

# Открытия месторождений золота в Тихоокеанском рудном поясе – опыт и прогноз

С.Ф.Стружков, В.В.Аристов, В.А.Данильченко, М.В.Наталенко, А.В.Обушков (ЦНИГРИ)

Открытия месторождений полезных ископаемых происходят сравнительно редко, поэтому выявить закономерности в этой области можно, только анализируя достаточно большие территории и промежутки времени. К одной из таких территорий относится Тихоокеанский рудный пояс (ТП), основные черты металлогении которого были описаны в целом ряде работ [1-8].

Последние несколько десятилетий ознаменовались многочисленными открытиями золоторудных и золотосодержащих месторождений в российском и зарубежных (Японско-Филиппинско-Индонезийском, Папуа-Новогвинейско-Австралийско-Новозеландском, Южно-Американском, Северо-Американском) сегментах ТП (рис. 1). Российский сегмент ТП охватывает Охотско-Чукотский, Камчатско-Курильский и Сихотэ-Алиньский вулканогенные пояса, в металлогеническом районировании соответствующие золоторудным провинциям.

Цель настоящей статьи – оценить потенциал будущих открытий путем их систематизации и сопоставления в зарубежных и российском сегментах ТП.

## Динамика открытий

**Зарубежные сегменты ТП.** Открытия в зарубежных сегментах ТП за последние 35 лет охватывают 57 золоторудных и золотосодержащих месторождений с запасами более 35 т золота в каждом [5-8]. Общие запасы золота составляют около 14 000 т (табл. 1, рис. 2), что примерно в 4 раза превышает запасы ранее известных в ТП месторождений (главным образом за счет вовлечения в отработку "крупнотоннажников").

На диаграмме "запасы + добыча – средние содержания золота" (рис. 3) в поле золоторудных и золотосодержа-

щих месторождений отчетливо выделяются три области, отвечающие различным классам объектов:

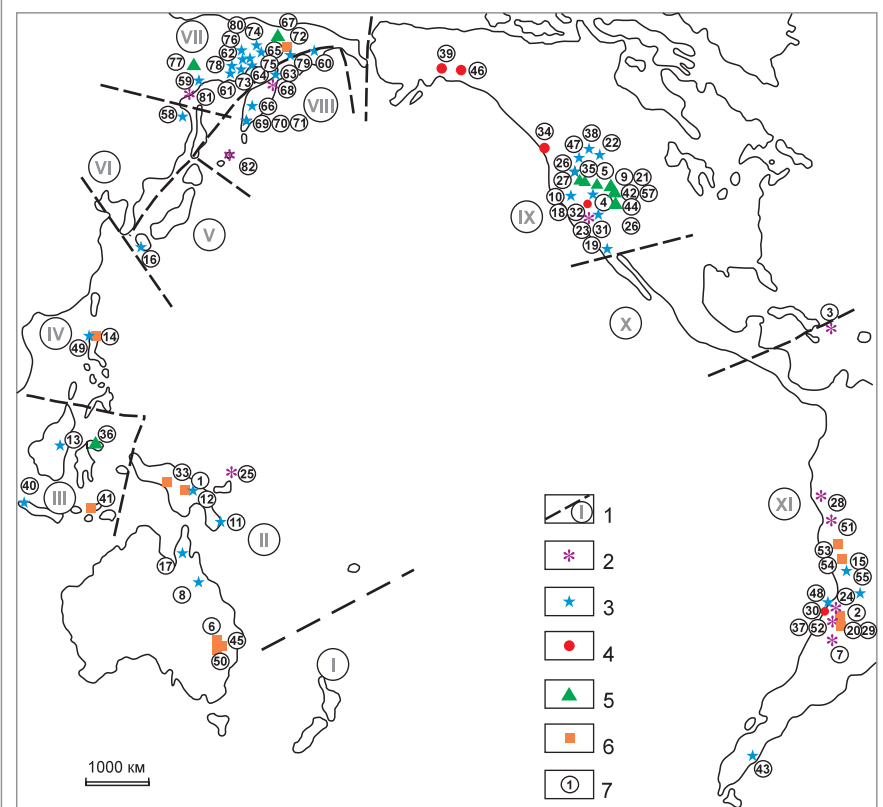
1) в левой половине – крупнотоннажные объекты с бедными рудами (содержание золота – 0,5-3,0 г/т), среди которых выделяются как гигантские (Пуэбло-Вьехо, Янакоча, Голд-Кворри, Паскуа-Лама и др.), так и крупные и средние месторождения

(мелкие объекты не включены в данную выборку);

2) в средней части – малотоннажные объекты с рядовыми рудами (3-10 г/т), среди которых известны гигантские (Ладолам, Поргера, Голд-страйк), а также крупные и средние месторождения;

3) в правой части – малотоннажные объекты с богатыми (более 10 г/т)

Рис. 1. Размещение золоторудных и золотосодержащих месторождений, открытых за последние 45 лет в Тихоокеанском рудном поясе ((5-8) с дополнениями авторов)



1 – границы сегментов ТП: I – Новозеландский, II – Австралийско-Папуа-Новогвинейский, III – Индонезийский, IV – Филиппинский; V – Японский, VI – Сихотэ-Алиньский, VII – Охотско-Чукотский, VIII – Курило-Камчатский, IX – Северо-Американский, X – Мексиканский, XI – Южно-Американский; рудные формации: 2 – золотосеребряная (алунит-кварцевый минеральный тип), 3 – золотосеребряная (адуляр-серицит-кварцевый минеральный тип), 4 – золотополисульфидно-кварцевая (связанная с интрузиями), 5 – золотомышьяковисто-сульфидная ("карлинский" тип), 6 – золотомедно-порфировая; 7 – месторождения (цифры в кружках соответствуют номерам месторождений в табл. 1 и 2)

Таблица 1. Характеристика золоторудных и золотосодержащих месторождений, открытых в зарубежных сегментах ТП за последние 35 лет (по данным [5–8] с дополнениями авторов)

№ п/п*	Месторождение	Страна, штат (провинция)	Рудная формация**	Среднее содержание золота, г/т	Запасы + накопленная добыча, т	Год открытия
1	2	3	4	5	6	7
1	Ок–Теди	Папуа–Новая Гвинея	МП	0,6	307	1969
2	Бахо–Де–Ла–Алумбрера	Аргентина	МП	0,7	458	1970
3	Пуэбло–Вьехо	Доминиканская Республика	АК	0,5	500	1970
4	Раунд–Маунтин	США, Невада	АСК	0,9	272	1972
5	Джерритт–Каньон	США, Невада	ЗМС	6,5	215	1973
6	Норспаркс	Австралия	МП	0,7	64	1977
7	Эль–Индио	Чили	АК	6,6	153	1977
8	Кидстон	Австралия, Квинсленд	АСК	1,5	139	1978
9	Голд–Кворри	США, Невада	ЗМС	1,5	450	1979
10	Мак–Ласфлин	США, Калифорния	АСК	5,2	91	1979
11	Мисима	Папуа–Новая Гвинея	АСК	1,4	77	1979
12	Поргера	Папуа–Новая Гвинея	АСК	4,7	555	1979
13	Келиан	Индонезия	АСК	1,9	176	1979
14	Фар–Саусист	Филиппины	МП	1,2	441	1980
15	Кори–Колло	Боливия	АСК	2,1	160	1980
16	Хишикари	Япония	АСК	44,0	250	1980
17	Маунт–Лейшон	Австралия, Квинсленд	АСК	1,5	115	1981
18	Фортитюд	США, Невада	ЗПК	7,0	72	1981
19	Мескит	США, Калифорния	АСК	1,1	107	1981
20	Марте–Лобо	Чили	МП	1,5	197	1982
21	Голдстрайк	США, Невада	ЗМС	5,9	677	1982
22	Монтана–Таннелс	США, Монтана	АСК	1,0	59	1983
23	Парадайз–Пик	США, Невада	АК	3,9	35	1983
24	Ла–Койпа	Чили	АК	1,6	82	1983
25	Ладолам	Папуа–Новая Гвинея	АСК	4,4	454	1983
26	Слипер	США, Невада	АСК	1,6	79	1984
27	Твин–Крикс	США, Невада	ЗМС	2,1	260	1985
28	Янакоча	Перу	АК	1,4	525	1985
29	Рефьюджио	Чили	МП	0,9	259	1986
30	Канделария	Чили	ЗПК	0,3	110	1986
31	Булфрэг	США, Невада	АСК	2,9	83	1986
32	Ков	США, Невада	ЗПК	2,0	100	1987
33	Грасберг	Индонезия	МП	1,4	1599	1988
34	Кроун–Джевел	США, Вашингтон	ЗПК	6,2	49	1988
35	Лон–Три	США, Невада	ЗМС	2,4	127	1989
36	Мезел	Индонезия	ЗМС	5,2	64	1989
37	Паскуа–Лама	Чили – Аргентина	АК	2,0	520	1989
38	Мак–Дональд	США, Монтана	АСК	0,9	160	1989
39	Форт–Нокс	США, Аляска	ЗПК	0,9	260	1989
40	Гунунг–Понгкор	Индонезия	АСК	17,0	102	1990
41	Бату–Хьяу	Индонезия	МП	0,7	417	1991
42	Пайплайн–Саус–Пайплайн	США, Невада	ЗМС	3,2	147	1991
43	Сьерро–Вангардиа	Аргентина	АСК	10,0	96	1991
44	Архимед	США, Невада	ЗМС	2,7	49	1992
45	Кадиа–Хилл	Австралия	МП	0,8	116	1993
46	Пого	США, Аляска	ЗПК	18,0	175	1994

Окончание табл. 1

1	2	3	4	5	6	7
47	Мидас	США, Невада	АСК	34,7	86	1994
48	Эль-Пеньон	Чили	АСК	11,2	54	1994
49	Виктория	Филиппины	АСК	7,7	133	1995
50	Кадиа-Риджвэй	Австралия	МП	2,5	133	1996
51	Пьерина	Перу	АК	2,2	217	1996
52	Веладеро	Аргентина	АК	1,0	345	1997
53	Антапаккай	Перу	МП	0,2	61	1998
54	Лос-Чанкас	Перу	МП	0,1	54	1998
55	Эскуэль	Аргентина	АСК	7,2	112	2000
56	Альто-Чикама	Перу	АК	1,7	219	2001
57	Кортес-Хиллс	США, Невада	ЗМС	1,2	260	2002

\* Порядковый номер соответствует номерам месторождений на рис. 1, 2.

\*\* Формации: АК – золотосеребряная (алуниит-кварцевый минеральный тип), АСК – золотосеребряная (адуляр-серицит-кварцевый минеральный тип), ЗПК – золотополисульфидно-кварцевая (связанная с интрузиями), ЗМС – золотомышьяковисто-сульфидная ("карлинский" тип), МП – золотомедно-порфирировая.

рудами, для которых характерно отсутствие "гигантов" (среди крупных месторождений – Хишикари, Пого).

Среди открытых за последние годы месторождений "крупнотоннажные" составляют 66 %, а малотоннажные с богатыми рудами – 10 %.

К основным выявленным в пределах ТП рудным формациям согласно [3] относятся: золотосеребряная (адуляр-серицит-кварцевый (35 % открытий) и алуниит-кварцевый (15 %) мине-

ральные типы), золотомедно-порфирировая (20 %), золотомышьяковисто-сульфидная ("карлинского" типа) (20 %) и золотополисульфидно-кварцевая, связанная с интрузиями (10 %).

Распределение месторождений по хронологии открытий и рудно-формационным типам позволяет отметить несколько закономерностей. Прежде всего обращает на себя внимание цикличность открытий во времени. В частных случаях эти циклы

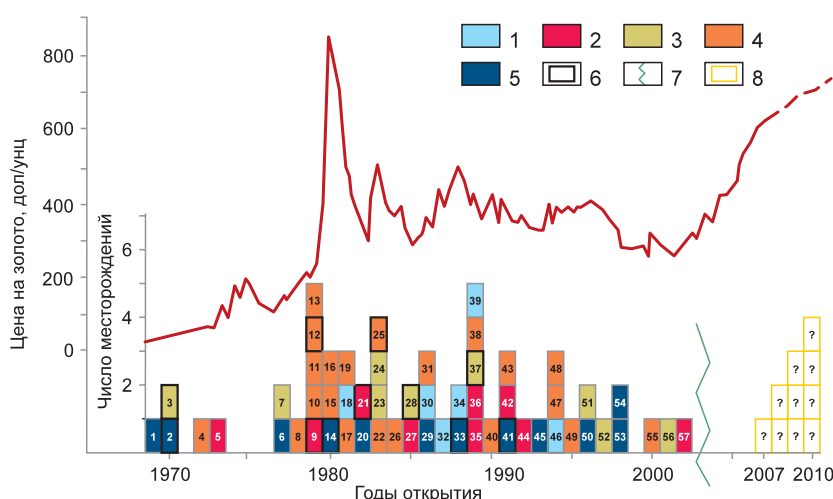
объясняются степенью изученности регионов, сменой политических режимов, улучшением горно-рудного законодательства, увеличением финансирования геолого-разведочных работ и многими другими факторами, определяющими рентабельность отработки новых месторождений. Генерализуя перечисленные факторы, можно отметить, что максимумы открытий хорошо коррелируют с графиком колебания цен на золото. Рост цены на золото создает материальный "базис" для очередного "прорыва" в области открытий.

В связи с устойчивым ростом цены на золото очередной максимум открытий месторождений драгоценных металлов прогнозируется на 2007-2017 гг. Предполагается, что его составят скрытые, а также крупнотоннажные объекты и месторождения нетрадиционных типов в пределах известных рудных полей в российском сегменте ТП.

Открытия в зарубежных сегментах ТП месторождений традиционных типов распределены в изученном отрезке времени сравнительно равномерно. Для месторождений нетрадиционных типов характерно наличие максимумов открытий, приходящихся на определенные периоды времени.

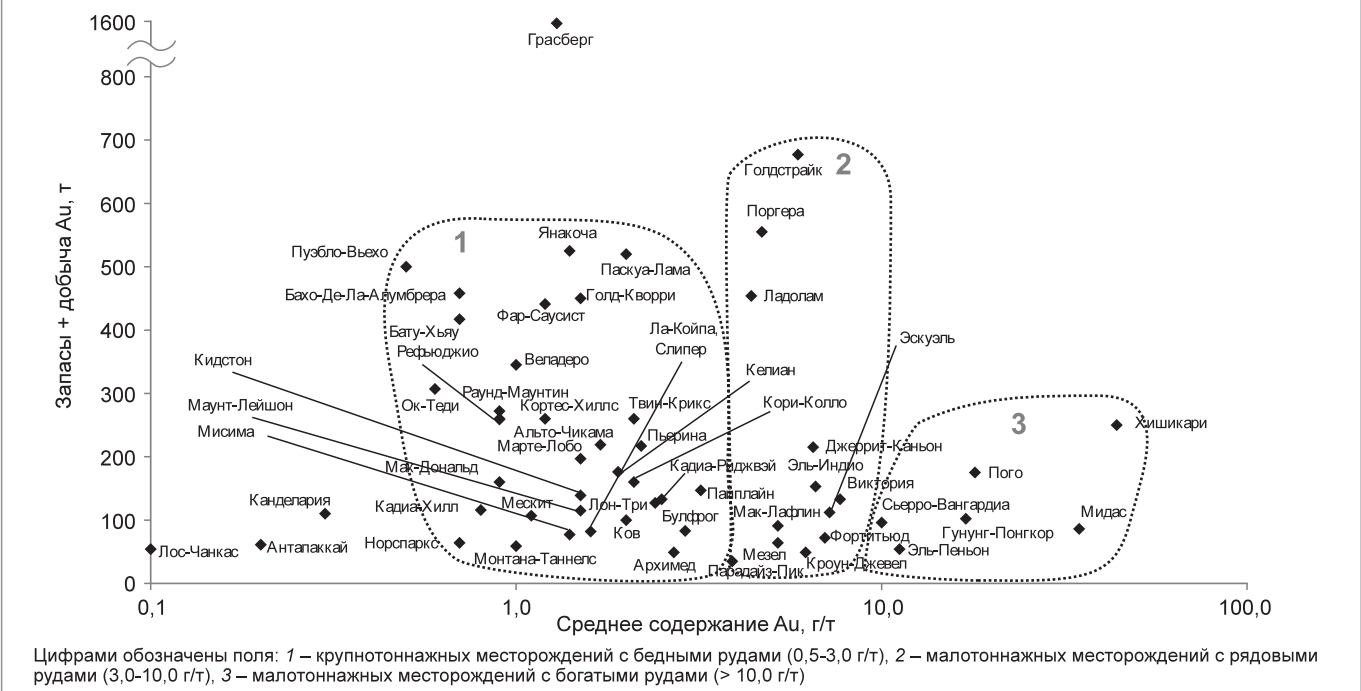
В случае нетрадиционных типов вначале, как правило, имел место длительный период, когда объекты данного типа не воспринимались геологами как месторождения. В лучшем случае они были известны как непромышленные рудопроявления золота. Иногда к ним относились как к зонам

Рис. 2. Рудно-формационные типы золоторудных и золото-содержащих месторождений (№1-57), открытых в зарубежных сегментах ТП за последние 35 лет (по данным (5-8) с дополнениями авторов) и динамика изменений цен на золото за 1969-2007 гг. (Лондонская биржа)



Рудные формации: 1 – золотополисульфидно-кварцевая (связанная с интрузиями), 2 – золотомышьяковисто-сульфидная ("карлинский" тип), 3 – золотосеребряная (алуниит-кварцевый минеральный тип), 4 – золотосеребряная (адуляр-серицит-кварцевый минеральный тип), 5 – золотомедно-порфирировая; 6 – месторождения-гиганты (запасы золота свыше 400 т); 7 – граница достоверной информации по геологическим открытиям; 8 – прогнозируемый авторами максимум геологических открытий (после 2006 г.)

Рис. 3. Золоторудные и золотосодержащие месторождения зарубежных сегментов ТП



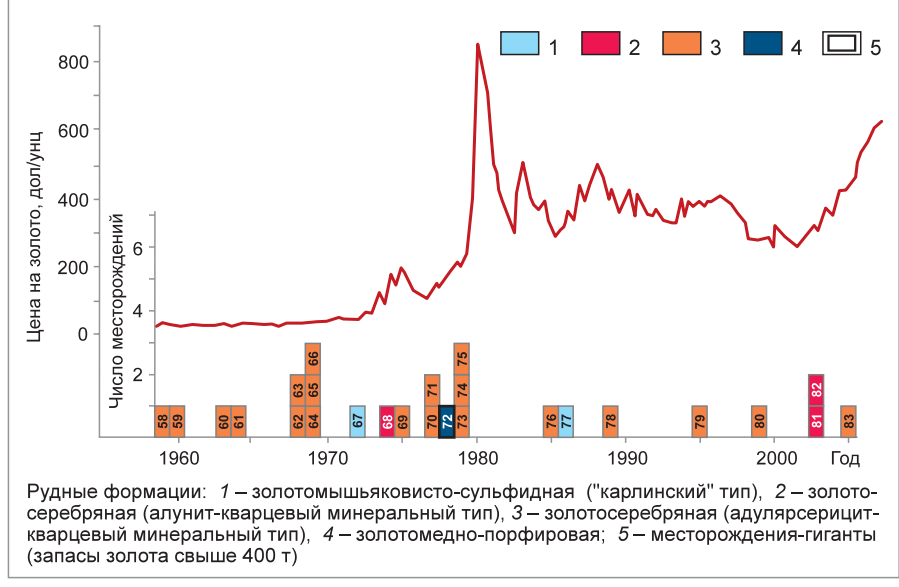
рассеянной минерализации. Кроме того, обычно на протяжении многих лет были известны 1-2 промышленных месторождения данного типа, которые воспринимались как нестандартные объекты, исключения из правил. Далее, в значительной степени под влиянием цены на золото, формировалось восприятие объектов этих типов как перспективных, создавались прогнозно-поисковые модели, а затем наблюдался волнообразный рост открытий. В последующие годы происходило исчерпание фонда этих месторождений и позднее – повторные волны открытий в новых регионах.

Примером могут служить закономерности процесса выявления месторождений-гигантов (с запасами золота свыше 400 т). Максимум открытий приходится на период 1979-1991 гг., когда было обнаружено 9 гигантов из 11. Наиболее вероятная причина – заметный рост цены на золото, обусловивший рентабельность вовлечения в эксплуатацию крупнотоннажных объектов и повлекший за собой разработку новых технологий (методики кучного выщелачивания и автоклавного обжига упорных руд, гигантские карьеры и другие новые концепции отработки месторождений). В 1979-1991 гг. открытие месторождений-гигантов имело в ТП лавинообразный

характер. В этот период в среднем происходило по одному открытию золоторудного "гиганта" в год: Голд-Кворри – 450 т золота (1979), Поргера – 555 т (1979), Фар-Саусист – 441 т (1980), Голдстрайк – 677 т (1982), Ладолам – 454 т (1983), Янакоча – 525 т (1985), Грасберг – 1599 т (1988), Пас-

куа-Лама – 520 т (1989), Бату-Хьяу – 417 т (1981). В дальнейшем (после 1991 г.) фонд подобных месторождений в зарубежных сегментах ТП был в значительной степени исчерпан. Ключевым моментом в открытии группы месторождений нового (нетрадиционного) типа является создание

Рис. 4. Рудно-формационные типы золоторудных месторождений (№58-83), открытых в российском сегменте ТП за последние 45 лет, и динамика изменений цен на золото (Лондонская биржа)



и использование прогнозно-поисковой модели.

**Российский сегмент ТП.** Месторождения золота, открытые в российском сегменте ТП за последние 45 лет, охватывают 26 объектов (см. рис. 1), каждый из которых располагает запасами (для слабоизученных месторождений – промышленными ресурсами) более 10 т золота (рис. 4). Общие запасы (ресурсы) составляют около 1000 т золота (без прогнозных ресурсов месторождения Песчанка, руды которого характеризуются низкими содержаниями золота) и многократно превышают запасы ранее известных в этих регионах единичных месторождений (Белая Гора, Прасоловское) (табл. 2). В то же время общий ресурсный потенциал российского сегмента ТП по сравнению с зарубежными сегментами представляется существенно недооцененным.

Диаграмма "запасы + добыча – средние содержания" (рис. 5) демонстрирует, что в российском сегменте ТП наиболее продуктивные (в отношении суммарных запасов) области крупнотоннажных (0,5–3,0 г/т) и малотоннажных с рядовыми рудами (3–10 г/т) месторождений практически не заполнены. Максимальная концентрация объектов фиксируется в менее продуктивной (по суммарным запасам) области малотоннажных месторождений с богатыми рудами. Приведенные данные свидетельствуют о преобладании модели месторождений с богатыми рудами при поисках за прошедшие 45 лет и демонстрируют высокий потенциал российского сегмента ТП в отношении выявления крупнотоннажных объектов и малотоннажных месторождений с рядовыми рудами.

Учитывая, что в зарубежных сегментах ТП "крупнотоннажники" составляют около 70 % недавних открытий, а также исходя из площади развития в российском сегменте ТП мезозойских-кайнозойских вулканоплутонических образований, можно предположить, что нераскрытый ресурсный потенциал российского сегмента ТП составляет не менее 2000 т золота.

Одной из причин дефицита открытий крупнотоннажных объектов является более низкая степень изученности российского сегмента ТП, обусловленная, в частности, тем, что в силу удаленности активные поисковые работы в его пределах начались

Таблица 2. Характеристика золоторудных и золотосодержащих месторождений, открытых в российском сегменте ТП за последние 45 лет

№ п/п*	Месторождение	Рудная формация**	Среднее содержание золота, г/т	Запасы (ресурсы*) + накопленная добыча, усл. ед.	Год открытия
58	Многовершинное	АСК	8,9	70	1959
59	Хаканджа	АСК	15,0	50	1960
60	Валунистое	АСК	25,0	36***	1963
61	Карамкен	АСК	30,0	40	1964
62	Дукат	АСК	1,0	40	1968
63	Аметистовое	АСК	9,2	53	1968
64	Эвенское	АСК	10,0	25	1969
65	Сергеевское	АСК	24,7	27	1969
66	Агинское	АСК	40,1	30	1969
67	Майское	ЗМС	12,0	277	1972
68	Озерновское	АК	11,5	42***	1974
69	Асачинское	АСК	19,1	16	1976
70	Мутновское	АСК	7,0	26	1977
71	Родниковое	АСК	11,0	30	1977
72	Песчанка	МП	0,3	435***	1978
73	Теплое	АСК	3,4	13***	1979
74	Кубака	АСК	20,0	101	1979
75	Ороч	АСК	6,8	15***	1979
76	Лунное	АСК	1,4	15	1985
77	Тас-Юрях	ЗМС	30,0	10	1986
78	Джультета	АСК	29,0	32	1989
79	Купол (Чукотский АО)	АСК	20,9	166	1995
80	Биркачан	АСК	13,0	20	1999
81	Светлое (Хабаровский край)	АК	3,5	170***	2003
82	Купол (о-в Уруп)	АК	8,0	45***	2003
83	Энгтери	АСК	Нет данных	Нет данных	2005

\* Порядковый номер соответствует номерам месторождений на рис. 1, 4.

\*\* Формации: АК – золотосеребряная (алузит-кварцевый минеральный тип), АСК – золотосеребряная (адуляр-серицит-кварцевый минеральный тип), ЗПК – золотополисульфидно-кварцевая (связанная с интрузиями), ЗМС – золотомышьяковисто-сульфидная ("карлинский" тип), МП – золотомедно-порфиоровая.

\*\*\* Прогнозные ресурсы для слабоизученных месторождений.

лишь в 1960-е гг. (особенно в Охотско-Чукотском и Курило-Камчатском вулканогенных поясах), тогда как в большинстве зарубежных сегментов ТП поисковые работы проводились в течение нескольких столетий.

К основным типам выявленных в российском сегменте ТП золоторудных формаций согласно [3] относятся: золотосеребряная (адуляр-серицит-кварцевый (76 % открытий) и алузит-кварцевый (12 %) минеральные типы), золотомедно-порфиоровая (4 %), золотомышьяковисто-сульфидная (8 %). Месторождений золотополисульфидно-кварцевой (связанной с интрузиями) формации пока не выявлено, хотя известно большое число перспективных рудопроявлений.

Распределение месторождений по рудно-формационным типам позволяет отметить, что подавляющее число открытий приходится на золотосеребряные месторождения адуляр-серицит-кварцевого типа, примерами которых являются Озерновское и Купол (Курило-Камчатский пояс), а также Светлое (Хабаровский отрезок Охотско-Чукотского пояса). Единственное изученное на поисково-оценочной стадии крупнотоннажное месторождение – золотомедно-порфиоровый "гигант" Песчанка (Чукотский отрезок Охотско-Чукотского пояса), хотя известно достаточно много слабоизученных проявлений данного типа (Дегденрекен, Лора, Крутой и др.). Сходная ситуация сложилась и с золо-

Рис. 5. Золоторудные и золотосодержащие месторождения российского сегмента ТП



томышьяковисто-сульфидными объектами: несмотря на большое число слабоизученных рудопроявлений этого типа (Туманное и др.), разведано и частично отработано лишь два промышленных месторождения – Майское и Тас-Юрях.

Интересно, что если убрать из гистограммы открытий в зарубежных сегментах ТП крупнотоннажные месторождения и месторождения нетрадиционных типов, то получается сходная с российским сегментом сравнительно "вялая" динамика.

Кроме того, необходимо отметить, что в условиях плановой экономики мировые цены на золото оказывали на динамику открытий в российском сегменте весьма слабое влияние. За 1959-1989 гг. открытия сравнительно равномерно распределены по оси времени (в среднем происходит примерно по одному открытию в год). После 1989 г. в связи с уменьшением государственного финансирования в перестроечный и постперестроечный периоды число открытий сокращается примерно до 1 раза в 3 года.

К сожалению, несовершенство законодательства о недрах не привело к замене государства частными горно-рудными компаниями в области поисков месторождений. Положительные сдвиги в этом направлении

наблюдаются лишь в самые последние годы: частными компаниями открыты месторождение Светлое (2003 г.) и участок Энгтери (2005 г.).

**Основные методы поисков, приведшие к открытию золоторудных месторождений в пределах ТП**

**Зарубежные сегменты ТП. Геологические методы** лидируют по числу выявленных с их помощью месторождений в пределах зарубежных сегментов ТП. Большой статистический материал свидетельствует, что основным методом поисков, приведшим к открытию большинства месторождений, являются геологическая съемка и поисковое "иссახивание" перспективных площадей (рис. 6).

Следует отметить, что большое значение при поисках месторождений, в том числе и скрытых, имеет распознавание зон метасоматических изменений (например, "каолиновой шляпы" и др.). Около 20 % открытий связано с заверкой цветовых аномалий (Веладеро и др.). В последние годы эффективным методом картирования трудно диагностируемых в полевых условиях глинистых минералов, составляющих большую часть зон измененных пород, становится

использование портативного инфракрасного микроанализатора.

Изучение фондовых и опубликованных материалов приводит приблизительно к 10 % открытий с использованием современных прогнозно-поисковых моделей, включая переоценку известных рудопроявлений других полезных ископаемых: ртути (месторождение Мак-Лафлин), сурьмы, меди (месторождения Грасберг и др.), полиметаллов и др., а также считающихся непромышленными рудопроявлений золота (месторождение Раунд-Маунтин).

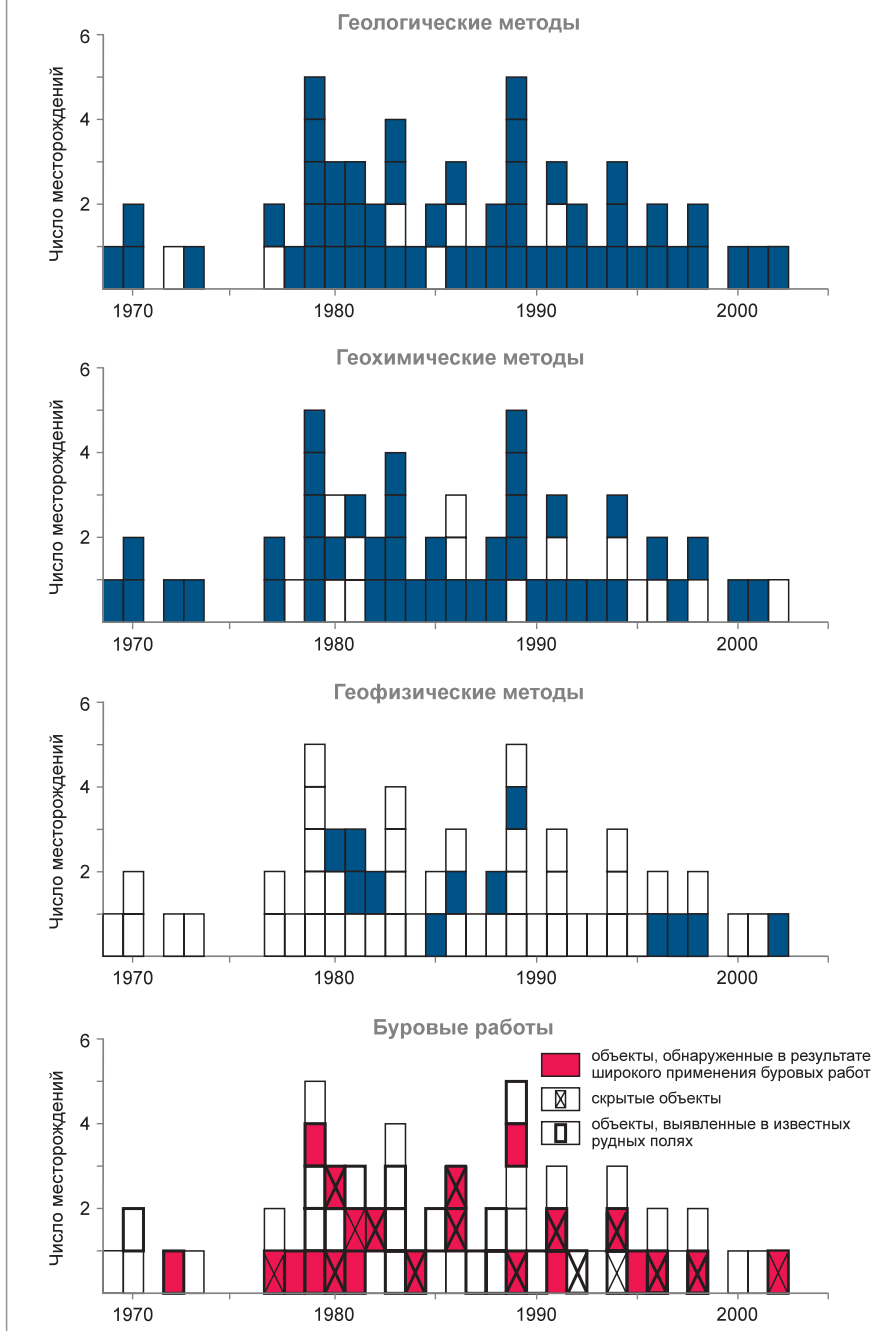
При этом камеральные работы без обширных полевых исследований приводят лишь к 15 % открытий. Остальные 85 % открытий связаны с локализацией перспективных участков в ходе более масштабных поисковых работ на перспективных площадях.

Одним из основных условий открытий стало использование многофакторных прогнозно-поисковых моделей месторождений [5]. В большинстве случаев (около 60 %) к новым открытиям в известных рудных полях привело применение новых прогнозно-поисковых моделей.

**Геохимические методы** способствовали открытию большого числа месторождений. Значительная часть новых месторождений была выявлена при заверке геохимических аномалий (геохимическая съемка по потокам рассеяния, поиски по вторичным ореолам рассеяния, поиски по первичным ореолам). Открытия крупнотоннажных объектов в подавляющем большинстве случаев были сделаны благодаря геохимическому опробованию обнажений и структурного элювия методом пунктирной борозды (месторождение Пьерина и др.). Лишь в одном случае (месторождение Бату-Хьяу) к открытию привело использование сравнительно нового метода анализа геохимических проб по потокам рассеяния: анализ на золото путем полного цианирования пробы мелкозема массой 2 кг (BLEG – bulk leached extractable gold). В другом случае (месторождение Твин-Крикс) открытие было сделано при использовании биогеохимической съемки.

В последние годы широкое распространение получили различные модификации геохимических методов, связанные с использованием специа-

Рис. 6. Методы поисков, приведших к открытию золото-рудных и золотосодержащих месторождений в зарубежных сегментах ТП за последние 35 лет (по данным (5-8) с дополнениями авторов)



лизированных сорбентов и избирательной экстракции индикаторных элементов. Предполагалось, что эти методы должны быть особенно эффективны при поисках скрытых месторождений за счет фиксации слабых геохимических аномалий. Однако на практике их применение не внесло заметного вклада в динамику открытий (вероятно, из-за отсутствия надежных

критериев отбраковки аномалий, не связанных с месторождениями).

Шлиховой метод в зарубежных сегментах ТП применялся в сравнительно небольших объемах и с его помощью в анализируемый период не было сделано ни одного открытия.

**Геофизические методы** не являются определяющими при открытии большинства месторождений золота.

Однако в последние годы отмечается повышение числа объектов (в основном в скрытом залегании), выявленных при заверке геофизических аномалий.

При этом за последние 35 лет мелко- и среднemasштабная геофизические съемки (аэромагнитная съемка, аэроэлектроразведка, гравиметрическая съемка и др.) не оказали существенного влияния на открытие месторождений в зарубежных сегментах ТП.

Положительные результаты в основном были получены лишь при проведении крупномасштабных магниторазведочных и электроразведочных работ (метод вызванной поляризации, электромагнитная съемка, высокоточная магниторазведка). В ряде случаев отсутствие надежных критериев выделения аномалий, связанных с месторождениями, приводило к значительным затратам на разбуривание "безрудных" геофизических аномалий.

**Буровые работы.** За рассматриваемый период в 3 раза (с 10 до 30 %) выросло число объектов, обнаруженных в результате применения буровых работ. Наибольшую долю (после 1973 г. – около 70 %) составляют открытия месторождений, перекрытых рыхлыми четвертичными отложениями. Существует мнение, что для успеха поисковых работ затраты на бурение должны составлять не менее 50 % общей стоимости проекта.

В связи с исчерпанием фонда легкооткрываемых месторождений в последние годы существенно возросла средняя стоимость открытия. В то же время отмечается, что этот фонд исчерпан не полностью, поскольку открытия выходящих на дневную поверхность месторождений продолжают в сравнительно слабо изученных зарубежных сегментах ТП.

Важным фактором является положение месторождений, обнаруженных за последнее время, относительно границ известных рудных полей. Лишь 40 % новых объектов выявлено на новых площадях, в то время как 60 % открыто на расстоянии 1-5 км от ранее выявленных месторождений или рудопроявлений. При этом более 90 % скрытых месторождений выявлено в известных рудных полях. Систематическое разбуривание флангов известных месторождений и рудопроявлений увенчалось в послед-

ние годы открытием большого числа объектов.

**Российский сегмент ТП.** Определенная цикличность открытий в российском сегменте ТП, все же наблюдается, особенно при анализе эффективности различных методов поисков и масштабов их применения (рис. 7). Сильной стороной советской геологической службы было систематическое планомерное опроискование территорий. Ранняя стадия изучения российского сегмента ТП характеризуется отчетливым максимумом открытий, сделанных при проведении геологической съемки масштаба 1 : 200 000, включавшей регулярное "исхаживание" территории с опробованием обнажений и делювия по линиям геологических маршрутов, расположенным в среднем через 2 км

(месторождения Хаканджа, 1960 г.; Сергеевское, 1964 г.; Аметистовое, 1968 г.; Озерновское, 1974 г.; Кубака, 1979 г.). Однако большая часть месторождений, включая крупные, была "пропущена", поскольку расстояние между линиями маршрутов (2 км) превышало размеры искомым объектов.

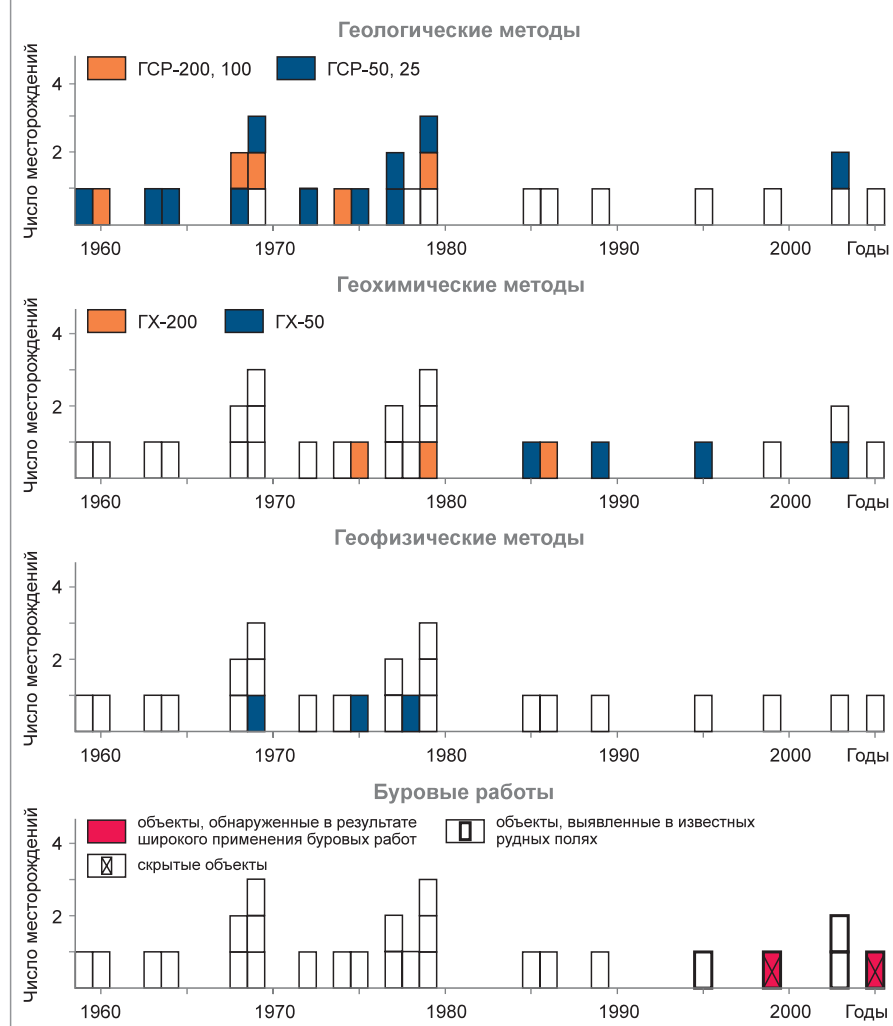
В следующем "максимуме" наибольшее число месторождений было открыто в ходе геологической съемки или поисково-съёмочных работ масштаба 1 : 50 000, также включавших регулярное "исхаживание" и опробование территории по более густой сети (расстояния между линиями маршрутов – 500 м, между точками наблюдения в маршруте – 250 м), которая максимально соответствует размерам искомым месторождений (Многовершинное, 1959 г.; Валунистое, 1963 г.;

The recent years have been marked by numerous gold deposit discoveries in the Russian and foreign segments of the Pacific ore belt. In foreign segments, 57 gold deposits comprising over 35 t of gold reserves each were discovered during the last 35 years (according to R.H. Sillitoe's data). The major geochemical and mineralogical types there are: gold-silver (adularia-sericite-quartz and alunite-quartz accounting for 35 and 15 % of total discoveries, respectively); gold-porphry copper (20 %); gold-arsenic sulfide, the Carlin-type (20 %); and intrusion-related gold-polysulfide-quartz (10 %). In the Russian segment encompassing the Okhotsk-Chukchi, Kamchatka-Kuril, and Sikhote-Alin belts, 26 gold deposits containing over 10 t of gold reserves each were discovered during the last 45 years. The major geochemical and mineralogical types are as follows: gold-silver (adularia-sericite-quartz and alunite-quartz accounting for 76 and 12 % of total discoveries, respectively); gold-porphry copper (4 %); and gold-arsenic sulfide, the Carlin-type (8 %).

The comparison of the geochemical and mineralogical types and economic characteristics of the deposits allows the conclusion that Russia substantially lags behind other countries in exploration maturity of the Pacific ore belt (more than 30 years) and amount of undiscovered gold reserves (about 2,000 t). Promising areas for the discovery of new deposits in the Russian segment of the Pacific ore belt are: (1) prospecting in poorly explored areas covered by the 1:200,000 survey only (first of all near known occurrences); (2) prospecting for blind and slightly eroded deposits at deep levels of known ore fields; and (3) prospecting for bulk-tonnage deposits and prospects of unconventional types. Peaks in gold deposit discoveries in foreign segments show a correlation with fluctuations in the gold price.

The authors expect the next peak to be in 2008–2017 due to the continued rise in gold prices. It is supposed to be caused by discoveries of blind and bulk-tonnage deposits, as well as prospects of unconventional types (gold-silver (alunite-quartz), gold-porphry copper, gold-arsenic sulfide, and gold-polysulfide-quartz formations) in the Russian segment of the Pacific belt.

Рис. 7. Методы поисков, приведших к открытию золоторудных и золотосодержащих месторождений в российском сегменте ТП за последние 45 лет





Карамкен, 1964 г.; Дукат, 1968 г.; Агинское, 1969 г.; Майское, 1972 г.; Асачинское, 1975 г.; Родниковое, 1977 г. и др.). Этот "максимум" частично перекрывается с первым, поскольку в разных частях российского сегмента ТП геологическая съемка масштаба 1 : 50 000 начиналась в разные годы.

Следующий максимум (или точнее – сгущение открытий) соответствует использованию геохимической съемки в основном по потокам рассеяния (масштаб 1 : 200 000) и вторичным ореолам (масштаб 1 : 50 000). Открытия месторождений были связаны с заверкой геохимических аномалий или с непосредственными находками в ходе проведения геохимической съемки: Теплое, 1979 г.; Лунное, 1985 г.; Тас-Юрях, 1986 г.; Джульетта, 1989 г.; Купол, 1995 г.; Светлое, 2003 г.

Сценарии этих открытий демонстрируют поразительное сходство, несмотря на некоторые второстепенные различия. В процессе геологического "исхаживания" или геохимической съемки выявляются прямые признаки месторождения (обычно обломки кварцевых жил, изредка – коренные обнажения) с высокими содержаниями золота (десятки или сотни грамм на 1 т) и серебра (сотни или тысячи грамм на 1 т), иногда – с видимым золотом. В зарубежных сегментах ТП этот вид открытий, который можно условно назвать "пионерным" (геологи являются пионерами-первопроходцами), в последние 35 лет наблюдался только в слабоизученных областях Папуа-Новой Гвинеи, Индонезии и Аргентины. Очевидно, что для хорошо изученных сегментов ТП этот вид открытий остался в прошлом. В то же время в некоторых частях российского сегмента ТП, покрытых лишь съемкой масштаба 1 : 200 000, "пионерные" открытия продолжают и в настоящее время (Купол и др.) и имеют еще значительные перспективы.

Все "яркие" (с высокими содержаниями золота) рудопроявления, которые выявлены подобным образом при геологической и геохимической съемках масштаба 1 : 50 000, были впоследствии изучены более детальной геологической съемкой (обычно 1 : 10 000), сопровождавшейся штучным опробованием, геохимической съемкой по вторичным ореолам, проходкой канав, скважин и штолен. Некоторые из них перешли в разряд

месторождений, но большинство так и осталось рудопроявлениями. С другой стороны, было выявлено большое число выглядевших менее перспективными рудопроявлениями, которые характеризовались более низкими содержаниями полезных компонентов. Эти рудопроявления были заверены недостаточно тщательно, во многих случаях заверка глубоких горизонтов бурением не проводилась. Их ревизия, наряду с проявлениями других металлов, является существенным резервом открытий.

Выполнение геологической и геохимической съемок масштабов 1 : 25 000 и 1 : 10 000 на территориях, предварительно покрытых съемкой масштаба 1 : 50 000, как правило, способствует выявлению новых рудных тел, но не месторождений. Таким образом, геологическая съемка или поисковые работы масштаба 1 : 50 000 не "пропускают" выходящие на дневную поверхность месторождения. Редкие исключения (месторождение Теплое) связаны с групповой съемкой масштаба 1 : 50 000, которая охватывала несколько соседних листов и характеризовалась меньшей плотностью сети наблюдений, чем полистная съемка.

Сопоставление методов поисков, сыгравших решающую роль в открытии месторождений в российском и зарубежных сегментах ТП, в целом демонстрирует сходные закономерности.

**Геологические методы**, как отмечено выше, преобладают и в российском сегменте ТП среди методов, приведших к открытиям. При этом, благодаря планомерным исследованиям, есть возможность проследить влияние изменения масштабов геологической съемки на эффективность исследований и сделать вывод об оптимальности масштаба 1:50 000.

**Геохимическими методами** (съемка по потокам рассеяния и вторичным ореолам) было выявлено примерно близкое зарубежным сегментам число объектов. В то же время в российском сегменте отмечается весьма слабое использование метода пунктирной борозды – геохимической съемки по первичным ореолам (по существовавшим методическим рекомендациям метод не должен был применяться на поисковой стадии геологоразведочных работ). Существенным резервом новых открытий является

огромное число геохимических аномалий, не заверенных бурением.

**Применение геофизических методов** оказало весьма слабое влияние на динамику открытий. Анализ материалов среднemasштабных гравиметрических съемок был полезен при выделении перспективных участков, поскольку большинство золоторудных полей контролируется отрицательными гравиметрическими аномалиями. Аэрогаммаспектрометрические (калиевые) аномалии также зачастую использовались как дополнительная информация при выборе участков для проведения заверочных геологических работ. Однако в отрыве от геологической съемки среднemasштабные геофизические съемки, так же как и в зарубежных сегментах, не привели ни к одному открытию, что было, по-видимому, связано со слишком большим числом перспективных аномалий и отсутствием надежных критериев их разбраковки. Использование геофизических методов на флангах известных рудных полей привело в зарубежных сегментах к ряду открытий скрытых месторождений. Однако в российском сегменте этот период, по-видимому, еще не наступил.

**Буровые работы**, примененные в российском сегменте ТП, сыграли решающую роль при выявлении лишь 8 % общего числа объектов, в то время как в зарубежных сегментах ТП этот показатель достигает 39 %. Массовое распространение этот способ выявления месторождений в зарубежных сегментах получил с 1977 г., тогда как в российском сегменте первое открытие полностью скрытого месторождения (Биркачан) относится к 1999 г.

Характерным отличием российского сегмента ТП является преобладание "пионерных" открытий на новых территориях, тогда как в зарубежных сегментах доминируют (60 %) месторождения, выявленные в известных рудных полях (в российском сегменте ТП – около 20 % общего числа месторождений).

Сопоставляя российский сегмент ТП с зарубежными, в которых подавляющее большинство недавних открытий составляют скрытые месторождения, можно сделать вывод, что в российском сегменте в основном пройден лишь первый этап в истории поисков и открытий – этап открытия

месторождений, выходящих на дневную поверхность. Российский сегмент ТП находится накануне второго этапа – выявление скрытых месторождений. Отмечены уже многочисленные примеры открытий отдельных скрытых рудных тел на флангах известных выходящих на дневную поверхность месторождений (Дукат, Карамкен, Эвенское и др.). Очевидно, что для выявления полностью скрытых месторождений необходимы систематические поиски с применением значительных объемов буровых работ. Этот вывод подтверждается открытием полностью скрытого месторождения Биркачан и слабоэродированного участка Энгтери.

К существенным недостаткам проведенных ранее работ можно отнести отсутствие прогнозно-поисковых моделей крупнотоннажных объектов и месторождений нетрадиционных типов. Задачей научных организаций являются разработка и внедрение таких моделей в производственную практику. За рубежом этому уделяется большое внимание. В крупных горно-рудных компаниях регулярно проводятся совещания по обмену опытом, тренинги для геологов-производственников, школы для молодых геологов, экскурсии на месторождения новых типов. Похожая практика ранее имела место и в отечественной геологии (Институт повышения квалификации и т.п.), но, очевидно, она была недостаточно развита. Открытиям месторождений нетрадиционных типов не уделялось должного внимания. "Волны открытий" месторождений нетрадиционных типов за рубежом почти так же слабо влияли на динамику открытий в российском сегменте ТП, как и цена на золото. Более того, в связи с низким уровнем обмена геологической информацией даже обнаружение соответствующих объектов в российском сегменте не инициировало новых открытий.

#### **Рекомендации по поискам золоторудных месторождений в российском сегменте ТП**

Приоритетным видом работ, ориентированных на поиски золоторудных месторождений в российском сегменте ТП, должны стать геологическая съемка масштаба 1:50 000 и сомасштабная геохимическая съемка по вто-

ричным ореолам на ранее не закрытых этими видами работ территориях. Вместе с тем, поскольку при этом подразумеваются весьма значительные территории, необходимо определить последовательность и методику этих работ.

Предполагается, что благодаря соответствующему расстоянию между линиями маршрутов, геологическая съемка масштаба 1 : 200 000 выявила все выходящие на дневную поверхность рудные поля, которые маркируются известными рудопроявлениями. Поэтому в контурах, закрытых лишь геологической съемкой масштаба 1 : 200 000, в первую очередь предлагается проведение своего рода заверочных работ масштаба 1:50 000 на флангах (в радиусе 5 км) известных, в том числе признанных "неперспективными", рудопроявлений.

В первую очередь должны применяться апробированные методы (поисковое "иссаживание", съемка по потокам рассеяния, первичным и вторичным ореолам, опробование методом пунктирной борозды), поскольку за последние годы "революционных прорывов" в методике поисков не произошло.

Важным направлением поисковых работ является переоценка известных рудопроявлений золота, серебра, олова, свинца, цинка, ртути и других металлов с целью выявления признаков золоторудных месторождений, в том числе крупнотоннажных и нетрадиционных типов.

Наиболее серьезным дополнением к действующим в последние годы поисковым проектам должно стать более широкое использование данных по новым рудным месторождениям и прогнозно-поисковым моделям. В связи с этим существующие модели необходимо постоянно совершенствовать. Особое внимание должно уделяться "переходным" (между различными рудными формациями), а также "уникальным" или "необычным" месторождениям. Очевидна необходимость создания моделей с более низкими средними содержаниями золота по сравнению с теми, которые востребованы горно-рудной промышленностью в настоящее время.

Перспективным направлением является изучение глубоких горизонтов известных рудопроявлений на территориях, ранее закрытых геологичес-

кой съемкой масштаба 1 : 50 000. Основными целями таких исследований являются поиски скрытых и слабоэродированных месторождений.

Геофизические методы должны применяться на перспективных участках в соответствующем масштабе для решения отдельных геологических задач, при заверке геохимических аномалий и поисках скрытых месторождений.

Бюджеты проектов должны включать адекватные объемы буровых работ. В дальнейшем в связи с прогнозируемым увеличением числа открытий скрытых месторождений ожидается расширения использования бурения: на смену единичным скважинам приходят "перекрытые" буровые профили. При определении принципиальной рудоносности перспективных участков, особенно при поисках крупнотоннажных месторождений, эффективно использование более экспрессного и менее дорогого бескернового бурения, а при небольших мощностях перекрывающих отложений использование ручных буровых станков. Широкое распространение получает так называемое "неглубокое бурение" ("shallow drilling") – бурение под небольшим углом к горизонту, позволяющее надежно изучать достаточно большие площади.

В качестве одного из ключевых субъективных факторов, приводящих к открытиям в последние годы, в зарубежных сегментах ТП справедливо отмечается упорство первооткрывателей. Во многих случаях поисково-разведочные работы на известных рудных полях продолжались десятки лет и, несмотря на отрицательные промежуточные результаты, в итоге приводили к открытию месторождения. Число скважин, предшествующих открытию, зачастую измерялось десятками. Таким образом, в большинстве случаев к открытиям приводят многолетние хорошо организованные и финансируемые поисковые работы.

\* \* \*

В зарубежных сегментах ТП максимумы открытий месторождений драгоценных металлов хорошо коррелируют с колебаниями цен на золото. Очередной максимум прогнозируется авторами на период 2007-

2017 гг. в связи с устойчивым ростом цены на золото в последние годы. Предполагается, что его составят скрытые и крупнотоннажные месторождения, а также объекты нетрадиционных типов – золотосеребряной (алунит-кварцевого минерального типа), золотомедно-порфировой, золотомышьяковисто-сульфидной, золотополисульфидно-кварцевой формаций – в российском сегменте ТП.

Исходя из анализа открытий и зарубежного опыта наиболее перспективными представляются следующие направления геолого-разведочных работ в российском сегменте ТП с целью поисков новых золоторудных и золотосодержащих месторождений:

проведение геологической и геохимической съемок масштаба 1 : 50 000 в слабоизученных частях пояса, ранее покрытых лишь съемкой масштаба 1 : 200 000 (в первую очередь – вокруг известных рудопроявлений);

создание комплектов государственных геологических карт масштаба 1 : 50 000 для наиболее перспективных золоторудных районов;

переоценка известных рудопроявлений золота, серебра, олова, свинца, цинка, ртути и других металлов с целью выявления признаков золоторудных месторождений, в том числе крупнотоннажных и нетрадиционных типов;

прогноз и поиски скрытых и слабоэродированных золоторудных месторождений в известных рудных полях.

#### Литература

1. Беневольский Б.И. Золото России: проблемы использования и воспроизводства минерально-сырьевой базы. Изд. 2-е, исправ. и доп. – М.: ЗАО "Геоинформмарк", 2002. – 464 с.
2. Константинов М.М. Золотое и серебряное оруденение вулканогенных поясов мира. – М.: Недра, 1984. – 138 с.
3. Константинов М.М. Золоторудные гиганты России и мира / М.М.Константинов, Е.М.Некрасов, А.А.Сидоров, С.Ф.Стружков. – М.: Научный мир, 2000. – 270 с.
4. Кривцов А.И. Медно-порфировые месторождения мира / А.И.Крив-

цов, И.Ф.Мигачев, В.С.Попов. – М.: Недра, 1986. – 236 с.

5. Sillitoe R.H. Exploration and discovery of base- and precious-metal deposits in the circum-Pacific region during the last 25 years // Resource Geology Special Issue. – 1995. – № 19. – 119 p.

6. Sillitoe R.H. Exploration and discovery of base- and precious-metal deposits in the circum-Pacific region – a late 1990s update // Resource Geology Special Issue. – 2000. – № 21. – 65 p.

7. Sillitoe R.H. Musings on future exploration targets and strategies in the Andes, in Sillitoe, R.H., Perelly, J., and Vidal, C.E., Andean Metallogeny: Mineralization styles, new discoveries, and deposit updates // Society of Economic Geologists Special Publication. – 2004. – № 11. – P. 1-14.

8. Sillitoe R.H., Thompson J.F.H. Changes in mineral exploration practice: Consequences for discovery // Society of Economic Geologists Special Publication. – 2006. – № 12. – P. 193-219.

© Коллектив авторов, 2008