоначальная концентрация*). По мере погружения осадков, перехода к застойному режиму снижается окислительно-восстановительный потенциал, что приводит к восстановлению меди, переходу ее из двухвалентного в одновалентное состояние. По мере углубления бассейна красноцветные отложения перекрываются сероцветными, содержащими сульфиды и ОВ. Большая разница между концентрацией меди в красноцветах и содержащих сульфиды сероцветных отложениях приводит к устойчивой диффузии меди вверх с образованием горизонтов с повышенными содержаниями халькофильных металлов на огромной площади морских бассейнов (*вторая стадия концентрации*).

Имеется много оснований для заключения о том, что известные крупнейшие месторождения

системы Витватерсранд в ЮАР, «месторождения несогласия» в Австралии и Канаде, Сухой Лог в России обязаны своим происхождением предварительной концентрации в коре выветривания с последующими переотложением, включая россыпной тип, накоплением громадных запасов, метаморфизмом и метасоматозом. Автор не располагает конкретными данными для реконструкции полигенности и полихронности этих месторождений. Но изученные и приведенные выше примеры указывают на реализуемость такой модели, а также на возможные механизмы многоэтапного рудообразования.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Бойцов В.Е., Пилипенко Г.Н., Солодов Н.А.* Месторождения благородных, радиоактивных и редких металлов. – М.: НИИ ПРИРОДА, 1999.
2. *Лурье А.М.* О связи между горизонтами с повышенным содержанием меди и месторождениями типа медистых песчаников и сланцев // Отечественная геология. 2007. № 4.
3. *Методы теоретической геологии / И.И.Абрамович, Ю.К.Бурков, В.В.Груза и др.* – Л.: Недра, 1978.
4. *Образцов А.И.* Месторождение Мурунтау. Опыт изучения и разработки. – Ташкент: ФАН, 2001.
5. *Образцов А.И., Лузановский А.Г.* К металлогении черных сланцев // Узбекский геологический журнал. 1994. № 6.
6. *Овчинников Л.Н.* Образование рудных месторождений. – М.: Недра, 1988.
7. *Смит Ф.Г.* Физическая геохимия. – М.: Недра, 1968.

## ПАМЯТИ АЛЕКСЕЯ ДЕМЬЯНОВИЧА ХАРЬКИВА

25 марта 2008 г. ушел из жизни **Алексей Демьянович Харькив** — один из крупнейших специалистов алмазной геологии, доктор геолого-минералогических наук, действительный член Российской академии естественных наук, лауреат Государственной премии СССР.

А.Д. Харькив родился 28 июля 1932 г., в 1956 г. окончил геологический факультет Львовского государственного университета и начал работать в Западной Якутии. Участвовал в поисках, разведке и изучении крупных коренных месторождений алмазов (кимберлитовые трубки Мир, Айхал, Интернациональная, Юбилейная, Сытыканская, им. XXIII съезда КПСС, Удачная). Принимал участие в подсчете запасов алмазов этих месторождений, а также россыпного месторождения Водораздельные галечники.

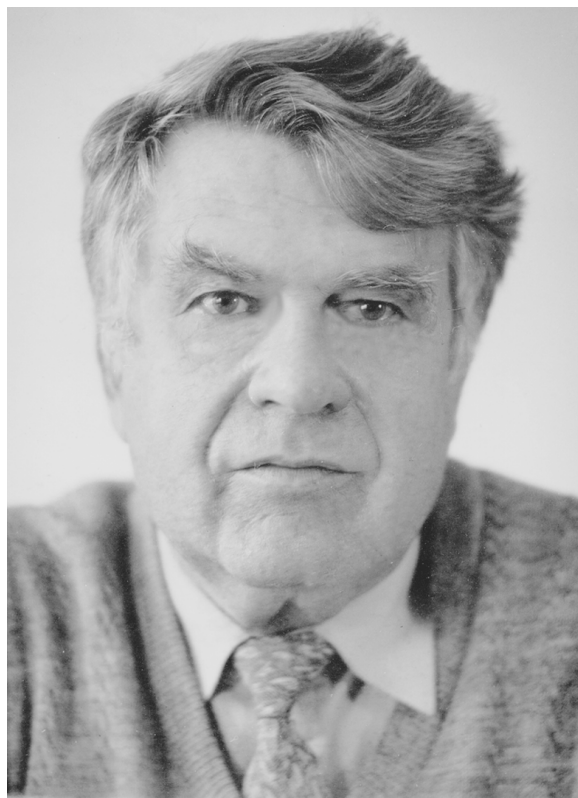
С 1968 по 1982 г. руководил научно-исследовательской Алмазной лабораторией ЦНИГРИ в г. Мирный, а в 1983 г. перевелся в отдел геологии алмазов ЦНИГРИ.

А.Д. Харькив был крупным специалистом в области минералогического метода прогнозирования, поисков и оценки месторождений алмазов. Более 40 лет он занимался изучением коренных и россыпных месторождений алмазов. По результатам исследований многих кимберлитовых трубок России и ряда зарубежных стран им создана обобщенная количественная модель кимберлитовой трубки Якутии, дополнены конкретным фактическим материалом существующие модели кимберлитовых и лампроитовых трубок Архангельска, Южной Америки, Австралии. По особенностям строения и состава пород верхней мантии он создал вещественно-индикационные модели алмазоносных трубок, а по составу и механическим свойствам вмещающих коровых пород — модели их формирования. На базе этих моделей выработаны рекомендации по поискам погребенных кимберлитовых трубок, что способствовало открытию первых в мире погребенных трубок Восток, Победа и др., в том числе крупного коренного месторождения — трубки Юбилейная.

В 1982 г. А.Д. Харькив защитил докторскую диссертацию, в 2000 г. избран действительным членом РАН. Он — автор более 300 научных трудов, в том числе 19 монографий, среди которых «Минералогические основы поисков алмазных месторождений» (1978), «Месторождения алмазов СССР» (1984), «Геолого-генетические основы шлихо-минералогического метода поисков алмазных месторождений» (1994), «История алмаза» (1997), «Коренные месторождения алмазов мира» (1998). За книгу «Геология и генезис алмазных месторождений» в числе других исследователей удостоен Государственной премии СССР (1991 г.), за серию работ по тематике «Геолого-генетические основы прогнозирования и поисков алмазных месторождений (на примере Сибирской платформы)» — премии имени В.А. Обручева (1997 г.). А.Д. Харькив участвовал в работе многих экспертных советов Мингео СССР, был членом Межведомственного совета по алмазам, на протяжении многих лет — членом Ученого совета ЦНИГРИ по защите докторских диссертаций.

Всем, кто знал Алексея Демьяновича Харькива, известны его невероятная работоспособность, высочайший профессиональный уровень, широкая эрудиция, доброжелательность и отзывчивость.

Светлая память об Алексее Демьяновиче навсегда сохранится в наших сердцах.



*Ученый совет ЦНИГРИ  
Редколлегия журнала*



27 марта 2008

**Министр природных ресурсов Юрий Трутнев  
назвал утверждение актуализированной Долгосрочной программы  
по воспроизводству минерально-сырьевой базы России до 2020 года  
поворотным событием для геологической отрасли**

Напомним, предложения МПР России по актуализации программы, с которыми Ю.Трутнев выступил 27 марта на заседании Правительства РФ, приняты по итогам их обсуждения.

По словам Ю.Трутнева, реализация актуализированной программы позволит преодолеть кризис геологической отрасли, который она испытывала в течение 90-х годов, гарантирует обеспеченность экономики России запасами полезных ископаемых на многие годы вперед.

Как отметил министр в ходе доклада на заседании Правительства РФ, к 2020 г. по итогам реализации программы будет получен прирост ценности недр эквивалентный 197 трлн. руб. При этом объем государственных инвестиций на период до 2020 г. увеличится с 261 до 544 млрд. руб.

В результате выполнения актуализированной программы по объемам сейсморазведки, поисково-разведочного и параметрического бурения к 2020 г. Россия выйдет на дореформенный уровень 86–90-х годов.

«Сейчас доходы бюджета от продажи прав пользования недрами составляют незначительную часть в общем объеме поступлений от недропользования. Но даже эти средства многократно перекрывают государственные вложения в геологические работы. С 2004 г. поступления от аукционов в бюджет возросли в 30 раз», — заявил Ю.Трутнев.

«Каждая следующая тонна нефти, золота или кубометр газа будут обходиться нам все более дорого. Как с точки зрения их поиска, так и в процессе добычи. Запасы полезных ископаемых исчерпаемы, соответственно, по мере повышения изученности территории нашей страны, нам приходится вкладывать все больше средств в их поиск и разведку», — подчеркнул Ю.Трутнев.

По словам министра, расчетная эффективность 1 рубля бюджетных вложений в поиск и разведку полезных ископаемых составит 70–100 руб.

Увеличение НДПИ и других прямых поступлений от недропользования вырастет в результате реализации программы на 30–35%.

«В целом реализация данных предложений поможет создать надежную основу для развития экономики Российской Федерации, обеспечит стабильность доходов федерального бюджета, поможет создать сотни тысяч новых рабочих мест, в том числе в труднодоступных регионах нашей страны», — подчеркнул он.

Источник: <http://www.mnr.gov.ru/part/?act=print@id=4730@pid=11>