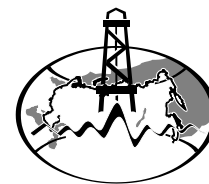


# РУДЫ И МЕТАЛЛЫ



**6/2006**

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 2006**

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

Сдано в набор 24.11.06 г.  
Подписано в печать 01.12.06 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», 2006

**Прикладная металлогения**

*Молчанов А.В., Коваль С.Г., Ходжаев Д.К., Лазарев Ф.Д.*

Перспективы выявления высокорентабельных урановых и комплексных месторождений «типа несогласия» на Анабарском щите

5

*Воинова О.А., Астафьев Б.Ю., Воинов А.С.*  
Роль метасоматоза при формировании полезных ископаемых в докембрии Балтийского щита

16

*Мехоношин А.С., Колотилина Т.Б.*

Петролого-геохимические особенности ультрабазитов южного обрамления Сибирского кратона и критерии поисков сульфидно-никелевых руд

26

**Экзогенная золотоносность**

*Родин Р.С., Кужельный Н.М., Лоскутов Ю.И., Дмитриева Л.А.*

Факторы построения геолого-генетических моделей золотоносных кор выветривания западной части Алтае-Саянской складчатой области

31

*Голенев В.Б.*

Использование многофакторных моделей золотоносных кор выветривания при геолого-экономической оценке

41

**Оптимизация геологоразведочных работ**

*Митрофанов Н.П., Павловский А.Б.*

Локальное металлогеническое районирование - основа расчета прогнозных ресурсов

47

*Белонозжко Е.А., Крутошинский И.Ю., Кондрин В.К.*

Прогнозно-поисковые работы на рудное золото в пределах Федоровско-Балыксинского рудного поля, Республика Хакассия

50

*Овчинников В.В., Данилин Д.Н.*

К вопросу выделения интеллектуальной ренты, создаваемая прикладными геологическими исследованиями недр

52

**Applied metallogeny**

*Molchanov A.V., Koval S.G., Khodzhaev D.K., and Lazarev F.D.*

The Anabar Craton: Prospectiveness for economic U and polycomponent unconformity type ore deposits

*Voinova O.A., Astaf'ev B.Yu., Voinov A.S.*

Metasomatic formative controls of mineral deposits in Precambrian sequences of the Baltic Craton

*Mekhonoshin A.S., Kolotilina T.B.*

Petrologic and geochemical features of ultramafic rocks in the southern margin of Siberian Craton and exploration criteria of sulfide Ni ores.

**Supergenic gold potential**

*Rodin R.S., Kuzhel'ny N.M., Loskutov Yu.I., and Dmitrieva L.A.*

Features employed in geological genetic models of the Au-bearing regolith in the western part of the Altai-Sayan Foldbelt.

*Golenev V.B.*

Usage of multi-variate models of Au-bearing regolith profile in feasibility studies.

**Optimization of geological exploration**

*Mitrofanov N.P., Pavlovsky A.B.*

Local metallogenic zonation as a basis for the prognostic resource estimation

*Belonozhko E.A., Krutoshinsky I.Yu., and Kondrin V.K.*

Lode gold: prognosis of and exploration for in the Fedorovsk-Balyksinsk trend, Republic of Khakassia, Russia.

*Ovchinnikov V.V., Danilin D.N.*

On estimation of the intellectual rent determination created during the course of the economic geological studies

- Антипов В.С.*  
Науэндодинамика и минерагения, постспутниковая оценка возможного рудоресурсного потенциала недр 58
- Лось В.Л., Назаров В.Н.*  
Концепция и технология прогнозно-поисковых работ в Лениногорском и Зырянском рудных районах, Рудный Алтай 66
- Ефремов А.Н., Кандауров П.М., Сычкин Н.И., Петрухин В.В.*  
Экономическая эффективность геологоразведочных работ в Центральной России 73
- Налимов С.В., Толкачев А.И.*  
Роль геолого-экономического мониторинга в оценке состояния и прогнозе развития минерально-сырьевой базы (на примере Центрального федерального округа) 75
- Нерсисян С.С.*  
Особенности распределения золота в хвостохранилище Араратской золотоизвлекательной фабрики 77
- Поздравляем с юбилеем**
- Н.П.Варгунину, В.А.Джобадза, И.Н.Кигая, Т.Н.Косовец, Е.М.Некрасова 78
- Список статей, опубликованных в журнале «Руды и металлы» в 2006 году 84
- Antipov V.S.*  
Mineral potential estimation as a follow-up of the remote sensing data analysis 58
- Los V.L., Nazarov V.N.*  
Geological exploration in the Leninogorsk and Zyryanovsk ore districts, Rudny Altai: Concepts and techniques employed 66
- Efremov A.N., KAndaurov P.M., Sychkin N.I., and Petrukhin V.V.*  
Economic efficiency of exploration in Central Russia 73
- Nalimov S.V., Tolkachev A.I.*  
Estimation of the state and prediction of the mineral base development: The role of geological and economic monitoring (as exemplified by the Central Federal District) 75
- Nersesian S.S.*  
Distribution of gold in the Ararat gold extraction factory tailing pond 77
- Our Congratulations:**
- N.P. Vargunina, V.A. Dzhobadze, I.N. Kigai, T.N. Kosovets, and E.M. Nekrasov 78
- Rudy i Metally (Ores and Metals) - 2006: List of publications 84



## ПЕРСПЕКТИВЫ ВЫЯВЛЕНИЯ ВЫСОКОРЕНТАБЕЛЬНЫХ УРАНОВЫХ И КОМПЛЕКСНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ «ТИПА НЕСОГЛАСИЯ» НА АНАБАРСКОМ ЩИТЕ

**А.В.Молчанов (ВСЕГЕИ Роснедра МПР России), С.Г.Коваль, Д.К.Ходжаев (Акционерная компания «АПРОСА»), Ф.Д.Лазарев (Норильский филиал ФГУП «ВСЕГЕИ»)**

В настоящее время уран является одним из важнейших энергоносителей. Рост энергопроизводства, необходимый для экономического развития России, в ближайшие десятилетия будет обеспечиваться главным образом за счет атомной энергетики, что обусловлено чрезвычайной растянутостью транспортных коммуникаций страны и удаленностью источников энергии от центров энергопотребления [1]. После распада СССР главные добычные урановорудные провинции и районы остались за пределами Российской Федерации, что привело к резкому сокращению минерально-сырьевой базы урана. В настоящее время она определяется давно эксплуатируемыми месторождениями Стрельцовского урановорудного района в Забайкалье и запасами нескольких резервных месторождений с рудами относительно низкого качества.

Стратегическая задача урановой геологии заключается в существенном расширении и улучшении экономической структуры минерально-сырьевой базы урана России, что позволит обеспечить растущие потребности атомной энергетики на среднесрочную и более отдаленную перспективы [1, 16]. Данная задача может быть решена путем выявления на территории страны высокорентабельных урановых месторождений и создания на их основе новых рудников. Наиболее привлекательным типом урановых месторождений в рассматриваемом аспекте являются месторождения «типа несогласия». К ним относятся рудные объекты, располагающиеся вблизи поверхности структурно-стратиграфического несогласия (СН) между архейско-раннепротерозойским кристаллическим основанием древних платформ

и перекрывающими его рифейскими слабодислоцированными и слабометаморфизованными континентальными толщами. Месторождения подобного типа известны на Канадском щите. Они характеризуются крупными запасами урана, высоким качеством и комплексностью руд. Формирование таких месторождений имеет длительную геологическую историю с многоэтапным, многоступенчатым характером перераспределения рудного вещества в ходе различных петрогенетических процессов, проявившихся как на дорифейских, так и пострифейских геотектонических этапах развития урановорудных регионов, с многократной его мобилизацией из окружающих пород и последующей концентрацией урана на более высоком (промышленно значимом) уровне.

В этом аспекте урановорудный потенциал Анабарского щита [8–12] заслуживает самого тщательного изучения и промышленной оценки. Главное внимание при этом должно уделяться прогнозированию и поискам высокорентабельных типов урановых и комплексных месторождений вблизи зон региональных структурно-стратиграфических несогласий предрифейского и предвендского возрастов.

Рассмотрим некоторые вопросы металлогении урана Канадского щита. Пространственное распределение докембрийских комплексов, степень их метаморфизма, дислоцированности и возраст дислокаций позволили канадским геологам выделить в его пределах ряд геоструктурных мегаблоков, различающихся по металлогеническим особенностям. Урановые месторождения «типа несогласия» выявлены в пределах блока Черчилл, претерпевшего на различных этапах развития неоднократное воздей-

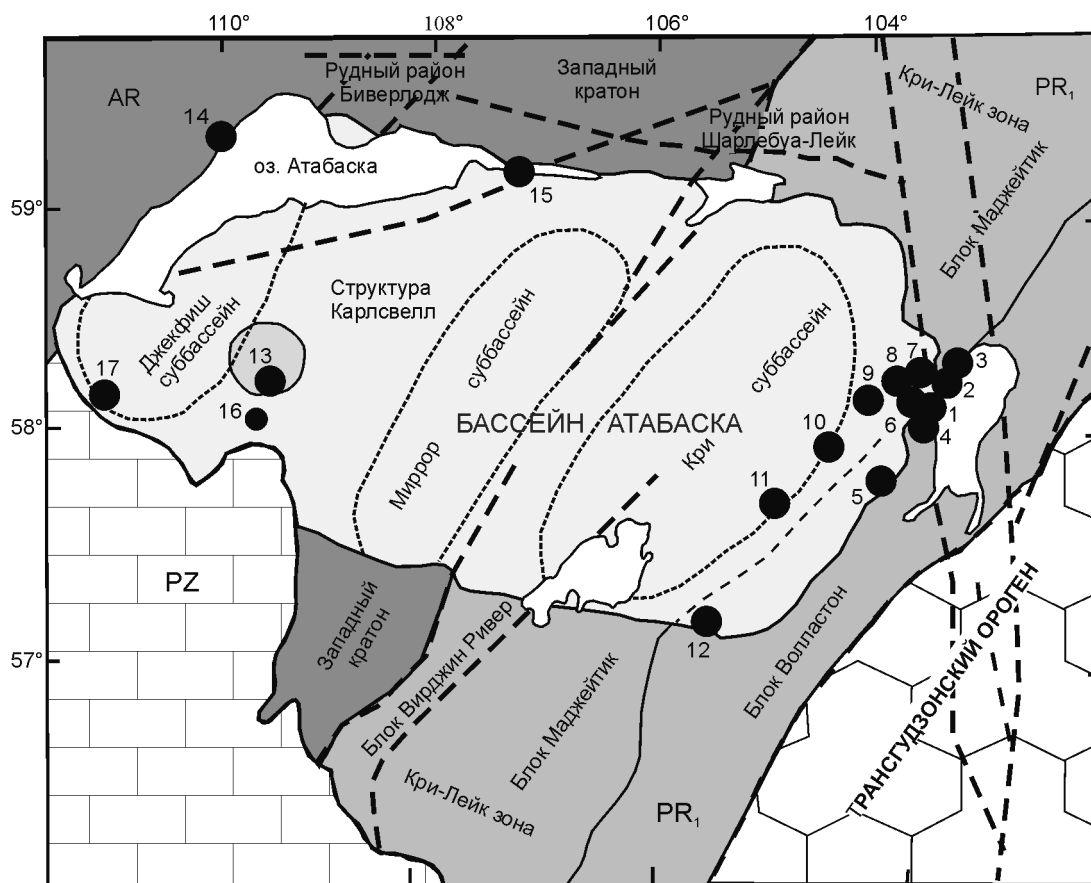


Рис. 1. Положение урановых месторождений «типа несогласия» в бассейне Атабаска, по Ruzicka, 1993 с дополнениями:

месторождения: 1 — Рабит-Лейк, 2 — Коллинз Бей, 3 — Игл Пойнт, 4 — Хорсеш, Равен, 5 — Вест Беа, 6 — Мак-Клин, 7 — Джеб, 8 — Даун-Лейк, 9 — Мид Вест, 10 — Сигар-Лейк, 11 — Мак-Аргур, 12 — Ки-Лейк, 13 — Клаф, 14 — Мариус Бей, 15 — Фон дю Лак; рудопроявления: 16 — Шиа-Крик, 17 — Мейбили-Ривер

ствие активизационных процессов и характеризующегося повышенными содержаниями радиоактивных элементов в слагающих его геологических формациях. Наиболее значимые месторождения урана обнаружены в осадочном бассейне Атабаска, входящем в состав одноименной урановорудной провинции.

Центральную часть **урановорудной провинции Атабаска** (запасы U 500 тыс. т) слагает подвижный пояс Кри-Лейк (PR<sub>1</sub>), средние и верхние части разреза которого насыщены графитоносными и графитосодержащими гнейсами, кристаллическими сланцами и динамометаморфическими образованиями — катаклазитами, милонитами, их бластовыми разностями (рис. 1). Широко развиты ультраметаморфогенные и палингенно-метасоматические гранитоиды, датируемые 1765±30 млн. лет [14], и генетически с ними связанные высокотемпературные кремнещелочные метасоматиты. Северо-западнее

подвижного пояса Кри-Лейк в строении провинции (Западный кратон) участвуют породы группы Тейзин (AR<sub>1</sub>) — различные пара-, ортогнейсы и кварциты, инъецированные гранитоидами (2613±93 млн. лет) и прорванные реоморфическими гранитами раннего протерозоя. Наиболее молодые терригенно-осадочные отложения региона — породы групп Мартин и Атабаска с радиологическим возрастом 1635±180 и 1500 млн. лет соответственно.

Вещественные составляющие группы Мартин сохранились в северо-западной части провинции, в районе Биверлодж, где слагают узкие приразломные грабен-синклинали и представлены гравелитами, конгломератами, песчаниками, алевролитами и аргиллитами. В составе формации имеются субсогласные тела вулканитов средне-основного состава с возрастом 1630 млн. лет. Породы группы Атабаска (формации Мэнитоу-Фолс, Фэ-Пойнт и др.) слагают обширную наложенную впадину и с резким уг-

ловым несогласием залегают на сложноскладчатом архейском (группа Тейзин), раннепротерозойском (пояс Кри-Лейк) фундаменте и метаморфизованных корях выветривания. Базальные части разреза (формация Мэнитоу-Фолс) представлены горизонтом кварцево-галечных конгломератов и гравелито-конгломератов, проницаемость которого на один-два порядка выше [14] окружающих терригенно-осадочных толщ.

В структурном плане терригенные образования группы Атабаска характеризуются спокойным, практически горизонтальным залеганием и отсутствием значимых метаморфических преобразований. Мощность отложений составляет 1500 м. Начальная мощность терригенных толщ бассейна Атабаска оценивается канадскими и французскими исследователями в 5,5 км [18].

Наиболее молодые магматогенные образования провинции, датируемые 1230–950 млн. лет [4], — дайки диабазов, структурно тяготеющие к разрывным нарушениям северо-западного простирания и картируемые как в терригенных отложениях группы Атабаска, так и в древнем складчатом основании.

Среди эпигенетических новообразований провинции выделяются древние (предрифейские) метаморфизованные коры выветривания — реголиты и гидротермально-метасоматические, входящие в состав кварц-плагиоклаз-ортоклазовой, кварц-альбит-микроклиновой, эйситовой, березитовой и аргиллизитовой формаций.

Геологические образования (осадочные, метаморфические, магматогенные, гидротермально-метасоматические), слагающие фундамент впадины Атабаска, имеют радиогеохимическую специализацию, что особенно характерно для пояса Кри-Лейк, на площади перекрытия которого терригенными толщами рифейского возраста и выявлены наиболее значимые по запасам и качеству руд месторождения «типа несогласия» — Мак-Артур, Сигар-Лейк, Ки-Лейк и др. (см. рис. 1).

Металлогенический облик провинции Атабаска определяют разноранговые урановорудные объекты, наиболее древние из которых известны в районе Шарлебуа-Лейк. В пределах последнего широко развиты ураноносные высокотемпературные кварц-полевошпатовые метасоматиты с точечно-гнездовым характером распределения торий-урановых и урансодержащих минералов — уранинита, торита, цирколита, сфена и монацита (порфировый тип оруденения). Радиологический возраст руд района варьирует от 1910 до 1780 млн. лет. Западнее района Шарлебуа-Лейк находится рудный район Биверлудж, в пределах которого выявлено большое количество урановых месторождений —

Гуннар, Эйс, Фэй, Верна, Ураниум-Сити, Мартин-Лейк и др., генетически связанных с нижнепротерозойскими гидротермально-метасоматическими образованиями формации эйситов. Рудные тела месторождений в структурном плане тяготеют к мощным зонам милонитизации, катаклаза и брекчирования. Характер проявления урановой минерализации прожилково-сетчатый. Основной рудный минерал — настуран, реже встречаются браннерит и другие уранотитанаты. Отмечается ураносодержащее углеродистое вещество. Отдельные рудные тела месторождений располагаются вблизи зоны структурно-стратиграфического несогласия предраннепротерозойского возраста (месторождение Мартин-Лейк). Запасы конкретных рудных тел месторождений варьируют от нескольких тонн до сотен тонн урана, при среднем его содержании в рудах 0,2–0,4% [19].

Возраст руд и околорудных гидротермально-метасоматических ореолов района изучен свинцово-изотопным методом [2, 3, 13]. Многочисленные датировки урановых руд группируются в несколько возрастных интервалов: 1900–1780, 1450–1400, 1300–1200, 1100–880, 350–230 млн. лет, что указывает на полихронный характер оруденения, хотя главные руды связаны с этапом гудзонской орогении.

В постатабасское время, когда провинция приобрела черты радиогеохимической, а также наметилась ее урановорудная специализация, формировались крупные и уникальные по запасам урана (до 200 тыс. т) месторождения с ультрабогатыми (до десятков процентов) комплексными (с Ni, Co, V и др.) рудами. В структурно-тектоническом отношении они тяготеют к зоне предрифейского структурно-стратиграфического несогласия. Мак-Артур, Ки-Лейк, Сигар-Лейк, Мидуэст-Лейк, Рабит-Лейк, Кри-Лейк и др. получили в литературе название месторождений «типа несогласия».

Характерные черты этих месторождений следующие:

ответливый структурный контроль зоной предрифейского ССН в совокупности с субвертикальными долгоживущими разрывными нарушениями, развитыми в афебийских толщах. Участки дизъюнктивов, прослеженные в породах доатабасского фундамента, как правило, трассируются зонами порфиروبластеза и графитизации. Отмечается унаследованность разрывных структур фундамента в породах платформенного чехла. Чрезвычайно важным обстоятельством является то, что зона ССН отделяет глубокометаморфизованные (амфиболитовая фация), сложнодислоцированные «жесткие» блоки дорифейского фундамента, изобилую-

шие разноранговыми разрывными нарушениями сколового характера, от неметаморфизованных или слабометаморфизованных, пологозалегающих, относительно пластичных терригенных отложений, базальные горизонты которых характеризуются повышенной проницаемостью;

сопровождение всех месторождений зональными ореолами метасоматически измененных пород, симметрично располагающихся над рудными телами и распространяющихся в вышележащие терригенные толщи на сотни метров. Зона структурно-стратиграфического несогласия трассируется пре-дatabаской метаморфизованной корой выветривания — реголитом;

полихронный характер оруденения; радиологические данные показывают, однако, что большая часть руды месторождений образована в интервале 1330–1360 млн. лет. На месторождении Мак-Артур возраст урановой минерализации определен в  $1521 \pm 8$  млн. лет с периодами омоложения рудного вещества в 1070, 550 и 225 млн. лет. Высокосортные уранинитовые руды в глинах из месторождения Коллинз Бэй имеют U-Pb возраст 1484 и 1480 млн. лет, в то время как сажистый настуран в песчаниках только 85 млн. лет;

различные представления об источниках урана для месторождений «типа несогласия». По нашему мнению, наиболее убедительны аргументы исследователей, рассматривающих в качестве источника радиогеохимически специализированные геологические образования (метаморфиты, ультраметаморфиты, метасоматиты, коры выветривания, рудные тела более ранних металлогенических эпох) доatabасского фундамента. Температура образования рудных тел месторождений составляла 130–150°C и более;

для богатых комплексных руд характерны высокая контрастность геохимических барьеров, проницаемость рудоподводящих каналов и зон ССН; формирование зоны дезинтеграции пород чехла и фронта кислотного выщелачивания, которые проявляются на поверхности в зонах электронной и ионной проводимости, градиентного магнитного поля, минимума остаточных аномалий поля Dg, аномальных линейно вытянутых зонах повышенных концентраций урана и его спутников. В породах фундамента участкам развития наиболее контрастного оруденения соответствуют значительная поляризуемость (до 30% и более), повышенная концентрация органического углерода и CO<sub>2</sub> (до 0,68 и 23% соответственно), высокая концентрация графита (до 45%). Отмечаются зона «выгорания» графита вдоль тектонических нарушений и линейных кор выветривания, высокая проницаемость продуктив-

ного горизонта в целом (до 13%), но пониженная в области формирования оруденения (до 5,7%).

Наиболее крупные промышленно значимые урановые месторождения в провинции Атабаска тяготеют к основанию крупных депрессионных структур и системам долгоживущих протяженных разломов глубокого заложения, узлам их пересечения, прослеживаемым в блоках, претерпевших масштабное воздействие разновозрастных ультраметаморфогенно-магматогенных и гидротермально-метасоматических процессов. Известные в литературе определения возраста урановорудных объектов, а также этапность их формирования позволяют говорить о длительном возрастном интервале последовательного преобразования на Канадском щите урановорудной системы: от архея – раннего протерозоя, включая практически весь фанерозой.

Урановорудные районы Канады в период 1900–1100 млн. лет характеризовались многократными проявлениями магматогенной и гидротермально-метасоматической деятельности, образованием наложенных впадин, неоднократными глыбовыми перестройками, разделенными эпохами формирования кор выветривания. Создавались благоприятные условия для масштабной миграции урана, его дифференциации как в эндогенных, так и гипергенных процессах и, как следствие, для образования значительных концентраций урановых руд, в том числе и месторождений «типа несогласия».

**Анабарский щит** представляет собой крупную потенциально рудную комплексную провинцию, слабо изученную к настоящему времени. Он давно привлекает внимание как геологическая структура длительного развития и гетерогенного строения с неоднократным проявлением этапов тектонической активизации.

В зависимости от структурно-пространственного распределения разновозрастных геологических образований, степени их метаморфизма, дислоцированности и масштабности проявления ультраметаморфических процессов в пределах щита выделены три мегаблока: Маганский тоналит-грандземито-гнейсовый, Далдынский эндербито-гнейсовый и Хапчанский гранулит-парагнейсовый [14]. Межблоковые структуры представлены региональными долгоживущими тектонофлюидитными зонами глубокого заложения — Котуйкан-Монхоолинской и Билляхской, к внутриблоковым относятся Маганская, Ламуйкская, Северо-, Южно-Анабарские, Харапская и Салтахская (рис. 2). Блоковое строение щита подчеркивается также характером гравиметрического поля (рис. 3) и его металлогеническими особенностями [12].

В истории геологического развития Анабарско-



го щита выделяются протократонный ( $AR_1$ ,  $AR_2$ ), троговый ( $AR_2-PR_1$ ), тектономагматической активизации ( $PR_1$ ,  $MZ$ ) и платформенный (начиная с рифея) этапы, вещественно зафиксированные в соответствующих структурно-формационных комплексах (СФК).

На *протократонном (раннеархейском) этапе* развития Анабарского щита в пределах Далдынского блока шло накопление вулканогенных образований, составляющих разрез далдынской и низов верхнеанабарской серий, претерпевших в интервале 3,15–3,30 млрд. лет метаморфические преобразования гранулитовой фации [14]. Температурные условия соответствовали 820–950°C при давлении 8–11 кбар. В радиогеохимическом отношении геологические образования раннеархейского возраста не специализированы и характеризуются содержаниями урана и тория ниже кларка. Проявления радиоактивной минерализации раннеархейского возраста в пределах щита не установлены.

На *протократонном (позднеархейском) этапе* в Маганском блоке накапливались вулканогенные и терригенно-вулканогенные отложения (пироксеновые гнейсы, двупироксеновые плагиогнейсы и кристаллосланцы), в Хапчанском блоке — терригенные и карбонатно-терригенные с явным преобладанием высокоглиноземистых, известково-силикатных и карбонатных пород (биотит-гранатовые гнейсы и плагиогнейсы, гранат-кордиеритовые и гранат-силлиманит-кордиеритовые, диопсид-скаполитовые и диопсидовые гнейсы, мраморы и кальцифиры; характерно почти постоянное присутствие в составе гранатсодержащих пород графита).

Уровень метаморфизма позднеархейских пород соответствует гранулитовой фации. Условия температуры и давления при метаморфизме оцениваются в 780–850°C и 7–8,5 кбар. В пределах Хапчанского блока давление при метаморфизме поддерживалось на уровне 5,5–7,5 кбар, а температура — 750–820°C [14].

Магматогенно-ультраметаморфогенные образования представлены метальтрабазами далдынского комплекса, гранитоидами анабарского и маганского комплексов. Степень площадной гранитизации Анабарского щита уменьшается в направлении с запада (Маганский блок) на восток (Далдынский, Хапчанский блоки), что фиксируется, в частности, характером гравитационного поля щита (см. рис. 3). Эндербиты Далдынского мегаблока датированы по U-Pb конкордии цирконов в  $3,2 \pm 0,32$  млрд. лет [17].

На фоне развития ультраметаморфогенных процессов шло становление генетически связанных с ними высокотемпературных кварц-плагиок-

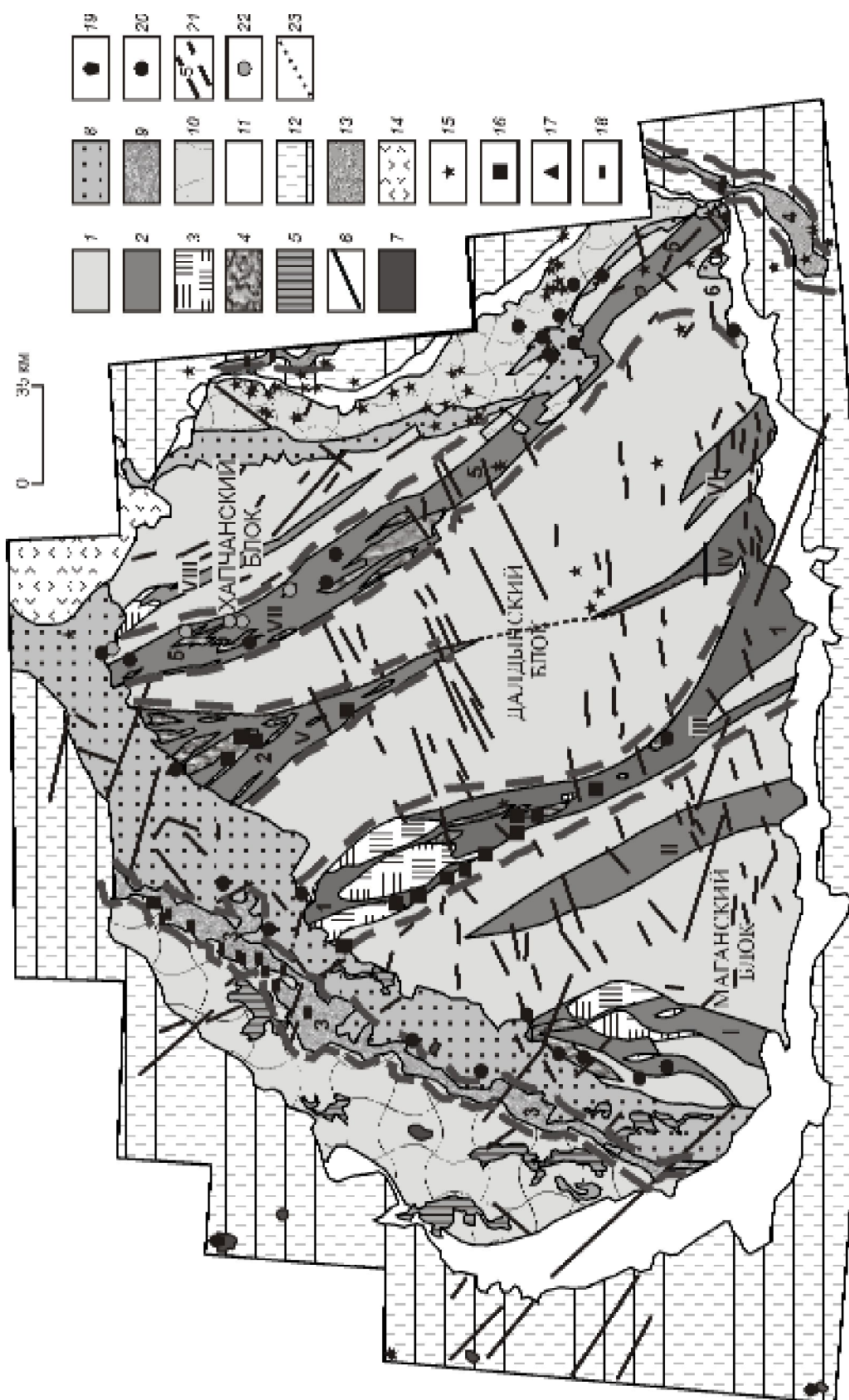
лаз-ортоклазовых метасоматитов, также широко развитых в пределах наиболее гранитизированного Маганского блока.

Отложения протократонного (позднеархейского) этапа развития характеризуются низкими содержаниями радиоактивных элементов при высоком торий-урановом отношении ( $>10$ ). Наибольшими содержаниями урана и тория обладают высокоглиноземистые гнейсы и их графитсодержащие разновидности [5, 13] Хапчанского блока — U 0,6 и  $2,9 \cdot 10^{-4}\%$ , Th 9,6 и  $13,0 \cdot 10^{-4}\%$ , Th/U=6,0 и 4,5 соответственно. В метакарбонатных породах с увеличением алюмосиликатной примеси последовательно возрастают содержания тория и калия в направлении от мраморов к диопсид(скаполит)-плагиоклазовым кристаллосланцам. Среднее содержание U в этих образованиях варьирует от 1,2 до  $2,8 \cdot 10^{-4}\%$ , а Th от 2,9 до  $12,0 \cdot 10^{-4}\%$  при Th/U 2,4–5,4. Минимальные содержания тория характерны для наиболее чистых карбонатных пород.

Повышенными содержаниями радиоактивных элементов отличаются высокотемпературные кварц-плагиоклаз-ортоклазовые метасоматиты, являющиеся производными ультраметаморфических процессов, с которыми в пределах Маганского блока ассоциируют проявления ториевой минерализации ураноносной торий-редкоземельной формации в кварц-плагиоклаз-ортоклазовых метасоматитах. Основным носителем повышенных концентраций радиоактивных и редкоземельных элементов служит монацит, распределенный в породе достаточно равномерно, реже — циркон, ортит, торит, ксенотим, апатит. Содержание U в рудных объектах достигает 0,01%, Th — от 0,07 до 1,5–3,5%, редкоземельных элементов (Ce, Y, Zr, La) — до 1%. В ряде случаев суммарное содержание Zr и La составляет 10%.

На рубеже позднего архея – раннего протерозоя на Анабарском щите проявился *тропо́вый этап* развития. В его временных рамках происходило заложение и развитие региональных тектонофлюидитных зон — Котуйкан-Монхоолинской, Билляхской, Ламуйкской, Харапской, Салтахской, Маганской, Северо-, Южно-Анабарской, в строении которых широко распространены метаморфиты верхне-ламу́йского комплекса, разновозрастные магматические, гидротермально-метасоматические и динамометаморфические образования. При формировании комплекса отмечается определенная роль [7] ареального диафтореза в условиях амфиболитовой фации по гранулитам архейского возраста.

Современный уровень эрозийного среза обнажает достаточно глубокие горизонты тектонофлюидитных зон, соответствующие параметрам амфиболитовой фации. Радиогеохимическая специализа-



ция метаморфитов собственно трогового СФК практически не проявлена или проявлена крайне слабо. Наиболее высокие содержания по отношению к другим метаморфитам комплекса свойственны биотит-амфиболовым гнейсам ( $U\ 0,8-0,9\cdot 10^{-4}\%$ ,  $Th\ 9,1-15,8\cdot 10^{-4}\%$ ,  $Th/U=12,1-19,1$ ). Однако производные процессов динамотермального метаморфизма — катаклазиты, милониты и их бластовые разности — характеризуются отчетливой специализацией на радиоактивные элементы, но, по-видимому, это обусловлено наложением более поздних активизационных процессов раннепротерозойского возраста.

В пространственном отношении к метаморфитам трогового комплекса тяготеют проявления высокотемпературной радиоактивно-редкоземельной минерализации и золота, имеющие явно наложенный характер.

На *этапе раннепротерозойской тектономагматической активизации* счита наиболее широко проявились магматические, динамометаморфические и гидротермально-метасоматические процессы. Максимальная степень проработки субстрата фиксируется в пределах межблоковых региональных тектонофлюидитных зон — Котуйкан-Монхоолинской и Билляхской и внутриблоковых — Северо-Анабарской, Южно-Анабарской, Харапской, Маганской, Ламуйкской и Салтахской. В тектонофлюидитных зонах закартированы многочисленные тела магматических пород основного (амбардах-коялахский комплекс) и кислого (маганский, билляхский и монхоолинский комплексы) составов. Отчетливо повышенными содержаниями радиоактивных элементов характеризуются двуслюдяные и биотитовые гранитоиды билляхского и монхоолинского комплексов ( $U\ 4,8\cdot 10^{-4}\%$ ,  $Th\ 14,4\cdot 10^{-4}\%$ ,  $Th/U=4,8$ ), что подчеркивается и данными аэрогаммаспектрометрических исследований, проведенных Амакинской ГРЭ АК «АЛРОСА» и Норильским филиалом

ФГУП «ВСЕГЕИ» в пределах Котуйкан-Монхоолинской, Билляхской, северных флангов Северо-Анабарской и Маганской тектонофлюидитных зон.

На фоне развития магматогенных процессов шло становление гидротермально-метасоматических образований, слагающих активизационный формационно-генетический ряд: формация кварц-альбит-микроклиновых метасоматитов@формация калиевых пропицитов@формация эйситов. Вещественные составляющие формации эйситов встречаются крайне редко, что, по-видимому, обусловлено их слабой устойчивостью к физическому выветриванию и, как следствие, к быстрому разрушению при выходе на современную дневную поверхность.

Гидротермально-метасоматические формации активизационного формационно-генетического ряда характеризуются вышекларковыми содержаниями радиоактивных и редкоземельных элементов.

С формацией кварц-альбит-микроклиновых метасоматитов генетически связаны рудопроявления и проявления ураноносной торий-редкоземельно-редкометалльной минерализации (Меркью, Хапчаганахта, Каспаровское и др.), картируемые исключительно в тектонофлюидитных зонах или их ближайшем окружении. Перспективы промышленной ураноносности формации невысокие. В то же время, при скоплениях значительной массы рудоносных высокотемпературных кварц-альбит-микроклиновых метасоматитов в рамках отдельных тектонофлюидитных зон их можно рассматривать как месторождения комплексных убогих, рассеянных руд порфирирового типа — проявления Котуйкан-Монхоолинской тектонофлюидитной зоны или в качестве возможного источника радиоактивной минерализации для последующих металлогенических эпох (Котуйкан-Монхоолинская, Билляхская, Северо-Анабарская тектонофлюидитные зоны).

**Рис. 2.** Схема блокового строения Анабарского щита с элементами металлогенического на уран районирования:

1 — протократонный СФК ( $AR_1, AR_2$ ); 2 — троговый СФК, тектонофлюидитные зоны длительного развития: I — Маганская, II — Ламуйкская, III — Котуйкан-Монхоолинская, IV — Южно-Анабарская, V — Северо-Анабарская, VI — Харапская, VII — Билляхская, VIII — Салтахская; магматиты: 3 — метагаббро-анортозитовой формации ( $PR_1$ ), 4 — гранит-гранодиоритовой и гранит-лейкогранитовой формаций ( $PR_1$ ), 5–6 — габбро-диабазовой формации (R–T); 5 — силлы, 6 — дайки; 7 — ийолит-карбонатитовая формация (MZ); формации платформенного СФК: 8 — красноцветная конгломерат-песчаниковая (R), 9 — песчано-аргиллитовая углеродсодержащая (R), 10 — песчано-доломитовая и кремнисто-песчано-доломитовая битуминозная ( $R_2$ ), 11 — сульфатно-песчано-доломитовая битуминозная (V), 12 — терригенно-карбонатные, карбонатные (V–C, C), 13 — глинисто-известняково-битуминозная (куонамский горизонт); 14 — попигайская астроблема; 15 — трубки взрыва (кимберлиты, пикриты, альнеиты); рудные формации: 16 — ураноносная торий-редкоземельно-редкометалльная в кварц-альбит-микроклиновых метасоматитах, 17 — урановорудная «типа несогласия», 18 — ураноносная в углеродсодержащих терригенных породах, 19 — ураноносная торий-редкоземельно-редкометалльная в карбонатах, 20 — неясной принадлежности; 21 — металлогенические зоны: 1 — Котуйкан-Монхоолинская, 2 — Северо-Анабарская потенциально урановорудные, 3 — Усть-Ильинская, 4 — Куонамская ураноносные, 5 — Билляхская потенциально золото-урановорудная, 6 — Биригиндино-Мюнсюяхский потенциально золото-урановорудный район; 22 — проявления золотой минерализации; 23 — Главный Анабарский разлом

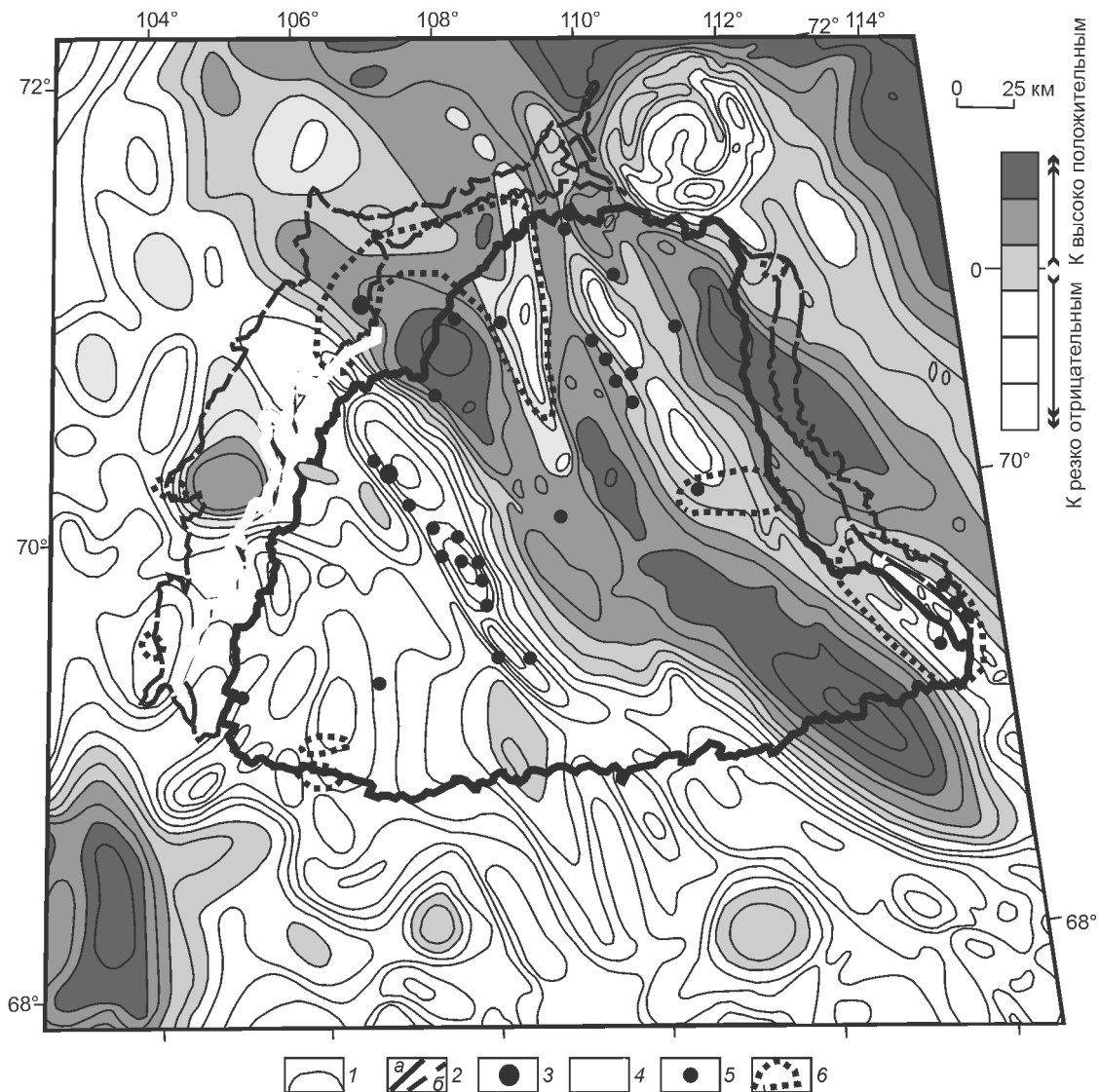


Рис. 3. Распределение уранового оруденения в гравитационном поле Анабарского щита, по А.В.Молчанову, С.А.Ефимову, Н.К.Клюеву, 2002:

1 — изоаномалы поля  $Dg$  ( $\gamma=2,67$ ); 2 — контуры развития горных пород архейского, раннепротерозойского (а) и рифейского (б) возрастов; 3 — рудопроявления урана; 4 — горизонты терригенно-осадочных отложений, обогащенных ураном; 5 — проявления урановой минерализации и точечные радиометрические аномалии; 6 — площадные радиометрические аномалии

Достаточно большими перспективами на выявление промышленной урановой минерализации, исходя из аналогии с урановыми месторождениями урановорудного района Биверлодж Канадского щита, обладает формация эйситов.

В конце раннепротерозойского времени в результате денудации горных сооружений сформиро-

вался обширный пенеэплен. В условиях относительного тектонического покоя образовалась древняя (впоследствии метаморфизованная) кора выветривания — реголит\*, мощность которой варьирует от нескольких метров до нескольких десятков метров. Производные ее континентальной денудации в виде брекчий и гравелитов слагают основание разре-

\*Термин «реголит» в зарубежной литературе используется как синоним термина «древняя метаморфизованная кора выветривания», особенно при характеристике регионов с месторождениями «типа несогласия».

за лабазтахской и старореченской свит рифея и венда соответственно.

На восточном фланге Анабарского щита метаморфизованные коры выветривания предрифейского возраста претерпели интенсивные низкотемпературные гидротермально-метасоматические преобразования калиевого петрохимического профиля. Содержание  $K_2O$  в образованных эпипородах достигает 10% и более.

В рифейское время на *платформенном этапе* развития Анабарского щита проходило заложение Котуйканского и Куонамского прогибов, нижние части разреза которых сложены красноцветными грубозернистыми кварцевыми, кварц-полевошпатовыми отложениями. Красноцветы раннего рифея с резким угловым несогласием залегают на древних метаморфизованных корях выветривания и метаморфитах архей-раннепротерозойского возраста.

Магматические процессы платформенного этапа привели к формированию дайкового комплекса пород базитового состава и обусловили проявленность в пределах Анабарского щита процессов внутриплатформенной активизации рифейского возраста.

Среди рифейских отложений отчетливой радиогеохимической специализацией обладает алеврито-аргиллитовая углеродсодержащая формация в объеме усть-ильинской свиты (северо-западный фланг щита). Отложения свиты по материалам АГСМ-съемки м-ба 1:200 000, выполненной в 2005 г. Норильским филиалом ФГУП «ВСЕГЕИ», выделяются как региональная аномалия урана и тория протяженностью более 200 км и шириной первые километры. Содержание урана вышекларковое, может достигать 7 г/т. Отмечаются многочисленные локальные аномалии с вариациями содержания  $U$  от 0,01 до 0,03%.

Повышенные содержания урана (до 6 г/т) избирательно встречаются также в перекристаллизованных доломитах билляхской серии (восточный фланг щита), выходящих на дневную поверхность в береговых обнажениях р. Большая Куонамка.

Металлогеническая специализация рифейского этапа определяется рудопроявлениями и проявлениями урановой минерализации ураноносной формации в углеродсодержащих терригенных породах. В структурно-вещественном отношении рудные объекты приурочены к терригенным тонко-, мелкозернистым углеродсодержащим отложениям усть-ильинской свиты. Мощность собственно рудоносного горизонта (темно-серых алевролитов и аргиллитов) составляет порядка 40 м. Основные урановые минералы образуют налеты и корочки урано-

вой черни на поверхности аутигенных кристаллов пирита, рассеянных в алевролитах и аргиллитах. Максимальное содержание  $U$  2% установлено в одной из проб рудопроявления Баалыга-Суох.

На восточном и западном флангах Анабарского щита известны многочисленные аэрорадиометрические аномалии, области повышенных содержания урана и проявления радиоактивной минерализации, тяготеющие к зоне предрифейского структурно-стратиграфического несогласия и, как правило, находящиеся в местах перекрытия рифейскими красноцветными отложениями радиогеохимически специализированных тектонофлюидитных зон (Котуйкан-Монхоолинской, Билляхской, Маганской).

Вблизи зоны предрифейского структурно-стратиграфического несогласия в бассейне р. Большая Куонамка выявлены повышенные содержания урана, а также золота и серебра. Здесь же установлены зоны эпигенетической гидрослюдизации и хлоритизации базальных горизонтов рифея.

На юго-восточном фланге щита в базальных отложениях рифея (бассейн рек Мюнюсях, Биригинде и Малая Куонамка) ФГУП «ВСЕГЕИ» и Амакинской ГРЭ АК «АЛРОСА» выявлены интенсивные гидротермально-метасоматические изменения красноцветных отложений мукунской серии с новообразованиями глинисто-гидрослюдистого мелкочешуйчатого агрегата, водяно-прозрачного калиевого полевого шпата и халцедоновидного кварца. С этими эпигенетическими новообразованиями связаны высокие и аномально высокие содержания радиоактивных, редкоземельных и халькофильных элементов (Мюнюсяхский, Биригиндинский, Боронгский участки). Последнее весьма характерно для районов локализации месторождений урана «типа несогласия» урановорудной провинции Атабаска.

Венд-палеозойское время ознаменовалось накоплением песчано-доломитовой битуминозной формации (старореченская свита). Породы с резким структурным несогласием перекрывают верхнерифейские отложения, а на юге Анабарского щита — глубоко метаморфизованные и ультраметаморфогенные образования позднего архея и раннего протерозоя, включая и образования тектонофлюидитных зон. Здесь же, на юге щита, в основании венда закартированы древние метаморфизованные коры выветривания.

В рамках платформенного этапа развития щита отчетливой радиогеохимической специализацией обладают отложения куонамского горизонта кембрийского возраста, в пределах которого известны многочисленные радиометрические аномалии и проявления радиоактивной и комплексной минерализации.

На восточном фланге щита проявления урановой минерализации тяготеют к высокоуглеродистым горючим сланцам куонамского горизонта кембрия. Общая мощность пласта горючих сланцев 15 м, но практический интерес представляет пачка мощностью 2,8 м, залегающая в основании горизонта. Горючие сланцы представлены известковисто-кремнисто-глинистыми породами, на 20–50% обогащенными изотропным органическим веществом. В них повышено содержание большинства рудных элементов, многие из которых присутствуют в промышленных концентрациях. Металлогеническую специализацию горючих сланцев определяют V (до 1%), Mo (до 0,1%), Ni (до 0,1%) и U (до 0,006%). Содержание U в золе сланцев более 0,01% [10].

На этапе мезозойской тектономагматической активизации тектоническая активность в регионе сопровождалась подновлением древних тектонофлюидитных зон, реактивацией авлакогенов, формированием новых ослабленных зон и узлов их пересечения, что в итоге привело к внедрению по ним значительных магматических масс щелочно-ультраосновного состава с карбонатитами, формированию трубчатых тел, сложенных пикритами, альнеитами и кимберлитами. Для этапа также характерна гидротермально-метасоматическая деятельность, с которой связаны гидротермалиты формаций гумбитов и гидрослюдистых березитов.

Отчетливой радиогеохимической специализацией в рамках рассматриваемого этапа тектономагматической активизации характеризуются карбонатиты и генетически ассоциирующие с ними магматические породы, включая базиты субщелочного уклона (междуречье Биригинде – Малая Куонамка).

Металлогеническая значимость этапа определяется проявлениями комплексной уран-торий-редкоземельно-редкометалльной минерализации в карбонатитах. Известные в обрамлении Анабарского щита рудопоявления подобной комплексной минерализации пространственно тяготеют к массивам центрального типа — Одихинча, Ессей, Кугда, Сона, прорывающим терригенно-карбонатные платформенные отложения или метаморфиты архей-раннепротерозойского возраста (Мальджангарский массив). Комплексное радиоактивно-редкоземельно-редкометалльное оруденение локализуется в карбонатитах и корах выветривания по ним. Рудные минералы представлены перовскитом, кнопитом, пироксеном, дизаналитом, колумбитом, бадделеитом, цирконом, торитом и пиритом. Содержание U в рудах варьирует от 0,007 до 0,03%, в единичных случаях до 0,165% (карбонатиты мас-

сива Ессей), Th 0,08%. Содержание суммы редкоземельных элементов составляет 7,5%, Nb 0,3% и более (массивы Одихинча, Кугда, Мальджангарский), Та до 0,1%.

Металлогеническая значимость *кайнозойского этапа* развития Анабарского щита определяется формированием в его временных рамках россыпных скоплений золота, платиноидов, монацита и алмазов.

Итак, устанавливаются общие черты металлогенического (по урану) развития в докембрии провинции Атабаска Канадского щита и Анабарского щита Сибирской платформы. Им свойственны сходные тектонические режимы, смена которых во времени обуславливала возникновение урановорудных объектов близких по типу урановорудных формаций. В то же время, в пределах Канадского щита известны уникальные по масштабам и качеству руд промышленные типы урановых месторождений, прежде всего «типа несогласия», новые для Анабарского щита.

Анализ приведенных выше материалов позволяет ожидать в пределах Анабарского щита наличие урановорудных объектов трех промышленно перспективных типов:

урановые и комплексные месторождения «типа несогласия» на восточном, западном и южном флангах щита, прежде всего на площадях перекрытия терригенными толщами рифейского и вендского возрастов региональных тектонофлюидитных зон;

урановые месторождения в эйситах и эйситизированных породах в пределах радиогеохимически специализированных тектонофлюидитных зон — Котуйкан-Монхоолинской, Билляжской, Северо-Анабарской, Маганской и др.;

комплексные уран-торий-редкоземельно-редкометалльные месторождения в карбонатитах на юго-восточном и восточном флангах щита — Мальджангарский, Верхне-Биригиндинский и другие массивы.

С учетом пространственно-временного распределения на Анабарском щите разноранговых и разноформационных типов урановорудных объектов проведено его металлогеническое на уран районирование и составлена прогнозно-металлогеническая на уран карта м-ба 1:500 000, где выделены ураноносные, потенциально золото-урановорудные зоны и потенциально золото-урановорудный район (см. рис. 2). Показаны также площади, наиболее благоприятные для выявления высококоррелябельного уранового и комплексного оруденения, требующие постановки поисковых и тематических работ среднего масштаба.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Атлас*. Уран России / Гл. редактор Н.П.Лаверов. – М., 2000.
2. *Быховер Н.А.* Распределение мировых ресурсов минерального сырья по эпохам рудообразования. – М.: Недра, 1984.
3. *Вольфсон Ф.И., Королев К.Г., Румянцева Г.В.* Вопросы генезиса урановых месторождений «несогласия» // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1989. № 1.
4. *Геологическая структура эндогенных урановых рудных полей и месторождений* / В.А.Крупенников, Л.Е.Толкунов, А.В.Хорошилов и др. – М.: Недра, 1986.
5. *Кузнецов А.А.* Новые данные по геохимии платиноидов и золота в раннедокембрийских кристаллических породах Анабарского щита // Докл. РАН. 2000. Т. 373. № 5.
6. *Лаверов Н.П., Смилкстын А.О., Шумилин М.В.* Зарубежные месторождения урана. – М.: Недра, 1983.
7. *Лутц Б.Г., Оксман В.С.* Глубокоэродированные зоны разломов Анабарского щита. – М.: Наука, 1990.
8. *Молчанов А.В.* Эпохи эндогенного уранового рудонакопления в истории геологического развития Сибирской платформы (на примере Алданского, Анабарского щитов и Енисейского кряжа) // Тез. докл. Международной конференции «Полезные ископаемые, формирование, прогноз, ресурсы». СПб., 1999.
9. *Молчанов А.В.* Металлогения урана щитов Сибирской платформы // Региональная геология и металлогения. 2001. № 13–14.
10. *Молчанов А.В., Толстов А.В.* Урановый рудогенез на щитах Сибирской платформы (в связи с прогнозированием высокорентабельных месторождений) // Южно-Якутская комплексная экспедиция: 50 лет. Нерюнгри, 2001.
11. *Молчанов А.В., Терентьев В.М., Ефимов С.А.* Перспективы промышленной ураноносности Анабарского щита // Мат-лы по геологии месторождений урана, редких и редкоземельных металлов. 2001. Вып. 143.
12. *Молчанов А.В., Клюев Н.К.* Месторождения «типа несогласия» и возможность их обнаружения на древних щитах Сибирской платформы // Вестн. СПбГУ. Сер. 7. 2002. Вып. 2 (№ 16).
13. *Распределение радиоактивных элементов в метаморфитах Анабарского щита: происхождение пород и эволюция земной коры* / О.М.Розен, А.О.Ножкин, В.А.Злобин и др. // Бюл. МОИП. Отд. геол. 1989. Т. 64. Вып. 4.
14. *Сибалд Т.* Геология кристаллического фундамента в районе опытного полигона ААЭ/МАГАТЭ // Мат-лы по геологии месторождений зарубежных стран. М., 1982. Вып. 5.
15. *Тектоника, геодинамика и металлогения территории Республики Саха (Якутия)* / Отв. ред. Л.М.Парфенов, М.И.Кузьмин. – М.: МАИК, Наука, Интерпериодика, 2001.
16. *Шумилин М.В.* Анализ минерально-сырьевой базы урана России / Мат-лы по геологии месторождений урана, редких и редкоземельных металлов. 2002. Вып. 144.
17. *Archean and Early proterozoic evolution of the Siberian craton: A preliminary assessment* / O.M.Rosen, K.C.Condie, L.M.Natapov et al. //Archean crustal evolution. Amsterdam, 1994.
18. *Pagel M., Ruhlmann F., Bruneton P.* The Cigar Lake uranium deposit. – Saskatchewan, Canada.
19. *Ruzicka V.* Unconformity-type Uranium Deposits // Mineral Deposit Modeling: Geological Association of Canada. 1993. Special Paper 40.

УДК 553.22 (470.21)

О.А.Воинова, Б.Ю.Астафьев, А.С.Воинов, 2006

## РОЛЬ МЕТАСОМАТОЗА ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ В ДОКЕМБРИИ БАЛТИЙСКОГО ЩИТА

О.А.Воинова (ВСЕГЕИ Роснедра МПР России), Б.Ю.Астафьев (ИГГД РАН),  
А.С.Воинов (СПбГУ)

Метасоматиты в метаморфических комплексах докембрия проявлены практически во всех геологических структурах мира. Современные данные по Балтийскому щиту позволяют считать, что метасоматиты не только регионально распространены на всей рассматриваемой территории, но могут коррелироваться как по возрасту, так и по составу и рудоносности [3, 4]. Известны отдельные проявления метасоматитов мощностью до 500–900 м и протяженностью первые десятки километров. Некоторые рудные тела метасоматического генезиса по данным геологоразведочных работ достигают по простиранию 3–5 км и более. Зоны развития таких пород прослеживаются на десятки и первые сотни километров. Таким образом, хотя метасоматиты проявлены локально, их совокупность имеет региональное распространение вдоль крупных тектонических зон, контролировавших миграцию флюидных потоков в раннем докембрии Карело-Кольского региона [1].

Авторами обобщены оригинальные, литературные и фондовые данные по метасоматитам восточной части Балтийского щита, а также выполнены картосоставительские работы в м-бах 1:2 500 000 и 1:1 000 000, включая комплекты Государственных геологических карт м-ба 1:1 000 000 второго и третьего поколений (1998–2005 гг.) [5–7]. Обобщение данных по метасоматическим породам в метаморфических комплексах восточной части Балтийского щита (более 2000 рудоносных объектов) позволяет получить новую информацию по глубинному строению региона, термодинамическим и, соответственно, геодинамическим условиям формирования пород, а также уточнить выделение главных хронологических и петрологических реперных объектов.

Наибольшее количество метасоматитов, включая рудные, сформировалось в позднеархейское (2,55–2,65 млрд. лет) и раннепротерозойское (1,75–1,92 млрд. лет) время. В литературе уже неоднократно указывалось, что геологическая позиция этих пород определяется заключительными (регрессивными) стадиями регионального метамор-

физма, когда по разломам глубокого заложения крупные объемы высокоагрессивных флюидов мигрировали в области пониженного давления [4 и др.]. Большая часть этих флюидов, по-видимому, высвобождалась в ходе регионального метаморфизма, однако значительная часть имеет ювенильное происхождение. Таким образом, метасоматиты фиксируют поздне- и постколлизийные этапы развития территории.

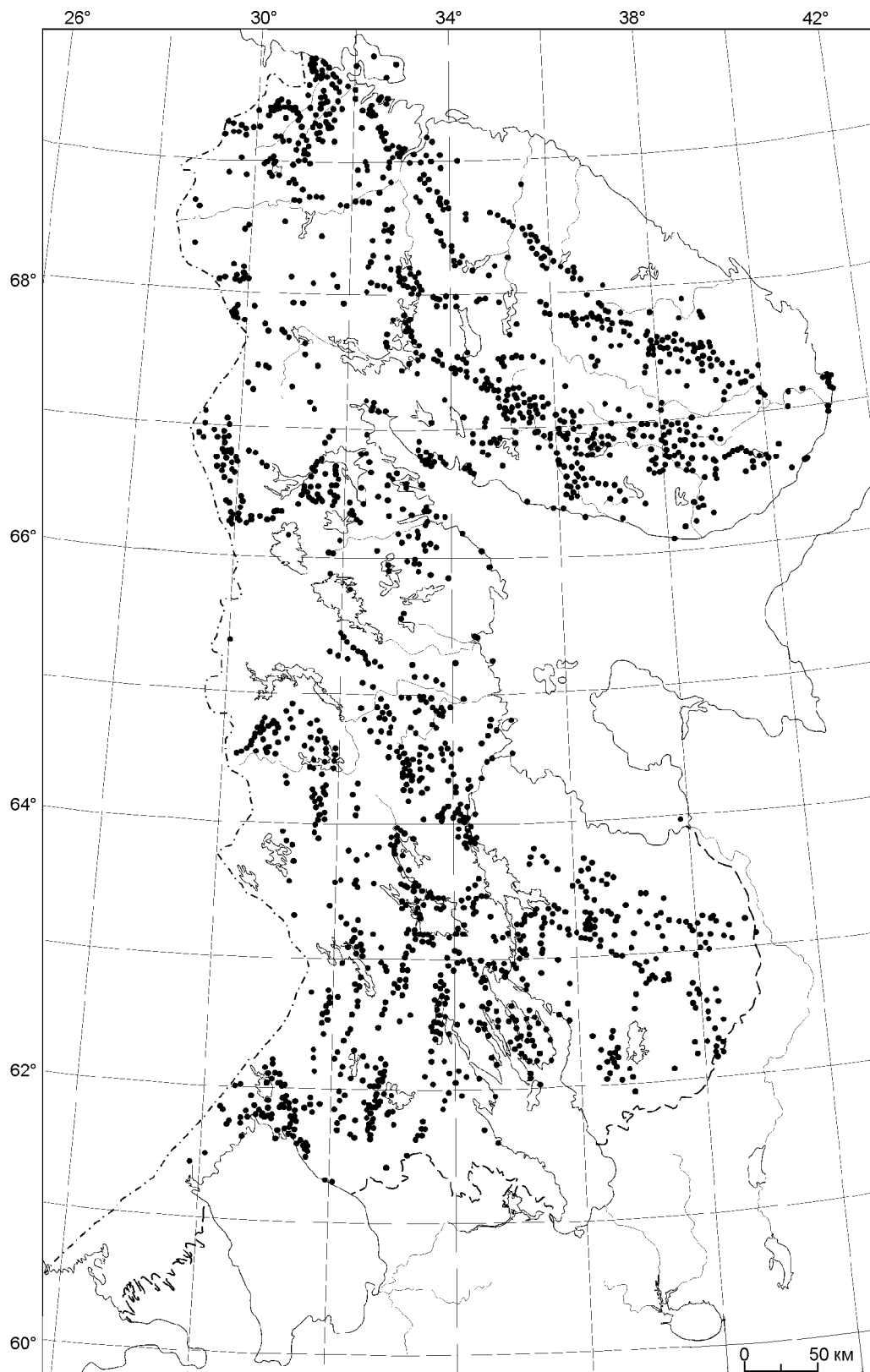
Отчетливо выделяется зонально-площадное распределение проявлений метасоматических пород и связанного с ними оруденения (рис. 1, 2). Имеет значение как местоположение конкретных объектов, так и сравнительная флюидонасыщенность геологических структур. Например, главные шовные зоны в докембрии Карело-Кольского региона подчеркиваются метасоматическими проявлениями в гораздо большей степени, чем второстепенные (см. рис. 1). В свою очередь, при покровно-надвиговых деформациях автохтонные и параавтохтонные структуры аномально насыщены метасоматитами, тогда как аллохтонные террейны оказываются значительно более «сухими». Это обстоятельство можно объяснить тектоническим перекрытием флюидопроницаемых зон в основании надвиговых образований.

Необходимо подчеркнуть устойчивое пространственное соответствие региональных минерагенических и флюидопроницаемых зон, фиксируемое на современных геологических картах [5–7]. По соотношению флюид/порода в ходе рудообразования на Балтийском щите можно выделить три группы рудных объектов (см. рис. 2).

1. Руды образованы практически в «сухих» условиях. Как правило, это собственно осадочные, некоторые гипергенные и, возможно, ликвационно-магматические руды.

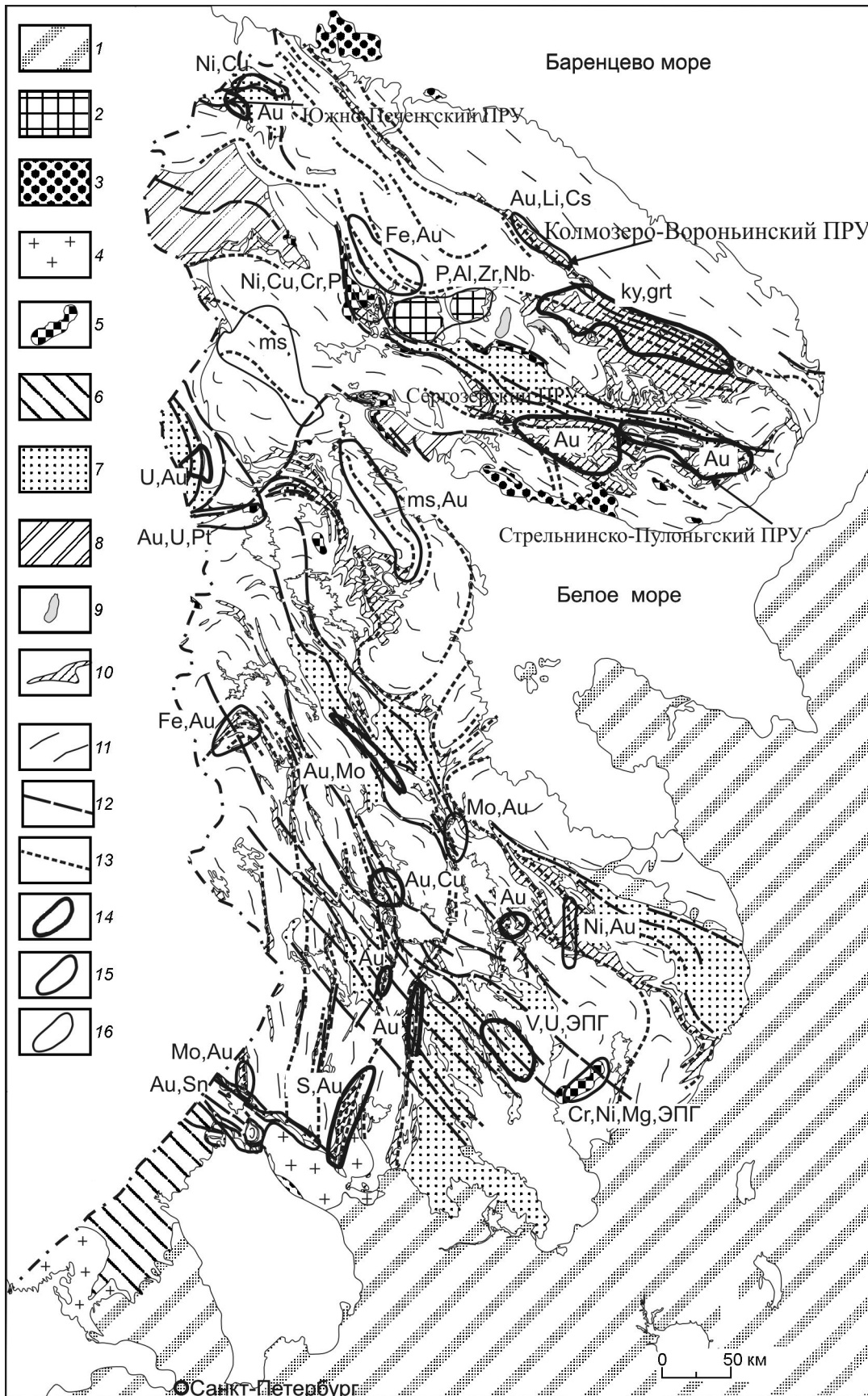
2. Умеренная насыщенность пород флюидом. Оруденение связано с повышенной флюидонасыщенностью главных геологических процессов. В результате происходит отложение рудного вещества «in situ» в ходе метаморфических, вулканических и даже осадочных процессов.





**Рис. 1.** Схематическая карта распределения метасоматитов на территории докембрия Карело-Кольского региона:

черные точки — проявления (>2000) докембрийских метасоматитов



3. Высокая насыщенность пород флюидом. В этом случае руды формируются в ходе метасоматической дифференциации вещества (собственно метасоматические руды). По мере увеличения роли метасоматоза в рудообразовании состав руд становится все более поликомпонентным, а иногда и геохимически контрастным. Массоперенос вещества иногда измеряется десятками весовых процентов от объема исходной породы, с минерализацией сотни грамм на 1 т и многими километрами массопереноса по вертикали.

Ниже рассматриваются конкретные примеры связи оруденения с метасоматозом в Южно-Печенгском, Колмозеро-Вороньинском, Сергозерском и Стрельнинско-Пулоньском потенциальных рудных узлах (ПРУ).

Южно-Печенгский ПРУ приурочен к Печенгской раннепротерозойской структурной зоне, расположенной в северо-западной части Кольского полуострова. По современным представлениям, она является одним из сегментов Печенга-Имандра-Варзугской рифтогенной зоны карелид. Район проведенных исследований находится в центральной части Южно-Печенгской складчатой зоны, сложенной нижнепротерозойскими вулканогенно-осадочными породами. Согласно схемам РМСК последних десятилетий, они относятся к постлюдикийским, в настоящее время — калевийским образованиям [6]. На территории данной зоны установлены многочисленные тела средне- и низкотемпературных метасоматитов основного и кислого составов. Вмещающие породы представлены амфиболовыми сланцами по базитам и пикритовым порфиритам, а также полевошпат-кварцевыми метадацитами.

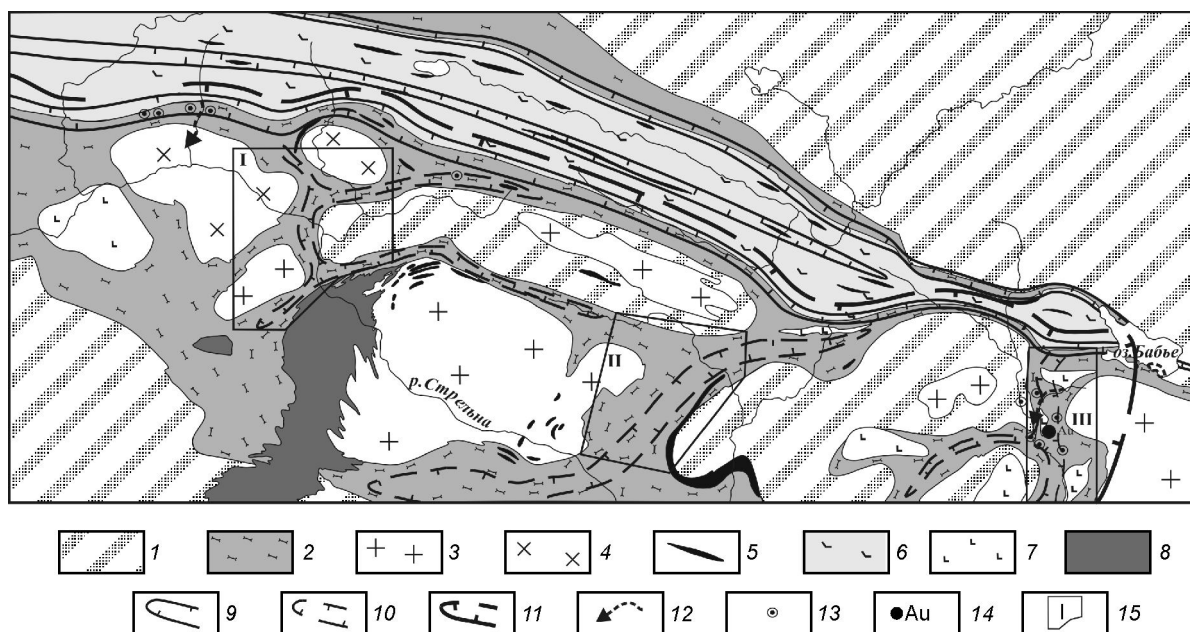
К главным петрографическим разновидностям метасоматитов относятся гранат-роговообманковые, куммингтонит-гранатовые породы, а также пропициты, листовиты и березиты, включая зоны сплошного прокварцевания. Менее распространены графитовые, хлорит-тальковые породы, турмалиниты, альбититы, а также кварц-карбонатные жилы и линзовидные тела пирит-пирротинных руд наложенного типа. Повышенные содержания золота приурочены к участкам кварцевого метасоматоза, сопровождающимся интенсивным развитием низкотемпературных минералов: фуксита, серицита, хлорита, карбоната. Сульфиды представлены вкрапленностью халькопирита, арсенопирита, пирита и пирротина. Самородное золото отмечено в трех случаях в виде скоплений тонких чешуек неправильной формы.

Колмозеро-Вороньинский ПРУ приурочен к Титовско-Поросезрскому зеленокаменному поясу. Здесь в продольных и кососекущих зонах дислокаций широко распространены разнообразные метасоматиты метаморфогенного происхождения [2]. Наиболее значительная зона метасоматических изменений прослеживается на расстоянии более 15 км вдоль северо-восточного склона хребта Оленьего от г. Пеллапах на северо-западе до г. Кораль на юго-востоке. Мощность зоны 100–800 м. Метасоматиты приурочены к центральной зоне складчато-разрывных дислокаций, оруденение связано с кианит-мусковит-кварцевыми их разновидностями.

При специализированном детальном картировании по вещественному составу выделены группы метасоматитов: кислого (гранат-жедрит-кварцевые, андалузит-мусковит-кварцевые, жедрит-кордие-

**Рис. 2.** Карта локальных рудоносных структур и главных флюидопроницаемых зон восточной части Балтийского щита:

1 — нерасчлененные осадочные отложения фанерозойского платформенного чехла, венда и рифея; 2 — палеозойские интрузии нефелиновых сиенитов и ассоциирующих с ними щелочно-ультраосновных пород; 3 — венд и рифей нерасчлененные: метапесчаники, метагравелиты, метаалевролиты и метааргиллиты; 4 — позднепротерозойские интрузии гранитов-рапакиви; *ранний протерозой (карелий)*: 5 — комплексы основного-ультраосновного состава нерасчлененные, 6 — калевийский и вепсийский надгоризонты нерасчлененные: метаморфизованные ритмично-(флишоидно)-слоистые алевролиты, пелиты, псаммиты, кварциты и глубокометаморфизованные породы области ультраметаморфизма, 7 — сумийский, сариолийский, ятулийский и людикийский надгоризонты нерасчлененные: метавулканиты кислого, среднего и основного составов, углеродистые сланцы и мраморы, мраморизованные известняки и доломиты, метаалевролиты и метапелиты, метатифы; кварциты, кварцевые и полимиктовые конгломераты и гравелиты, псаммиты, пестро- и красноцветные кварцитопесчаники, известняки, доломиты, 8 — гранулиты, гнейсы и сланцы различного состава (в пределах Лапландского комплекса); *поздний архей (лотий)*: 9 — комплексы основного-ультраосновного состава нерасчлененные, 10 — сланцы и амфиболиты по вулканитам кислого, среднего и основного составов и их туфам, метамагниты, слюдястые, углеродистые и амфиболовые сланцы по терригенно-осадочным породам, кварцитопесчаники, иногда конгломераты, 11 — нерасчлененные плутонометаморфические и метаморфические архейские комплексы (мигматит- и анатектит-гранитовые, тоналито-гнейсовые, гнейсовые); *зоны регионального распространения метасоматитов*: 12 — нижнепротерозойских, 13 — верхнеархейских; *главные рудные и потенциальные рудные узлы, рудообразование*: 14 — метасоматическое, 15 — полигенное (присутствуют как магматогенные или осадочные, так и переотложенные руды), 16 — магматическое; grt — гранат, ky — кианит, ms — мусковит (по Р.Кретцу, 1983)



**Рис. 3.** Геолого-минерогеническая схема северной части Стрельнинско-Пулоньского потенциального рудного узла, м-б 1:500 000, составлена авторами с использованием материалов В.В.Семенова и др.:

*поздний архей (лопий):* 1 — нерасчлененные восточно-кольский и беломорский метаморфический (биотитовые, двуслюдяные и амфиболовые гнейсы и сланцы) и мигматит- и анатектит-гранитовый (граниты микроклин-плагиоклазовые и плагиомикроклиновые, мигматиты, мигматит-граниты, гнейсо-граниты) комплексы, 2 — гимольский надгоризонт, имандровская серия: базальты, андезибазальты, амфиболиты, сланцы, конгломераты, 3 — раннегимольские интрузии, мигматит- и анатектит-гранитовый комплекс: граниты микроклин-плагиоклазовые и плагиомикроклиновые, мигматиты, мигматит-граниты, гнейсо-граниты, 4 — позднегимольские интрузии, кейвский комплекс щелочных гранитов: щелочные граниты арфведсонитовые, часто с эгирином, рибекитом, или эгириновые; 5 — *поздний лопий и ранний карелий нерасчлененные:* комплекс нерасчлененных гипербазитов, габбро, габбро-долеритов, габбро-диоритов, габбро-амфиболитов; *ранний протерозой (карелий):* 6 — сумийский горизонт, стрельнинская серия: метаморфизованные магнезиальные базальты, андезибазальты, андезидациты, дациты, туфы, сланцы, туфоконгломераты, 7 — ондомозерский гипербазит-базитовый комплекс: габбро-нориты (габбро-амфиболиты), троктолиты, пироксениты, перидотиты, 8 — стрельнинский гранитный комплекс: лейкограниты биотитовые, двуслюдяные, пегматоидные и порфиоровидные; *зоны метасоматитов:* 9 — раннепротерозойских низко-среднетемпературных (амфиболовые, слюдяные, эпидот-хлоритовые и др.), 10 — предполагаемые позднеархейско-раннепротерозойских нерасчлененных среднетемпературных; 11 — Стрельнинско-Пулоньский ПРУ; 12 — шлиховые аномалии золота; 13 — литогеохимические аномалии золота в коренных породах; 14 — рудопоявление золота Олений; 15 — площади, перспективные на выявление золотоносных метасоматитов: I — Стрельнинская, II — Верхне-Чапомская, III — Пулоньская

рит-кварцевые), основного (гранат-ставролитовые, жедрит-кордиеритовые, андалузит-кордиеритовые, куммингтонитовые и др.) и щелочного (жедрит-альбитовые, гранат-полевошпатовые, кордиерит-альбитовые) составов. Эти три группы сформировались в условиях умеренных давлений и относятся к лопийскому тектонометаморфическому циклу. По метасоматитам всех указанных групп и реже по неизменным метаморфическим образованиям развиваются поздние метасоматиты преимущественно кианит-мусковит-(серицит)-кварцевого состава, с которыми ассоциируют проявления золоторудной минерализации. Можно предполагать, что они обусловлены наложенным метаморфизмом повышенных давлений карельского возраста.

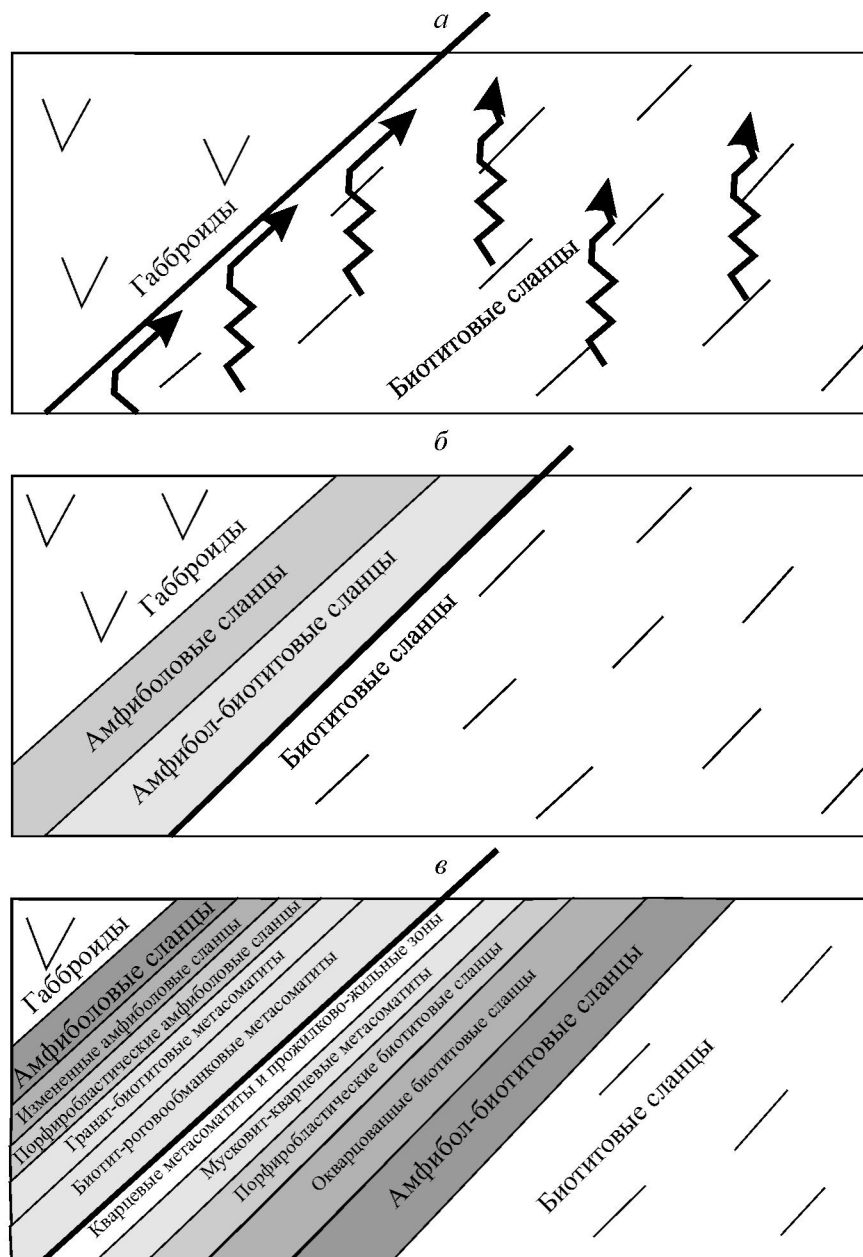
Лопийские и карельские метасоматиты преимущественно локализованы в крупной тектонической флюидопроницаемой зоне. Выделенные метасоматиты закартированы в м-бе 1: 5000 на опорном участке в районе горы Мудчечуйав. В центральной части участка тело метасоматитов мощностью до 500 м кислого (гранат-жедрит-кварцевых, андалузит-мусковит-кварцевых) и основного (гранат-ставролитовых, жедрит-кордиеритовых, андалузит-кордиеритовых, куммингтонитовых, диопсидовых) составов приурочено к продольным разломам северо-западного простирания. Метасоматиты щелочного состава локализованы в замковых частях приразломных складок, размах крыльев которых составляет первые десятки метров, иногда до 100 м и более. На крыльях складок они постепенно выклиниваются.

По отношению к кислым и основным являются более поздними. В пределах метасоматического тела наблюдаются постепенные переходы между зонами метасоматитов кислого, основного и особенно щелочного составов с образованием сложно построенных метасоматических колонок, а также многочисленные реликты амфиболовых сланцев субстрата. Поздние кианит-мусковит-кварцевые метасомати-

ты на участке г. Мудчечуайв представлены несколькими наложенными маломощными телами.

Сергозерский и Стрельнинско-Пулоньгский ПРУ локализованы в зоне сочленения раннепротерозойского Имандра-Варзугского прогиба и Терского позднеархейского зеленокаменного пояса.

Стрельнинско-Пулоньгский ПРУ приурочен к области распространения обрамления гранито-



**Рис. 4. Модель формирования метасоматической зональности на контакте разнородных геологических сред:**  
*a* — контакт габброидов и вмещающих сланцев; *б* — метаморфическая перекристаллизация пород на контакте габброидов и сланцев; *в* — метасоматическая перекристаллизация в условиях повышенной флюидонасыщенности; стрелками показано направление миграции флюидных потоков

## 1. Последовательность эндогенных процессов в Стрельнинско-Пулоньском потенциальном рудном узле

Геологическое время	Возраст по литературным данным, млрд. лет	Возраст по цирконам, млрд. лет	Геологические процессы	Породы комплексов, их преобразования и рудоносность
PR-FZ нерасчлененные	1,4–0,38	Около 0,44	Поздний базитовый магматизм	Дайки основного состава
PR <sub>1</sub>	Нет данных	Около 1,75	Поздний этап метасоматоза	Комплекс метаморфогенных гранат-слюдистых метасоматитов
	1,9–2,4 (?)	Около 1,87	Основной–ультраосновной магматизм	Норит-габбро-нориты пялочноозерского комплекса
	Нет данных	1,90–1,91	Ранний этап метасоматоза	Комплекс метаморфогенных метасоматитов с рудными концентрациями золота
	1,9–2,5 (?)	Около 1,96	Основной–ультраосновной магматизм	Анортозит-габбро-нориты ондомозерского комплекса
	Около 1,9 (?)	2,10–1,90	Региональный метаморфизм	Рассланцевание, огнейсование, иногда мигматизация, порфиробластез
	1,9–2,4 (?)	2,03–2,05	Основной магматизм	Дайки и интрузии габбро-амфиболитов
	Около 2,4–2,5	Нет данных	Основной вулканизм	Базальты и мандельштейны сейдореченской свиты; рифтогенез
AR <sub>2</sub>	Около 2,7 (?)	2,56–2,63	Региональный метаморфизм, метасоматоз	Огнейсование, рассланцевание; куполообразование; щелочной метасоматоз
	Нет данных	2,66–2,68	Гранитный магматизм и автометасоматоз	Щелочные граниты Верхнестрельнинского массива, контактовые метасоматиты
	Около 2,7–2,8 (?)	2,68–2,71	Вулканизм, осадконакопление	Осадочно-вулканогенные породы среднего и основного составов (пялочная толща позднего архея)
	Нет данных	Около 2,75	Гранитный магматизм	Гранитоиды Лиходеевского купола (по захваченным цирконам в массиве габбро-амфиболитов)
	Нет данных	Нет данных	Гранитный магматизм (?)	Гранито-гнейсовое основание

гнейсовых куполов (рис. 3). Эта структура интерпретируется как набор разномасштабных тектонических пластин, разделенных многочисленными телами метагабброидов. Условия регионального метаморфизма соответствуют границе эпидот-амфиболитовой и амфиболитовой фаций повышенных давлений. Наиболее распространенные метасоматиты обладают признаками постметаморфического происхождения. Большая часть метасоматических тел локализована вблизи контактов гнейсогранитных куполов, а также вдоль контактов и по простиранию интрузий метагабброидов преимущественно по осадочно-вулканогенным образованиям пялочной толщи позднего архея. Обобщенная последовательность эндогенных процессов в Стрельнинско-Пулоньском ПРУ показана в табл. 1.

Метаморфогенные метасоматиты представлены двумя ассоциациями основных и кислотных

фаций. Тела слюдистых метасоматитов, содержащие значительное количество кислотных (кварцевых, мусковит-кварцевых) разновидностей, а также зоны прожилкового штокверкоподобного окварцевания с сопряженными основными фациями прослежены на 4–5 км при мощности выходов до 100–120 м. Еще более широкое распространение имеют ореолы метасоматически измененных пород и зоны порфиробластеза. Нередко они обрамляют тела полнопроявленных метасоматитов и присутствуют среди них как реликты. Метасоматиты образуют систему субпараллельных ветвящихся тел. В их осевых частях расположены потенциально золотоносные кварцево-жильные зоны с содержанием Au до 3–4 г/т (рудопроявление Олений), а краевые зоны представлены амфибол-плагиоклазовыми метасоматитами. Зоны развития метасоматитов отчетливо приурочены к межкупольным структурам. На рис. 4 приведена

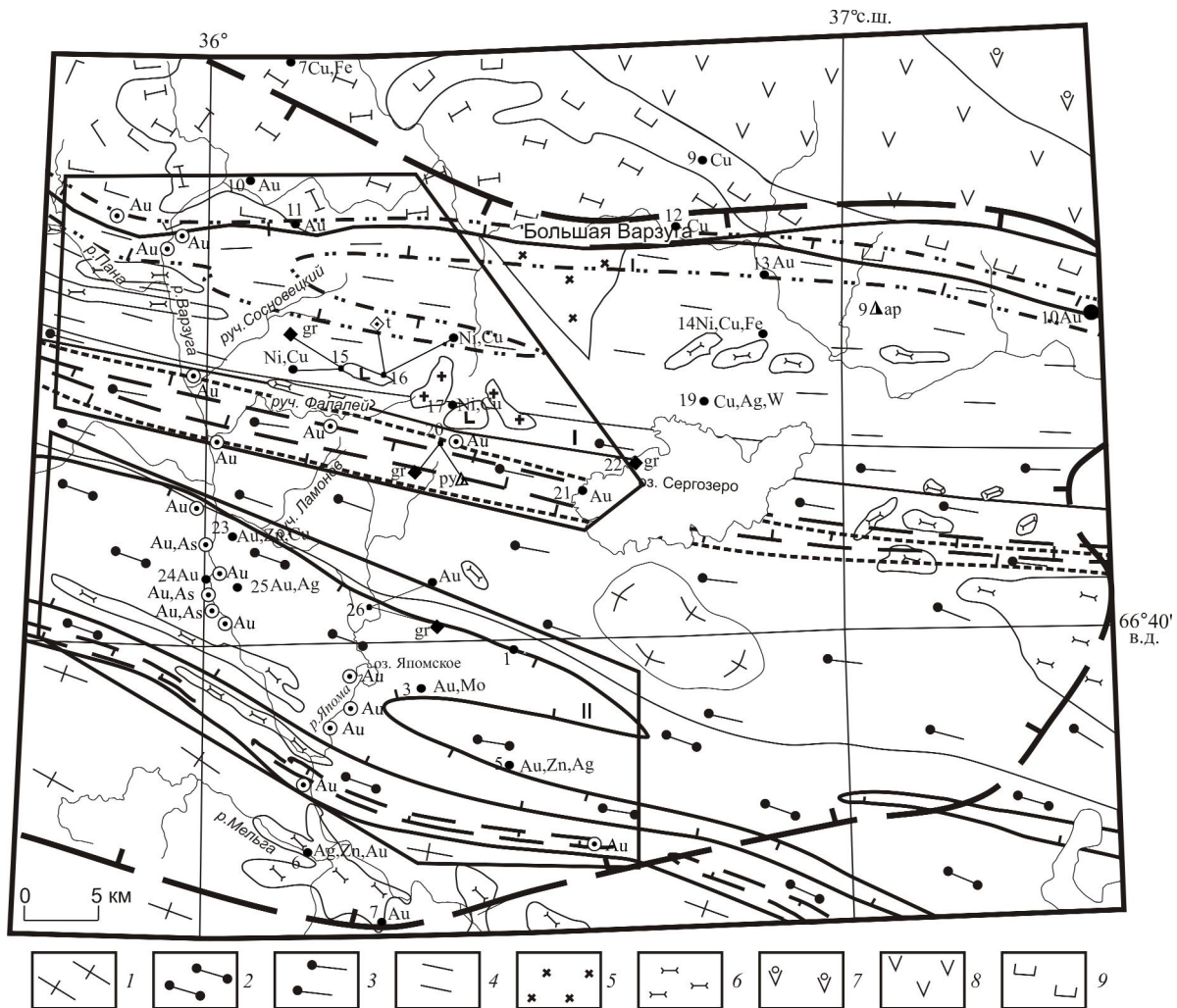


Рис. 5. Геолого-минерогеническая схема восточной части Сергозерского потенциального золоторудного узла:

поздний архей: 1 — беломорский метаморфический комплекс нерасчлененный (биотитовые и двуслюдяные гнейсы и сланцы, иногда с гранатом, амфиболовые гнейсы, гранитогнейсы, амфиболиты), 2 — имандровская серия, сергозерская толща, нижняя подтолща (плагигнейсы, глиноземистые гнейсы, плагдиоамфиболовые сланцы, реже амфиболиты, глиноземистые сланцы со ставролитом, силлиманитом, гранатом), 3 — средняя подтолща (кварцитовидные сланцы, метавулканиды кислого состава, иногда слюдястые сланцы), 4 — верхняя подтолща (биотит-амфиболовые, амфиболовые сланцы, редко амфиболиты), 5 — сергозерский диорит-плагιοгранитовый комплекс (диориты, тоналиты, плагιοграниты), 6 — комплекс мигматит- и анатектит-гранитовый (граниты микроклин-плагιοклазовые и плагιοмикроклиновые, лейкограниты, теньевые и инъекционные мигматиты); ранний протерозой: 7-8 — стрельнинская серия: 7 — кукинская свита (метабаазальты, нередко порфировые или миндалекаменные), 8 — сейдореченская свита (метадациты, метаандезиты, андезибазальты, миндалекаменные метабаазальты, в основании метапесчаники, метапелиты и полимиктовые конгломераты), 9 — полисарская свита (метапикриты, метабаазальты, метаандезибазальты, метатуфы, метатуфоконгломераты, метапесчаники, метаалевролиты, слюдястые сланцы, хлорит-тремолит-актинолитовые сланцы, пластовые тела метаультрамафитов), 10 — умбинская свита (метабаазальты, метатрахибазальты, метаандезибазальты, метатрахиандезибазальты, карбонатные сланцы, доломиты), 11 — панская серия, ильмозерская свита (доломиты, метаандезибазальты, метабаазальты, плагисланцы), 12 — ондомозерский (?) гипербазит-базитовый комплекс (габбро-нориты (габбро-амфиболиты), троктолиты, пироксениты, перидотиты), 13 — стрельнинский комплекс пегматоидных гранитов и пегматитов (пегматиты мусковитовые, мусковит-редкометалльные, лейкограниты биотитовые и двуслюдяные, гранит-аплиты); зоны преимущественной локализации метасоматических пород: 14 — ранний протерозой, хлорит-карбонатные листвениты, реже актинолитовые и биотит-хлоритовые пропилиты, 15 — ранний протерозой, графит-слюдястые, сульфид-кварцевые, биотит-гранат-амфиболовые метасоматиты нерасчлененные, 16 — ранний протерозой, гранат-силлиманит-кварцевые, графит-слюдястые и жедрит-роговообманковые метасоматиты нерасчлененные, 17 — поздний архей (?), эпидот-диопсидовые, гранат-амфиболовые и кварц-эпидотовые метасоматиты; 18 — сергозерский потенциальный золоторудный узел; 19 — рудопроявление золота Ворговый; пункты минерализации полезных ископаемых (номера пунктов соответствуют указателю к карте полезных ископаемых): 20 — металлов, 21 — графита, 22 — талька, 23 — серного колчедана (пирит), 24 — апатита; 25 — литогеохимические аномалии золота в коренных породах; 26 — площадка, перспективные на золоторудную минерализацию: I — Панареченская, II — Кривецко-Япомская

## 2. Обобщенная последовательность эндогенных процессов в Сергозерском потенциальном рудном узле

Эра	Возраст, млрд. лет	Геологические процессы	Породы комплексов, их структурные преобразования и рудоносность
PR <sub>1</sub>	1,76–1,78; 1,90–1,91	Метасоматоз раннего и позднего этапов	Метасоматические комплексы различного состава (в том числе золоторудные метасоматиты)
	1,95–2,05	Региональный метаморфизм	Рассланцевание, перекристаллизация во флюидонасыщенных зонах
	1,96	Кислый магматизм	Дайки пегматоидных лейкогранитов
	1,91–2,15	Основной магматизм	Дайки и силлы метагабброидов
	2,10–2,45	Основной вулканизм и осадконакопление	Метабазальты и метамандельштейны стрельнинской серии; метабазальты и мраморы панской серии; рифтогенез
AR <sub>2</sub>	Около 2,58–2,66	Региональный метаморфизм	Огнейсование, рассланцевание; куполообразование
	Около 2,65–2,70	Гранитный магматизм и контактовый автометасоматоз	Щелочные и плагиоклазовые гранитоиды; гранитные дайки и автометасоматический комплекс
	2,71–2,77	Вулканизм и осадконакопление	Осадочно-вулканогенные породы среднего и основного составов
	Нет данных	Гранитный магматизм	Гранитоиды и гранитогнейсы архейского фундамента

модель формирования метасоматической зональности на контакте разнородных геологических сред и положения в ней продуктивных метасоматитов.

В площадь Сергозерского ПРУ входят районы оз. Сергозеро и среднего течения р. Варзуга (рис. 5). На их территории находится перспективное проявление золота Ворговый, приуроченное к зоне тектонического контакта лопийских и карельских образований. Последовательность эндогенных событий Сергозерского ПРУ отражена в табл. 2. В результате проведенных работ на территории узла выделены две перспективные на благороднометальное оруденение площади — Панареченская и Кривецко-Япомская, включающие одноименные зоны локализации метасоматитов.

Центральную часть площади узла занимает фрагмент архейского Терского зеленокаменного пояса от тектонического контакта с Имандра-Варзугским протерозойским прогибом на севере до контакта с блоком архейских гранито-гнейсов и гнейсогранитов на юге. Породы сергозерской толщи имандровской серии верхнего лопия, слагающие эту зеленокаменную структуру, представлены биотитовыми, биотит-мусковитовыми, реже амфибол-биотитовыми сланцами и гнейсами, часто гранат-, ставролит- и фибролитсодержащими. Внутри зеленокаменного пояса широко распространены интрузивные образования пестрого состава от ультрабазитов до гранитоидов.

Панареченская перспективная площадь локализована в северной части потенциального рудного узла в зоне сочленения Имандра-Варзугского ран-

непротерозойского прогиба с Терским зеленокаменным поясом. В районе верхнего и среднего течений р. Варзуга отмечается широкое развитие процессов метасоматоза по нижнепротерозойским и верхнеархейским породам. Здесь выделены протяженные зоны распространения метасоматитов, а также площади с интенсивно выраженным гранатовым и глиноземистым порфиروبластезом и слабо проявленными метасоматическими изменениями. Ширина зон варьирует от 500 м до 3 км, протяженность — от 12 до 25 км. Все зоны имеют выдержанное северо-западное простирание.

В составе метасоматических тел, приуроченных к южному контакту Имандра-Варзугского прогиба, преобладают графитистые мусковит-кварцевые разновидности с пиритовой минерализацией. Среди метасоматических образований, локализованных на северном фланге позднеархейской зеленокаменной структуры, развиты среднетемпературные метасоматиты (гранат-кварцевые, гранат-ставролит-биотитовые), а также низкотемпературные (мусковит-кварцевые, полевошпатовые, актинолитовые). По данным геолого-съёмочных работ, проведенных в 70-е годы, в пределах Панареченской площади были вскрыты многочисленные тела графитистых метасоматитов с сульфидной минерализацией и содержаниями Au до 5 г/т.

Кривецко-Япомская перспективная площадь тяготеет к зоне сочленения зеленокаменного пояса с Беломорским геоблоком. Здесь проявлены наиболее дифференцированные зональные метасоматические тела сложного строения. Среди них выделяются метасоматиты основного (силлиманит-гранат-



биотитовые, гранат-жедритовые, гранат-роговообманковые), кислого (кварцевые, диопсид-кварцевые, мусковит-кварцевые с графитом, пиритом, арсенопиритом, пирротинном), карбонатного с диопсидом составов. Повышенные содержания золота (1–5 г/т) связаны с графитистыми и мусковит-кварцевыми разновидностями.

Перспективность изученных потенциальных рудных узлов на благороднометальное оруденение определяется следующими факторами.

1. Крупные масштабы метаморфо-метасоматического массопереноса и практически площадная интенсивная перекристаллизация вмещающих пород.

2. Высокая химическая контрастность метасоматической зональности — от основного (амфиболового) до ультракислого (кварцевого) состава.

3. Наличие многочисленных структурных ловушек в тектонизированной подошве интрузий габбро-диабазов и в замковых частях антиклинальных складок.

4. Высокая флюидонасыщенность на протяжении всей раннедокембрийской истории эндогенного развития флюидопроницаемых зон.

5. Наличие многочисленных точек золотой минерализации по простиранию той же структурной зоны и находящихся в сходной геологической позиции.

Региональное сопоставление метасоматических пород, проведенное на геолого-геохронологической основе, показывает, что рудные объекты в региональных флюидопроницаемых зонах докембрия восточной части Балтийского щита различны по условиям формирования и составу минерализа-

ции, однако вполне коррелируются по возрасту и структурно-вещественному положению.

*Работа поддержана грантами РФФИ 05-05-65308 06-05-64019 и НШ-4732.2006.5.*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Астафьев Б.Ю., Воинова О.А., Воинов А.С. Региональные флюидонасыщенные зоны и их соотношение с рудообразованием в раннем докембрии восточной части Балтийского щита // *Метаморфизм и геодинамика*. Екатеринбург, 2006. С. 4–5.
2. Белолипецкий А.П., Калинин А.А., Петров С.И. Минералогия и геохимия метасоматитов зон глубинных разломов. – Апатиты: ГИ КолФАН СССР, 1987.
3. Воинов А.С., Воинова О.А., Астафьев Б.Ю. Особенности формирования рудоносных структур докембрия Карелии // *Вестн. С.-Петербург. ун-та. Сер. 7. Геол., геогр.* 1997. Вып. 2. № 14.
4. *Геологическая съемка метаморфических и метасоматических комплексов* / Отв. ред. В.А.Глебовицкий, В.И.Шульдинер. – СПб.: ВСЕГЕИ, 1996.
5. *Государственная геологическая карта РФ. Масштаб 1:1 000 000 (новая серия). Лист Р-(35)-37 – «Петрозаводск»*. Объяснительная записка и комплект карт. – СПб.: ВСЕГЕИ, 2000.
6. *Государственная геологическая карта РФ. Масштаб 1:1 000 000 (новая серия). Лист R-(35)-37 – «Мурманск»*. Объяснительная записка и комплект карт. – СПб.: ВСЕГЕИ, 2000.
7. *Государственная геологическая карта РФ. Масштаб 1:1 000 000 (новая серия). Лист Q-(35)-37 – «Кировск»*. Объяснительная записка и комплект карт. – СПб.: ВСЕГЕИ, 2004.

УДК 552.321.6:553.481

© А.С.Мехоношин, Т.Б.Колотилина, 2006

## ПЕТРОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ УЛЬТРА-БАЗИТОВ ЮЖНОГО ОБРАМЛЕНИЯ СИБИРСКОГО КРАТОНА И КРИТЕРИИ ПОИСКОВ СУЛЬФИДНО-НИКЕЛЕВЫХ РУД

А.С.Мехоношин, Т.Б.Колотилина (Институт геохимии СО РАН)

Методики оценки никеленосности различных комплексов магматических пород неоднократно рассматривались многочисленными исследователями. Однако в каждом конкретном районе и типе месторождений существуют свои закономерности, используя которые можно выбрать характерные черты, позволяющие разбраковывать рудоносные и нерудоносные объекты.

В структурах южного обрамления Сибирского кратона, в пределах Бирюсинского, Канского и Шарыжалгайского тектонических блоков, встречаются многочисленные тела ультрабазитов. Они отличаются разнообразием форм, петрографического и химического составов, и лишь некоторые массивы вмещают вкрапленное сульфидно-никелевое оруденение, часто сопровождаемое повышенными концентрациями платиноидов [2–4, 6]. В результате их комплексного изучения установлен ряд признаков, позволяющих различать рудоносные и нерудоносные объекты, и предложены критерии поисков сульфидно-никелевых руд в этом регионе.

Породы массивов и вмещающего вулканогенно-осадочного комплекса были вовлечены в складчатость и претерпели метаморфические преобразования. Ультрабазиты образовали линзо- и дугообразные тела с видимой мощностью от 20 до 700 м и протяженностью от 0,1 до 7 км, часто смятые в сложные складки и разбитые сериями разломов, а также изометричные блоки и будины. Контакты тел ультрабазитов со всеми типами вмещающих пород — тектонические. Их положение в разрезе не закономерное. Они встречаются между пластами карбонатных пород, амфиболитов и гнейсов, что говорит об их автономности и отсутствии генетической связи с каким-либо типом пород. Наиболее крупные блоки обычно приурочены к полям распространения мраморов, что, скорее всего, связано с реологическими свойствами карбонатных пород, которые в процессе пликативных деформаций препятствуют разрушению тел ультрабазитов. Геологическое положение и форма массивов не позволяют разделять их на рудоносные и безрудные.

По петрографическому составу выделяются массивы двух групп: дунитов и гарцбургитов, лерцолитов и оливинных вебстеритов. Несмотря на то что эти породы подверглись региональному метаморфизму, в них сохранились реликтовые парагенезисы, позволяющие реконструировать первичный состав и природу породы.

Дуниты и гарцбургиты имеют гранобластовую структуру, характеризуются наличием высокомагнетизальных оливинов ( $Fa_{8-10}$ ), ортопироксенов и высокохромистых хромшпинелидов. Чаще всего породы серпентинизированы.

Тела ультрабазитов, дифференцированные от лерцолитов до оливинных вебстеритов, сохранили реликты кумулятивных и пойкилитовых структур. Породы амфиболитизированы и иногда подвержены низкотемпературным изменениям — серпентинизации, хлоритизации и бруситизации. Амфиболитизация носит явно наложенный характер, роговой обманкой замещаются и оливины, и пироксены. Оливины ( $Fa_{12-24}$ ) в слабо измененных породах идиоморфные, размером до 1 мм, часто сохраняют свои кристаллографические очертания, иногда являясь пойкилитовыми вростками в ромбических, реже моноклинных пироксенах. В сильно измененных породах оливины деформированы, разбиты многочисленными трещинами и являются порфирокластами в амфиболовой массе. Ромбические пироксены ( $Fs_{13-19}$ ) — более поздние по отношению к оливинам и более ранние по отношению к моноклинному пироксену, размер зерен достигает 2–3 мм. Хромшпинелиды (алюмохромиты) образуют самостоятельные идиоморфные зерна размером до 0,5 мм или каплеобразные включения внутри оливинов и пироксенов. Ильменит присутствует в виде самостоятельных зерен или в сростках с хромшпинелидом.

В каждом массиве этого типа в различном количестве присутствуют сульфиды. По составу и характеру распределения они явно магматические и не связаны с зонами вторичной переработки. Рудные тела не имеют четких границ. Видимая мощность рудных зон достигает 3 м, протяжен-

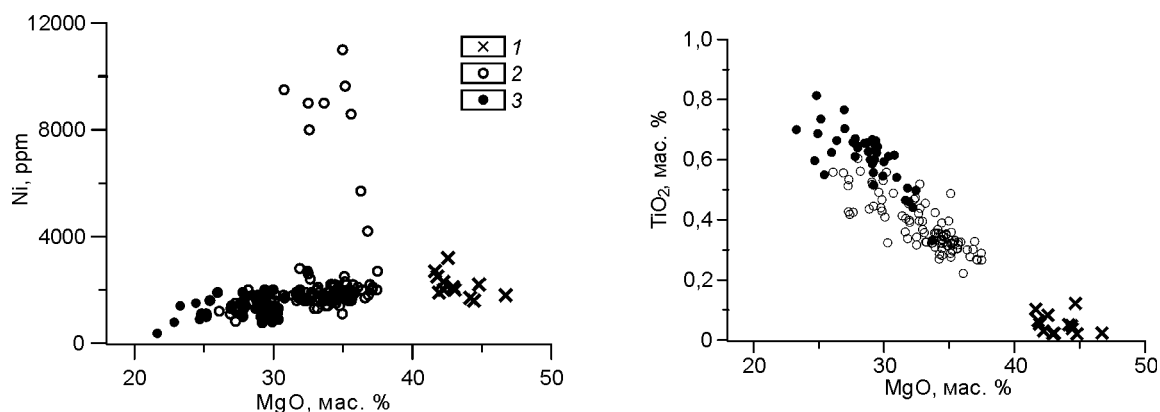


Рис. 1. Вариационные диаграммы состава ультрабазитов:

1 — высоко-, 2 — умеренно-(рудноносные), 3 — низкомагнезиальные ультрабазиты

ность — десятков метров. Сульфидные минералы образуют в основном редкую вкрапленность, на отдельных участках прослеживаются более густые скопления, и количество сульфидов в породе достигает 15%. Сульфиды обнаружены как в межзерновом пространстве силикатов, так и в виде каплеобразных выделений внутри их. Максимальные размеры каплеобразных сульфидных агрегатов 1 см. Наблюдаемые мелкие каплеобразные выделения сульфидов имеют постоянное соотношение пирротин/пентландит. Они находятся внутри ранее выделившихся хромшпинелидов, оливинов и пироксенов. Сульфиды в межзерновом пространстве ксеноморфны и при значительном скоплении образуют сидеронитовую структуру. В них пентландит преобладает над пирротинном, и оба минерала содержат максимальные количества никеля. В образцах с таким типом руд отмечаются максимальные содержания платиноидов. Халькопирит в рудах находится в подчиненном количестве по сравнению с пирротинном и пентландитом. В отдельных образцах обнаружены никелистые халькопириты (до 4% Ni). В халькопирит-пирротин-пентландитовой ассоциации преобладает пентландит.

По химическому составу ультрабазиты разделяются на три группы: высоко-, умеренно- и низкомагнезиальные. Составы пород массивов первой группы на всех петрохимических диаграммах располагаются дискретно по отношению к остальным (рис. 1) и соответствуют дунитам и гарцбургитам. Для них характерны минимальные концентрации Al, Ca, щелочей и некогерентных элементов, в том числе редкоземельных.

Породы двух других групп соответствуют лерцолитам и оливиновым вебстеритам. На петрохимических диаграммах фигуративные точки состава

этих пород образуют единый тренд, внутри которого породы отдельных массивов с некоторым перекрытием образуют поля со своим разбросом содержаний элементов от среднего, что позволило разделить их на две группы. Не обнаружено ни одного ультрабазитового массива, состав которого отвечал бы всему диапазону колебаний содержаний Mg и, соответственно, других зависимых от него элементов. Особенность умеренномагнезиальных ультрабазитов — достаточно высокие концентрации Sr, Ni и Co при отмечающихся содержаниях Mg. И только в них обнаруживаются сульфидно-никелевые руды.

Распределение Ni в ультрабазитах находится в прямой зависимости от содержания в породе Mg. С одной стороны, Ni концентрируется в оливине, в котором его содержания достигают 0,41%, с другой — его концентрации резко возрастают в породах, обогащенных сульфидами, вне зависимости от количества Mg (см. рис. 1). Но при этом высокие концентрации Ni в оливине наблюдаются и в сульфидизированных разностях (рис. 2). Этот факт говорит о том, что образование сульфидно-никелевых руд первично-магматическое и не связано с перераспределением никеля между минеральными фазами. Если в насыщенных серой жидкостях отсадки сульфидов не происходит, т.е. если сульфиды не покидают систему или имеется различный процент их оттока, то никелистость оливина увеличивается при повышении сульфидной взвеси в расплаве [1].

Содержания Sr, Zr и TR довольно высоки для ультраосновных пород. Кривые распределения редкоземельных элементов — без европиевых аномалий и слабо наклонены в сторону иттербия. Отношение содержания La в ультрамафитах к хондритовому не превышает 10, что четко согласуется с содержа-

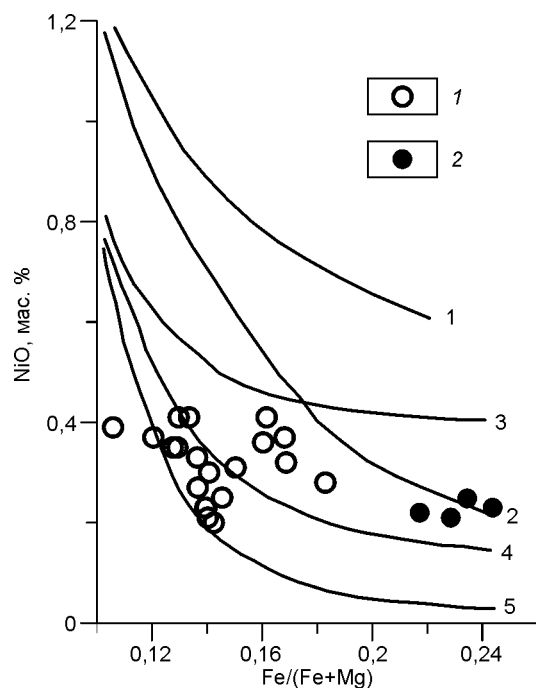


Рис. 2. Зависимость содержаний никеля от железистости оливинов:

1 — оливины умеренномагнезиальных (рудоносных), 2 — низкомагнезиальных ультрабазитов; линиями обозначены тренды, образующиеся при кристаллизации расплавов, по [1]: 1 — силикатный расплав, 2 — фракционирование оливина в силикатной системе, 3–5 сульфидно-силикатная система: 3 — без отсадки сульфида, 4 — с полной отсадкой сульфидной фазы, 5 — с 50%-ной отсадкой

нием Mg в породе. Отношения La/Sm (2,12–2,47) и Gd/Y (1,55–1,71) больше 1. По уровню содержаний редкоземельных элементов ультрабазиты всех трех групп также четко разделяются (рис. 3).

Умеренномагнезиальные ультрабазиты характеризуются повышенными содержаниями платиноидов. Нормированные по хондриту кривые распределения платиноидов в них полого наклонены в сторону тугоплавких элементов. Среди платиноидов преобладает Pd. Несмотря на отсутствие четкой зависимости между изменениями содержаний Pd и S, существует общая тенденция увеличения концентраций Pd с содержанием S в породе.

Хотя петрографическая зональность в телах ультрабазитов проявлена слабо, химическая — отмечается повсеместно. В разрезе каждого тела наблюдается накопление, с одной стороны, Mg, Cr и Ni, а с другой — Ti, Al и Ca, что свидетельствует о магматической дифференциации в процессе их становления. Эту закономерность можно использовать при восстановлении первичного залегания тел ультрабазитов, учитывая тот факт, что Mg, Cr и Ni

обогащают приподожвенные горизонты.

Анализируя особенности петрографического и геохимического составов ультрабазитов, можно сделать вывод о том, что высокомагнезиальные ультрабазиты-дуниты и гарцбургиты являются реликтами реститовых массивов, которые входили в состав офиолитовых комплексов, а умеренно- и низкомагнезиальные — типичные магматические образования — производные пикритовых магм. Образование таких массивов, возможно, начиналось с внедрения пикритовой магмы в вулканогенно-осадочную толщу на умеренных глубинах (рис. 4, а). Затем породы претерпели метаморфизм, пликвативные и дизъюнктивные преобразования, и в настоящее время они находятся во вторичном залегании (рис. 4, б-г). Восстановление их первичного залегания — одна из главнейших задач геологического исследования.

На основании полученных данных предлагаются следующие критерии поисков сульфидно-никелевых руд.

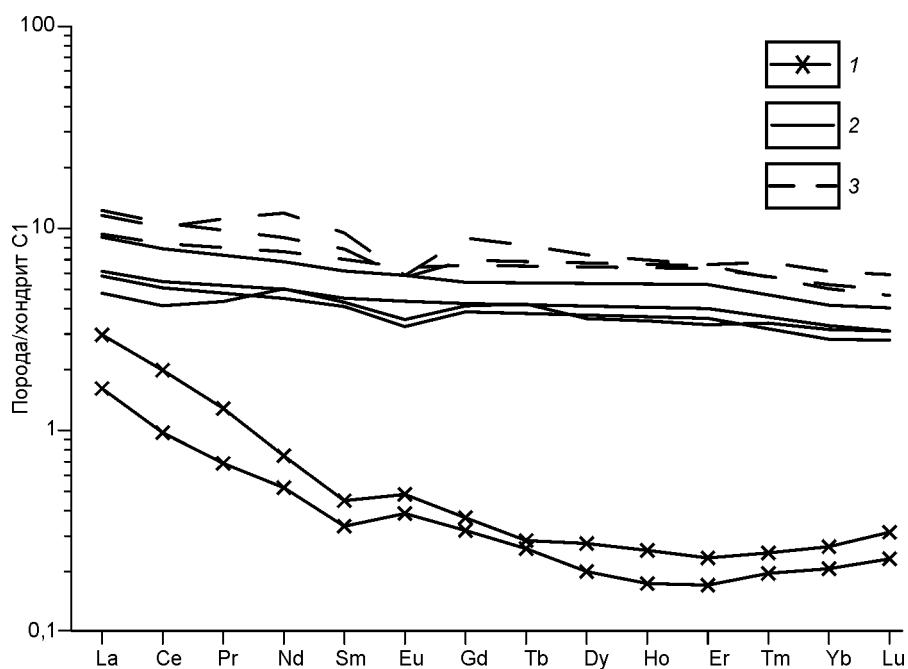
**Структурно-тектонический критерий.** Рудоносные ультрамафиты в пределах южного складчатого обрамления Сибирского кратона расположены только на площадях, сложенных метаморфизованными вулканогенно-осадочными толщами — мраморами, метапелитами и метабазальтоидами. К полям распространения мраморов приурочены наиболее крупные блоки, что определяется реологическими свойствами карбонатных пород. Первичное залегание ультрабазитовых тел восстанавливается с помощью петрохимических, минералогических и геохимических критериев.

**Магматический критерий.** Сульфидно-никелевые руды связаны только с дифференцированными телами умеренномагнезиальных ультрабазитов перидотит-пироксенитовой формации, производных пикритовых магм. Оруденение размещено в определенных горизонтах ультраосновной интрузии. Обычно это придонная залежь и подвешенный горизонт в верхних частях разреза.

**Минералогический критерий.** Соотношение содержаний никеля в оливинах и его железистости. Высокое соотношение пентландит/пирротин в сульфидных рудах. Тесное срастание хромшпинелида и ильменита в рудоносных телах.

**Петрохимический критерий.** Рудоносные ультрамафиты характеризуются колебаниями содержаний MgO 30–38%, TiO<sub>2</sub> 0,2–0,5%, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 4–6% и коэффициента железистости 0,22–0,3.

**Геохимический критерий.** Высокие значения отношений Ni/Co и Ni/Cu, преобладание содержания золота над серебром и палладия над платиной, пикритовый характер распределения спектра редко-



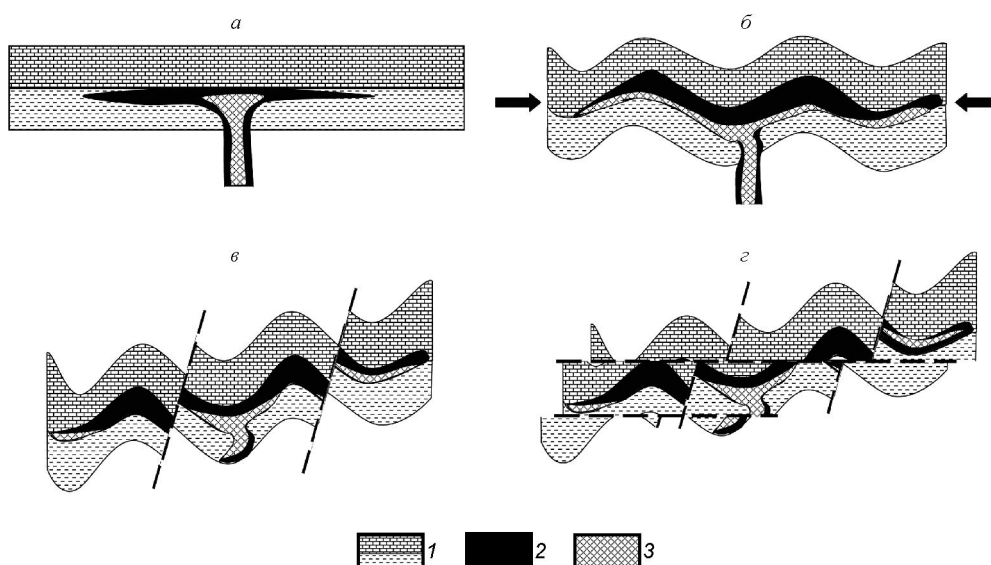
**Рис. 3. Распределение редкоземельных элементов в ультрабазитах:**

1 — высоко-, 2 — умеренно-(рудноносные), 3 — низкомагнезиальные ультрабазиты

земельных элементов, наименьшая сумма редкоземельных элементов при сохранении формы кривой.

Поиски аналогов сульфидного оруденения в ультрабазитах привели авторов к выводу, что наи-

более близким по структурному положению, составу, степени метаморфизма вмещающих пород, геологическому строению ультрабазитовых тел, их петрографическому и химическому составам явля-



**Рис. 4. Модель образования ультрабазитов:**

а-г — см. текст; 1 — вулканогенно-осадочная толща; 2 — ультраосновной расплав (породы); 3 — сульфидный расплав (руда)

ется одно из крупнейших сульфидных медно-никелевых месторождений в Северном Китае — Джинчуань, расположенное в складчатом обрамлении Сино-Корейского кратона [5, 7].

Используя наработанные на известных месторождениях поисковые критерии и детально изучив внутреннее строение ультрабазитовых массивов, восстанавливая их первичное залегание, можно целенаправленно проводить поисковые работы.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Арутюнян Л.А., Саргсян Г.О., Смолькин В.Ф. О никеленосности оливинов, кристаллизующихся в силикатных и сульфидно-силикатных системах // Никеленосность базит-гипербазитовых комплексов Украины, Урала, Сибири и Дальнего Востока. Апатиты, 1988. С. 78–81.
2. Глазунов О.М., Богнибов В.И., Еханин А.Г. Кингашское платиноидно-медно-никелевое месторождение. — Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2003.
3. Мехоношин А.С., Колотилина Т.Б. Платиноносные ультрамафиты Бирусинского выступа Сибирской платформы // Платина России. М., 1999. Т. III. Кн. 1. С. 97–106.
4. Мехоношин А.С., Цыпуков М.Ю., Прокочук С.И., Мельникова Р.Д. Оценка перспектив платиноносности Восточного Саяна // Платина России. М., 1995. Т. II. С. 125–132.
5. Налдретт А.Дж. Магматические сульфидные месторождения медно-никелевых и платинометалльных руд. — Санкт-Петербург: СПбГУ, 2003.
6. Платиноносность ультрабазит-базитовых комплексов юга Сибири / В.И.Богнибов, А.П.Кривенко, А.Э.Изох и др. — Новосибирск, 1995.
7. Chai G., Naldrett A. Characteristic of Ni-Cu-PGE mineralization and genesis of the Jinchuan deposit, Northwest China // Econ. Geol. 1992. Vol. 87. P. 1475–1495.

# ЭКЗОГЕННАЯ ЗОЛОТОНОСНОСТЬ



УДК 553.411.068.368 (571.15)

© Коллектив авторов, 2006

## ФАКТОРЫ ПОСТРОЕНИЯ ГЕОЛОГО-ГЕНЕТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ЗОЛОТОНОСНЫХ КОР ВЫВЕТРИВАНИЯ ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ АЛТАЕ-САЯНСКОЙ СКЛАДЧАТОЙ ОБЛАСТИ

Р.С.Родин, Н.М.Кужельный, Ю.И.Лоскутов, Л.А.Дмитриева (СНИИГГиМС Роснедра МПР России)

В последние годы значение проблемы золота в корях выветривания резко возросло. Месторождения этого типа выявлены и успешно отрабатываются в Австралии, Новой Гвинее, Центральной Африке, Бразилии, Колумбии, Перу, Индии, Вьетнаме и других районах мира. В Австралии разведано крупное месторождение золота в бокситах (Боддингтон), прогнозные ресурсы которого оцениваются в 300 т.

В России золотоносные коры выветривания установлены на Урале, Алтае, Салаире, в Кузнецком Алатау, Горной Шории, Восточном и Западном Саяне, на Енисейском кряже, Сибирской платформе, Таймыре, Витимо-Патомском нагорье, Алданском щите, Северо-Востоке и Востоке России. По данным Б.И.Беневоляского [2], добыча золота из кор выветривания в Российской Федерации достигала 31,6% от общей добычи, в то время как прогнозные ресурсы составляют 5,8%, а запасы 3,2%. Это указывает на необходимость резкого усиления исследований этого вида полезных ископаемых для выделения перспективных площадей.

В период проведения на территории бывшего СССР широкомасштабных работ на бокситы был накоплен огромный фактический материал по корам выветривания. Именно эти материалы должны лечь в основу исследований золотоносности кор выветривания, поскольку в настоящее время уже никто не сомневается в золотоносности латеритных кор и связанных с ними бокситов.

При построении моделей существуют принципиальные расхождения в базовых представлениях о задачах моделирования, принципах и методах формирования моделей, их содержании и назначении [6]. А.И.Кривцов [8] предлагает выделять следующие типы моделей: генетические, геолого-генетические, классификационно-признаковые, статистические признаковые, соподчиненных элементов,

количественные геолого-промышленные. Генетические и геолого-генетические модели месторождений как соподчиненных элементов частично отвечают классификационно-признаковым, но имеют преимущественно прогнозно-поисковую направленность. Этот тип моделей взят нами за основу.

При создании геолого-генетических моделей золотоносных кор выветривания западной части Алтае-Саянской складчатой области (АССО) нами анализировались следующие факторы их формирования — палеоклиматический, тектонический, геоморфологический, критерий субстрата, а также геофизический и геохимический.

С помощью *палеоклиматического фактора*, учитывающего два основных параметра (температуру и влажность), определяются условия выветривания в ту или иную геологическую эпоху. В соответствии с данными палинологии и палеонтологии на территории западной части АССО гумидный тропический климат господствовал в позднем триасе — ранней юре, поздней юре, с конца раннего мела по эоцен включительно, что подтверждается многочисленными находками на территории области, а также на Сибирской платформе и в прилегающих районах продуктов латеритизации (железистых кирас, бобовых и псевдоморфных бокситов, красноцветных каолиновых глин и т.п.). Климатические параметры, при которых формируются подобные образования, — это среднегодовые температуры  $+20^{\circ}\text{C}$  и выше и среднегодовые осадки более 1200 мм. Они выявлены с помощью экспериментов и к тому же соответствуют современным гумидным тропикам, расположенным между  $20^{\circ}$  северной и южной широт, где особенно широко развиты упомянутые продукты латеритизации.

*Тектонический фактор*. Формирование и сохранность кор выветривания определяются истори-

ей геологического развития рельефа. Если для их активного образования благоприятным является устойчивое медленное воздымание территории (при этом обеспечивается интенсивный дренаж), то для сохранности продуктов выветривания необходимо стабильное ее состояние с тенденцией к опусканию. О том, что в пределах западной части АССО устойчивое положение территории господствовало на протяжении всего мел-палеогенового времени, свидетельствуют многочисленные проявления кор выветривания (вплоть до латеритных с бокситами), установленные на Салаире, в Кузнецком Алатау, Горной Шории, Горном Алтае, менее — в Рудном Алтае. Максимальной сохранностью обладают многочисленные проявления кор выветривания, зачастую с бокситами, в местах, испытавших в неоген-четвертичное время устойчивое погружение. Это зоны сочленения Бийско-Барнаульской, Неня-Чумышской, Чулымо-Енисейской впадин с их складчатым окружением.

Несомненно, значительную роль в формировании кор выветривания рассматриваемого региона сыграли зоны региональных разломов и смятия. В подобных условиях, помимо атмосферных агентов выветривания, активно действуют агрессивные эндогенные водные растворы, а также тепловые потоки. Кроме того, именно в зонах разломов породы обладают повышенной трещиноватостью, что увеличивает дренаж и ускоряет процессы выщелачивания. К зонам разломов приурочена повышенная сульфидизация, окисление которой сопровождается образованием серной кислоты, усиливающей выветривание пород. Для примера отметим, что в Кузнецком Алатау и Горной Шории роль ускорителя процессов образования кор играл в мел-палеогеновое время Кузнецко-Алатауский глубинный разлом субмеридионального направления, сопровождающийся зоной смятия шириной 5–10, местами до 20 км.

*Геоморфологический фактор* — опосредованное проявление тектонического, поскольку формирование и сохранность рельефа определяются характером орогенических движений, образованием пликативных и дизъюнктивных дислокаций и их нивелировкой экзогенными процессами. Поскольку коры выветривания являются поверхностными образованиями, их состояние на сегодняшний день обусловлено морфологией рельефа.

В западной части АССО поверхности выравнивания развиты на складчатом основании и срезают многие складчатые структуры разного порядка, где наблюдаются частое переслаивание пород с наклонным залеганием, многочисленные зоны расланцевания, трещиноватости, что способствует интенсивной фильтрации метеорных вод, различ-

ных глубинных эманаций и в конечном итоге ускоряет развитие кор выветривания.

На территории АССО закартировано разное число денудационных поверхностей выравнивания: на Салаире — 5, в Горной Шории — 10, в Кузнецком Алатау — более 10 и т.д. Их возраст колеблется от среднетриасового до раннечетвертичного, однако наибольший интерес представляют мел-палеогеновые уровни рельефа, поскольку именно с ними связана основная золотоносность.

Важный элемент геоморфологического и палеоклиматического факторов прогноза золотоносности кор выветривания — наличие региональных уступов в рельефе, как правило, предопределенных региональными разломами, разделяющими разнородные структуры высокого порядка [10]. Такие уступы существуют между Западно-Сибирской плитой и Алтаем, между этой же плитой и Сибирской платформой, Енисейским кряжем, между Салаиром и Кузнецкой котловиной и т.д., а также в других регионах. Значение региональных уступов, как минимум, двойное. Во-первых, они создают преграду для влажных ветров, дующих с акваторий морей и океанов на континенты, в результате чего образуются аномально влажные зоны (осадки превосхождения). Во-вторых, в зонах региональных уступов, обусловленных разломами, породы испытывают дезинтеграцию и, как результат, возникают многочисленные останцовые формы и создаются оптимальные условия для дренажа. Помимо аномально высокой влажности и активного дренажа, в зоне региональных разломов, как правило, проявляются вулканические и поствулканические процессы, с которыми зачастую связано оруденение, в том числе и золото.

Специализированное значение геоморфологического фактора заключается в «отрисовывании» при картировании денудационных и денудационно-аккумулятивных поверхностей эрозионной (гидрографической) сети, в пределах которой мел-палеогеновые коры выветривания, как правило, не сохраняются.

Значение *геолого-литологического фактора* очевидно, поскольку коры выветривания, развиваясь по золотосодержащим породам различной формационной принадлежности (золото-кварцевой, золото-сульфидно-кварцевой, золотоносных скарнов, золотосодержащей колчеданно-полиметаллической и др.), как правило, улучшают технологические показатели руд, разрыхляя их. Несколько сложнее — определение золотоносности продуктов выветривания, образовавшихся по породам с не выявленным золотом. Особенно это относится к терригенно-карбонатно-вулканогенным углеродсо-



держанием толщам, поскольку в последние годы именно в них открыт ряд крупных и гигантских месторождений (Сухой Лог, Олимпиадинское, Мурунтау, а также месторождения типа Карлин в штате Невада, США).

Как стало известно в последние годы, в качестве источников золота для россыпей могут служить бокситы, оксидные марганцевые и железные руды, вермикулиты, гипергенные фосфориты, вторичные кварциты, аргиллизиты и, возможно, другие образования.

При выветривании золотосодержащего субстрата повышается пробность золота (удаляются примеси при регенерации), увеличиваются относительное содержание металла (за счет выноса из пород субстрата легкоподвижных компонентов), гранулометрический класс золотин (как за счет слипания мелких, тонких частиц, так и за счет регенерации), при этом тонкое и дисперсное золото переходит в разряд гравитационного.

Важна роль карбонатных пород среди золотоносных кор выветривания по черносланцевым комплексам. Во-первых, карбонатные породы могут быть золотосодержащими [3, 7], а попав в зону гипергенеза, они становятся более богатыми по содержанию золота за счет выщелачивания карбонатной составляющей. Во-вторых, развитие карста приводит к образованию депрессионных форм, в которых может накапливаться и сохраняться от денудации нерастворимый остаток, в том числе и золото. Разрушение карбонатных пород сопровождается выделением большого количества углекислоты, которая способствует интенсивному выветриванию.

*Геохимический фактор.* В геохимических полях индикаторами золотоносности кор выветривания служат вторичные ореолы рассеяния золота и элементов-спутников (Co, Ni, Mo, As, Hg, Bi, Sb, Be, Te, Ba, Y, V, W и др.), коррелятивные коэффициенты отдельных элементов-спутников с золотом и между собой, мультипликативные ореолы рассеяния.

Значение *геофизического фактора* (Н.А.Гладков и др., 1995; Р.С.Родин и др., 1978) сводится к учету градиентных сложно построенных аномальных зон (ступеней) в гравитационном поле, отражающих глубинные разломы, которые контролируют оруденение, в том числе золотое, а также линейных магнитных аномалий, проявляющихся на отдельных участках в виде сложно построенных аномальных узлов. Все известные рудно-россыпные узлы, как это установлено для Горной Шории (Ортон-Федоровский, Казский, Кондомский, Каурчакский и ряд других), тяготеют к площадям распространения слабо отрицательных или нормальных аэромагнитных полей.

В рудоконтролирующих глубинных разломах АССО проявляются линейно вытянутые региональные аномалии естественного электрического поля [4], с которыми связаны многие золоторудные и россыпные месторождения Горной Шории, Салаира, Горного Алтая, Восточного Саяна.

Золотоносные коры выветривания в пределах известных рудно-россыпных площадей (Кара-Кичинская рудная зона, район Джелсайского и Майского месторождений, Коуринская и Каурчакская площади) часто сопровождаются характерными знакопеременными локальными магнитными аномалиями различной интенсивности.

На основании перечисленных факторов нами составлены карты кор выветривания, геолого-литологическая (субстрата), золотоносности и геоморфологическая (специализированная на золото), которые могут использоваться для прогноза на золото, связанное с корами выветривания, и считаться картографической моделью.

Методика составления карты кор выветривания (рис. 1) — общепринятая для карт подобного содержания и масштаба. В качестве топографической основы использованы разгруженные топографические карты м-ба 1:200 000. В легенде отражены типы кор выветривания по морфологии (площадные, линейные) и минеральному составу. Показаны площади развития продуктов ближнего переротложения коры выветривания. На алюмосиликатном субстрате они выполняют эрозионные понижения в древнем рельефе, а на карбонатных отложениях — карстовые депрессии, западины и т.д. Учитывая характер развития элювиальных образований как тел, не имеющих в плане резких границ, последние в некоторой степени являются условными. Кроме того, в пределах полей развития элювия могут встречаться участки, где элювий отсутствует. Площадные коры выветривания изображены контурами в масштабе карты, а немасштабные проявления — соответствующим знаком. Протяженность линейных кор выветривания показана в масштабе, а горизонтальная мощность — вне масштаба. Одиночные карсты также показаны вне масштаба, а площади широкого их развития (карстовые поля) — в масштабе. В разрыве контуров полей элювия и около соответствующих знаков, где имеются сведения, даны максимальная мощность и минеральный состав.

По минеральному составу выделяются каолиновый, гидрослюдистый, монтмориллонитовый, окристый (бурожелезняковый), марганцовистый, маршаллитовый, фосфатный и другие типы. Специальными индексами отмечено присутствие в корях выветривания гиббсита, галлуазита, алюмогидрокальцита. Мономинеральные коры выветривания

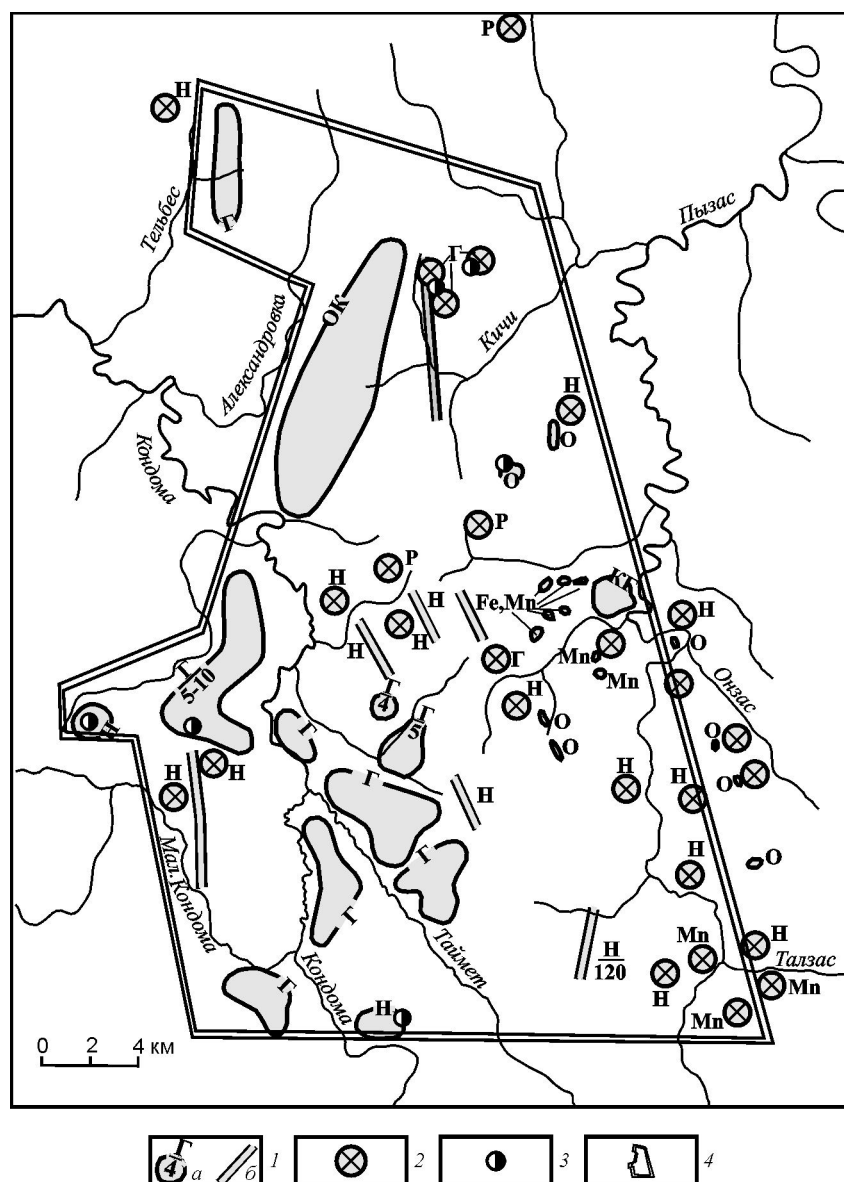


Рис. 1. Фрагмент карты мезозойско-кайнозойских кор выветривания Горной Шории:

1 —  $\epsilon\dot{\iota}\delta\dot{\upsilon}$   $\acute{\alpha}\nu\acute{\alpha}\alpha\delta\epsilon\acute{\alpha}\acute{\alpha}\acute{\iota}\epsilon\upsilon$ :  $a$  —  $\tau\epsilon\dot{\iota}\nu\acute{\alpha}\alpha\acute{\iota}\acute{\upsilon}\acute{\alpha}$ ,  $\sigma$  —  $\epsilon\epsilon\acute{\iota}\acute{\alpha}\epsilon\acute{\iota}\acute{\upsilon}\acute{\alpha}$  ( $\acute{\alpha}$  —  $\epsilon\eta\epsilon\epsilon\delta\acute{\alpha}\epsilon\acute{\alpha}$  —  $\iota\epsilon\acute{\iota}\delta\acute{\alpha}\epsilon\upsilon\acute{\iota}\acute{\upsilon}\epsilon$   $\eta\eta\eta\delta\acute{\alpha}\acute{\alpha}$ ,  $\acute{\alpha}$   $\epsilon\iota\acute{\alpha}\acute{\iota}\acute{\alpha}\acute{\iota}\delta\acute{\alpha}\epsilon\acute{\alpha}$  —  $\eta\eta\eta\eta\delta\dot{\upsilon}$   $\epsilon\dot{\iota}\delta\dot{\upsilon}$ ); 2 —  $\tau\delta\acute{\iota}\alpha\sigma\epsilon\delta\dot{\upsilon}$   $\acute{\alpha}\nu\acute{\alpha}\alpha\delta\epsilon\acute{\alpha}\acute{\alpha}\acute{\iota}\epsilon\upsilon$   $\acute{\alpha}$   $\epsilon\alpha\delta\eta\delta\acute{\alpha}\delta$ ; 3 —  $\epsilon\dot{\iota}\delta\dot{\upsilon}$   $\acute{\alpha}\nu\acute{\alpha}\alpha\delta\epsilon\acute{\alpha}\acute{\alpha}\acute{\iota}\epsilon\upsilon$   $\eta$   $\sigma\eta\delta\alpha\acute{\iota}\tau\epsilon\acute{\alpha}\epsilon\acute{\iota}\acute{\upsilon}\epsilon$   $\epsilon\tau\epsilon\acute{\iota}\sigma\eta\eta\eta\eta\delta\dot{\upsilon}$ ; 4 —  $\epsilon\dot{\iota}\delta\dot{\upsilon}\delta$   $\tau\acute{\alpha}\delta\eta\tau\acute{\alpha}\epsilon\delta\epsilon\acute{\alpha}\eta\acute{\epsilon}$   $\tau\epsilon\dot{\iota}\nu\acute{\alpha}\acute{\alpha}\epsilon$ ;  $\tau\delta\acute{\alpha}\acute{\iota}\acute{\alpha}\epsilon\acute{\alpha}\acute{\alpha}\eta\eta\epsilon$   $\iota\epsilon\acute{\iota}\delta\acute{\alpha}\epsilon\upsilon\acute{\iota}\acute{\upsilon}\epsilon$   $\eta\eta\eta\delta\acute{\alpha}\acute{\alpha}$ :  $\acute{\epsilon}$  —  $\epsilon\acute{\alpha}\tau\epsilon\epsilon\acute{\iota}\epsilon\delta\acute{\iota}\acute{\upsilon}\acute{\alpha}\acute{\upsilon}\epsilon$ ,  $\acute{\alpha}$  —  $\acute{\alpha}\epsilon\alpha\delta\eta\eta\epsilon\eta\epsilon\eta\delta\acute{\upsilon}\epsilon$ ,  $\acute{\iota}$  —  $\acute{\iota}\delta\delta\epsilon\eta\delta\acute{\upsilon}\epsilon$ ,  $Mn$  —  $\acute{\iota}\delta\acute{\alpha}\acute{\alpha}\acute{\iota}\delta\acute{\iota}\acute{\alpha}\epsilon\eta\delta\acute{\upsilon}\epsilon$ ,  $Fe$ ,  $Mn$  —  $\acute{\alpha}\epsilon\acute{\alpha}\epsilon\epsilon\eta\delta\acute{\upsilon}\epsilon$  —  $\acute{\iota}\delta\acute{\alpha}\acute{\alpha}\acute{\iota}\delta\acute{\iota}\acute{\alpha}\epsilon\eta\delta\acute{\upsilon}\epsilon$ ,  $P$  —  $\sigma\eta\delta\alpha\delta\acute{\iota}\acute{\upsilon}\epsilon$ ,  $\acute{\epsilon}\acute{\alpha}$ ,  $\acute{\iota}\acute{\epsilon}$  —  $\eta\epsilon\acute{\iota}\acute{\alpha}\acute{\iota}\acute{\upsilon}\epsilon$  ( $\epsilon\acute{\alpha}\tau\epsilon\epsilon\acute{\iota}\epsilon\delta\acute{\upsilon}$  —  $\acute{\alpha}\epsilon\alpha\delta\eta\eta\epsilon\eta\delta\acute{\upsilon}\epsilon$   $\epsilon$   $\delta$ . $\acute{\alpha}$ ),  $H$  —  $\acute{\iota}\alpha\delta$   $\acute{\alpha}\acute{\alpha}\acute{\iota}\acute{\upsilon}\delta$

встречаются редко, поэтому сложный их состав отражен сочетанием соответствующих знаков. Специальным знаком отражены коры выветривания с неизвестными мощностью и минеральным составом. Отдельным знаком в разрыве контура показаны распространение продуктов их ближнего перетолжения, места, где в продуктах коры выветривания установлено золото, вне зависимости от его количества.

При прочих равных условиях перспективными на золото будут более зрелые продукты выветривания, к которым, по современным представлениям, относится элювий, содержащий гиббсит, оксиды железа, марганца и т.д. Золотоносность элювия с гиббситом, в том числе и бокситоносного, установлена во многих районах в России (Кузнецкий Ала-тау, Салаир, Енисейский кряж и т.д.) и за рубежом (Австралия, Бразилия и т.д.). Марганценозные ко-

ры выветривания с промышленным содержанием золота (до 10 г/т) нами обнаружены на Дурновском марганцевом месторождении на Салаире [5]. Они эксплуатируются на Мурзинском месторождении на северо-западе Горного Алтая. Золотоносность оксидных марганцевых руд (1,5 г/т) известна также на Сунгайском месторождении, Тягунском и других проявлениях (Салаир), Новофирсовском месторождении и ряде проявлений в Горном Алтае. В этом отношении весьма интересны оксидные марганцевые руды Усинского месторождения в Кузнецком Алатау. На его площади и в прилегающем районе развиты многочисленные проявления золота, по р. Уса и ее притокам — россыпи золота, которые ранее обрабатывались. Охристые (бурожелезняковые) коры выветривания часто развиваются по сульфидизированным породам и характеризуются повышенным содержанием золота. Они известны во многих пунктах западной части Алтае-Саянской складчатой области.

В последние годы установлены растворимость золота и возможность его переноса и осаждения на различных, прежде всего щелочных, геохимических барьерах. В связи с этим можно полагать, что золотоносные коры выветривания формируются не только по породам с повышенным содержанием золота, но и с кларковым. Заслуживают внимания продукты коры выветривания на контактах карбонатных и алюмосиликатных пород (линейные коры выветривания, отложения, выполняющие карсты и т.д.). С этих позиций можно рассматривать обогащение золотом плотика россыпей на карбонатных отложениях, что характерно для западной части Алтае-Саянской складчатой области.

Геолого-литологическая карта (рис. 2) отражает состав пород субстрата, на котором формировались коры выветривания. Используются опубликованные и фондовые картографические материалы м-ов 1:1 000 000, 1:500 000, 1:200 000 и объяснительные записки к ним.

Созданные геолого-литологические карты м-ба 1:500 000 не предназначены для определения состава субстрата для конкретных проявлений кор выветривания. Их значение заключается в информации о комплексах пород, которые развиты в прогнозируемом регионе. К примеру, в центральной части Салаира широко развиты породы аламбайской свиты (венд–нижний кембрий), представленной терригенными (алевролиты, сланцы, песчаники), карбонатными и вулканогенными (эффузивно-осадочными) образованиями. Развитые по ним коры выветривания различаются: по составу — гидрослюдистые, каолинитовые, вплоть до латеритных с бокситами; по морфологии — площадные, линейные, вплоть до выполняющих карстовые депрессии, ес-

ли позволяет субстрат; по набору полезных компонентов (Mn, Al, Fe, Au, Ni, P и т.д.). В этом же регионе в зоне гипергенеза зафиксированы гипербазитовые массивы, на которых сформировались весьма своеобразные нонtronитовые коры выветривания, в продуктах конечного гидролиза которых выявлены высокие концентрации Co, Ni, Mn.

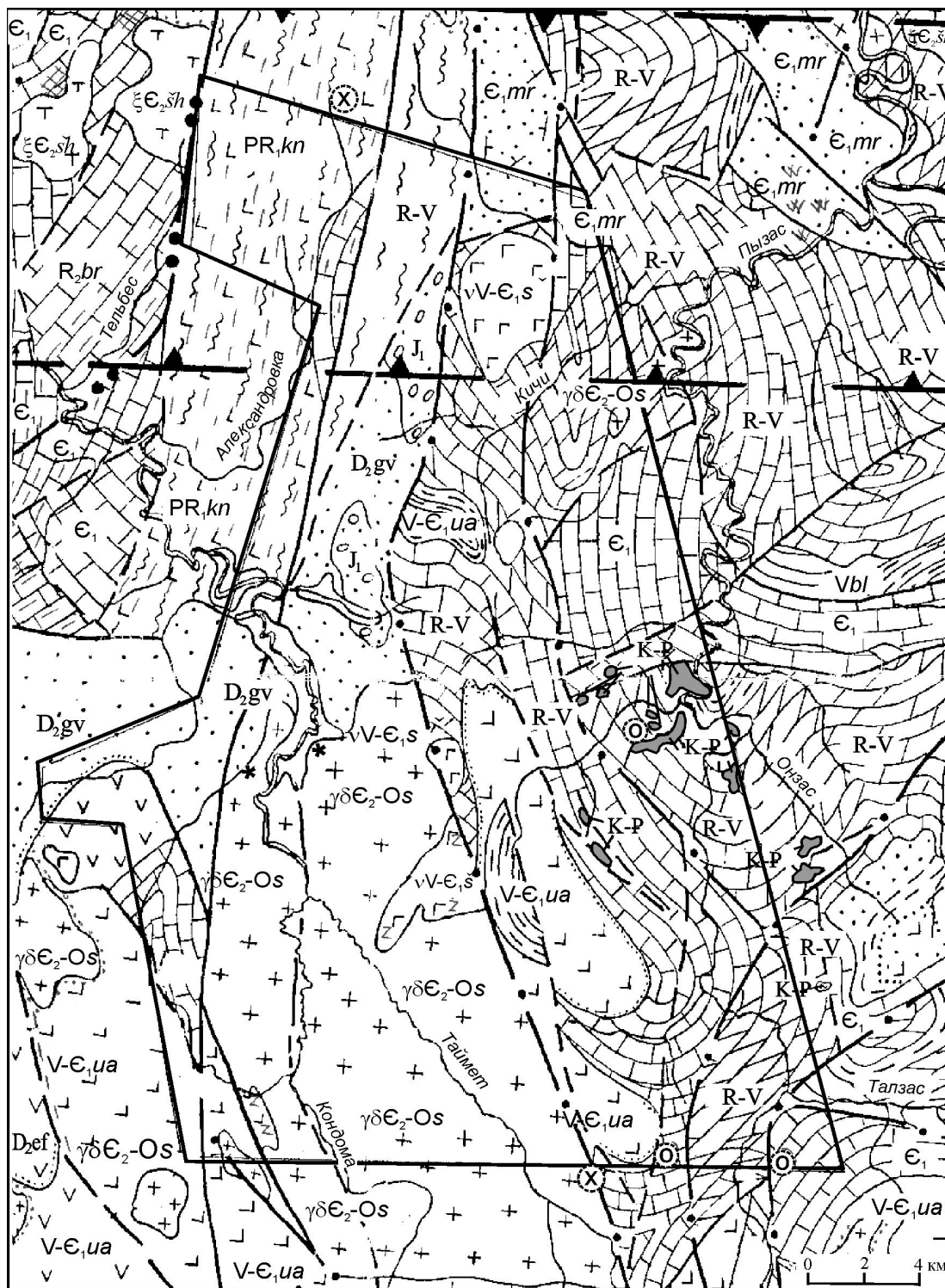
Карта золотоносности (рис. 3) для выявления золотоносных кор выветривания строится с учетом собственно рудоносных формаций коренного золота, золотосодержащих, рудных — потенциально золотоносных и россыпной золотоносности.

К собственно золоторудным формациям в АССО относятся золото-сульфидно-кварцевая (плутоногенно-гидротермальная), золото-алюмосиликатная (скарновая), золото-серебро-сульфидная (эпитермальная), золотоносных конгломератов (осадочная). К золотосодержащим формациям принадлежат железорудная (скарновая), меднорудная (скарновая), колчеданно-полиметаллическая и медноколчеданная (гидротермально-метасоматические), серебро-кварцевая (гидротермальная) и некоторые другие с оруденением, в котором золото присутствует в качестве второстепенного компонента.

Прямым признаком проявления гипергенных процессов на рудных объектах служат зоны окисления, в которых нередко накапливается золото. Информация о зонах окисления на карте фиксируется дополнительным обозначением на знаке оруденения. Кроме того, на карту выносятся потенциально золотоносные объекты, в которых обнаружено присутствие золота или оно предполагается по аналогии с уже известными проявлениями. Среди многочисленных потенциально золотоносных проявлений указываются те, в которых золото обнаружено. Выделяются эндогенные и экзогенные группы потенциально золотоносных формаций. К эндогенным отнесены плутоногенные формации — хромитовая, титаномагнетитовая, скарново-боросиликатная, к гидротермальным — кварц-флюоритовая, магнетитовая, сурьмяная, ртутная, к метасоматическим — кварцитовая и др.

Особое значение для выявления золотоносных кор выветривания имеют экзогенные потенциально золотоносные формации — марганцовистая (инфильтрационная и элювиальная), бурожелезняковая (инфильтрационная и элювиальная), глинистая (элювиальная и ближнего переотложения), бокситовая латеритная (элювиальная и карстовая).

Еще А.Я.Булынниковым [1] на Салаире подмечено пространственное сопряжение зон сульфидного оруденения с бурыми железняками, бокситами, огнеупорными глинами, марганцевыми скоплениями, а также с кварцевыми жилами, кварцитами



K-P	1	J <sub>1</sub>	2	D <sub>2</sub> gv	3	D <sub>2</sub> ef	4	E <sub>1</sub>	5	E <sub>1</sub> mr	6	V-E,ua	7	Vbl	8	R-V	9	R <sub>2</sub> ,br	10
PR,kn	11	γδE <sub>2</sub> -Os	12	ξE <sub>2</sub> sh	13	vV-E,s	14	■	15	⋯	16	⊙	17	▬	18	▬	19	▬	20
▬	21	▬	22	┌┐	23	∇∇	24	□	25	┌┐	26	+ x +	27	▨	28	∇∇	29	***	30
⊙	31	⊗	32	z z	33	⊙	34	▨	35	▨	36	▬	37	▬	38	▬	39	▬	40

и россыпями золота. По его мнению, данный комплекс полезных ископаемых связан с древней корой выветривания. Проявления бурых железняков часто представляют собой останцы «железных шляп» сульфидных проявлений. В них концентрируется золото, имеющее геохимическое сродство с железом и освобождающееся при разложении сульфидов. Та же связь золота прослеживается и с марганцевыми образованиями кор выветривания.

Латеритные коры выветривания рассматриваются как потенциальный источник золотого оруденения. Поэтому на карте золотоносности показаны все проявления бокситов, связанные с образованиями кор выветривания того же возраста. Нередко латеритные коры выветривания развиваются по породам глинисто-сланцевых толщ, в которых интенсивно проявлялись процессы эруптивной деятельности, окварцевания (мощные жилы кварца или микрокварцитов) и метасоматоза. Все эти процессы часто сопровождаются сульфидной и кварцевой минерализацией, приводящей к обогащению рудными компонентами материнского субстрата коры выветривания.

Для полноты картины золотоносности рассматриваемой территории на карту золотоносности выносятся россыпи разных фациальных типов — аллювиальные и делювиально-аллювиальные, долинные и ложковые, аллювиальные террасово-уваль-

ные неоген-четвертичного и четвертичного возрастов. Элювиальные, делювиальные, пролювиальные преимущественно древние (палеоген-неогеновые) россыпи развиты в корях выветривания линейно-площадного и линейно-карстового типов. Они расположены на коренных источниках или в непосредственной близости от них. Наибольший интерес представляют делювиальные и аллювиальные россыпи в переотложенных красноцветных продуктах коры выветривания древних долин, ложбин и карстовых депрессий, которые могут находиться в непосредственной близости от коренных источников.

Таким образом, при составлении карты золотоносности используется комплексный подход, учитывающий все возможные эндогенные и экзогенные источники золота для кор выветривания.

Специализированная геоморфологическая карта — один из основных картографических документов при прогнозировании золотоносных кор выветривания, так как формирование и сохранность последних напрямую зависят от рельефа. Для формирования кор выветривания наиболее благоприятны относительно высокие, хорошо дренируемые уровни рельефа (останцы на момент корообразования), а также прибрежные части крупных уступов между ними. Степень сохранности денудационных поверхностей в плане и, следовательно, вероятная сохранность на них кор выветривания четко фикси-

## Рис. 2. Фрагмент геолого-литологической карты Горной Шории:

*стратиграфические подразделения:* 1 — мел-палеогеновые пестроцветные глины, пески, галечники, алевролиты, сидериты, бурые угли, карстовые фосфориты; 2 — нижнеюрские конгломераты, граувакковые песчаники, глинистые и алевритовые сланцы, прослой угля; 3 — живетские песчаники, алевролиты, гравелиты, туфы среднего и основного составов, конгломераты, порфириты; 4 — эйфельские нерасчлененные красноцветные и серые песчаники, алевролиты, конгломераты; 5 — нижнекембрийские нерасчлененные известняки, сланцы, песчаники; 6 — нижнекембрийская мрасская свита — глинистые, кремнистые, глинисто-кремнистые сланцы, известняки, песчаники, конгломераты, плагиобазальтовые порфириты и их туфы, желваковые фосфориты; 7 — венд-нижнекембрийская устьянзасская свита — пироксеновые, пироксен-плагиоклазовые порфириты, эффузивы афировой структуры, туфобрекчии, агломераты, туфы, известняки, доломиты, кремнистые породы, граувакковые песчаники, прослой алевролитов и глинистых сланцев; 8 — вендская белкинская свита — известняки серые, темно-серые, черные фосфатные доломитистые, известняковые брекчии, доломиты, глинистые, кремнистые, кремнисто-глинистые сланцы, кварциты, фосфориты; 9 — рифей-вендские нерасчлененные метаморфические сланцы, известняки, доломиты, вулканы основного состава; 10 — среднерифейская баратальская свита — мраморизованные серые и темно-серые часто слоистые известняки, пласты и пачки антраконитовых мраморов и доломитов, темно-серые и черные силицилиты, глинистые и глинисто-кремнистые сланцы, базальтовые и андезитово-базальтовые вулканы; 11 — нижнепротерозойская конжинская свита — амфиболиты, гнейсы, кристаллические сланцы с прослоями мраморов, метакварциты; *интрузивные образования:* 12 — среднекембрийско-ордовикский садринский комплекс — граниты, гранодиориты, кварцевые диориты, плагиограниты, диориты, 13 — среднекембрийский шальмский комплекс — сиениты, граносиениты, нефелиновые сиениты; 14 — венд-раннекембрийский шорбинский комплекс — габбро, габбро-диабазы, габбро-диориты, диабазовые и диоритовые порфириты, габбро-пироксениты, пироксениты, габбро-перидотиты; *литологические и петрографические разности пород:* 15 — глины, 16 — песчаники, алевролиты, 17 — конгломераты, 18 — известняки, 19 — глинистые известняки, 20 — доломиты, 21 — глинистые, кремнистые, кремнисто-глинистые сланцы, 22 — метаморфические сланцы по эффузивам основного состава, 23 — лавы основного состава, 24 — лавы среднего состава; *интрузивные породы:* 25 — сиениты, 26 — габбро, 27 — гранодиориты; *вторичные изменения пород:* 28 — скарированные породы, 29 — вторичные кварциты, 30 — гидротермально-метасоматические породы, 31 — окварцевание, 32 — хлоритизация, 33 — амфиболитизация; *разрывные нарушения:* 34 — региональные глубинные (а — первого, б — второго порядков), 35 — прочие (а — установленные, б — предполагаемые); *границы:* 36 — нормальных стратиграфических и интрузивных контактов (а — достоверные, б — предполагаемые), 37 — несогласного залегания отложений, 38 — литолого-петрографических разностей пород; 39 — зоны скрытых глубинных разломов широтного простирания; 40 — контур перективной площади

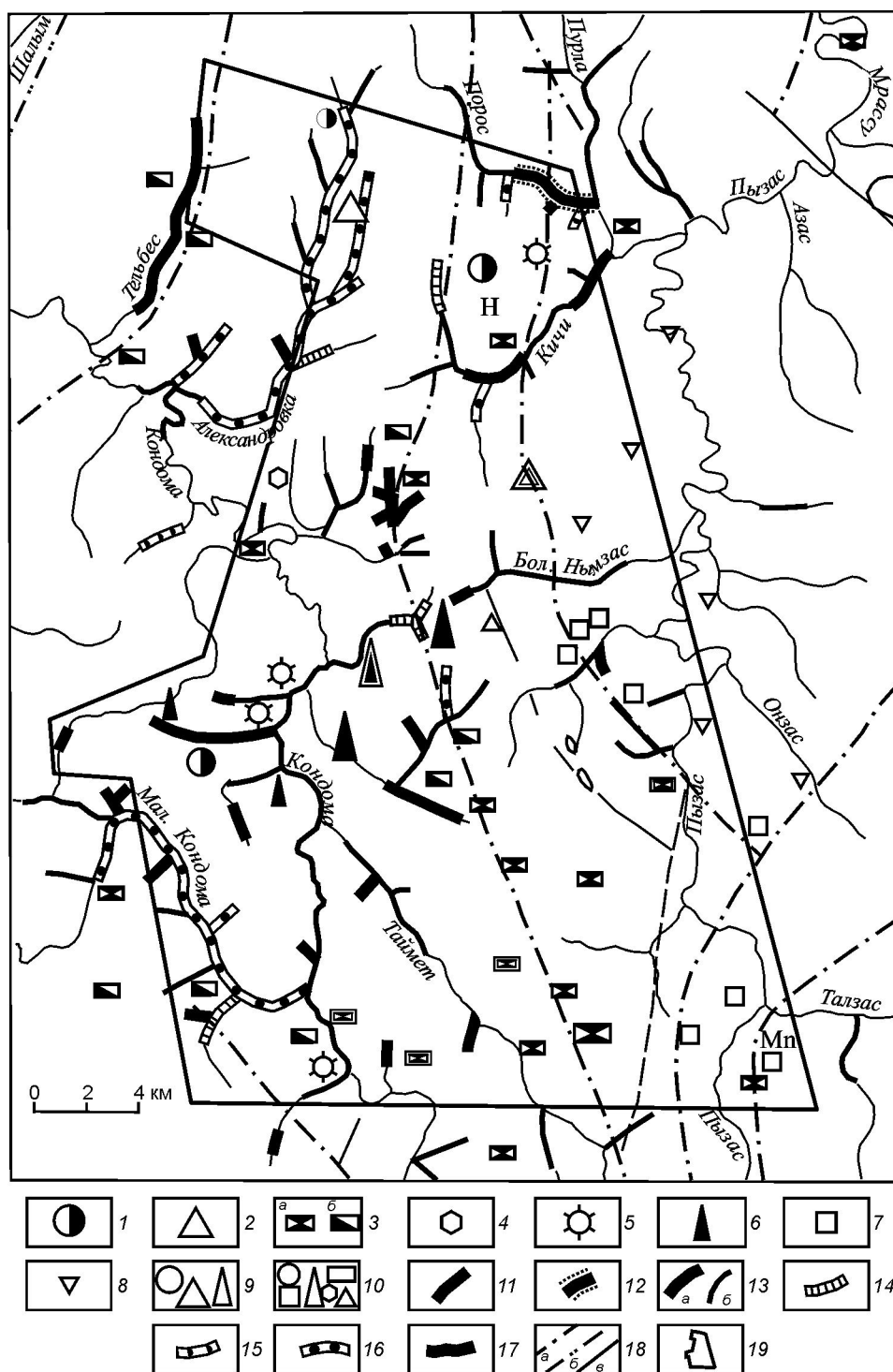


Рис. 3. Фрагмент карты золотоносности Горной Шории:

рудные формации: 1 — золото-сульфидно-кварцевая, 2–4 — золотоносные: 2 — железорудная (скарновая), 3 — колчеданно-полиметаллическая (а — колчеданно-полиметаллический, б — медноколчеданный типы), 4 — серебро-кварцевая, 5–8 — потенциально золотоносные: 5 — молибден-вольфрамовая, 6 — ртутная, 7 — марганцовистая элювиальная, 8 — фосфоритовая; масштаб оруденения (двойным контуром показана установленная золотоносность): 9 — рудопроявления, 10 — точки минерализации; генетические типы россыпей: 11 — долинные, 12 — террасовые элювиальные; 13 — значимость россыпей (а — промышленные, б — непромышленные); степень окатанности золота: 14 — неокатанное и слабоокатанное, 15 — среднеокатанное, 16 — хорошо окатанное, 17 — данных об окатанности нет; разрывные нарушения: 18 — региональные глубинные (а — первого, б — второго порядков, в — прочие); 19 — контур перспективной площади

руются на геоморфологической карте выделением склонов эрозионной гидросети. В пределах же самих денудационных поверхностей выравнивания степень сохранности кор выветривания определяется характером мезорельефа — плоским, холмистым, с карстовыми формами рельефа, отдельными скальными останцами и т.д.; перспективность площадей на прогнозируемых участках существенно ограничивается выделением контуров коронесущих уровней.

В основу геоморфологического картирования положен наиболее объективный метод картирования граней (поверхностей) рельефа. При этом возраст граней как наиболее важная характеристика рельефа показывается цветным фоном с использованием цветов геологической возрастной шкалы, генезис — знаками, морфология — частично знаками, а в основном словесным описанием в легенде.

Для оценки перспектив территории на золотоносные коры выветривания значение имеют все три вышеуказанные характеристики рельефа. Возраст граней рельефа позволяет выделить среди них дорудные (докоровые) грани, на которых впоследствии могли сформироваться и сохраниться коры выветривания с возможным гипергенным золотом, и пострудные (посткоровые), на которых в принципе не может быть рудных кор выветривания (кроме переотложенных). Генезис рельефа, т.е. разделение его граней на деструктивные (главным образом денудационные) и конструктивные (аккумулятивные), также следует отражать на специализированной геоморфологической карте, поскольку, например, пострудная аккумуляция может способствовать сохранности кор выветривания. Морфология рельефа — карстовые формы, ложбины проседания над зонами разломов, крупные уступы, скальные останцы и др. — имеет значение при выявлении форм рельефа, благоприятных (или нет) для сохранения кор выветривания и продуктов их переотложения.

Специальная нагрузка на геоморфологической карте заключается в показе участков развития кор выветривания, контуров палеодолин, карстовых форм рельефа, кольцевых и полукольцевых структур.

Таким образом, наиболее важные критерии прогноза золотоносных кор выветривания — зоны региональных разломов, смятия, трещиноватости; гидротермально измененные породы (вторичные кварциты, аргиллизиты, сульфидизированные разности, новообразованные карбонаты и т.п.); карстующиеся карбонатные породы; гипергенно измененные породы (охры, аллиты, глины как результат гидратации и гидролиза алюмосиликатов и т.п.); россыпные и коренные месторождения и проявления

золота, а также ореольная минерализация золота; сохранившиеся древние денудационные и денудационно-аккумулятивные поверхности; древние региональные уступы в рельефе; контрастные геохимические аномалии Au, Ag, Ba, Hg, Mo и других элементов-спутников золота; контрастные отрицательные аномалии Dg, региональные аномалии естественного электрического поля, магнитные аномалии различной интенсивности; радиоактивные аномалии среди карстовых полей и на площадях развития кор выветривания. Перечисленные показатели в совокупности дают возможность с определенной долей уверенности выделять перспективные локальные объекты с золотоносными корами выветривания.

На основании всех упомянутых выше карт на кальке (для совмещения) составляется карта перспективных площадей (рис. 4). В зависимости от набора прогнозных признаков они подразделяются на площади первой, второй и третьей очередей. Площади первой очереди приурочены к относительно хорошо изученным рудным полям, узлам или зонам и характеризуются широко развитыми гипергенными изменениями (зоны окисления, площадные и линейные коры выветривания, карстовые образования), в которых поисково-оценочными работами установлена повышенная золотоносность. Площади второй очереди также размещаются в рудных полях и узлах, но оруденение в их пределах изучено недостаточно, а золотоносность гипергенных образований устанавливается лишь по ряду косвенных признаков. Площади третьей очереди обычно включают коры выветривания, располагающиеся за пределами рудно-россыпных узлов, а потому характеризуются относительно слабой или не выявленной первичной золотоносностью субстрата и требуют дальнейшего изучения на стадии поисково-съёмочных работ.

Прогнозные ресурсы по перспективным площадям для постановки работ подсчитываются на основании средней удельной площадной продуктивности (коэффициент продуктивности КП), которая представляет собой отношение добычи золота из погребенных россыпей региона к суммарной площади россыпелокализирующих морфоструктур. Например, на основании данных В.В. Сыроватского и др. (1987), добыча золота из погребенных россыпей составила в Кельбесском районе 4084 кг, Салаирском — 5123 кг. Суммарная площадь, на которой формировались промышленные россыпи, в Кельбесском районе составила 100,5 км<sup>2</sup>, на Салаире — 90,2 км<sup>2</sup>. Соответственно удельная площадная продуктивность в среднем по Кельбесскому району 4084:100,5≈40 кг/км<sup>2</sup>, Салаирскому — 5123:90,7≈57 кг/км<sup>2</sup>.

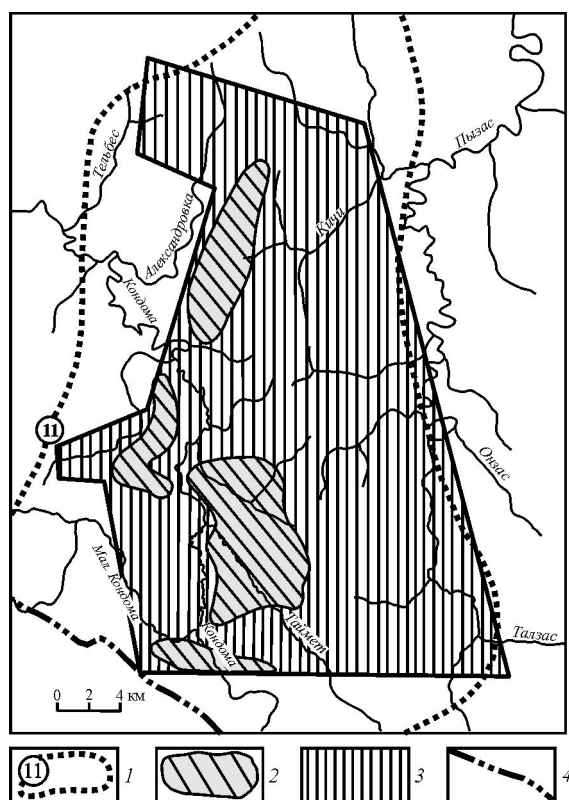


Рис. 4. Фрагмент карты-накладки перспективных площадей на золотоносные коры выветривания Горной Шории:

1 — Чугуно-Александровский рудный узел; прогнозируемые на золото площади в корях выветривания; 2 — первой очереди, 3 — второй очереди; 4 — географическая граница Горной Шории

На основании данных геоморфологической карты подсчитывается коэффициент  $K_M$ , соответствующий доле сохранившейся площади, благоприятной для корообразования в пределах перспективной площади. Так, если эта доля равна 45%, то  $K_M=0,45$ . Используется также коэффициент надежности. Для площадей первой очереди (с хорошо изученной золотоносностью субстрата и широким развитием кор выветривания) он принимается равным 1, для площадей второй очереди, в которых золотоносность изучена слабо или носит рассеянный характер, — 0,5, третьей очереди — 0,25. Площади перспективных участков рассчитываются по палетке на карте.

Таким образом, исходя из этих данных, формула расчета прогнозных ресурсов имеет вид:

$$P=KP \cdot S \cdot K_M \cdot K_N,$$

где КП — коэффициент удельной площадной продуктивности ( $\text{кг}/\text{км}^2$ );  $S$  — площадь перспективного участка,  $\text{км}^2$ ;  $K_M$  — коэффициент, отражающий

долю сохранившейся площади, благоприятной для корообразования, от общей площади;  $K_N$  — коэффициент надежности.

Иногда на ряде перспективных площадей отдельно рассчитываются прогнозные ресурсы золота в окисленных рудах и карстовых образованиях золоторудных и золотосодержащих полей. Можно осуществлять прямой их подсчет, учитывая известные параметры кор выветривания, содержащих окисленные руды (длина, ширина, мощность, удельный вес, содержание золота), или использовать другие варианты. Так, в пределах Синюхинского рудного поля расчет ресурсов золота в рудном карсте ( $P$ ) производился исходя из определенного Л.А.Линниковой (2000) веса карстовых образований и принятого нами (по Ю.Г.Щербакову, 1961) содержания золота в зоне окисления этого рудного поля ( $C$ ), по формуле  $P=V \cdot C$ .

Прогнозные ресурсы окисленных руд на Синюхинском и Ульменском золоторудных полях рассчитывались на основании известных ресурсов эндогенного оруденения, вычисленных до глубины 500 м (Рубаха, Горбачев, 1998; Гусев, 2000). Поскольку глубина зоны окисления на обоих рудных полях в среднем 40 м, доля ресурсов золота окисленных руд составила 1/12,5 часть от общих ресурсов. Для западной части Сийской перспективной площади использован метод аналогии. А.Е.Аввакумовым (2000) ресурсы золота ( $p$ ) были подсчитаны в красноцветных глинах коры выветривания на отрезке длиной ( $l$ ) 0,5 км. Так как золотоносность подобных отложений установлена на протяжении ( $L$ ) 15 км, то общие ресурсы ( $P$ ) рассчитаны по формуле  $P=(p \cdot L):l$ .

При определении очередности перспективных участков и категоричности прогнозных ресурсов нами использовалось методическое пособие, составленное во ВСЕГЕИ П.Ф.Ли [9].

На Салаире выделено 18 перспективных площадей (девять первоочередных), прогнозные ресурсы золота которых составляют 358 т, в том числе по  $P_1$  26,  $P_2$  49,  $P_3$  283 т (из них 24 т Au в Сунгайском месторождении оксидного марганца).

В Горной Шории намечено 27 перспективных площадей (12 первоочередных). Прогнозные ресурсы золота на этих площадях по категории  $P_3$  составляют 163 т (в том числе 23,24 т золота в оксидных марганцевых рудах Усинского и Чеболдагского месторождений).

В пределах Кузнецкого Алатау выделено 70 перспективных площадей (35 первоочередных) с прогнозными ресурсами 528 т Au, в том числе по  $P_1$  0,15,  $P_2$  36,  $P_3$  491,7 т (8,8 т Au из месторождений бокситов и лимонитовых руд).



На севере Алтая, включая Рудный и Горный Алтай, выделены 42 перспективные площади (14 первоочередных), запасы и прогнозные ресурсы которых составляют 325 т Au, в том числе по  $C_2$  0,93,  $P_1$  15,6,  $P_2$  99,  $P_3$  210 т.

Таким образом, в целом в западной части АССО на исследованных территориях прогнозные ресурсы золота в корах выветривания по категориям  $P_1+P_2+P_3$  составляют 1374 т.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Булытников А.Я. Золотооруденение Салаирского кряжа // Вестн. Зап.-Сиб. геол. упр. 1940. Вып. 3–4. С. 20–29.
2. Беневольский Б.И. Золото России: Проблемы использования и воспроизводства минерально-сырьевой базы. – М.: Геоинформмарк, 1995.
3. Воларович Г.П. Месторождения золота России в карбонатных породах // Руды и металлы. 1996. № 2. С. 76–85.
4. Гладков Н.А., Бакирт Ф.Е. Региональные естественные электрические поля и их поисковое значение // Геология и геофизика. 1984. № 2. С. 114–119.
5. Дурновское месторождение — новый золото-марганцевый тип (Северо-Восточный Салаир) / Н.М.Кужельный, З.В.Кужельная, А.А.Потапов и др. // Отечественная геология. 1996. № 4. С. 28.
6. Козловский Е.А., Кривцов А.И. Моделирование рудных месторождений: направления и задачи // Советская геология. 1988. № 3. С. 3–8.
7. Константинов М.М. Золоторудные месторождения типа Карлин и критерии их выявления // Руды и металлы. 2000. № 1. С. 70–76.
8. Кривцов А.И. Модели рудных месторождений. – М.: ВИЭМС, 1989.
9. Ли П.Ф. Поиск месторождений полезных ископаемых, связанных с корой выветривания: Методическое пособие по геологической съемке масштаба 1:50 000. – Л.: Недра, 1983.
10. Родин Р.С., Филатов В.Ф. Условия образования и размещения латеритов в тропическом поясе Земли и локализация областей бокситообразования на Сибирской платформе // Минералогия зоны гипергенеза. М., 1980. С. 174–180.
11. Щербаков Ю.Г. Некоторые закономерности золотооруденения на Синюхинском месторождении // Геология и геофизика. 1992. № 5. С. 91–99.

УДК 553.411:551.311.231 (083.133)

© В.Б.Голенев, 2006

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МНОГОФАКТОРНЫХ МОДЕЛЕЙ ЗОЛОТОНОСНЫХ КОР ВЫВЕТРИВАНИЯ ПРИ ГЕОЛОГО- ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ОЦЕНКЕ

В.Б.Голенев (ЦНИГРИ Роснедра МПР России)

На ранних этапах изучения месторождения (стадии поисков и начало оценки) возможна экспрессная оценка целесообразности вовлечения объекта в промышленное освоение. Отличие ее от геолого-экономической оценки по результатам геологоразведочных работ более поздних стадий заключается, во-первых, в отсутствии варьируемых параметров кондиций и технико-экономических показателей в связи с тем, что для установления влияния того или иного из них на масштабы и качество объекта недостаточно исходных данных и, во-вторых, в широкой возможности использования многофакторных геолого-промышленных моделей.

Оптимальный состав моделей для геолого-экономической оценки еще не оцененных и не разведанных месторождений (рудопроявлений) золота в корах выветривания включает элементы, определяющие выбор:

способа разработки;

минимального среднего содержания золота по выветрелым рудам в целом (аналог предельного содержания  $C_{пр}$  существовавших в бывшем СССР браковочных кондиций [3]);

возможной полной себестоимости добычи и переработки 1 т руды;

ожидаемой себестоимости 1 г золота;

ориентировочного объема капитальных вложений в освоение месторождения.

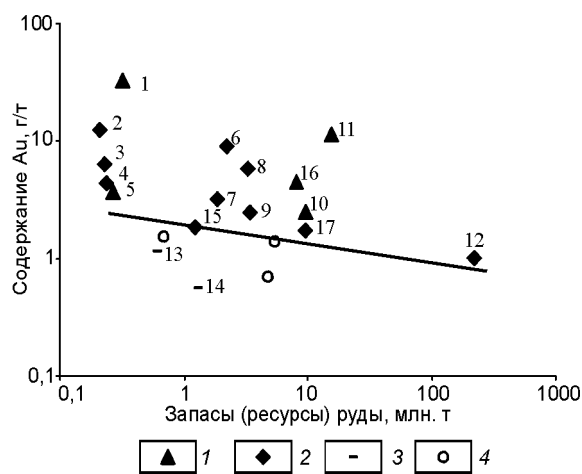
**Модель для определения способа разработки золотоносных кор выветривания.** Основные геологические факторы, определяющие эффективность разработки месторождений — количество и качество запасов. В зависимости от этих параметров для эксплуатируемых или находящихся на стадии составления проекта на разработку месторождений золота в корах выветривания отстроена геолого-промышленная модель (рис. 1), позволяющая прогнозировать возможный способ освоения объ-

екта. Месторождения, целесообразность разработ ки которых открытым способом доказана государственной экспертизой ТЭО кондиций, на модели располагаются выше линии А–А, а подземным выщелачиванием (ПВ) или объекты, эксплуатация которых открытым способом в настоящее время экономически не эффективна, — ниже этой линии. Линия, разделяющая модель на два поля, задается уравнением:

$$C = 10^{0,31 - 0,1373 \lg Q_r},$$

где  $Q_r$  — геологические запасы (ресурсы) руды в интервале от 0,2 до 200 млн. т;  $C$  — минимальное содержание золота (г/т) в рудах (ресурсах), при котором возможна разработка открытым способом.

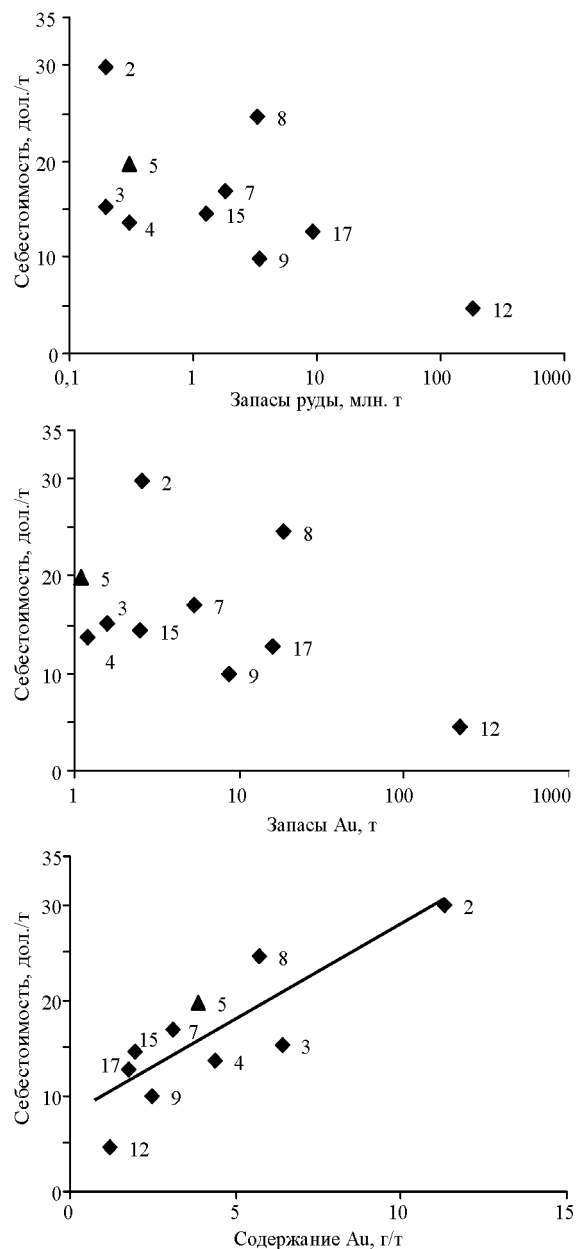
По завершении поисков или в начале стадии оценки имеются данные о количестве и качестве прогнозных ресурсов категории  $P_1$  или даже частично запасов категории  $C_2$ . Простой вынос этих параметров (по сумме запасов и ресурсов) в виде точки на модель «количество–качество» покажет перспективы рассматриваемого объекта в отношении возможного способа его разработки. Если точка окажется в области выше линии А–А, соединяющей



**Рис. 1. Модель для определения способа разработки месторождений золота в корах выветривания, по материалам ТЭО, прошедшим государственную экспертизу:**

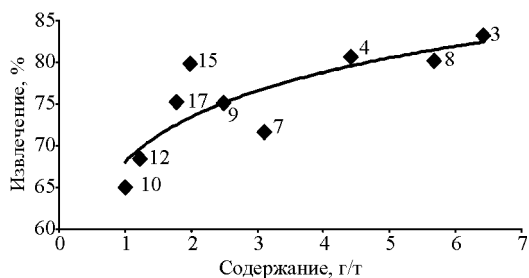
месторождения, разрабатываемые открытым способом с переработкой руд: 1 — на ЗИФ, 2 — кучным выщелачиванием; 3 — месторождения, разрабатываемые ПВ; 4 — объекты, не удовлетворяющие требованиям промышленности к открытой разработке; месторождения: 1 — Тас-Юряхское, 2 — Березняковское, 3 — Кировское, 4 — Самсоновское, 5 — Тамбовское, 6 — Суздальское, 7 — Каменское, 8 — Воронцовское, 9 — Самолазовское, 10 — Светлинское, 11 — Олимпиадинское, 12 — Куранахское, 13 — Гагарское, 14 — Маминское, 15 — Погромное, 16 — Покровское, 17 — Таборное

месторождения Погромное и Куранахское, то объект может быть рентабельно разработан открытым способом. Если ниже — следует рассмотреть вариант повышения бортового содержания, при котором подсчитаны ресурсы (запасы), или возможность применения другого способа разработки (ПВ). Линия А–А проведена при цене золота 300–350 руб. за 1 г. Если на момент оценки цена выйдет за пределы указанного интервала, то необходимо в содержание



**Рис. 2. Модели зависимости полной себестоимости 1 т руды от количества и качества выветрелых руд, по материалам ТЭО, прошедшим государственную экспертизу:**

усл. обозн. см. рис. 1



**Рис. 3. Модель зависимости сквозного извлечения металла кучным выщелачиванием от содержания золота в рудах, по материалам ТЭО, прошедшим государственную экспертизу:**

усл. обозн. см. рис. 1

золота рассматриваемого объекта ввести коэффициент, величина которого вычисляется по формуле:

$$C_{испр} = C_{факт} \cdot 325 / C_{тек},$$

где  $C_{тек}$  — текущая цена золота в рублях за 1 г.

Для исправленного содержания определяется положение объекта на модели. Вводить поправки на содержание следует только в том случае, если изменение цены на металл не сопровождается изменением себестоимости добычи той же направленности, что наблюдается крайне редко.

**Модель экспрессной оценки для разработки ПВ.** В случае принятия решения о целесообразности разработки месторождения ПВ, при отсутствии натуральных геотехнологических испытаний, позволяющих определить величину Ж:Т, минимальное среднее содержание золота по месторождению в целом принимается по аналогии с Гагарским и Маминским месторождениями, равным 0,5 г/т. Если величина Ж:Т определена по лабораторным испытаниям, то минимальное среднее (предельное) содержание золота по месторождению находится по формуле, выведенной с использованием исследований М.В.Шумилина и др. [2] для месторождений урана гидrogenного типа:

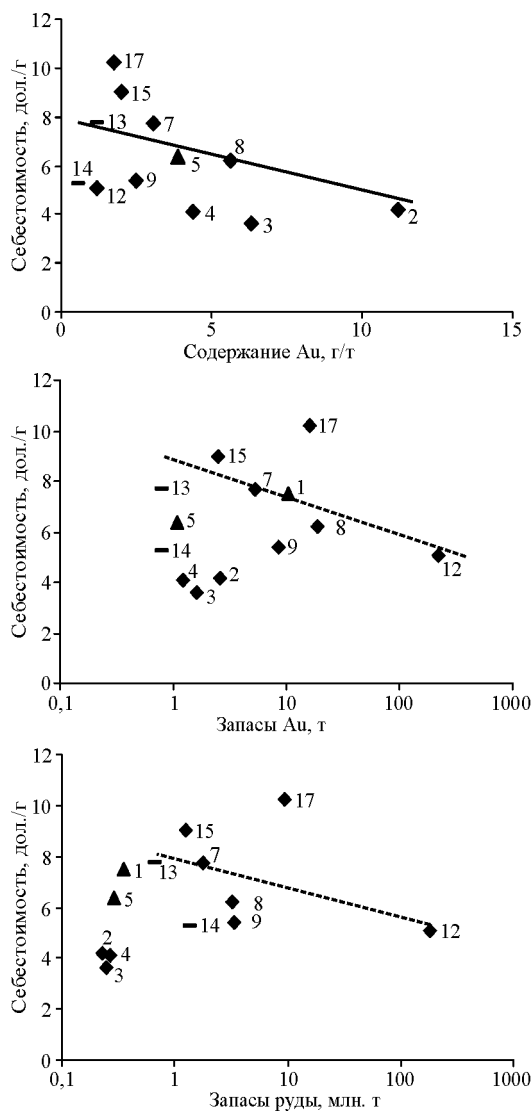
$$C_{пр} = \frac{C_p \cdot M \cdot F}{I \cdot m},$$

где  $C_p$  — средняя концентрация золота в продуктивных растворах в г/т, не ниже 0,3;  $I$  — извлечение металла в раствор в долях единицы, не более 0,8;  $M$  — средняя мощность рудовмещающего водоносного горизонта;  $m$  — средняя мощность рудного тела.  $M$  и  $m$  принимаются одинаковыми, если отсутствуют фактические их значения.

Оценка производится в пределах геологических границ обводненных кор выветривания (водо-

носного горизонта). При мощности водоносного горизонта более 50 м интервалы с повышенным содержанием золота внутри него рекомендуется выделять при бортовом содержании Au в пробе 0,2 г/т.

**Модель экспрессной оценки для разработки открытым способом.** Для открытой разработки экспрессная оценка месторождения производится исходя из условий переработки выветрелых руд кучным выщелачиванием. Бортное содержание золота принимается по аналогии с эталонными месторождениями (табл. 1), а не методом вариантов, как на стадиях оценки и разведки. Оптимальное значение этого параметра должно находиться в ин-



**Рис. 4. Модели зависимости полной себестоимости 1 г золота от количества и качества выветрелых руд, по материалам ТЭО, прошедшим государственную экспертизу:**

усл. обозн. см. рис. 1

1. Состав, параметры кондиций и основные технико-экономические показатели освоения месторождений золота в корях выветривания,  
по данным ТЭО кондиций, прошедшим государственную экспертизу

Наименование показателей	Месторождения									
	Тас-Юрское 1995	Тамбовское 2002	Воронцовское 1999	Кировское 1999	Самсоновское 1999	Самодановское 2000	Березняковское 2000	Каменское 2004	Гагарское 1997	Маминское 2002
Год составления ТЭО	1995	2002	1999	1999	1999	2000	2000	2004	1997	2002
Способ разработки и переработки руд	Открытый с последующей переработкой руды									
Буртовое содержание Au в пробе, г/т	3,0	1,0	1,4	1,0	1,0	0,6	0,75	0,8	Подземное выщелачивание	
Минимальная мощность рудного тела, м или минимальный меэтрамм, м/г/т	2,0	2,0	3,0	2,5	2,0	2,0	2,0	2,0	Геологические границы	
Максимальная мощность прослоя пустых пород, м	6,0	2,0	4,2	2,5	2,0	1,2	1,5	1,6	-	6,6
Минимальное содержание в краевой выработке, г/т	5,0	2,0	6,0	2,5	5,0	5,0	3,0	4,0	Не используется	
Минимальное промышленное в блоке, г/т	Равно бортовому в пробе									
Коэффициент рудоносности	Не используется									
Геологические запасы:	Нет	Исп.	Исп.	Нет	Исп.	Исп.	Нет	Исп.	Нет	Нет
руда, тыс. т	357,5	293,2	3325,0	249,1	269,2	3401,0	233,5	1759,4	660,3	1384,8
среднее содержание Au, г/т	29,5	3,9	5,7	6,4	4,4	2,54	11,3	3,1	1,2	0,56
Au, кг	10 544	1088	18 833	1589	1195	8655	2643	5400	806	783
Потери, %	1,0	3,0	2,6	4,4	4,0	1,2	4,0	4,0	Не используется	
Разубоживание, %	18,75	13,0	14,6	7,7	9,3	10,5	18,0	10,0	То же	
Коэффициент вскрыши, м <sup>3</sup> /т	Нет данных									
Сквазное извлечение Au, %	90	84	80	83*	80,5	75	75	72	67,6**	67,6**
Годовая производительность: по руде, тыс. т по Au, кг	75,2	53	700	100	50	350	160	313	130	71,2
Себестоимость добычи и переработки: 1 т руды, дол. 1 г Au, дол.	182,5	19,8	24,6	15,2	13,7	9,9	29,9	17,0		
Капитальные вложения, млн. дол.	7,6	6,4	6,2	3,6	4,1	5,4	4,2	7,7	7,7	5,2
Срок окупаемости запасами, лет	30,0	0,6***	66,9	2,3	1,0	3,8	6,1	5,2	0,8	0,4
Срок окупаемости капитальных вложений, лет	6,0	4,8	4,9	2,6	5,7	10,6	1,7	6	3,5	7,2
Годовой доход, млн. дол.	3,0	2,9	5,6	>1	1,8	3,9	1,7	4,1	2,1	1,5
Чистый дисконтированный доход, млн. дол.	-	0,27	9,0	1,5	0,65	0,38	3,45	-	0,37	0,75
Индекс доходности	1,0	0,4	-	2,6	0,5	0,9	1,6	1,9	-	-
Внутренняя норма доходности, %	-	2,0	-	-	1,52	2,2	1,3	-	-	2,7
Уровень рентабельности: к капитальным вложениям, % к эксплуатационным затратам, %	39,0	15,7	-	-	66,1	15,7	39,3	24,0	-	80,0
	18,3	45,3	13,5	67,6	65,0	9,9	56,5	17,1	46,7	187,5
	-	25,8	52,5	100,3	94,7	12,0	71,6	-	37,4	197,6

\* Фактическое по результатам разработки месторождения.

\*\* Достигнуто на Гагарском месторождении за пять лет опытной разработки, процесс не завершён.

\*\*\* Только рудник и оборотные средства (без фабрики и сопутствующей ей инфраструктуры).

тервале 0,5–1,0 г/т. При выборе значения бортового содержания следует учитывать географо-экономическое положение месторождения. В районах с развитой инфраструктурой его значение должно быть ближе к 0,5 г/т, а в удаленных — к 1 г/т.

Минимальное среднее (предельное) содержание золота в целом по месторождению определяется по известной формуле исходя из принципа равенства ценности продукции, извлекаемой из единицы запасов руды в недрах, и затрат на ее получение:

$$C_{пр} = \frac{З_p}{Ц \cdot И \cdot (1 - R)},$$

где  $З_p$  — полная себестоимость 1 т руды (в дол. США) с учетом факторов, приведенных на рис. 2. Предпочтение отдается модели, отражающей зависимость полной себестоимости от содержания золота в рудах по формуле:

$$З_p = 7,8 + 2,05C_r,$$

$C_r$  — среднее содержание золота в прогнозных ресурсах (запасах), г/т;  $Ц$  — цена реализации золота на момент оценки, дол. США;  $И$  — извлечение золота в долях единицы. При отсутствии технологического опробования принимается в зависимости от содержания золота по соответствующей модели (рис. 3) или расчетным путем по формуле:

$$И = (7,7 \ln C_r + 68) / 100,$$

$R$  — разубоживание руды в долях единицы. Принимается на основании действующих нормативных документов.

Ожидаемая себестоимость (в дол. США) 1 г золота ( $З_m$ ) при открытой добыче может быть снята с модели «себестоимость–содержание золота», приведенной на рис. 4, или вычислена по формуле:

$$З_m = 7,0 - 0,285C_r.$$

Кроме того, при выборе аналога для определения ожидаемой себестоимости конечной продукции горнорудного предприятия можно воспользоваться всей совокупностью многофакторных моделей, приведенных на рис. 4. По этим же моделям определяется ожидаемая себестоимость 1 г золота, получаемого при ПВ.

По совокупности факторов, приведенных на рис. 5, определяется ориентировочный объем капитальных вложений (в дол. США) в освоение месторождения как открытым способом, так и ПВ. Капи-

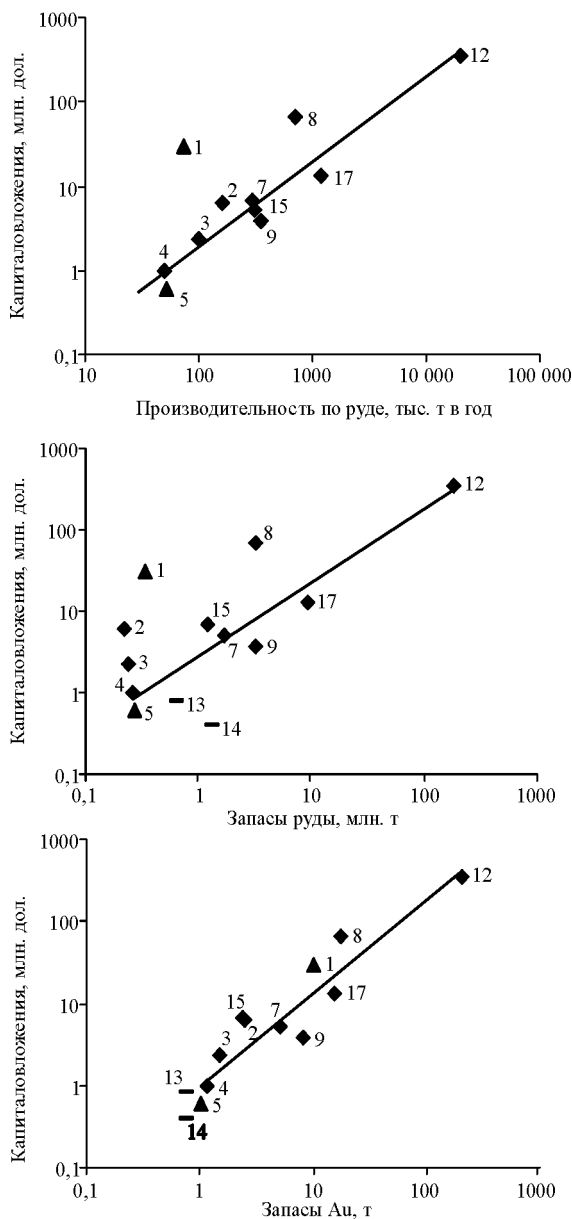


Рис. 5. Модели зависимости общих капитальных вложений в проектируемое предприятие по добыче и переработке руд из кор выветривания от его производительности и масштабов месторождения, по материалам ТЭО, прошедшим государственную экспертизу:

усл. обозн. см. рис. 1

тальные вложения для открытой разработки рекомендуется определять по модели «капиталовложения–запасы (ресурсы) золота» или вычислять по формуле:

$$K = 10^{0,1548 + 1,01361gP_r},$$

где  $P_r$  — ресурсы (запасы) золота, т.

Сравнительный анализ различными методами данных табл. 1 и рис. 1–5 с результатами оценки ко-

вого объекта позволит определить ближайший аналог для него среди месторождений, участвующих в создании геолого-промышленных моделей, и установить основные технико-экономические показатели оценки.

**Ограничительные условия применения многофакторных геолого-промышленных моделей для экспрессной оценки.** Предлагаемая экспрессная оценка имеет ряд ограничений. В первую очередь, они касаются физико-географических условий и уровня хозяйственной освоенности района расположения объектов оценки. При открытом способе разработки предлагаемые модели для определения себестоимости единицы продукции и капитальных вложений действуют в относительно освоенных в хозяйственном отношении районах Алтайского, Красноярского (юг) краев, Амурской, Иркутской (юг), Кемеровской, Новосибирской, Оренбургской, Свердловской, Тюменской, Челябинской, Читинской областей, Башкортостана, республик Бурятия, Коми, Якутия (Саха) (самые южные, непосредственно прилегающие к железной дороге территории) и других, близких к ним по климатическим, географическим и экономическим условиям, регионов.

Опираясь на данные Е.В.Блиновой и др. [1] о влиянии физико-географических условий и уровня хозяйственной освоенности отдельных районов на параметры геолого-экономической оценки, можно предположить следующее. При расположении объекта геолого-экономической оценки на неосвоенных территориях тех же регионов по физико-географическим условиям, для которых разработаны многофакторные модели, следует увеличить себестоимость добычи и объемы капиталовложений до 20%. Укрупненные среднерегionalные поправочные коэффициенты на себестоимость и капитальные затраты по отношению к нормированным условиям (приняты за единицу) приведены в табл. 2.

Рекомендации по оценке эффективности ПВ разработаны на примере освоенных в промышленном отношении районов Свердловской области. При переносе их по аналогии на другие регионы России также необходимо руководствоваться изложенными выше принципами районирования по указанным факторам.

При планировании открытой добычи следует учитывать, что область действия многофакторных моделей распространяется на карьеры с эксплуатационным коэффициентом вскрыши до 7,9 м<sup>3</sup>/т.

## 2. Региональные поправочные коэффициенты к показателям себестоимости продукции и капитальных затрат, с использованием материалов Е.В.Блиновой [1]

Административно-территориальные единицы	Поправочный коэффициент
Иркутская область (север)	1,20
Камчатская область	1,75
Корякский автономный округ	2,00
Магаданская область	
север	2,50
запад	2,10
северо-восток	2,40
восток	2,00
юг	1,75
Приморский край	1,20
Сахалинская область	2,00
Таймырский автономный округ	2,00
Хабаровский край	
север	1,75
юг	1,20
Чукотский автономный округ	2,30
Республика Саха	
север	2,50
центр	2,10
юг	1,75

Себестоимость и капитальные вложения определены по состоянию на конец 2005 г. При использовании моделей необходимо вводить соответствующие инфляционные коэффициенты.

Вместе с тем, предложенные модели позволяют отбраковать заведомо непригодные для освоения открытым способом проявления золота в корях выветривания и решить вопрос о целесообразности проведения работ по уточнению возможности вовлечения объекта в промышленное освоение.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Методическое руководство по оценке прогнозных ресурсов рудного золота*. Раздел: Геолого-экономическая оценка прогнозных ресурсов рудного золота. – М.: ЦНИГРИ, 2002.
2. *Разведка месторождений урана для отработки методом подземного выщелачивания* / М.В.Шумилин, Н.Н.Муромцев, К.Г.Бровин и др. – М.: Недра, 1985.
3. *Хрущов Н.А.* Основные принципы разработки оценочных (браковочных) кондиций для рудных месторождений на стадиях поисковых и поисково-оценочных работ // Советская геология. 1969. № 6. С. 125–130.

# ОПТИМИЗАЦИЯ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ



УДК 553.044

© Н.П.Митрофанов, А.Б.Павловский, 2006

## ЛОКАЛЬНОЕ МЕТАЛЛОГЕНИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ — ОСНОВА РАСЧЕТА ПРОГНОЗНЫХ РЕСУРСОВ

Н.П.Митрофанов, А.Б.Павловский (ВИМС Роснедра МПР России)

Время легко открываемых месторождений твердых полезных ископаемых осталось в прошлом веке. В настоящем перспективы связываются в основном с поисками слабо проявленных и скрытых рудных объектов. В связи с этим встает вопрос о достоверности оценок потенциальных и прогнозных ресурсов категорий  $P_3$  и  $P_2$ , которые даются локальным металлогеническим таксонам — рудным районам, узлам и полям [3]. Оценки ресурсов, как правило, производятся по благоприятным предпосылкам и аналогии с изученными рудоносными площадями и месторождениями (Классификация запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых, 1997). Достоверность их во многом зависит от опыта и знаний специалистов, осуществлявших прогноз, т.е. оценки являются субъективными, их нельзя воспроизвести, проверить и т.д. Авторами предлагается перейти от экспертной оценки к научно обоснованному расчету прогнозных ресурсов.

В настоящее время имеющаяся информация позволяет рассматривать локальные рудные таксоны как самостоятельные рудно-магматические системы [7, 12 и др.]. У них свои границы, объемы, вещественное наполнение, геохимические и геофизические характеристики. Знания объема системы, в которой происходила мобилизация, концентрация и рудоотложение полезного ископаемого [10], плотности слагающих пород и геохимического содержания в них рудных элементов позволяют рассчитать ее прогнозные ресурсы. Однако, чтобы провести расчеты, надо прежде всего систематизировать существующую информационную базу. Для этого необходимо следующее.

1. Разработать модели рудно-магматических систем — рудных районов, узлов и полей.

Одна из главных характеристик системы, помимо структуры и геологического наполнения, — ее

масштаб. В предлагаемом наукой ранжированном ряду локальных металлогенических объектов [6, 8] размеры рудных районов должны находиться в пределах  $n \cdot 10^3$  км<sup>2</sup>, узлов —  $n \cdot 10^2$  км<sup>2</sup>, полей —  $n \cdot 10$  км<sup>2</sup>. Из этого вытекает важное следствие: подчиняясь закону перехода количества в качество, разные по градации системы должны оцениваться соответствующими только им категориями прогнозных ресурсов.

2. Провести локальное металлогеническое районирование перспективных территорий для выделения рудно-магматических систем на местности.

В системе МПР РФ локальное металлогеническое районирование осуществляется в основном местными геологическими организациями. Для прогнозирования используются карты закономерностей размещения полезных ископаемых. Они составлялись при геологических съемках различного масштаба, перед которыми не стояла задача выделения рудно-магматических систем [9]. На картах размеры рудных районов варьируют от сотен до сотен тысяч квадратных километров, рудных полей — от первых километров до сотен квадратных километров. Главный недостаток этих карт — отсутствие соразмерности выделяемых локальных металлогенических подразделений локальным структурным подразделениям и, как следствие, крайне разноречивое обоснование границ рудных таксонов. Подтверждением служит несопоставимость прогнозных карт, составленных разными исследователями. Поэтому использование существующего локального районирования для расчета прогнозных ресурсов ненадежно и не соответствует современным требованиям.

Научными разработками предложено выделение локальных рудно-магматических систем в рамках орогенных структур [7, 12]. В первую очередь,

это относится к системам, оруденение в которых связано с гранитоидными интрузиями. Внедряясь в породы кровли, они создают эндогенные купольные постройки. Неуровненность интрузий с вмещающей средой обуславливает продолжающееся их вздымание. Локальные купольные поднятия, выступы, штоки гранитоидов, в апикальных и надынтрузивных частях которых локализуются месторождения, проявляются на поверхности морфоструктурами центрального типа [2]. В их иерархии несложно выделить своды и купола, ранжированные в той же градации, что и рудные таксоны. Используя принцип геолого-геоморфологической конформности [5], в границах данных морфоструктур можно распознать рудные районы, узлы и поля. На основании известных закономерностей размещения полезных ископаемых производится разбивка структур и составляется карта локального районирования. Выполненная на такой основе карта имеет всю необходимую нагрузку для расчета прогнозных ресурсов.

3. Произвести определение параметров рудно-магматических систем.

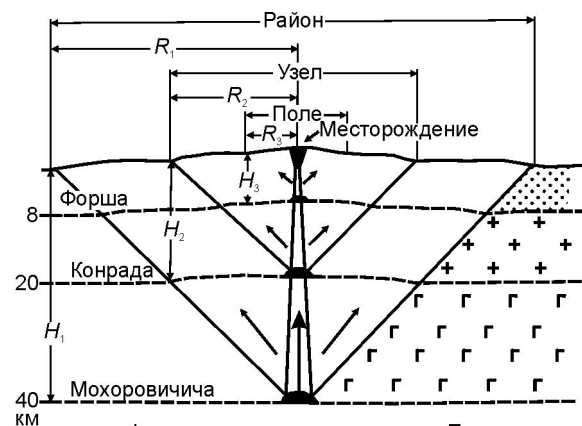
Морфоструктуры центрального типа, являясь отображением на поверхности эндогенных рудно-магматических систем, в объеме представляют собой конус, обращенный вершиной вниз. Такая форма создается полем тяготения Земли и определяется законом симметрии [13]. Проводившие изучение морфоструктур центрального типа В.В.Соловьев [11], Г.И.Худяков и др. [5] пришли к выводу о близости радиуса морфоструктур глубине их заложения. Глубина может корректироваться расстояниями до геофизических разделов слоев земной коры, где предполагается зарождение очагов-инициаторов гранитоидного магматизма. Глобальная статистика распределения морфоструктур центрального типа по радиусам в сопоставлении с глубинами геофизических разделов подтвердила близость радиуса глубине заложения [2]. Исходя из порядка площадных размеров морфоструктур, радиусы и, соответственно, глубины рудно-магматических систем района должны определяться в интервале 60–18 км, узла — 18–6 км, поля — менее 6 км. Эти цифры показывают, что глубины зарождения систем районов находятся на разделе Мохоровичича и выше в базальтовом слое. Так, в оловорудных районах на Востоке России граница Мохо устанавливается на глубинах 36–42 км [1], т.е. площади их будут занимать  $(4-6) \cdot 10^3$  км<sup>2</sup>, что и подтверждается размерами оловорудных площадей Кавалеровского (5000 км<sup>2</sup>), Комсомольского (4000 км<sup>2</sup>), Депутатского (6000 км<sup>2</sup>) и других районов, выделенных по морфоструктурным данным. Глубины заложения

структур рудных узлов располагаются на границе Конрада и выше в гранито-метаморфическом слое, а глубины зарождения рудных полей не ниже границы Форша на разделах в осадочном слое, где размещаются остаточные магматические очаги. Сказанное отображено в принципиальной модели положения и соподчиненности рудно-магматических систем в земной коре (рисунок). Более крупная система питает находящуюся внутри нее более мелкую. Схема показывает, что системы рудных полей, последовательно связанные с более крупными рудными структурами, перспективнее систем, в которых такая связь отсутствует.

В основу расчета прогнозных ресурсов положены следующие данные. Объем рудно-магматической системы — это та масса геологических образований, из которых при эндогенной переработке были экстрагированы и концентрированы рудные компоненты и перенесены в область рудоотложения [10]. Зная площадь рудно-магматической системы и определив через нее радиус, можно рассчитать объем ее конической структуры, а через него и металлогенический потенциал по формуле:

$$P = 1/3 \pi R^3 \rho c k,$$

где  $P$  — металлогенический ресурс рудно-магматической системы;  $R$  — усредненный радиус, равный глубине заложения системы;  $\rho$  — плотность слагающих пород системы;  $c$  — среднее содержание в



Формулы расчета	Потенциальный ресурс рудного района	Параметры систем в км
$P_n = 1/3 \pi R_n^3 \rho_n c_n k_n$	Потенциальный ресурс рудного района	$S_n = n \cdot 10$ $R_n = 1, 8-6$
$P_3 = 1/3 \pi R_3^3 \rho_3 c_3 k_3$	Прогнозный ресурс узла категории $P_3$	$S_3 = n \cdot 100$ $R_3 = 6-18$
$P_2 = 1/3 \pi R_2^3 \rho_2 c_2 k_2$	Прогнозный ресурс поля категории $P_2$	$S_2 = n \cdot 1000$ $R_2 = 18-60$

**Принципиальная модель иерархической соподчиненности рудно-магматических систем в земной коре с параметрами для расчета металлогенических ресурсов рудных района, узла и поля**



породах олова;  $k$  — коэффициент продуктивности, показывающий количество олова, способного переходить в рудные концентрации.

Формулы расчета разноранговых систем приведены на рисунке.

Для рудных районов плотность может быть принята равной значению средневзвешенной плотности слоев земной коры в составе системы, а средневзвешенное содержание полезного ископаемого соответствует распространенности элемента (кларку) в тех же слоях Земли. Эти же параметры для рудного узла становятся более определенными, так как могут быть конкретизированы по выходящим на поверхность интрузиям и осадочным отложениям, вскрытым в рудных районах. Для рудного поля можно использовать уже фактически зафиксированные на его территории значения указанных параметров. Коэффициент продуктивности рассчитывается на эталонных районах, узлах, полях как отношение разведанных запасов полезного ископаемого к общему его количеству в объеме рудно-магматической системы. По оловорудным месторождениям Кавалеровского района он равен  $6 \cdot 10^{-6}$ , Комсомольского —  $13 \cdot 10^{-6}$ , Депутатского —  $7 \cdot 10^{-6}$ . В Кавалеровском районе средние значения коэффициента, вычисленные по рудным полям с промышленными месторождениями олова силикатного типа, составляют 0,19, а для полей месторождений сульфидного типа — 0,06. Для новых рудных районов, не имеющих разведанных объектов, можно использовать коэффициент, рассчитанный в изученных таксонах со сходными по формационной принадлежности и промышленному типу месторождениями. Чтобы избежать субъективных аналогий, можно использовать в первом приближении обобщенный коэффициент продуктивности. Согласно эмпирическим данным по оловорудным районам Востока России, обобщенные коэффициенты продуктивности укладываются в порядки для рудных полей —  $n \cdot 10^{-2}$ , рудных узлов —  $n \cdot 10^{-4}$ , рудных районов —  $n \cdot 10^{-6}$ . Прямая корреляция между размерами рудного таксона и масштабом оруденения позволяет величину « $n$ » в коэффициенте принять равной известной величине « $n$ » в площади изучаемого таксона.

Из-за приближенности параметров рудного района его расчетный металлогенический потенциал следует относить к категории потенциальных ресурсов [3]. Более высокая надежность параметров рудного узла дает возможность расчетную оценку соотнести с прогнозными ресурсами категории  $P_3$ . Расчетная оценка рудного поля по фиксированным параметрам удовлетворит требованиям прогнозных ресурсов категории  $P_2$ . Таким обра-

зом, каждому рудному таксону соответствует своя категория прогноза.

В заключение заметим, что региональное металлогеническое районирование, проводившееся многие десятилетия на территории России, было надежным инструментом выявления рудоперспективных площадей. В настоящее время, когда встают задачи обнаружения скрытых месторождений и сужения территории их поисков, региональные исследования не решают их по своему статусу. Геолого-съёмочные работы м-ба 1:50 000, обеспечивающие внедрение рекомендаций региональных исследований и создававшие заделы для постановки поисковых и поисково-оценочных работ, в системе МПР России остановлены. Организация прогнозно-поисковых работ по заверке многочисленных рудопроявлений и аномалий на территориях с прогнозными ресурсами, оцененных традиционными методами, все реже приводит к положительному результату. Поэтому для наращивания минерально-сырьевой базы России, восстановления утраченного поискового задела, надежной подготовки площадей для лицензирования необходимо начать на рудоперспективных площадях проведение локального металлогенического районирования. Эти работы могут стать еще более эффективными, если сопроводить их геохимической томографией — новым методом геохимических поисков по коренным породам [4]. Метод позволяет выявлять не выходящие на поверхность аномальные объекты с геометризацией их в трехмерном пространстве, определять формационную принадлежность оруденения и прогнозные ресурсы.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Беляевский Н.А.* Земная кора в пределах территории СССР. — М.: Недра, 1974.
2. *Ежов Б.В., Худяков Г.И.* Морфоструктуры центрального типа и глубинные геофизические разделы // Докл. АН СССР. 1982. Т. 265. № 3.
3. *Информационно-аналитическая система «Государственная геологическая карта России» / А.Ф.Карпузов, А.Ф.Морозов, Г.Л.Чочия и др. // Отечественная геология. 1999. № 2.*
4. *Методология проведения прогнозно-поисковых работ в изученных рудных районах / Н.П.Митрофанов, А.Б.Павловский, А.И.Бураго и др. // Разведка и охрана недр. 2006. № 1.*
5. *Морфотектонические системы центрального типа Сибири и Дальнего Востока / Г.И.Худяков, А.П.Кулаков, Б.В.Ежов и др. — М.: Недра, 1988.*
6. *Овчинников Л.Н.* Прогноз рудных месторождений. — М.: Недра, 1992.

7. Покалов В.Т. Рудно-магматические системы гидротермальных месторождений. – М.: Недра, 1992.
8. Региональная металлогения и ее роль в воспроизводстве минерально-сырьевой базы России / В.М.Терехов, А.Ф.Карпузов, К.А.Марков и др. // Региональная геология и металлогения. 2000. № 11.
9. Российский металлогенический словарь. – СПб.: ВСЕГЕИ, 2003.
10. Рудные узлы России / Под ред. Е.В.Плющева. – СПб.: ВСЕГЕИ, 2001.
11. Соловьев В.В., Рыжкова В.М. Морфоструктурный метод изучения глубинного строения литосферы.– Л.: ЛГУ, 1983.
12. Томсон И.Н. Металлогения рудных районов. – М.: Недра, 1988.
13. Шафрановский И.И. Симметрия в природе. – Л.: Недра, 1968.

УДК 553.411.044 (571.513)

© Е.А.Белоножко, И.Ю.Крутошинский, В.К.Кондрин, 2006

## ПРОГНОЗНО-ПОИСКОВЫЕ РАБОТЫ НА РУДНОЕ ЗОЛОТО В ПРЕДЕЛАХ ФЕДОРОВСКО-БАЛЫКСИНСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ, РЕСПУБЛИКА ХАКАСИЯ

Е.А.Белоножко, И.Ю.Крутошинский, В.К.Кондрин (ОАО «Берег», г. Абакан)

Федоровско-Магызы-Калтасская структурно-металлогеническая золоторудная зона находится на юго-восточном склоне Кузнецкого Алатау в пределах Федоровско-Балыксинского рудного поля. Она протягивается с территории муниципального образования Междуреченский район Кемеровской области на территорию муниципального образования Аскизский район Республики Хакасия, занимая площадь 410 км<sup>2</sup>.

Площадь работ расположена в горно-таежной области с максимальными отметками вершин 1325–1432 м и урезом воды р. Томь в районе пос. Балыксу 460 м. Гидрографическая сеть района представлена левыми притоками р. Томь — реками Балыксу и Ортон с их многочисленными притоками.

Район расположен в благоприятной географо-экономической обстановке (наличие автодорог, пригодных для круглогодичного использования, и железнодорожной магистрали, близость к населенным пунктам, ЛЭП).

Источник финансирования проводимых работ — федеральный бюджет РФ. Объем финансирования 28,7 млн. руб. Предусматривается локализация прогнозных ресурсов по объекту категории Р<sub>2</sub> — 100 т золота.

В пределах Федоровско-Магызы-Калтасской структурно-металлогенической золоторудной зоны, кроме собственно Федоровского, связанного с

рифей-раннекембрийскими вулканогенно-осадочными формациями, перспективным на выявление крупнообъемных месторождений представляется участок Кедровский. Этот участок размером в плане 8×(1–2,5) км находится на границе с Кемеровской областью и примыкает с востока к Федоровскому месторождению, являясь его северо-восточным продолжением на территории Республики Хакасия. Поисковые работы начаты ОАО «Берег» в 2005 г. за счет средств федерального бюджета.

Кедровский участок сложен эффузивами основного состава, известняками, углеродисто-кремнистыми сланцами мрасской свиты нижнего кембрия. Вмещающие породы пересекает мощная (до 1 км) восток-северо-восточная зона линейных дислокаций, внутри которой выявлены субпараллельные зоны интенсивного дробления и милонитизации (независимо от разновидностей пород) с наложенными вторичными изменениями: окварцеванием, серицитизацией, хлоритизацией, амфиболитизацией, эпидотизацией, серпентинизацией, оталькованием и лимонитизацией. Внутри зон в виде субсогласных линз, полос (шириной до 60–70 м) локализуются лимонитизированные метасоматиты кварц-альбит-хлорит-карбонатного состава, несущие золоторудную минерализацию. Широко развиты субмеридиональные дайки порфиroidных габбро, габбро-диабазов мощностью от 0,5 до 40 м.

Рудные тела часто содержат маломощные различно ориентированные кварцевые жилы с содержанием Au до 40–70 г/т. Оруденение отнесено к золото-кварцевой и золото-кварц-сульфидной формациям. По степени переработки эндогенными процессами выделяются следующие природные разновидности руд: первичные, окисленные и золотоносные линейные коры химического выветривания, развивающиеся по золотосодержащему субстрату. Окисленные руды распространены до глубины 80 м, коры выветривания — 20–25 м.

В 2005 г. по поисковым линиям (ПЛ) 1, 2, 4, 8 и 11 пройдены каналы механизированным способом. По ПЛ-2 пробурены единичные скважины, которые вскрыли золото-сульфидно-кварцевые минерализованные зоны, образующие две золотоносные ветви — Северную и Южную. Средние содержания Au по мощным (первые десятки метров) разведочным пересечениям составили 2–4 г/т.

Фрагмент Северной ветви вскрыт с поверхности двумя магистральными траншеями (Т-1, 2). Предположительно ветвь трассируется в субширотном направлении на запад в Кемеровскую область и на восток через долину р. Веселая. Последнее косвенно подчеркивается наличием компактной группы контрастных гипергенных аномалий золота. По Т-1 выделяются интервалы видимой мощности 49,5, 29 и 32,7 м со средним содержанием Au 1,7, 0,9 и 4,06 г/т соответственно (по борту 0,5 г/т). По Т-2 в трех интервалах от 3 до 4 м содержание Au 1,37, 1,0 и 1,36 г/т.

На глубину Северная ветвь изучалась в створе траншеи 1 двумя наклонными скважинами глубиной 150–155 м работами Минусинской ГРЭ и скважинами 03 и 04 глубиной 150–200 м, пробуренными на ПЛ-2 ОАО «Берег».

Золотоносная залежь по скважинам 1 и 2 при бортовом содержании Au 0,5 г/т практически без прерыва прослежена до глубины 150 м. Содержания Au колеблются от <0,2 до 8,6–9,1 г/т. До глубины 20–25 м над золотоносными зонами развита линейная кора химического выветривания. Золото в ней отмечается от подошвы до кровли, содержания варьируют от <0,2 до 4,4 г/т, составляя в среднем 1,2 г/т.

По скв. 03, пробуренной на ПЛ-2, рудный интервал (111,7–125,6 м) представлен прокварцованными, брекчированными метасоматитами с примесью углистого вещества. Содержания Au изменяются от <0,2 до 22,0 г/т, среднее 8,7 г/т.

В районе жил Комсомольская, Кедровая и Золотая пройдены две траншеи на ПЛ-8 и ПЛ-11. Жила Комсомольская вскрыта Т-8 в интервале 91–102 м среди габброидов кундустьюльского комплекса. Содержания Au по жиле составили от <0,2 до

4,55 г/т, среднее 3,5 г/т, в одной пробе — 20,35 г/т при истинной мощности жилы 3,5–4 м. Жила имеет крутое северо-западное падение под углом 70–75°. Околожилные изменения во вмещающих породах по мощности незначительны (1–2 м). Содержания золота в них варьируют от 0,85 до 2,25 г/т.

На северо-восточном фланге участка, на предполагаемом продолжении известных жил Золотая и Кедровая, вскрыто широкое площадное развитие кор химического выветривания, представленных пестроокрашенными глинами с обломками кварца, останцами углисто-кремнистых сланцев, известняков и вулканитов основного состава с содержаниями Au 0, *n*–*n* г/т.

При непосредственном участии ЦНИГРИ проведено большеобъемное заверочное опробование рядовых бороздовых проб, составлена крупнообъемная (до 500 кг) групповая лабораторно-технологическая проба, отражающая средний состав руд наиболее изученной юго-западной части Кедровского участка (Т-1, интервал 171–203,7 м). Гравитационное обогащение показало занижение истинных содержаний золота пробирными анализами рядовых бороздовых проб в 1,86 раза. Для повышения достоверности оценки прогнозных ресурсов и предотвращения исключения объектов с промышленными параметрами из активной сферы геолого-разведочного процесса ЦНИГРИ рекомендовано применение экспериментально установленного коэффициента 1,86 к средним содержаниям рудных блоков Кедровского участка, определенных по рядовому опробованию.

На четырех опорных поисковых линиях и одном профиле на месторождении — аналоге Федоровского-1 — проведены наземные геофизические работы методами ВП, ЕП и магниторазведки. В результате сформирована физико-геологическая рабочая модель Федоровского месторождения и Кедровского участка, построены планы изодинам, изоом, изолиний угла сдвига фазы, изопотенциала ЕП и геолого-геофизические разрезы. Анализ полученных данных позволяет сделать следующие выводы:

наибольшая схожесть с Федоровским месторождением по структуре физических полей характерна для юго-западной части Кедровского участка, где картируется крупное тектоническое нарушение;

распределения физических полей в пределах ПЛ-2, 8, 11 по характеру достаточно близки;

в юго-восточной части профилей по комплексу методов выделяется зона, по-видимому, связанная с крупным тектоническим нарушением;

размеры проявленной зональности затухают в направлении ПЛ-11, что, скорее всего, связано с погружением оруденения.

Для оценки прогнозных ресурсов участка использованы условные кондиции обрабатываемого в настоящее время ЗАО «Золотая звезда» Кузнецовского месторождения в Аскизском районе Республики Хакасия, которые предусматривают бортовое содержание Au в руде 0,5 г/т, минимальную промышленную мощность рудных тел 5 м, максимальную мощность безрудных прослоев 5 м.

Минимальное промышленное содержание Au в блоках кондициями не лимитируется, но при подсчете запасов и ресурсов практически ограничивается значением 2,2 г/т. Оценка ресурсов произведена без учета влияния ураганных проб.

На данной стадии работ оценка ресурсов выполнена без разделения руд по видам: окисленные, первичные, коры химического выветривания.

При расчетах прогнозируемых ресурсов применялся поправочный коэффициент рудоносности. Использование данного коэффициента обусловлено тем, что сплошность оруденения нарушена широким развитием пояса даек основного состава, не несущих промышленной концентрации металла. По расчетам он варьирует в пределах 0,67–0,78, в среднем составляя 0,73.

Прогнозные ресурсы категории  $P_2$  по наиболее изученной залежи оценены в 11,94 т при среднем содержании Au 2,84 г/т. С учетом повышающего коэффициента (1,86) запасы категории  $P_2$  составят 22,2 т.

Оцененные ранее по Кедровскому участку (бортное содержание Au 0,5 г/т, глубина прогноза 80 м) прогнозные ресурсы золота в окисленных рудах составляли 8 т ( $P_1$  4,1 т,  $P_2$  3,9 т) со средним содержанием Au 2,1 г/т (Беспалов, 2001).

Суммарный прирост прогнозных ресурсов по Кедровскому участку составил 14,2 т.

В результате проведенных работ выявлен стратонидный характер минерализованных залежей, приуроченных к двум горизонтам туфопесчаников с прослоями черных сланцев, известняков, туфов, залегающих в нижнекембрийской вулканогенно-терригенно-карбонатной толще. Рудоносный горизонт прослежен на 1,5 км на территории Хакасии и на 2,5 км в Кемеровской области. Установлен поправочный коэффициент 1,88. Прогнозные ресурсы категории  $P_2$  11,9 т оценены на 700 м. С учетом коэффициента они составят 22,2 т Au. В 2006 г. предполагается проследить продолжение обоих рудных горизонтов на восток на 5 км и локализовать прогнозные ресурсы в количестве 100 т.

УДК 332.68:553

© В.В.Овчинников, Д.Н.Данилин, 2006

## **К ВОПРОСУ ВЫДЕЛЕНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ РЕНТЫ, СОЗДАВАЕМОЙ ПРИКЛАДНЫМИ ГЕОЛОГИЧЕСКИМИ ИССЛЕДОВАНИЯМИ НЕДР**

**В.В.Овчинников (Институт микроэкономики), Д.Н.Данилин (СРП «Недра» Роснедра МПР России)**

Добычей, переработкой, потреблением и экспортом минерально-сырьевых ресурсов (МСР) в последние годы формируется более 25% российского ВВП, обеспечивается более 60% бюджетных и около 75% экспортных поступлений. Это требует соответствующего внимания к организации воспроизводства погашаемых запасов, определяющего состояние экономики и политики страны в обозримой перспективе.

Минерально-сырьевые ресурсы не являются столь очевидными, как земельные, лесные, а также водные ресурсы, поскольку скрыты в земных недрах, созданы, за редким исключением, геологическими процессами прошлого и воспроизводимы только в масштабах геологического, а не реального времени. Удовлетворение потребностей в МСР реализуется открытием и освоением новых и новых месторождений, что обеспечивается проведением

длительных и трудоемких научно-прикладных исследований геологической среды или геологоразведочных работ (ГРР), результаты которых вероятностны и трудно предсказуемы.

В условиях экспоненциального роста потребления МСР, обуславливающего быстрое истощение «фонда» легко открываемых месторождений, эффективность удорожающихся и увеличивающихся в объемах ГРР неотвратно снижается. За вторую половину XX столетия воспроизводственные затраты в нашей стране и за рубежом возросли от нескольких до 20% валовой стоимости добываемого сырья, а стоимостная отдача инвестиций, вкладышаемых в ГРР, снизилась в десятки раз.

В условиях нарастающей глобализации мировой экономики России с ее внушительными запасами и прогнозными ресурсами важнейших полезных ископаемых пока отводится роль сырьевого придатка развитых стран. Конкурентоспособность нашего минерального сырья на внешнем рынке в немалой степени зависит от научно-методического уровня и эффективности ГРР, воспроизводящих МСБ, удельных затрат на прирост единицы запасов. За всем этим стоит интеллектуальная рента, создаваемая в рамках ГРР. Поэтому вопросы ее соотношения с горной рентой, условия и формы возникновения и проявления, способы оценки, а также изъятия и присвоения в настоящее время остаются не раскрытыми, хотя достаточно актуальны.

Научно-прикладные исследования геологической среды, ГРР и воспроизводственный процесс подразделяются на цепочки преемственно связанных, последовательно реализуемых операций (стадий). В рамках каждой из них реализуются сходные по структуре исследования. Они начинаются со сбора первичной геологической информации в пределах площадей или объектов, определяющихся по результатам предшествующих работ и предположительно вмещающих искомые структурно-минералогические таксоны (рудные районы, поля, месторождения, зоны минерализации, рудные тела). Работы начальной стадии имеют в качестве предмета труда первозданную геологическую среду, а заключительной — перспективное для освоения месторождение, в трехмерном пространстве которого локализируются рудные тела — предметы труда для горняков.

С самых общих позиций первичная геологическая информация — это сведения о различных вещественных составляющих и геологических средах, процессах их формирования и эволюционного преобразования. Они собираются, создаются с разными целевыми установками, разными способами и средствами, облакаются в различные формы, удоб-

ные для хранения и практического многоцелевого использования.

В цене постадийно создаваемых конечных результатов ГРР первичная информация и производные от нее формы представлены их трудовой стоимостью. Сложнее с экономическим смыслом и стоимостной оценкой проецируемых на эти результаты, удешевляющих их получение научных и эмпирических знаний и представлений. Указанный стоимостный эффект, а также сопутствующие ему, обусловленные наращиванием научно-методического, технико-технологического и организационного обеспечения ГРР, предлагается считать интеллектуальной рентой геологоразведочного процесса (ИРГРР).

Возникновение ИРГРР предопределяется ростом научно-методической обеспеченности и широким использованием при ГРР научных и эмпирических знаний и представлений. Это отображает также изменение соотношения специалисты/рабочие — 1:2,5 в 60-е, 1:1,2 — в 80-е годы [8]. Несомненный признак наукоемкости ГРР — широкое оперирование (в условиях необозримости в натуральном масштабе или скрытости в недрах) масштабированными, виртуальными моделями площадных «предметов труда» и трехмерных геологических тел, а также представлениями о них. Показательны в этом отношении как девиз Международного конгресса геологов «умом и молотком», так и признание за специалистами и учеными отрасли прав на интеллектуальную собственность.

В создании ИРГРР взаимодействуют отраслевая, академическая и вузовская геологические науки и специалисты-производственники, т.е. вся отечественная геологическая школа (ОГШ). Ее взвешенная доля принадлежит каждому виду полезных ископаемых, каждой единице конечных результатов, создаваемых при их поисках и разведке. «Трудовые» издержки науки являются только предпосылкой возникновения ИРГРР. Ее формирование начинается с практического внедрения результатов научных разработок, а завершается добычей выявленных в оптимизированном режиме запасов повышенного качества.

Интеллектуальная рента геологоразведочного процесса — это олицетворение дееспособности ОГШ, начало становления которой восходит к правлению Петра I и его указам. В XX столетии она заняла и удерживает передовые рубежи в мировой геологической науке и практической геологии, соответственные уникальности предмета исследований (две древних платформы, щиты и складчатые зоны всех геологических эпох с их месторождениями). Знаменательной вехой стала плодотворная полувекковая деятельность Геолкома России (в даль-

нейшем СССР). Порой расцвета стали 80-е годы, прошедшие в единении производственно-геологической (Мингео), академической и вузовской, а также горно-промышленной составляющих ОГШ, ознаменовавшиеся переходом Мингео к новым научно-производственным формам организации деятельности. Авангардная роль ОГШ получила официальное признание и одобрение на XXIV сессии МГК в 1984 г. [2].

Самобытность развития ОГШ в условиях плановой экономики определялась «широкими возможностями беспрепятственного планомерного геологического изучения и разведки всей территории», в противовес внешнему миру, где такой подход не всегда и не везде был возможен. Идейную и практическую стороны наших работ обеспечивали: систематическая (полистная) геологическая съемка, развитие теории рудообразования, выявление закономерностей распределения месторождений, совершенствование методики поисков и разведки [7].

Практической стороной стало открытие и разведка на 1/6 части обитаемой суши около одной трети мировых запасов МСР. Показательны, в сопоставлении, и обобщающие технологические характеристики наших ГРР. Если по данным за 50–80-е годы по территории США на 100 вовлеченных в изучение рудопоявлений приходилось одно выявленное месторождение, по Канаде — 1,5–2, то у нас за 75–90-е годы (данные по разным регионам и группам ТПИ) — от 8 до 8,5 месторождений. Темпы роста затрат на открытие одного месторождения на территории США были вдвое выше, чем на территории СССР [3, 9].

Преимущество ГРР, выполняемых геологоразведочной отраслью, проявляется не только в сравнении с зарубежными странами, но и с министерствами и ведомствами СССР, добывавшими МСР. Их затраты на бурение повсеместно были кратно выше, а производительность ниже, в сравнении с показателями по Мингео. Поэтому их ГРР и доразведка на конец 80-х годов поглощали, при доле в общих приростах запасов в 20%, столько же средств, сколько аналогичные работы Мингео, обеспечивавшие остальные приросты, при пятикратно более низких, с формальной точки зрения, удельных затратах [2]. Если корректно учесть вероятность завершения работ геологоразведчиков, практически не свойственную работам в горных отводах, то различие следует считать десятикратным.

Более высокие в сравнении с зарубежными показатели эффективности отечественных ГРР обусловлены: системной организацией прикладных исследований геологической среды; целостностью реализации методологических принципов ГРР; пе-

реоценкой, «фильтрацией» поисковых заделов по стадиям; индустриализацией и гармонизацией процесса ГРР.

Системная организация прикладных исследований геологической среды становится реальностью с геологическим обеспечением поисковых работ, переходом к комплексному (включая поиски и минерагению) ее картографированию. Это создает основу идейного перевооружения поисков, преодоления их проспекторской ограниченности. С раскрытием сопряженности геологических и рудных формаций и геотектонических условий их проявления материалы средне-крупномасштабных геологосъемочных работ стали научной основой для выбора направлений более детальных специализированных поисков. Началось практическое использование генетических и прогнозно-поисковых моделей месторождений промышленных типов и подтипов, что позволило выявлять лучшие, эффективно осваиваемые месторождения. Геологическое обеспечение поисковых работ и ГРР в целом позволило ввести в обиход научный геологический язык. Он стал средством научного общения, инструментом исследований, ключом к наращиванию наукоемкости ГРР.

Целостность реализации методологических принципов ГРР (необходимости и достаточности, историзма, актуализма, соответствия, последовательных приближений) позволила ценой потерь второстепенных по перспективности площадей и участков при использовании «загрубленных измерений» и сокращении фронта работ быстрее сосредоточивать силы и средства на наиболее интересных, открывать месторождения с меньшими затратами. По мере развития науки в дополнение к дорогостоящим индуктивным подходам к созданию представлений и обоснованию конечных результатов, опирающимся на сбор и изучение первичной информации, непрерывно расширяется реализация дедуктивных, доминирующих при региональных и поисковых работах. В практике имели место как прямые (дорогостоящие), так и массово реализуемые косвенные (приемлемые) схемы поисков [1]. Замещение индуктивных подходов дедуктивными дает 10–20-кратный стоимостный эффект.

Работы поисково-оценочной стадии обеспечивают оконтуривание месторождений в плане, практически затем не меняющееся. Дальнейшее наращивание детальности исследований осуществляется уже в трехмерном пространстве, когда каждый очередной шаг (переход от стадии к стадии) сопровождается сгущением сети разведочных рудных пересечений. На одно рудное сечение с менее достоверной оценочной категорией запасов  $C_2$  добавля-

ются три новых с более представительной ( $C_1$ ) категорией запасов и т.д. Здесь, как и в случае поисковых работ, специфично проявляется (при принятии решений о целесообразности постановки работ очередных стадий) замена индуктивных подходов дедуктивными, при меньшем, но также значимом (трехкратном) выигрыше в затратах.

Переоценка, «фильтрация» поисковых заделов по стадиям стала вторым (после пообъектно выполняемых ГРР) шагом в выделении наиболее перспективных площадей и объектов для дальнейшего изучения. Она обеспечивает шестикратное сокращение затрат на поисковые и четырехкратное — на оценочные работы, минимизируя тем самым удельные затраты на прирост единицы запасов при возможном росте их потерь на 5–9% (с 30 до 39%).

Индустриализация и гармонизация процесса ГРР стала неизбежным следствием их массового характера, требующего подходов, отработанных в крупномасштабном, индустриально организованном производстве. Они выразились в унификации и стандартизации стадийности и масштабов исследований, а также конечных результатов. Это обеспечивает повышение производительности труда и минимизацию удельных затрат на прирост единицы запасов, незаметные внутри системы, но проявляющиеся при межсистемном сопоставлении интегральных показателей, приведенных выше.

В заключение рассмотрения рамочных условий, предпосылок возникновения ИРГРР, количественных и качественных свидетельств ее наличия целесообразно напомнить, что «очень долго научно-технический прогресс в отрасли был ориентирован по техническому пути, а глубокий прорыв возможен только через геологию и геологическое прогнозирование» [6]. Это показывает, что поле деятельности, где формируется ИРГРР, практически исчерпаемо.

Радикализация процесса повышения наукоемкости ГРР, наращивание в их рамках ИРГРР — это не что иное, как интенсификация производственного процесса. Это вторая, после воспроизводства погашаемых запасов, перманентно решаемая задача ГРР. Признание или не признание наличия ИРГРР начинается с того, какой из двух подходов к пониманию сущности ГРР и их конечных результатов — естественный (геолого-естественный) или целевой (прагматический) — исповедуется субъектом. «В соответствии с первым месторождения полезных ископаемых (МПИ) существуют независимо в природе, и мы их только обнаруживаем, порождая сведения о них, которые и являются результатом нашей деятельности при поисках и разведке МПИ. В соответствии со вторым подходом МПИ выделяются нами в природе с учетом целевых установок и, главное, эм-

пирико-теоретических и экономических возможностей, мы их как бы порождаем посредством выделения и изучения, они сами, а не только сведения о них являются продуктом нашей деятельности» [1].

Л.И.Четвериков [10] также отмечает два аспекта изучения геологических объектов (геолого-естественный и прагматический). Кроме того, известно его сущностное замечание, что мнения, будто геологи и геология оперируют информацией о запасах, не верны; они оперируют не информацией, а представлениями, с колоссальной, безграничной разницей между этими понятиями. Прагматично и другое заключение: «Получаемый по завершении геологоразведочных работ прирост информации правомерно рассматривать как чистый продукт отрасли. Соединяясь с предметом труда, он формирует конечный продукт геологоразведочной отрасли в его натуральной вещественной форме — разведанные запасы полезных ископаемых» [4].

Обобщая вышесказанное, предлагаем компромиссный взгляд на конечные результаты ГРР. Первичная геологическая информация как цель и конечный результат может рассматриваться лишь в рамках видов работ по ее сбору или созданию. Далее в технологических цепочках ГРР она (и производные от нее формы) как «чистый продукт» отрасли становится не целью, а средством создания поэтапно уточняющихся представлений об изучаемых участках геологической среды и «вписанных» в них разноранговых минерагенических таксонах (рудных районах, полях, месторождениях, зонах минерализации, рудных телах) с предполагаемыми или определяемыми путем подсчетов прогнозными ресурсами и запасами разных категорий, эволюционно обретающими все более конкретную натуральную вещественную форму.

В условиях плановой экономики при государственной собственности на недра и государственном статусе предприятий минерально-сырьевого комплекса терялась актуальность даже горной ренты, не говоря о ИРГРР. Ситуация меняется с переходом к рыночным моделям организации недропользования и воспроизводства МСБ. Если в отношении горной ренты много говорится, но мало (и не корректно) делается в вопросах изъятия и присвоения, то в отношении ИРГРР, отождествляемой по умолчанию с горной, нет даже упоминаний.

Отсутствие понятия ИРГРР предопределено безысходной ситуацией, складывающейся в производственном процессе в связи с исчерпаемостью МСР. Повышение наукоемкости ГРР, а также использование достижений научно-технического прогресса лишь уменьшают темпы снижения их эффективности. Наука и ГРР, которым трудно об-

рести свое подлинное «экономическое» лицо, становятся заложниками этого непреодолимого обстоятельства. Они находятся в положении плывущих против течения с меньшей, чем у воды, скоростью. Но трудно — еще не значит невозможно.

Тем не менее, уже во времена плановой экономики теоретики и методисты, осмысливая эффективность ГРР, снова и снова обращались к горной ренте. В 1968 г. К.Л.Пожарицкий предложил определять экономическую эффективность разведочных работ по разности между суммарной горной рентой и затратами на разведку и отношением суммарной ренты к затратам на разведку. Л.П.Кобахидзе в 1972 г. предложила сравнивать прибыль от реализации запасов и дифференциальный рентный доход, ожидаемый от промышленного использования запасов. В.А.Перваго, Н.А.Хрущов, М.И.Агошков, обсуждая вопрос о цене разведанных запасов, кроме общественно необходимых затрат на ГРР предлагали включать в нее всю дифференциальную горную ренту. Позднее И.А.Максименко и К.П.Кавун [4] отмечали, что природно-геологический фактор за пределами отрасли, при освоении месторождений, приводит к возникновению дифференциального (рентного) эффекта, проявляющегося в равной мере и в землепользовании, и в горной промышленности, и в геологоразведочном производстве. Еще определеннее писал об этом Ю.А.Соколовский [8]: «Труд разведчиков недр участвует в создании не только прибавочного продукта в среднем размере, но и добавочного прибавочного продукта и добавочной стоимости в виде дифференциальной горной ренты». ...«Геология и горная промышленность в современных условиях и в перспективе, до развития в нашей стране наукоемких и прогрессивных технологий, останутся самыми эффективными отраслями».

Экономистами горная рента рассматривается как эквивалент земельной, которая проявляется возникновением «незаработанной» прибыли у добывающих предприятий минерально-сырьевого комплекса. При ставших традиционными ценовых условиях, когда рудник и обогатительная фабрика едва сводят концы с концами, а металлургический завод «купаются» в прибылях, она рассеивается по всей цепочке предприятий сырьевых «вертумов», хотя и принадлежит государству как собственнику недр. «Раскрываясь» в привязке к запасам полезных ископаемых, в экономической эффективности их освоения, она структурируется на дифференциальную горную ренту I и II (ДГР I и ДГР II). Рента, создаваемая интеллектуальными, технико-технологическими и инновационными производственно-хозяйственными мероприятиями,

повышающими прибыльность горнодобывающих предприятий, присваивается недропользователями.

На протяжении всего срока освоения месторождения с не меньшим основанием можно и нужно делить на две составляющих и ДГР I, потенциальным хозяином которой является государство (к сожалению, всего лишь потенциальным!). Ее часть (собственно ИРГРР), сформированная ростом эффективности и снижением себестоимости ГРР в прошлом, по той же логике, что и ДГР II, должна присваиваться (хотя и с отставанием во времени!) субъектами производственного процесса — научными и производственными подразделениями. Дело за конструктивным подходом к обоснованию ее размеров и способов изъятия, а также законодательными решениями.

Предлагается следующий механизм формирования и распределения ИРГРР. Начинать нужно с корректного соизмерения удельных затрат на прирост единицы запасов недропользователями и госгеолслужбой. Далее производить соизмерение разных видов внутренних и зарубежных показателей технологической и экономической эффективности ГРР, а также внутренних и внешних цен на МСР (в середине 80-х годов различались трехкратно). Раскрыв и осознав все привходящие факторы, можно создать алгоритм корректного решения.

Формально ИРГРР, как горная и земельная рента, проявляется в росте производительности труда и снижении себестоимости создаваемой «продукции» (промышленных запасов и их постадийно оформляемых «полуфабрикатов» в виде прогнозных ресурсов и запасов категории  $C_2$ ). Однако этот эффект нельзя считать «незаработанным». Оставаясь не осмысленной и не измеренной в узаконенной сфере, в рамках специфичной формы воспроизводства МСБ, она сливается с горной рентой и далее становится трудно «препарированной», безвозвратно утраченной для создателей. Интеллектуальная рента геологоразведочного процесса не просто «сливается» с горной рентой, проявляясь лишь в «незаработанной» прибыли горнодобывающих предприятий и промыслов. С позиций принятого нами целевого подхода к пониманию сущности ГРР геологическое обеспечение поисковых работ, использование прогнозно-поисковых моделей месторождений лучших типов и прагматичных целевых установок, а также экономических возможностей и целесообразности позволяют выявлять не какие попало, а лучшие месторождения. Это поднимает уровень прибыльности их освоения, увеличивая, тем самым, базу для изъятия горной ренты. Эта очень весомая «прибавка», не свойственная ДГР II, должна зачисляться в актив ИРГРР.



В «законсервированном» виде ИРГРР, как и горная, находится в разведанных запасах и проявляется при их погашении (добыче), как часть горной ренты, легализующейся в форме «незаработанной» прибыли. Реалии сегодняшнего дня таковы, что горная рента создается только при освоении лучшей части запасов месторождений, а их выявление — прямая заслуга успешных, рентообразующих ГРР, и никакой «дотрудовой» стоимости у запасов нет. Какова же доля ИРГРР в горной ренте, если она складывается из двух составляющих?

В отношении одной составляющей, рассматривая рентообразующее месторождение как природный клад, можно исходить из вполне очевидной аналогии с кладоискательством. Во главу угла этого законодательно осмысленного прецедента поставлена удача. По аналогии доля ИРГРР на этой базе должна составить 1/4, а доля государства — 3/4 от «незаработанной» прибыли. Что касается другой, рационально создаваемой, составляющей, выражающейся в удешевлении и повышении производительности ГРР, эквивалентной по сути ДГР II, то и она должна рассчитываться и изыматься по аналогии с последней, но уже в пользу геологоразведчиков. Проблема в том, что ИРГРР, созданная одним поколением, в общем случае будет легализована при жизни другого, когда запасы, разведанные предшественниками, будут погашаться. В этом и состоит обобщающая социально-экономическая роль государства.

В настоящее время ИРГРР совмещена с горной рентой и делится между государством и недропользователями. Лишь малая ее часть (менее 1% валовой стоимости добываемого сырья) вкладывается в ГРР из бюджета государства. Как же распределены составляющие ИРГРР между государством и недропользователями фактически?

Законом «О недрах» (первая редакция) в 1992 г. учреждена плата за пользование недрами. Принятые нормативы отчислений были практически идентичны отчислениям на воспроизводство МСБ (ОВМСБ) и для твердых полезных ископаемых (ТПИ) составляли около 5% валовой стоимости добываемого сырья, несколько дифференцируясь по видам. Кроме того, уже из прибылей в пользу государства изымался подоходный налог по «плоской» шкале в размере 35%.

Налогом на добычу полезных ископаемых, введенным в 2002 г., в пользу государства по видам ТПИ изымается от 4,65 до 12,1% (в среднем 7,8%) валовой стоимости добываемого сырья. Ставки сложились из уменьшенных вдвое ставок ОВМСБ и платежей за добычу полезных ископаемых. Этот налог также не учитывает неоднородности месторождений каждого вида ТПИ. Налог на прибыль

составляет 24%. Экспорт МСР и продукции их переработки облагается таможенными пошлинами. В ценовых различиях внутреннего и внешнего рынков проявляется международная сырьевая (ценовая) рента. В середине 80-х годов ценовые различия были трехкратными и в настоящее время продолжают оставаться значительными.

При отсутствии государственной монополии на экспорт МСР, если пошлины занижены, львиная доля международной сырьевой ренты, как и внутри страны, достается недропользователям, не имеющим к ней прямого отношения. В современных условиях возможны две не взаимоисключающие установки в отношении формы изъятия ИРГРР, коль скоро она аккумулирована в каждой единице разведанных запасов, как своем материальном носителе. Согласно одной, она оценивается в стоимости объекта, выставляемого на аукцион, и по завершении торгов возвращается государству, согласно другой — включается в структуру активов государства, в капитальные затраты на создание предприятия (совместного с недропользователем) и капитализируется на тех же условиях, что и его собственные. Соответственная доля прибылей должна перечисляться недропользователем государству по мере погашения запасов.

Авторы считают, что для аккумуляции поступлений от реализации ИРГРР, включая и долю от экспорта МСР, следует создать внебюджетный фонд. Должна существовать узаконенная схема использования средств фонда на развитие науки и научное обеспечение ГРР, поощрение специалистов и ученых, подготовку квалифицированных кадров, международное сотрудничество и другие направления, наращивающие потенциал ИРГРР.

Вышеизложенное определяет постановку и возможные пути решения проблемы, касающейся возникновения в процессе ГРР, в привязке к созданию конечных результатов в виде запасов полезных ископаемых специфического рентного эффекта. В увязке с научно-прикладным характером ГРР он классифицируется как интеллектуальная рента ГРР. Предстоит большая работа, чтобы от постановки проблемы перейти к ее практическому решению.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Воронин Ю.А.* Исследование операций при поисках и разведке месторождений полезных ископаемых. — Новосибирск: Наука, 1983.
2. *Козловский Е.А.* На путях перестройки. — М.: Недра, 1988.
3. *Кривцов А.И.* К методике оценки результативности и качества геологоразведочных работ // Советская геология. 1986. № 12.
4. *Максименко И.А., Кавун К.П.* Организация управления геологоразведочными работами в СССР. — М.: Недра, 1982.

5. *Методическое* руководство по оценке прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых. Ч. 1. Принципы и методы оценки. – М., 1989.
6. *Орлов В.П.* Концепция развития отрасли геологии и разведки недр // Разведка и охрана недр. 1989. № 12.
7. *Смирнов В.И.* Геологические основы поисков и разведок рудных месторождений. – М.: Недра, 1954.
8. *Соколовский Ю.А.* Экономика разведки и оценки недр. – М.: Недра, 1989.
9. *Сушон А.Р.* Организация и экономика геологоразведочных работ за рубежом. – М., 1979.
10. *Четвериков Л.И.* Теоретические основы разведки недр. – М.: Недра, 1984.

УДК [629.78+550.3/.4]:553/.4

© В.С.Антипов, 2006

## НАУЭНДОДИНАМИКА И МИНЕРАГЕНИЯ, ПОСТСПУТНИКОВАЯ ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОГО РУДОРЕСУРСНОГО ПОТЕНЦИАЛА НЕДР

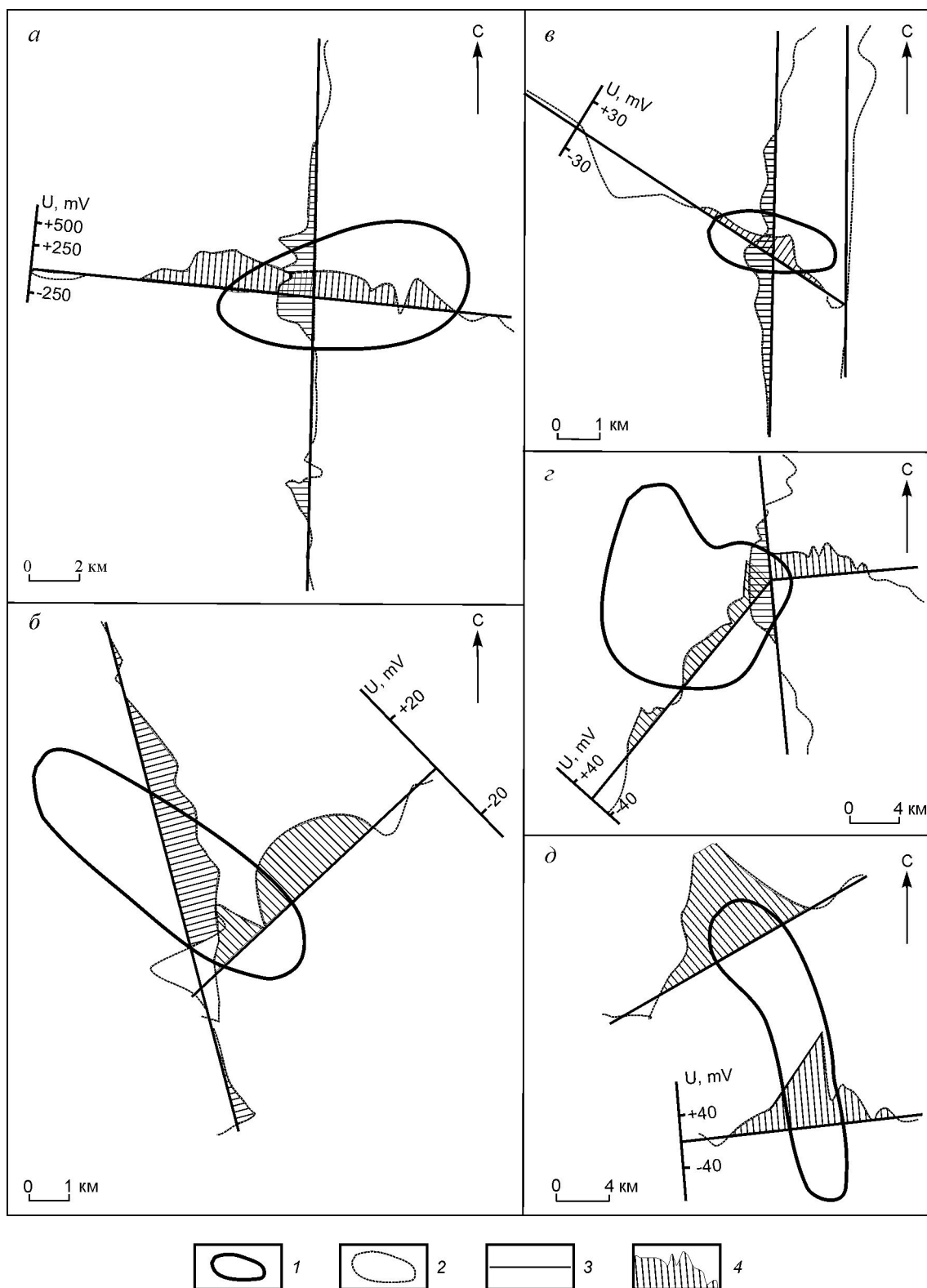
**В.С.Антипов (НИИКАМ)**

При работах космическими и другими методами не учитывается, что устанавливаемые ими аномалии в ряде случаев определяются не геологическими объектами, а современными глубинными геологическими процессами, протекающими во время фиксации аномального эффекта. Аномалии, связанные с современными процессами перемещения вещества и эволюции энергии недр, получили название эндодинамических (геодинамических); их также можно назвать науэндодинамическими. Направление металлогении, главная цель которого — выявление закономерностей размещения и формирования месторождений в структурах земной коры с повышенной (в сравнении с окружающей геологической средой) современной активностью глубинных процессов, названо металлогенией эндодинамических аномалий [2–5] или минерагенией науэндодинамики. Автором исследованы возможности использования современных эндодинамических аномалий (ЭА) при прогнозно-минерагеническом анализе территорий с помощью специально разработанных методов — изучения регионального естественного электрического поля (РЕП), структурно-гидрохимической съемки (СГС), полихронной тепловой космической съемки (ПТКС).

Изучение РЕП показало, что исследовавшиеся рудные объекты располагаются в пределах положительных аномалий РЕП (рис. 1), которые обусловлены современными процессами восходящего движения вод [4, 5].

Положительные аномалии РЕП отвечают по своей природе эндодинамическим аномалиям. Объяснение ЭА фильтрационными потенциалами подтверждается фактами восходящего движения вод в пределах изучавшихся (и многих других) рудных полей (узлов). Так, в Северо-Каменушинском районе известна самоизливающаяся скважина, воды которой заражены гелием, радием, сероводородом, что не характерно для поверхностных водотоков и указывает на глубинное происхождение напорных вод. На Стрельцовском месторождении восходящие воды отмечались при бурении, а в Кировоградской зоне происходил самоизлив нескольких скважин [4, 5].

Возможность выявления ЭА по данным СГС связана с зональностью состава вод (обычно с глубиной увеличивается их минерализация). Соответственно, если в поверхностных водопунктах фиксируются воды с повышенными концентрациями макрокомпонентов и этот факт не связан с химизмом дренируемых пород, то такой их состав можно объяснить подтоком глубинных вод, формирующих аномалию. Поля локализации разных месторождений по данным СГС контролируются аномалиями макрокомпонентов (рис. 2). Кроме того, аномалии СГС выявлены в пределах Печенгского и Аллареченского Cu-Ni рудных узлов (Кольский полуостров), Дубровского и Арсеньевского Sn-рудных полей (Приморье), Мирнинского кимберлитового узла (Якутия), Талнахского Cu-Ni-благородноме-



**Рис. 1. Аномалии РЕП урановорудных полей:**

*a* — Северо-Каменущинского на Дальнем Востоке, *б* — Восток-Балкашинского, *в* — Викторовского в Северном Казахстане, *г* — Стрельцовского в Забайкалье, *д* — Кировоградской урановорудной зоны в Украине; 1 — контуры урановорудных объектов; 2 — графики РЕП; 3 — участки техногенных помех; 4 — положительные аномалии РЕП

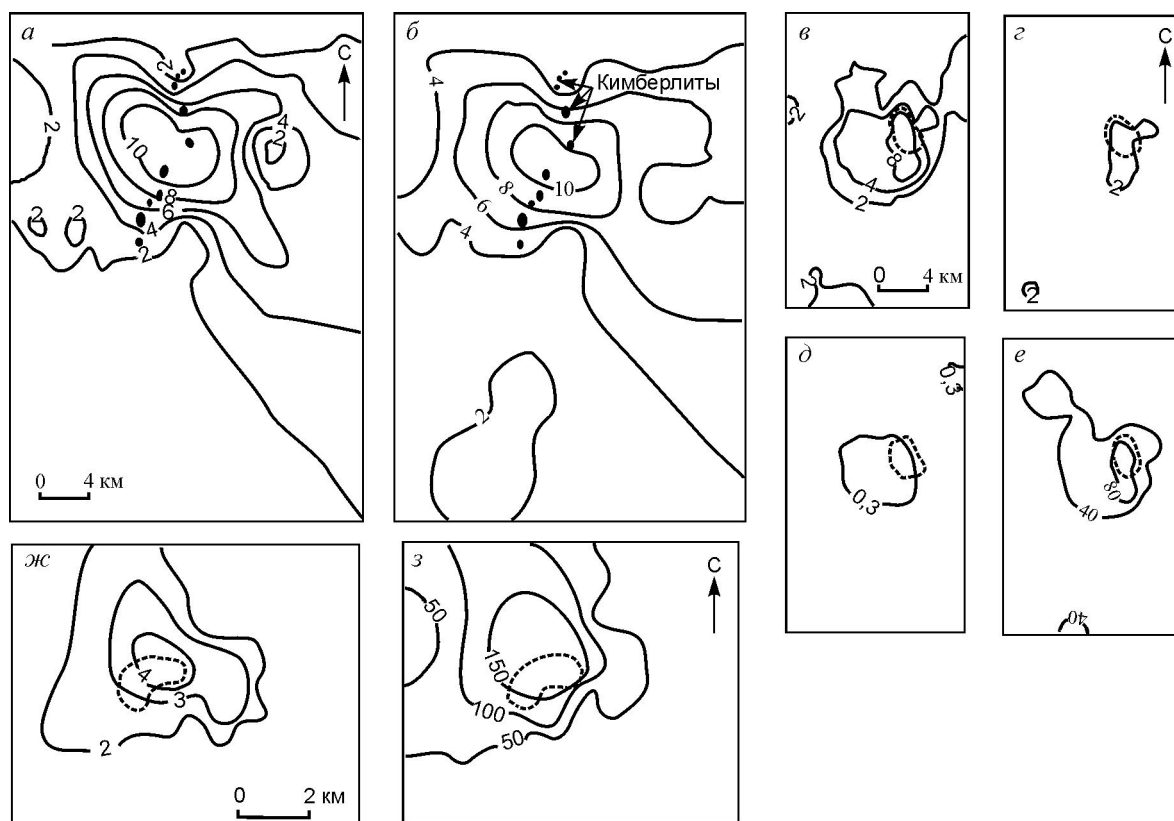


Рис. 2. Аномалии макрокомпонентов по данным СГД, по [5]:

*a, б* — Золотицкое алмазоносное поле, Архангельская область; *в, г, д, е* — золото-серебряное месторождение Карамкен, Магаданская область; *ж, з* — Первоначальное месторождение олова Пыркайского рудного узла, Чукотка; распределение в водотоках: *a, в* — суммарного показателя аномальности — сумм кратностей надфоновых значений Cl, Na, K (*a*) и Na, K, Mg (*в*) к стандартному отклонению их фоновых значений, концентраций в мг/л Cl (*б*), Na (*г, ж*), K (*д*), общей минерализации (*е, з*); рудные тела показаны пунктиром

тального рудного поля, рудного поля с месторождением золота Сухой Лог, Восток-Балкашинского урановорудного поля, Кировоградской урановорудной зоны [2, 3, 5].

Полихронная тепловая космическая съемка проводилась для выявления тепловых аномалий (при космической съемке инфракрасного излучения в диапазоне 8–13 мкм). Источником информации были съемки NOAA AVHRR (использовалось программное обеспечение ИКИ РАН [7]). Оптимальным временем для установления геотемпературных ЭА являются ночные, предутренние часы, когда максимально нивелируются тепловые аномалии, возникающие при солнечном прогревании. Полихронной тепловой космической съемкой выявлялись сеансы съемки с благоприятными метеорологическими условиями — отсутствием облачности, сильного ветра, тепловых фронтов и др. С учетом мешающих факторов и при полном цикле обработки информации (маскирование водных по-

верхностей и облачности, снятие регионального тренда температур, геометрическая коррекция данных) определяются рудоконтролирующие ЭА радиоярких температур. Обнаружено, что тепловые радиояркие аномалии контролируют размещение крупных рудных объектов России: Гайского, Федорово-Панского, Печенгского (рис. 3). Эндодинамическая природа тепловой аномалии в районе Печенгского рудного узла подтверждается гидрохимической ЭА [2]. Современная флюидная активность Земли зафиксирована в районе Гайского и многих других эндогенных месторождений [10]. Аналогичные аномалии радиоярких температур контролируют размещение на Кольском полуострове Мончегорского медь-никель-платинометалльного района, в Карелии Онежского уран-ванадий-платинометалльного района, Костомукшинского железорудного узла, района Бураковской интрузии с месторождениями титана и хрома, золоторудных узлов Мурунтау и Кокпатас в Узбекистане, Неждани-

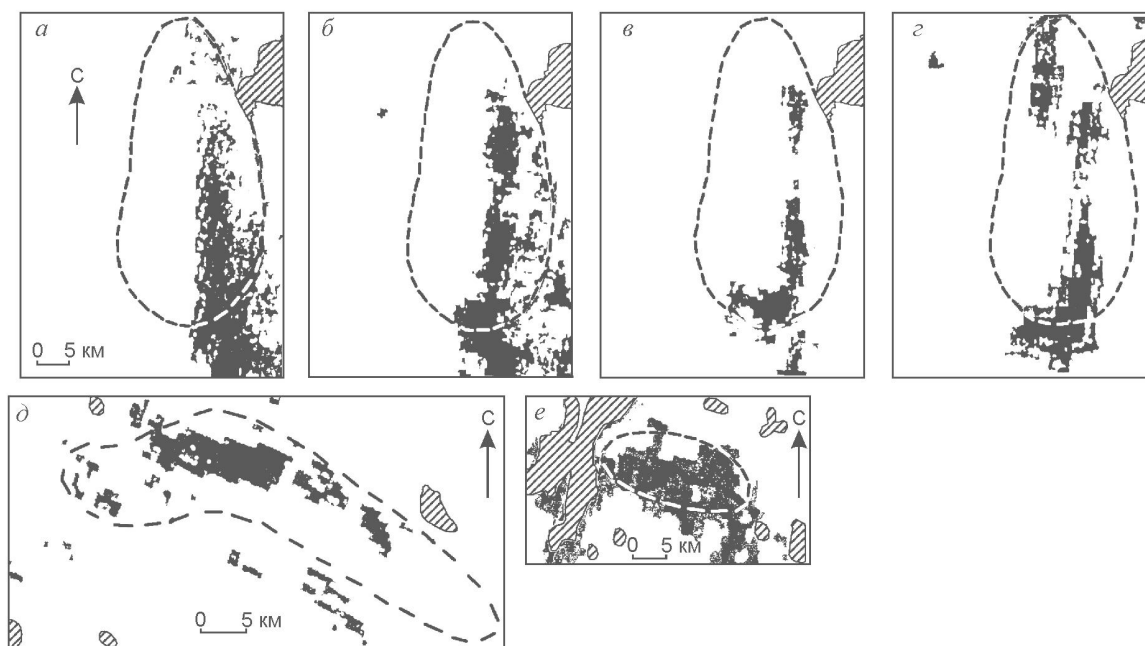


Рис. 3. Аномалии радиоярких температур (черное) рудных узлов (пунктир), по [5]:

*a–г* — Гайского меднорудного (*a* — 16 апреля 2000 г., *б* — 1 августа 2000 г., *в* — 2 августа 2000 г., *г* — 3 августа 2000 г.); *д* — Федорово-Панского платинометального (8 сентября 2000 г.); *е* — Печенгского медно-никелевого (14 сентября 1999 г.); штриховка — озера

нского месторождения золота в Восточной Якутии. Области повышенных и аномальных значений радиоярких температур эндодинамической природы занимают площади до десятков – сотен квадратных километров. Амплитуда аномалий десятки доли – первые (обычно до 2) градусы [1, 5].

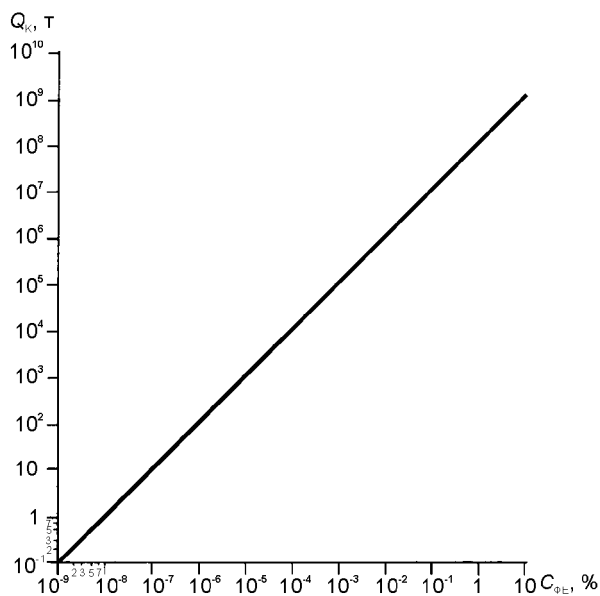
Ареалы современной активизации недр контролируют размещение минерогенических таксонов, содержащих крупные месторождения полезных ископаемых, и не характерны для территорий, где таковых нет. Анализ публикаций свидетельствует, что данная закономерность проявляется не только на уровне месторождений, полей и узлов их локализации, но и более крупных таксонов. Так, Д.В.Рундквист и И.К.Рундквист [7] связали положение одного из рудных районов Европы с повышенной сейсмической активностью территории. При сопоставлении главнейших сейсмогенерирующих зон Северной Азии, приведенных В.И.Уломым [12], с местоположением структур локализации наиболее крупных месторождений этой территории видна приуроченность рудных поясов, областей и провинций, содержащих суперконцентрации руд, к главнейшим сейсмогенерирующим зонам (землетрясения 7–8 баллов и более) и их геоструктурным продолжениям. В частности, такие зоны

контролируют размещение Яно-Колымского золоторудного пояса с Наталкинским месторождением золота. Субмеридиональная зона от Сетте-Дабана до побережья Арктики контролирует на юге рудную провинцию с Нежданским месторождением золота, а на севере — рудную область с месторождениями олова (Депутатское, Одинокое). Рудные провинции, в пределах которых обнаружены уникальные месторождения — Холоднинское (свинец, цинк), Сухой Лог (золото, платина), Удоканское (медь, серебро), Тарыннахское (железо), месторождения золота, урана Алданского рудного района — контролируются Байкальской сейсмогенерирующей зоной, простирающейся до Алдана. Уральская зона контролирует размещение рудной провинции с месторождениями железа, ванадия, титана, платиноидов (Качканарское), золота (Березовское), меди (Гайское), хрома (Кемпирсайская группа).

К рудоконтролирующим ЭА относятся многие аномалии гелия, ртути, других газов, солевые ореолы глубокозалегающих месторождений. В частности, в монографии [9] указывается, что между экстенсивностью и интенсивностью оруденения Урала и содержанием гелия в водах существует прямая зависимость, свидетельствующая о наибольшей эндодинамической активности территорий с максималь-

ной рудоносностью. Способами тепломассопереноса, создающего рудоконтролирующие ЭА, служат диффузия и конвекция, возникающие вследствие градиентов температур, давления, концентраций химических элементов под воздействием центробежной силы Земли. Г.С.Вартамян [6] считает, что интенсивный вынос вещества и энергии из внутренних частей планеты к ее периферии — один из ярко проявленных процессов развития Земли, что активная система стремится к выравниванию материально-энергетического потенциала с внешней средой.

При выявлении по данным анализа материалов космических съемок (и (или) другой геолого-геофизической информации) рудоперспективных (по косвенным признакам) площадей необходима экспресс-оценка, при которой определяются или уточняются металлогеническая специализация и возможные начальные прогнозные ресурсы полезных ископаемых. Такая (постспутниковая) оценка может быть реализована при использовании закономерности максимальной рудоконцентрации [1, 13] (рис. 4) по данным определения характера и степени геохимической специализации территории локализации перспективной площади. Наиболее экспрессный и наименее дорогостоящий способ такой оценки — гидрогеохимическое опробование, выполняемое с использованием высокочувствитель-



**Рис. 4. Закономерность максимальной рудоконцентрации, по [1, 13]:**

$Q_k$  — возможные запасы наиболее крупного месторождения рудного (рудоперспективного) района;  $C_{ФЕ}$  — среднее содержание (ферсма) рудогенного элемента в коренных породах района

ных аналитических работ (например на базе аппаратуры ISP MS), и бассейновый принцип при выборе пунктов опробования и интерпретации полученных данных [1, 3, 13]. В итоге рассчитывается геохимический фон коренных пород (ферсм) —  $C_{ФЕ}$ , характеризующий изучаемый район. При оценке используется теоретическая размерность (в тоннах) месторождений, которая составляет для супергигантских ( $10^{11}$ – $10^{12}$ )· $K_B$ , гигантских ( $10^{10}$ – $10^{11}$ )· $K_B$ , крупных ( $10^9$ – $10^{10}$ )· $K_B$ , средних ( $10^8$ – $10^9$ )· $K_B$ , малых (мелких) ( $10^7$ – $10^8$ )· $K_B$ , очень мелких ( $10^6$ – $10^7$ )· $K_B$ , самых мелких ( $10^5$ – $10^6$ )· $K_B$  ( $K_B$  представлены в таблице). Определение  $C_{ФЕ}$  выполняется через пропорцию между представленными в таблице  $C_p$  ( $C_{МО}$ ) и соответствующими средними концентрациями, типичными для вод изучаемого района. Эта пропорция принимается для соотношения  $K_B$  и  $C_{ФЕ}$ . После этого возможные запасы наиболее крупного месторождения рудного (рудоперспективного) района оцениваются в соответствии с рис. 4. Такая оценка характеризует возможность образования месторождений исходя из степени геохимической специализации территории. Для реализации этой возможности необходимы соответствующий энергетический потенциал и его фокусирование. Поэтому наличие определенного геохимического потенциала — необходимое, но недостаточное условие образования рудных месторождений соответствующей размерности, и оценивается таким образом возможный рудоресурсный потенциал.

Отрядом предварительной оценки НИИКАМ в 2005 г. проведено гидрогеохимическое обследование нескольких рудоперспективных по данным анализа материалов космической съемки участков в Северном Прибайкалье. Участок Усть-Няндони площадью около 700 км<sup>2</sup> (от устья р. Няндони ~20 км вверх по течению, 10 км вниз и 30 км вверх по течению р. Котера от указанного устья) характеризуется повышенными и высокими концентрациями в водах Au, TR, платиноидов, Sn. Фоновые концентрации золота в водах участка работ в 3–5 раз превосходят средние концентрации в мировом поверхностном стоке ( $C_p$ ,  $C_{МО}$ ), что, после принятия этой пропорции для  $C_{ФЕ}$  и  $K_B$  в соответствии с таблицей и рис. 4, свидетельствует о возможности образования среднего по запасам месторождения золота (~80 т). Фоновые концентрации платиноидов, олова здесь превышают  $C_p$ ,  $C_{МО}$  в 4 раза, что говорит о вероятности возникновения среднего по запасам месторождения платиноидов (~12 т) и месторождения олова с запасами до 120 тыс. т. Наличие повышенных и высоких концентраций TR указывает на возможность формирования в пределах участ-

Теоретическая по [1] с уточнениями размерность месторождений (А) в сопоставлении с размерностью, принятой в МПР России в 1998 г. (Б)

№№ п/п	C <sub>Р</sub> , мг/л C <sub>МО</sub> , %	K <sub>B</sub> , вес. %	Элементы, руда	Запасы металла, сырья, руды (p), т						
				крупных		средних		малых		
				А	Б	А	Б	А	Б	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	2E-6	2E-9	Os; Ir	2÷20		0,2÷2		2E-2÷0,2		
2	4E-6	3E-9	Rh	3÷30		0,3÷3		3E-2÷0,3		
3	5E-6	5E-9	Ru	5÷50		0,5÷5		5E-2÷0,5		
4	4E-6	3E-8	Pt	30÷300	>30	3÷30	3÷30	0,3÷3	<3	
5	3E-6	3E-8	Pd	30÷300		3÷30		0,3÷3		
6	2E-5	6E-8	Re	60÷600		6÷60		0,6÷6		
7	2E-5	7E-8	ΣМПГ №№ п/п 1-5	70÷700		7÷70		0,7÷7		
8	1E-5	1E-7	Te	100÷1000	[1000÷10000]	10÷100	[100÷1000]	1÷10	[10÷100]	
9	3E-6	2E-7	Au	200÷2000	>50	20÷200	5÷50	2÷20	<5	
10	2E-5	6E-6	Ag	6000÷60000	>3000	600÷6000	500÷3000	60÷600	<500	
11	7E-5	6E-6	Hg	6000÷60000	>15000	600÷6000	700÷15000	60÷600	<700	
12	1E-5	1E-5	Bi	1E+4÷1E+5	>1,5E+4	1E+3÷1E+4	1E+3÷1,5E+4	1E+2÷1E+3	<1E+3	
13	1E-4	1E-5	Cd	1E+4÷1E+5	[3E+3÷1E+4]	1E+3÷1E+4	[5E+2÷3E+3]	1E+2÷1E+3	[<5E+2]	
14	3E-4	1E-5	Se	1E+4÷1E+5	[2E+3÷1E+4]	1E+3÷1E+4	[5E+2÷2E+3]	1E+2÷1E+3	[5E+1÷5E+2]	
15	5E-6	1E-5	In	1E+4÷1E+5	[2E+2÷5E+2]	1E+3÷1E+4	[50÷2E+2]	1E+2÷1E+3	[<50]	
16	1E-4	3E-5	Sb	3E+4÷3E+5	>1E+5	3E+3÷3E+4	1E+4÷1E+5	3E+2÷3E+3	<1E+4	
17	2E-6	3E-5	Tm	3E+4÷3E+5		3E+3÷3E+4		3E+2÷3E+3		
18	2E-6	7E-5	Lu	7E+4÷7E+5		7E+3÷7E+4		7E+2÷7E+3		
19	3E-6	8E-5	Tl	8E+4÷8E+5	[5E+2÷2,5E+3]	8E+3÷8E+4	[50÷5E+2]	8E+2÷8E+3	[<50]	
20	4E-3	8E-5	I	8E+4÷8E+5		8E+3÷8E+4		8E+2÷8E+3		
21	2E-6	9E-5	Tb	9E+4÷9E+5		9E+3÷9E+4		9E+2÷9E+3		
22	4E-5	1E-4	W, WO <sub>3</sub>	1E+5÷1E+6	>1E+5, p	1E+4÷1E+5	1E+4÷1E+5, p	1E+3÷1E+4	<1E+4, p	
23	1E-3	1E-4	Mo	1E+5÷1E+6	>5E+4	1E+4÷1E+5	5E+3÷5E+4	1E+3÷1E+4	<5E+3	
24	2E-6	1E-4	Eu; Ho	1E+5÷1E+6		1E+4÷1E+5		1E+3÷1E+4		
25	3E-6	2E-4	Ta, Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	2E+5÷2E+6	>5E+3, p	2E+4÷2E+5	5E+2÷5E+3, p	2E+3÷2E+4	<5E+2, p	
26	2E-3	2E-4	As	2E+5÷2E+6	[1E+5÷1E+6]	2E+4÷2E+5	[1E+4÷1E+5]	2E+3÷2E+4	[1E+3÷1E+4]	
27	3E-5	2E-4	Ge	2E+5÷2E+6	[>5E+2]	2E+4÷2E+5	[1E+2÷5E+2]	2E+3÷2E+4	[<1E+2]	
28	2E-5	3E-4	Be	3E+5÷3E+6	>1E+4	3E+4÷3E+5	5E+2÷1E+4	3E+3÷3E+4	<5E+2	
29	3E-4	3E-4	U	3E+5÷3E+6	>2E+4	3E+4÷3E+5	5E+3÷2E+4	3E+3÷3E+4	<5E+3	
30	5E-5	3E-4	Sn	3E+5÷3E+6	>5E+4	3E+4÷3E+5	5E+3÷5E+4	3E+3÷3E+4	<5E+3	
31	5E-6	3E-4	Er; Yb	3E+5÷3E+6		3E+4÷3E+5		3E+3÷3E+4		
32	2E-5	3E-4	Cs, Cs <sub>2</sub> O	3E+5÷3E+6	>5E+3, p	3E+4÷3E+5	5E+2÷5E+3, p	3E+3÷3E+4	<5E+2, p	
33	1E-2	3E-4	Br	3E+5÷3E+6		3E+4÷3E+5		3E+3÷3E+4		
34	6E-6	4E-4	Dy	4E+5÷4E+6		4E+4÷4E+5		4E+3÷4E+4		
35	1E-5	4E-4	Hf	4E+5÷4E+6	[5E+5÷5E+6]	4E+4÷4E+5	[5E+4÷5E+5]	4E+3÷4E+4	[5E+3÷5E+4]	
36	1E-5	6E-4	Sm; Gd	6E+5÷6E+6		6E+4÷6E+5		6E+3÷6E+4		
37	1E-5	7E-4	Pr	7E+5÷7E+6		7E+4÷7E+5		7E+3÷7E+4		
38	2E-4	1E-3	Co	1E+6÷1E+7	>1,5E+4	1E+5÷1E+6	2E+3÷1,5E+4	1E+4÷1E+5	<2E+3	
39	1E-3	1E-3	Pb	1E+6÷1E+7	>1E+6	1E+5÷1E+6	1E+5÷1E+6	1E+4÷1E+5	<1E+5	
40	1E-4	1E-3	Th	1E+6÷1E+7	[1E+4÷1E+5]	1E+5÷1E+6	[1E+3÷1E+4]	1E+4÷1E+5	[1E+2÷1E+3]	
41	1E-3	1E-3	Sc	1E+6÷1E+7	[1E+4÷1E+5]	1E+5÷1E+6	[1E+3÷1E+4]	1E+4÷1E+5	[<1E+3]	

Продолжение таблицы

42	2E-2	2E-3	B, B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2E+6÷2E+7	>2E+7, p	2E+5÷2E+6	5E+6÷2E+7, p	2E+4÷2E+5	<5E+6, p
43	2E-3	2E-3	Ni	2E+6÷2E+7	>2E+5	2E+5÷2E+6	3E+4÷2E+5	2E+4÷2E+5	<3E+4
44	1E-5	2E-3	Nb, Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	2E+6÷2E+7	>3E+5, p	2E+5÷2E+6	5E+4÷3E+5, p	2E+4÷2E+5	<5E+4, p
45	1E-4	2E-3	Ga	2E+6÷2E+7		2E+5÷2E+6		2E+4÷2E+5	
46	3E-3	3E-3	Cu	3E+6÷3E+7	>1E+6	3E+5÷3E+6	1E+5÷1E+6	3E+4÷3E+5	<1E+5
47	3E-3	3E-3	Li, Li <sub>2</sub> O	3E+6÷3E+7	>2E+5, p	3E+5÷3E+6	5E+4÷2E+5, p	3E+4÷3E+5	<5E+4, p
48	5E-5	3E-3	Nd	3E+6÷3E+7		3E+5÷3E+6		3E+4÷3E+5	
49	1E-4	3E-3	Y	3E+6÷3E+7		3E+5÷3E+6		3E+4÷3E+5	
50	2E-3	4E-3	Cr	4E+6÷4E+7	>1E+7, p	4E+5÷4E+6	1E+6÷1E+7, p	4E+4÷4E+5	<1E+6, p
51	7E-5	4E-3	La	4E+6÷4E+7		4E+5÷4E+6		4E+4÷4E+5	
52	2E-2	6E-3	Zn	6E+6÷6E+7	>1E+6	6E+5÷6E+6	1E+5÷1E+6	6E+4÷6E+5	<1E+5
53	1E-4	6E-3	∑TR <sub>v</sub> (серые)	6E+6÷6E+7	[1E+5÷5E+5], p	6E+5÷6E+6	[1E+4÷1E+5], p	6E+4÷6E+5	[<1E+4], p
54	1E-4	7E-3	Ce	7E+6÷7E+7		7E+5÷7E+6		7E+4÷7E+5	
55	1E-3	7E-3	V	7E+6÷7E+7	[1E+5÷1E+6]	7E+5÷7E+6	[1E+4÷1E+5]	7E+4÷7E+5	[1E+3÷1E+4]
56	1E-3	1E-2	Rb	1E+7÷1E+8	[1E+5÷1E+6]	1E+6÷1E+7	[1E+4÷1E+5]	1E+5÷1E+6	[<1E+4]
57	2E-4	1E-2	∑TR <sub>cc</sub> (La,Ce,Pr,Nd)	1E+7÷1E+8	[1E+6÷1E+7], p	1E+6÷1E+7	[1E+5÷1E+6], p	1E+5÷1E+6	[<1E+5], p
58	3E-4	2E-2	Zr, ZrO <sub>2</sub>	2E+7÷2E+8	>1,5E+6, p	2E+6÷2E+7	3E+5÷1,5E+6, p	2E+5÷2E+6	<3E+5, p
59	3E-4	2E-2	∑TR (TR <sub>cc</sub> +TR <sub>v</sub> )	2E+7÷2E+8		2E+6÷2E+7		2E+5÷2E+6	
60	6E-2	4E-2	Sr	4E+7÷4E+8	>5E+5	4E+6÷4E+7	1E+5÷5E+5	4E+5÷4E+6	<1E+5
61	7	4E-2	Cl	4E+7÷4E+8	[1,5E+8÷5E+8]	4E+6÷4E+7	[5E+7÷1,5E+8]	4E+5÷4E+6	[<5E+7]
62	2E-2	6E-2	Ba, BaSO <sub>4</sub>	6E+7÷6E+8	>3E+6, p	6E+6÷6E+7	1E+6÷3E+6, p	6E+5÷6E+6	<1E+6, p
63	4	6E-2	S	6E+7÷6E+8	>2E+7	6E+6÷6E+7	2E+6÷2E+7	6E+5÷6E+6	<2E+6
64	1E-1	6E-2	F	6E+7÷6E+8	>5E+6	6E+6÷6E+7	1E+6÷5E+6	6E+5÷6E+6	<1E+6
65	1E-2	7E-2	Mn	7E+7÷7E+8	>3E+7, p	7E+6÷7E+7	3E+6÷3E+7, p	7E+5÷7E+6	<3E+6, p
66	5E-2	9E-2	P, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	9E+7÷9E+8	>5E+7, p	9E+6÷9E+7	1E+7÷5E+7, p	9E+5÷9E+6	<1E+7, p
67	10	1E-1	C (нефть)	1E+8÷1E+9	>6E+7	1E+7÷1E+8	1,5E+7÷6E+7	1E+6÷1E+7	<1,5E+7
68	3E-3	4E-1	Ti, TiO <sub>2</sub>	4E+8÷4E+9	>1E+7, p	4E+7÷4E+8	3E+6÷1E+7, p	4E+6÷4E+7	<3E+6, p
69	4	1	Mg, MgCO <sub>3</sub>	1E+9÷1E+10	>1E+8, p	1E+8÷1E+9	1E+7÷1E+8, p	1E+7÷1E+8	<1E+7, p
70	2	3	K	3E+9÷3E+10	>5E+8, p	3E+8÷3E+9	1E+8÷5E+8, p	3E+7÷3E+8	<1E+8, p
71	6	3	Na	3E+9÷3E+10	>1E+9, p	3E+8÷3E+9	1E+8÷1E+9, p	3E+7÷3E+8	<2E+8, p
72	14	3	Ca	3E+9÷3E+10	[1E+8÷1E+9], p	3E+8÷3E+9	[1E+7÷1E+8], p	3E+7÷3E+8	[1E+6÷1E+7], p
73	1E-1	4	Fe	4E+9÷4E+10	>3E+8, p	4E+8÷4E+9	5E+7÷3E+8, p	4E+7÷4E+8	<5E+7, p
74	1E-1	8	Al	8E+9÷8E+10	[1E+8÷5E+8], p	8E+8÷8E+9	[2,5E+7÷1E+8], p	8E+7÷8E+8	[<2,5E+7], p
75	6	30	Si	3E+10÷3E+11		3E+9÷3E+10		3E+8÷3E+9	

Пр и м е ч а н и е. С<sub>p</sub> — средние концентрации в мировом поверхностном стоке (при общей минерализации вод М ~100 мг/л), С<sub>мо</sub> — то же, в пересчете на минеральный остаток (при М десятки–первые сотни мг/л), К<sub>в</sub> — кларки (средние содержания) элементов верхней части континентальной коры, С<sub>p</sub>, С<sub>мо</sub>, К<sub>в</sub> по [1] с уточнениями; в квадратных скобках по [8].

ка среднего по запасам этих элементов месторождения, а также может служить предпосылкой для обсуждения вопроса о возможности обнаружения здесь кимберлитового магматизма, например туффизитов. В небольшом объеме охарактеризованы участки Усть-Чуро (приблизительно в 60 км к северо-северо-востоку от участка Усть-Няндони) и Усть-Слюдянка (на северо-западном окончании оз. Байкал). В обоих случаях гидрогеохимическая специализация (и ее интенсивность) территорий ана-

логична участку Усть-Няндони, однако концентрации Au, TR, платиноидов в водах выше, что указывает на необходимость проведения здесь дополнительных работ, поскольку запасы возможных месторождений превышают таковые для участка Усть-Няндони. Особенно это касается участка Усть-Слюдянка, где аномальные значения содержаний золота и некоторых других указанных элементов соответствуют возможности образования крупных месторождений.



Гидрогеохимическая проба из р. Улахан-Тарын-Юрях близ пос. Нелькан характеризует Малтанский рудный узел (в его пределах имеются небольшое золоторудное месторождение Сана и среднее золото-сурьмяное месторождение Малтан) и смежные территории (~3000 км<sup>2</sup>). Если принять данные этой пробы за характеристику рудного района, то в соответствии с рисунками и таблицей в его пределах могли образоваться крупные месторождения: Au (~1400 т), Sb (~30 000 т), Sn (~200 000 т), Pd (~60 т), TR<sub>Сe</sub> (~3·10<sup>7</sup> т), TR<sub>У</sub> (~2·10<sup>7</sup> т), Se, Ru, Rh, Cs, Re. Аномальные концентрации элементов в пробе с водосборной площади верхнего течения р. Хандыга указывают на возможность образования в этом районе средних по запасам месторождений Au, платиноидов, TR, Ag, Sn, Te, Pb.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Антипов В.С.* Выявление и оценка рудоперспективных площадей по ареалам современной активизации недр с использованием полихронной тепловой космической съемки // Отечественная геология. 2004. № 3. С. 24–33.
2. *Антипов В.С.* Космогеологические, геофизические и гидрохимические критерии выделения рудоконтролирующих структур при прогнозировании медно-никелевых месторождений (на примере Печенгско-Аллареченского района) // Исследование Земли из космоса. 1990. № 5. С. 34–37.
3. *Антипов В.С.* Оценка рудоносности территорий по космоспектральным данным и гидрохимическим аномалиям // Отечественная геология. 1999. № 5. С. 11–16.
4. *Антипов В.С.* Региональные положительные аномалии естественного электрического поля над структурами рудных полей и месторождений // Методы разведочной геофизики. Геологическая и экономическая эффективность новых геофизических разработок. Л., 1985. С. 78–85.
5. *Антипов В.С.* Рудоконтролирующие аномалии ареалов активизации недр (металлогения эндодинамических аномалий) // Вестн. СПбГУ. Сер. 7. Вып. 3 (№ 23). 2002. С. 54–64.
6. *Вартамян Г.С.* Флюидосфера и эндодренажные системы Земли как ведущие факторы геологической эволюции // Отечественная геология. 2000. № 6. С. 14–22.
7. *Захаров М.Ю., Луян Е.А., Мазуров А.А.* Программы обработки данных прибора AVHRR спутников серии NOAA для персональных компьютеров // Исследование Земли из космоса. 1993. № 4. С. 62–68.
8. *Минеральное сырье* / Под ред. В.П.Орлова // Краткий справочник. М., 1999.
9. *Овчинников Л.Н.* Прогноз рудных месторождений. – М.: Недра, 1992.
10. *Пронин А.П.* Современная флюидная активность на эндогенных месторождениях: прогнозно-поисковые и геоэкологические значения // Геологический вестник центральных районов России. 1998. № 4–5. С. 19–25.
11. *Рундквист Д.В., Рундквист И.К.* Металлогения на рубеже столетия // Вестн. РАН. 1994. Т. 64. № 7. С. 83–605.
12. *Уломов В.И.* Программа исследований по проблеме «Сейсмичность и сейсмическое районирование Северной Евразии» // Сейсмичность и сейсмическое районирование Северной Евразии. М., 1993. Вып. 1. С. 24–25.
13. *Antipov V.S.* Satellite-used GIS evaluation of potential value of earth's blocks // Extended abstracts international conference «GIS in geology». 13th–15th of November. 2002. Moscow, 2002. P. 7–11.

УДК [553.411+553.44].043 (571.15)

© В.Л.Лось, В.Н.Назаров, 2006

## КОНЦЕПЦИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ ПРОГНОЗНО-ПОИСКОВЫХ РАБОТ В ЛЕНИНОГОРСКОМ И ЗЫРЯНОВСКОМ РУДНЫХ РАЙОНАХ, РУДНЫЙ АЛТАЙ

В.Л.Лось, В.Н.Назаров (АО «Казцинк»)

На рубеже XX и XXI столетий, когда в Казахстане устоялись принципы рыночной экономики и прошел своего рода «самогипноз» по поводу огромных запасов всех видов минерального сырья, выяснилось, что по многим для республики ключевым видам полезных ископаемых (Cu, Zn, Pb, Au и др.) рентабельных запасов осталось на 15–20 лет [18]. Такое предкризисное состояние сложилось из-за прекращения (в результате свертывания геолого-разведочных работ в 90-е годы прошлого столетия) восполнения погашаемых запасов руд открытием новых объектов и перехода ряда месторождений в разряд нерентабельных [6, 7].

В 2004 г. для развития своей минерально-сырьевой базы АО «Казцинк» приняло решение о производстве геологоразведочных работ, ориентированных на выявление новых рудных объектов, в Лениногорском и Зыряновском районах Рудного Алтая. В период подготовки была сформирована концепция поисков новых колчеданно-полиметаллических объектов на Рудном Алтае, рассмотрены различные прогнозно-поисковые технологии и методы и отобраны базовые. В организационном плане в рамках АО «Казцинк» специально для проведения поисково-разведочных работ на правах промышленного предприятия был создан геологоразведочный комплекс «Казцинк ГЕО».

**Концепция прогнозно-поисковых работ в Лениногорском и Зыряновском районах.** Основание: необеспеченность рентабельным минеральным сырьем горно-металлургических предприятий АО «Казцинк» после 2020 г. Цель работ: выявление новых колчеданно-полиметаллических рудных объектов (рудных узлов, месторождений, рудных тел). Временные рамки работ: 2005–2015 гг. При отрицательных результатах через 3–4 года планируется корректировка концепции и проекта. Район работ: Зыряновский и Лениногорский районы Рудного Алтая, в перспективе — северо-восточная зона смятия. Общая площадь 25 тыс. км<sup>2</sup>.

Заметим, что Зыряновский и Лениногорский районы, как и весь Рудный Алтай, в геологическом отношении довольно хорошо изучены и опоскована-

ны. Поэтому здесь можно рассчитывать только на выявление скрытых колчеданно-полиметаллических объектов (глубоко залегающих и (или) перекрытых рыхлыми отложениями). Серьезного опыта и успехов в поисках таких месторождений в мировой практике пока нет.

Главные принципы прогнозно-поисковых работ включают использование новых представлений о закономерностях образования и локализации рудных объектов (новых металлогенических концепций), новых данных и нетрадиционных характеристик геологической среды, современных прогнозных и поисковых технологий.

Используемые базовые технологии должны ориентироваться на обнаружение скрытых рудных месторождений, применяться в широком масштабном диапазоне (от регионального до детального) и разнообразных геологических ситуациях, выявлять различные типы рудных объектов (геолого-генетические и структурные), давать воспроизводимые и верифицируемые результаты, быть экономически рентабельными и достаточно оперативными в реализации. Они включают технологию картирования геохимических систем рудных объектов, дешифрирование аэрокосмоснимков, высокоточную магнитометрию и аэрогамма-спектрометрию, компьютерные технологии количественного прогнозирования полезных ископаемых на основе комплексной информации, геолого-минералогическое картирование м-бов 1:50 000–1:100 000.

Для обеспечения эффективного использования прогнозно-поисковых технологий, профессионального взаимодействия исполнителей и поддержания проводимых работ на современном научно-технологическом уровне было организовано постоянное целевое обучение исполнителей проекта прогнозно-поисковых работ.

SWOT-анализ концепции и программы прогнозно-поисковых работ в Лениногорском и Зыряновском районах позволил выявить их сильные и слабые стороны, возможности и угрозы. Сильные стороны: большой фактический материал и устоявшаяся база знаний об особенностях и закономернос-

**Стадийность геохимических поисков по технологии IONEX в Лениногорском и Зырянском районах Рудного Алтая**

Стадия	Масштаб	Площадь, км <sup>2</sup>	Выделяемые объекты
1	1:500 000	24 000	Геохимические системы рудных узлов, гигантских месторождений
2	1:200 000–1:100 000	1000–2000	Геохимические системы крупных и групп средних и мелких месторождений
3	1:25 000	60–80	Ядерные части месторождений
4	1:10 000–1:5000	5–10	Рудные тела

тах размещения колчеданно-полиметаллических месторождений; ориентировка на новые металлогенетические гипотезы, воспроизводимую информацию, новые прогнозно-поисковые технологии; применение широкого набора подходов, методов и технологий; следование принципу «дополнительности» (различные подходы, гипотезы и методы не противоречат, а дополняют друг друга); современный уровень организационного обеспечения работ; «корпоративный дух» исполнителей программы. Слабые стороны: давление устоявшихся взглядов и выработавших свой ресурс парадигм на представления о закономерностях размещения колчеданно-полиметаллических месторождений, методы их прогнозирования и поисков; трудности, связанные с возобновлением геологоразведочных работ после длительного перерыва (кадровые, информационные, инфраструктурные); недостаточная толерантность исполнителей в вопросах тактики и технологии прогнозно-поисковых работ. Возможности: достаточно высокая вероятность обнаружения новых колчеданно-полиметаллических объектов в указанных районах (опыт показывает, что в старых, хорошо изученных рудных районах продолжают открываться новые месторождения). Угрозы: отсутствие на участках проведения прогнозно-поисковых работ новых рентабельных рудных объектов на глубинах до 1–2 км; «распад» системы прогнозно-поисковых работ на не связанные между собой операции; прекращение прогнозно-поисковых работ на ранних стадиях из-за отсутствия явных положительных результатов.

Намечены действия по компенсации слабых сторон проекта и снижению уровня угроз. Это постановка прогнозно-поисковых работ на больших площадях; постоянное информирование исполнителей проекта о новейших научных исследованиях и технологических разработках в области прогноза и поиска полезных ископаемых; системная организация прогнозно-поисковых работ; отработка технологии и этики внутрикорпоративных отношений;

объективное и постоянное информирование руководства о результатах прогнозно-поисковых работ.

**Основные технологии прогнозно-поисковых работ.**

*Технология геохимических поисков.* За основу взята технология IONEX, которая заключается в картировании полей концентрации элементов в породах, полей концентрации подвижных форм элементов (метод МПФ) в почвах, выделении геохимических систем рудных объектов и их оценке на возможность выявления рудных объектов. Теоретические основы, методология, условия и схема технологии подробно описаны в работах [14, 15, 20, 21].

Проектом геологоразведочных работ в Лениногорском и Зырянском районах предусмотрено проведение четырех стадий геохимических поисков (таблица). Первая стадия (м-б работ 1:500 000) охватывает всю территорию районов (24 000 км<sup>2</sup>), что дает возможность не только выделять площади для постановки работ второй стадии (1-й и 2-й очередей), но и более правильно оценивать перспективность выделяемых площадей по положению в более крупных геохимических структурах. Кроме того, охват геохимическим картированием крупных территорий создает задел на будущее и позволяет обоснованно выбрать участки для постановки более детальных поисковых работ, снимая тем самым одну из главных угроз выполнения программы прогнозно-поисковых работ. Принятая схема работ в рамках одной стадии приведена на рис. 1.

На рис. 2 для примера дана одна из генерализованных моделей распределения концентраций элементов.

На рис. 3 показаны выделенные геохимические системы и рекомендованные площади для второй стадии работ (1-й очереди).

*Дешифрирование космоснимков.* Использование при прогнозно-поисковых работах технологии дешифрирования космических снимков определялось: объективностью и метричностью исходной информации; высокой информативностью (для вы-

деления геологических структур), обусловленной широким диапазоном измеряемого отраженного спектра электромагнитного излучения; возможностями использования разнообразных ГИС-технологий при анализе и интерпретации космических данных; высокой экспрессностью и относительно низкой стоимостью [1]; выявленной связью космогеологических структур с крупными полиметаллическими месторождениями [9,10].

На территории Лениногорского и Зырянского районов космодешифрование в м-бах 1:50 000–1:100 000 проводится на площадях Соловьевского блока (включая Ревнюшинскую структуру с месторождениями Малеевское, Зырянское и Греховское), Кедрово-Бутачихинской зоны, Лениногорского грабена и частично Успено-Карелинской зоны (с месторождениями Тишинское, Риддер-Сокольное, Чекмарь и др.). На этих же площадях на основе использования синтезированных изображений с различной комбинацией каналов будут выделяться «слабоаномальные» объекты — линейные, дуговые, кольцевые, специфические геологические (интрузии, расланцевание, слоистость). Кроме того, будет строиться цифровая модель рельефа. Все данные де-

шифрования будут использоваться для выделения перспективных площадей (по аналогии наличия космоструктур на участках известных месторождений), а также в комплексе с другими характеристиками геологической среды с использованием технологии комплексного компьютерного прогнозирования.

*Магнитометрия и аэрогамма-спектрометрия.*

Целевое назначение технологии — создание аэрогеофизической основы прогнозно-поисковых работ на колчеданно-полиметаллические рудные объекты. Включает уточнение геологического строения верхней части геологической среды и исследование возможностей использования аэромагнитных и аэрогамма-спектрометрических данных для прогноза оруденения [2–4].

Проводимая аэромагнитная съемка характеризуется высокой точностью получения аэромагнитных данных (среднеквадратичная погрешность  $\pm 2,5$  нТл, точность позиционирования  $\pm 1$  м по положению и высоте). Регистрация гамма-излучения выполняется современным аэрогамма-спектрометром, осуществляющим ежесекундную регистрацию полного спектра гамма-излучения.

Изучение геологического строения верхней части разреза геологической среды в м-бах 1:100 000–1:50 000 осуществляется на основе анализа и интерпретации аномального магнитного поля с привлечением результатов государственной гравиметрической съемки м-ба 1:200 000. Для вещественно-петрофизического картирования верхней части разреза применяется автоматизированное модифицированное магнитного и гравитационного полей подбора эффективных значений намагниченности и плотности в слое, ограниченном сверху главной магнитной поверхностью, снизу — горизонтальной плоскостью, положение которой оценивается специальными методами моделирования.

При определении морфологии объектов используется технология интерпретационной томографии (аппроксимационный вариант), в результате чего получается объемная модель распределения эффективной намагниченности до глубины 4 км.

Для картирования тектонических нарушений и зон тектонической активности применяются методы компьютерного анализа, реализуемого в технологии фильтрации исходных данных. Распознавание линеаментов при этом осуществляется не по матрицам аномальных полей и (или) их трансформат, а по матрицам распределения физических свойств геологической среды, что с геологических позиций более оправданно.

Аэрогамма-спектрометрия (U, Th, K,  $\gamma$ ) используется для радиогеохимического районирования изучаемой территории.

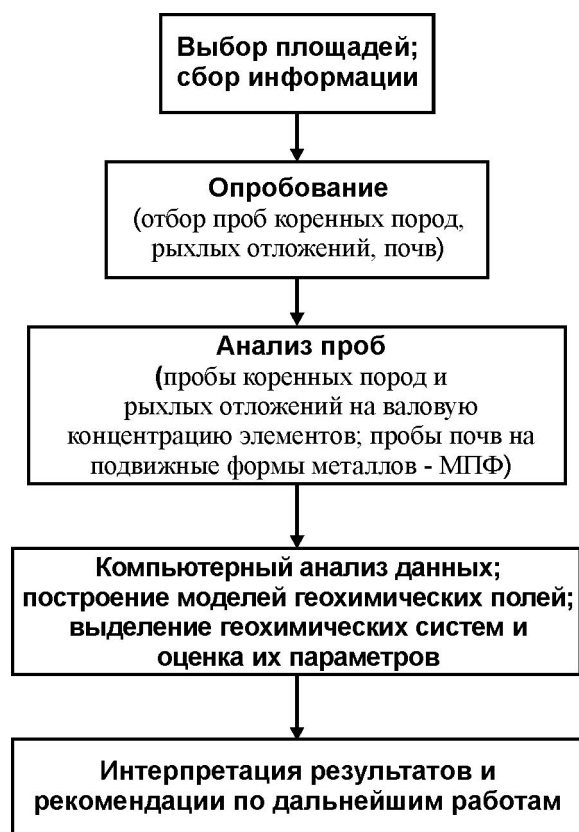


Рис. 1. Структура работ по одной стадии геохимических исследований

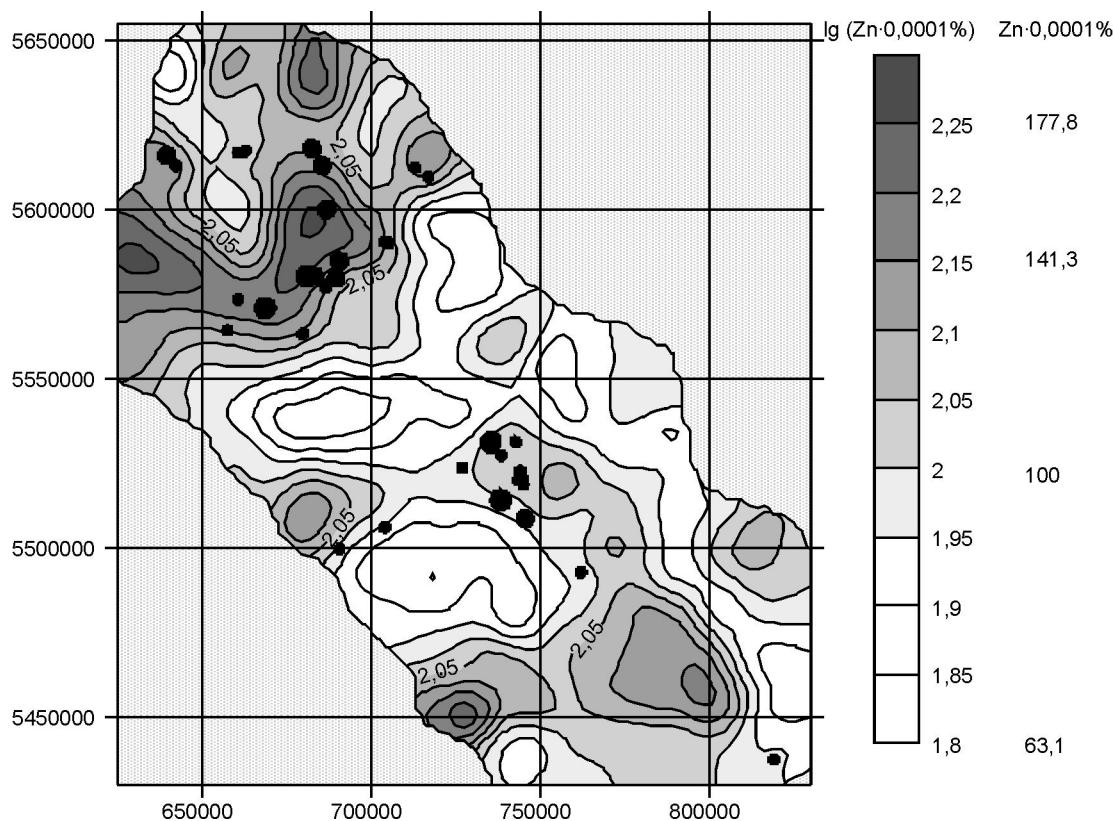


Рис. 2. Генерализованная модель распределения валовых концентраций Zn в коренных породах:

кружки — колчеданно-полиметаллические месторождения

Компьютерные технологии количественного прогнозирования полезных ископаемых на основе комплексной информации. Теоретическая, геологическая и методологическая основы прогнозирования рудных полезных ископаемых достаточно подробно рассмотрены в ряде работ [5, 11, 16, 17, 19]. Знания об особенностях геологической среды, механизмах и закономерностях формирования и размещения рудных объектов однозначно свидетельствуют о том, что наиболее адекватными геологической реальности являются методы, реализующие процедуру прогнозирования в многомерном нелинейном пространстве прогнозирующих характеристик с учетом пространственных координат. Технологий, в полной мере соответствующих этим условиям, пока не существует. Для получения результатов качественно нового уровня технология прогнозирования должна удовлетворять следующим требованиям:

решать задачу прогнозирования в заданном многомерном пространстве прогнозирующих характеристик  $\{t_j\}^n$ ;

позволять задавать прогнозирующие характеристики в любых шкалах (хотя для получения чис-

ловых оценок ресурсов желательно  $t_j$  задавать в сильных шкалах);

позволять использовать связи любой формы (между целевыми и прогнозирующими характеристиками);

обеспечивать получение результатов (оценки прогнозных ресурсов) в численном виде с ясной физической размерностью и пространственной привязкой;

обеспечивать получение несмещенных результатов (оценки прогнозных ресурсов);

обеспечивать воспроизводимость результатов (оценки прогнозных ресурсов);

позволять априори оценивать ошибки результатов прогнозирования;

иметь надежную, удобную и развитую компьютерную реализацию;

обеспечивать по возможности компьютеризацию всех звеньев процесса прогнозирования;

иметь развитое сервисное обеспечение (статистический и геостатистический анализ, анализ силы и формы связи между переменными, визуализация промежуточных и конечных данных, под-

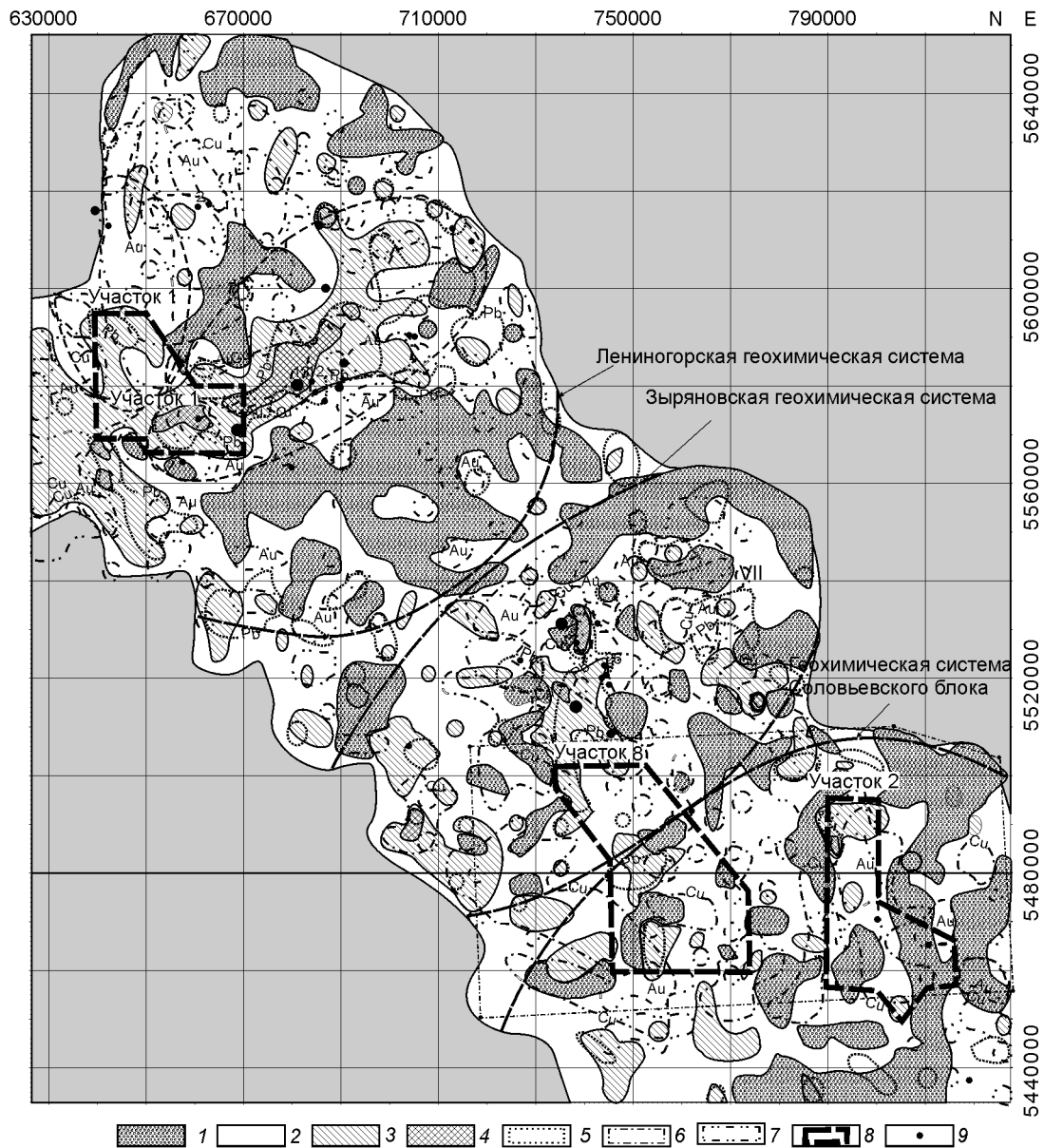


Рис. 3. Распределение подвижных форм металлов в почвах (метод МПФ):

концентрации Zn/C, %·0,01: 1 — <5,0, 2 — 5,0~11,5, 3 — 11,5~50, 4 — >50; 5 — аномалии Pb/C, %·100; 6 — аномалии Cu/C, %·100; 7 — повышенные концентрации Au/C, %·10 000; 8 — перспективные участки, выделенные для постановки работ второй стадии; 9 — полиметаллические месторождения

готовка результатов к выдаче на твердых носителях и т.д).

Вариант технологической схемы прогнозирования полезных ископаемых с количественной оценкой прогнозных ресурсов показан на рис. 4. Схема построена на основе многомодельного метода прогнозирования [16] и в значительной мере отвечает сформированным выше требованиям. Как видно на схеме, технология прогнозирования состоит из двух взаимосвязанных и во многом сход-

ных ветвей: построение моделей-эталонов и собственно прогнозирование. Первое производится на хорошо изученных территориях  $V_{\text{ЭТ}}$  содержащих объекты прогнозируемого типа, второе — на площадях  $V$ , перспективность которых необходимо оценить. Области  $V_{\text{ЭТ}}$  и  $V$  могут совмещаться, частично совмещаться или вообще не пересекаться в пространстве. По сути, на  $V_{\text{ЭТ}}$  происходит настройка технологии прогнозирования, завершающаяся

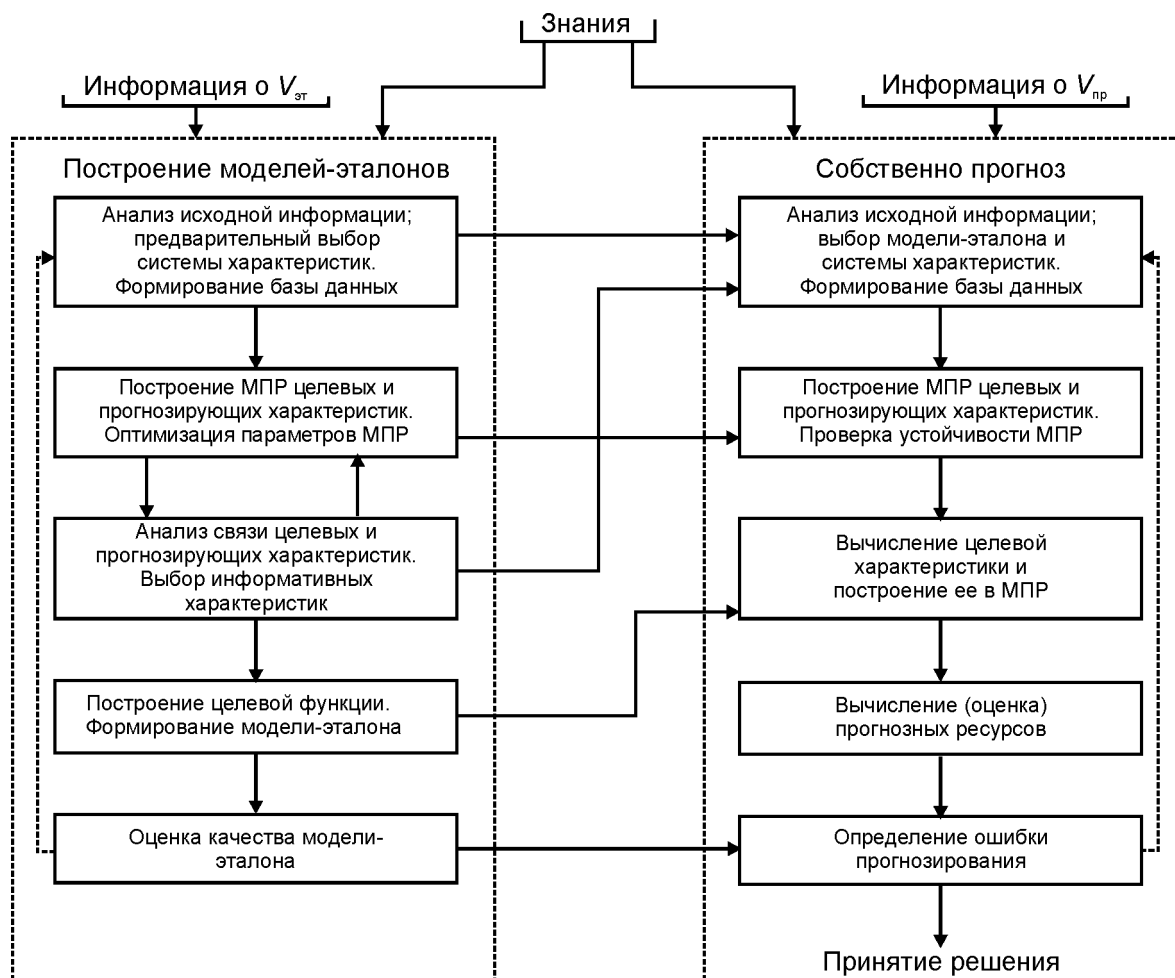


Рис. 4. Технологическая схема прогнозирования полезных ископаемых

построением целевой функции, связывающей целевую  $T$  и прогнозирующие  $t_j$  характеристики, т.е. модели-эталона.

При построении целевой функции обосновывается сходство геологических ситуаций на  $V_{эт}$  и  $V$ , а также возможность ее вычисления на  $V$  (совместимость всех  $t_j$ ). Более подробно проблема построения моделей-эталонов анализируется в [16].

Рассмотренная технология прогнозирования реализуется с помощью программного комплекса ELAN [13], его новой версии ELAN\_W и при необходимости с использованием некоторых дополнительных программных средств [8, 12].

*Геолого-минерагеническое картирование.* Цель картирования — составление геолого-минерагенической карты м-ба 1:100 000 с детальностью 1:50 000 и прогнозирование площадей, перспективных на обнаружение структур, способных вмещать оруденение.

Собственно геолого-минерагеническое картирование включает комплекс полевых и камеральных работ, условно разделенных на три блока:

информационно-накопительный — работы на опорных участках, направленные на выделение характеристик, являющихся поисковыми признаками и минерагеническими факторами искомого минерального сырья применительно к формации;

картографо-составительский — работы по прослеживанию и картографированию минерагенических и структурно-геологических факторов и поисково-прогнозных признаков, а также предпосылок с использованием прямых (геологических) и дистанционных (геофизических, фотодокументационных и дешифровочных) методов;

поисково-прогнозный — непосредственное прогнозирование объектов, представляющих интерес для постановки детализационных работ, разработки рекомендаций по реализации прогнозов. Правильность прогнозов проверяется выборочно,

путем проведения детальных работ на отдельных участках, при этом первоначальные детализационные работы ориентируются только на качественную оценку объекта и его параметров.

Итак, работы по прогнозированию и поискам новых колчеданно-полиметаллических и золотосодержащих объектов на Рудном Алтае производятся в связи с проблемой слабой обеспеченности минеральным сырьем горно-металлургических предприятий АО «Казцинк».

Главная установка поисково-разведочных работ в Зырянском и Лениногорском рудных районах — обнаружение скрытых рудных объектов. Именно это диктовало выбор базовых технологий работ. Весь комплекс работ запроектирован с максимальной эффективностью на выявление поисковых критериев и признаков обнаружения полиметаллического и золотосодержащего оруденения в виде рудных полей и месторождений. В данных районах прогнозируются новые рудные поля с месторождениями, равноценными Малеевскому, Тишинскому или Зырянскому.

Основные исполнители программы прогнозно-поисковых работ: В.Н.Назаров, А.С.Кузнецов, В.Л.Лось, Г.И.Бабенков, К.В.Борцов, В.И.Мамин, М.С.Пивоварова, Н.В.Гольц, В.Д.Риппа, А.В.Столбченко (ГРК «Казцинк-ГЕО» г. Усть-Каменогорск), Ю.Ф.Олейник (ТОО «Геолен», г. Риддер), А.И.Городко, В.М.Мирошниченко (ЗФ ТОО «Геос», г. Зырянск), П.С.Бабаянц (ЗАО ГНПП «Аэрогеофизика», г. Москва), А.А.Поцелуев, Ю.С.Ананьев (ТПУ, г. Томск), Б.М.Чиков (ОИГГ и М СОРАН, г. Новосибирск), И.С.Гольдберг, Г.Я.Абрамсон (Ltd IONEX, г. Сидней).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Аэрокосмические методы геологических исследований* // Под ред. А.В.Перцова. – СПб.: ВСЕГЕИ, 2000.
2. *Бабаянц П.С., Блох Ю.И., Трусов А.А.* Изучение рельефа поверхности кристаллического фундамента по данным магниторазведки // *Геофизика*. 2003. № 4. С. 37–40.
3. *Бабаянц П.С., Блох Ю.И., Трусов А.А.* Возможности структурно-вещественного картирования по данным магниторазведки и гравитразведки в пакете программ СИГМА-3D // *Геофизический вестник*. 2004. № 3. С. 11–15.
4. *Бабаянц П.С., Блох Ю.И., Трусов А.А.* Интерактивные технологии локальной количественной экспресс-интерпретации потенциальных полей // *Геофизика*. 2006. № 1. С. 56–59.
5. *Бекжанов Г.Р., Бугаец А.Н., Лось А.Л.* Методические рекомендации по количественной оценке прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых. – Алма-Ата, 1982.
6. *Бекжанов Г.Р.* Геология и индустриализация страны // *Геология и охрана недр*. 2005. 2 (15). С. 2–5.
7. *Бекжанов Г.Р.* Геонауки сегодня. Состояние, пути развития // *Геология и охрана недр*. 2005. 4 (17). С. 5–9.
8. *Горбань А.И., Россиев Д.А.* Нейронные сети на персональном компьютере. – Новосибирск: Наука, 1996.
9. *Житков В.Г., Поцелуев А.А., Ананьев Ю.С., Кузнецов А.С.* Позиция крупных полиметаллических месторождений Рудного Алтая в космогеологических структурах // *Проблемы геологии и разведки месторождений полезных ископаемых*. Томск, 2005. С. 391–396.
10. *Житков В.Г., Поцелуев А.А., Ананьев Ю.С.* Дистанционные методы геологических исследований, прогнозирования и поиски МПИ (на примерах Рудного Алтая) // *Сб. ГЕО-Сибирь-2006*. Новосибирск, 2006.
11. *Константинов Р.М.* Математические методы количественного прогноза рудоносности. – М.: Недра, 1979.
12. *Локтионов А.А., Аргынова А.Х., Лось В.Л., Токарский Э.А.* Новые подходы и методы при прогнозе и оценке полезных ископаемых // *Геонауки в Казахстане*. Алматы, 2004. С. 230–241.
13. *Лось В.Л., Гоберник И.А., Иоффе А.Л.* Программный комплекс ELAN // *Математические методы решения задач моделирования и прогнозирования в геологии*. Алматы, 1994. С. 78–88.
14. *Лось В.Л., Гольдберг И.С., Амбрамсон Г.Я.* Геохимические системы рудных объектов: примеры, модель, генетические и поисковые аспекты // *Геология и охрана недр*. 2003. 1 (16). С. 24–33.
15. *Лось В.Л., Гольдберг И.С., Амбрамсон Г.Я.* Геохимические поиски скрытых рудных объектов: базовая модель, технология, организация // *Поисковая геохимия: теоретические основы, технологии, результаты*. Алматы, 2004. С. 42–58.
16. *Лось В.Л.* Теоретические, методические и технологические основы прогноза рудных объектов // *Геонауки в Казахстане*. Алматы, 2004. С. 228–239.
17. *Оценка прогнозных ресурсов алмазов, благородных и цветных металлов*. – М.: ЦНИГРИ, 2002.
18. *Сырьевая база свинца и цинка, меди и золота Казахстана*. – Алматы, 2002.
19. *Чумаченко Б.А., Власов Е.П., Марченко В.В.* Системный анализ при геологической оценке перспектив рудоносности территорий. – М.: Недра, 1980.
20. *Goldberg I.S., Abramson G.Ya., Haslam C.O., Los V.L.* Geoelectrochemical Exploration: Principles, Practice and Performance // *Recovering the 21-st Century-ustralia*, Ballurat. 1997. P. 193–199.
21. *Goldberg I.S., Abramson G.Ya., Los V.L.* Depletion and enrichment of primary haloes: their importance in the genesis of and exploration for mineral deposits // *Geochemistry Exploration, Environment, Analysis*. Vol. 2003. P. 281–293.



УДК 550.812.1.003.13 (470.3)

© Коллектив авторов, 2006

## ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ В ЦЕНТРАЛЬНОЙ РОССИИ

**А.Н.Ефремов, П.М.Кандауров (Калужский филиал ФГУП «ВИЭМС»),  
Н.И.Сычкин, В.В.Петрухин (Региональное агентство по недропользованию  
по Центральному федеральному округу)**

Финансирование работ по геологическому изучению недр и воспроизводству МСБ Центрального федерального округа осуществляется из трех основных источников: федерального бюджета, областных бюджетов и средств недропользователей. Динамика финансирования данных работ в 2000–2005 гг. приведена на рис. 1. Общий объем финансирования работ на территории округа за последние шесть лет составил 4,0 млрд. руб., в том числе в 2005 г. — 0,57 млрд. руб. За это время получен прирост запасов 18 видов полезных ископаемых (таблица).

В рыночных условиях хозяйствования важное значение приобретают вопросы оценки и повышения эффективности геологоразведочных работ. Наиболее простыми экономическими индикаторами эффективности ГРП являются прирост валовой стоимости запасов полезных ископаемых (ПВС), стоимостный эффект ГРП ( $CЭ_{ГРП}$ ) и стоимостная

отдача затрат на ГРП ( $COЗ_{ГРП}$ ). В упрощенном виде данные индикаторы могут быть определены по формулам:

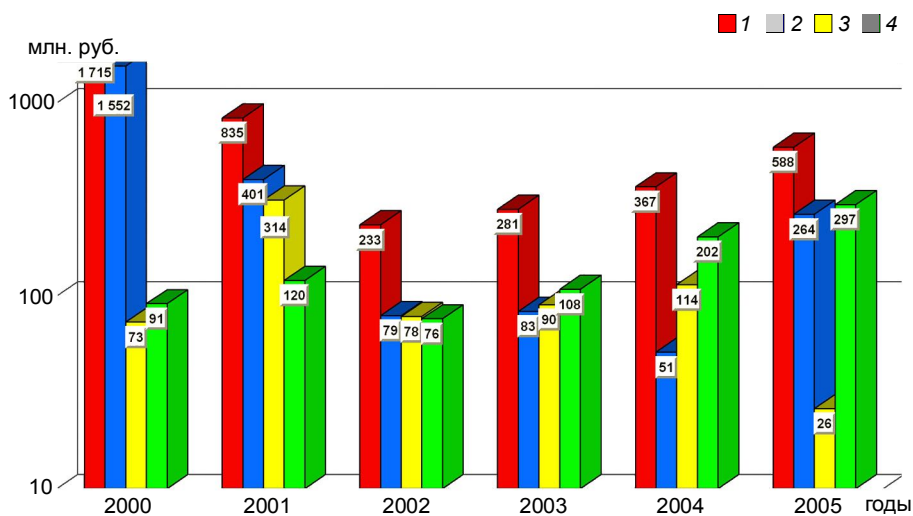
$$\begin{aligned}ПВС &= П \cdot И \cdot Ц, \\CЭ_{ГРП} &= ПВС \cdot Z_{ГРП}, \\COЗ_{ГРП} &= \frac{ПВС}{Z_{ГРП}},\end{aligned}$$

где П — прирост разведанных запасов по сумме категорий  $A+B+C_1+C_2$  и ресурсов, приведенных к  $C_2$ ; И — коэффициент сквозного извлечения при добыче и переработке; Ц — отпускная цена товарной продукции из соответствующего минерального сырья, отнесенная на единицу прироста запасов;  $Z_{ГРП}$  — затраты на геологоразведочные работы.

Всего за период 2000–2005 гг. прирост валовой стоимости разведанных запасов твердых полезных ископаемых оценивается в 74,6 млрд. руб., в том числе за 2005 г. —

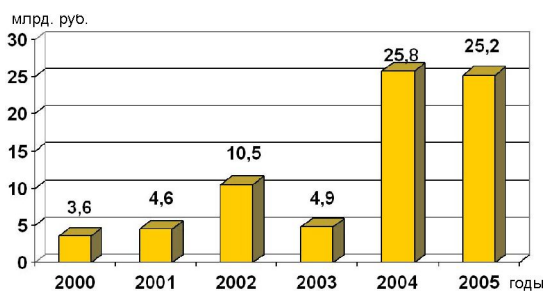
**Прирост разведанных запасов полезных ископаемых в 2000–2005 гг.**

Полезное ископаемое	Единицы измерения	Общий прирост запасов полезных ископаемых по категориям $ABC_1+C_2$ (2000–2005 гг.)	В том числе прирост запасов полезных ископаемых в 2005 г.
Пески стекольные	млн. т	31,9	30,9
Пески формовочные	то же	1,5	-
Пески строительные	млн. м <sup>3</sup>	364,2	58,1
Песчано-гравийный материал	то же	481,9	7,5
Фосфатные титан-циркониевые руды	млн. т	20,0	20,0
Доломиты для стекольной промышленности	то же	3,8	3,8
Карбонатные породы строительные	»	99,4	-
Мел	»	71,2	26,2
Кирпично-черепичное сырье	млн. м <sup>3</sup>	96,7	33,6
Тугоплавкие глины	млн. т	32,4	27,6
Бентонитовые глины	то же	5,2	-
Керамзитовое сырье	млн. м <sup>3</sup>	3,2	-
Каменная соль	млн. т	2,3	-
Глины для минеральной ваты	то же	0,8	-
Пресные воды	тыс. м <sup>3</sup> /сут	360,5	98,4
Минеральные подземные воды	м <sup>3</sup> /сут	5258	543
Рассолы	то же	160	-
Лечебные грязи	млн. м <sup>3</sup>	5,2	-



**Рис. 1. Динамика финансирования работ по геологическому изучению недр и воспроизводству МСБ:**

1 — всего по ЦФО; 2 — федеральный бюджет; 3 — бюджеты субъектов РФ; 4 — отчисления на воспроизводство МСБ и собственных средств недропользователей



**Рис. 2. Стоимость разведанных запасов минерального сырья**

25,2 млрд. руб. (рис. 2). Стоимостный эффект ГРР на твердые полезные ископаемые более 69 млрд. руб. Стоимостная отдача затрат составляет более 35 руб. на 1 руб. вложенных средств и увеличивается в 2005 г. до 50 руб.

Благоприятная конъюнктура рынка, увеличение уровней добычи и использования нерудных полезных ископаемых в центральных районах России предопределяют постепенное наращивание объемов финансирования геологоразведочных работ на эти полезные ископаемые.

УДК 553.042 (470.3)

© С.В.Налимов, А.И.Толкачев, 2006

## РОЛЬ ГЕОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА В ОЦЕНКЕ СОСТОЯНИЯ И ПРОГНОЗЕ РАЗВИТИЯ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ (НА ПРИМЕРЕ ЦЕНТРАЛЬНОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ОКРУГА)

С.В.Налимов, А.И.Толкачев (ВИЭМС МПР России)

Геолого-экономический мониторинг (ГЭМ) представляет собой автоматизированную систему состояния, оценки и прогноза развития МСБ административно-территориального образования под влиянием меняющихся геолого-экономических и

социально-экологических факторов и основных индикаторов недропользования для эффективного управления фондом недр. Мониторинг является важной составляющей в системе управления региональным минерально-сырьевым комплексом.

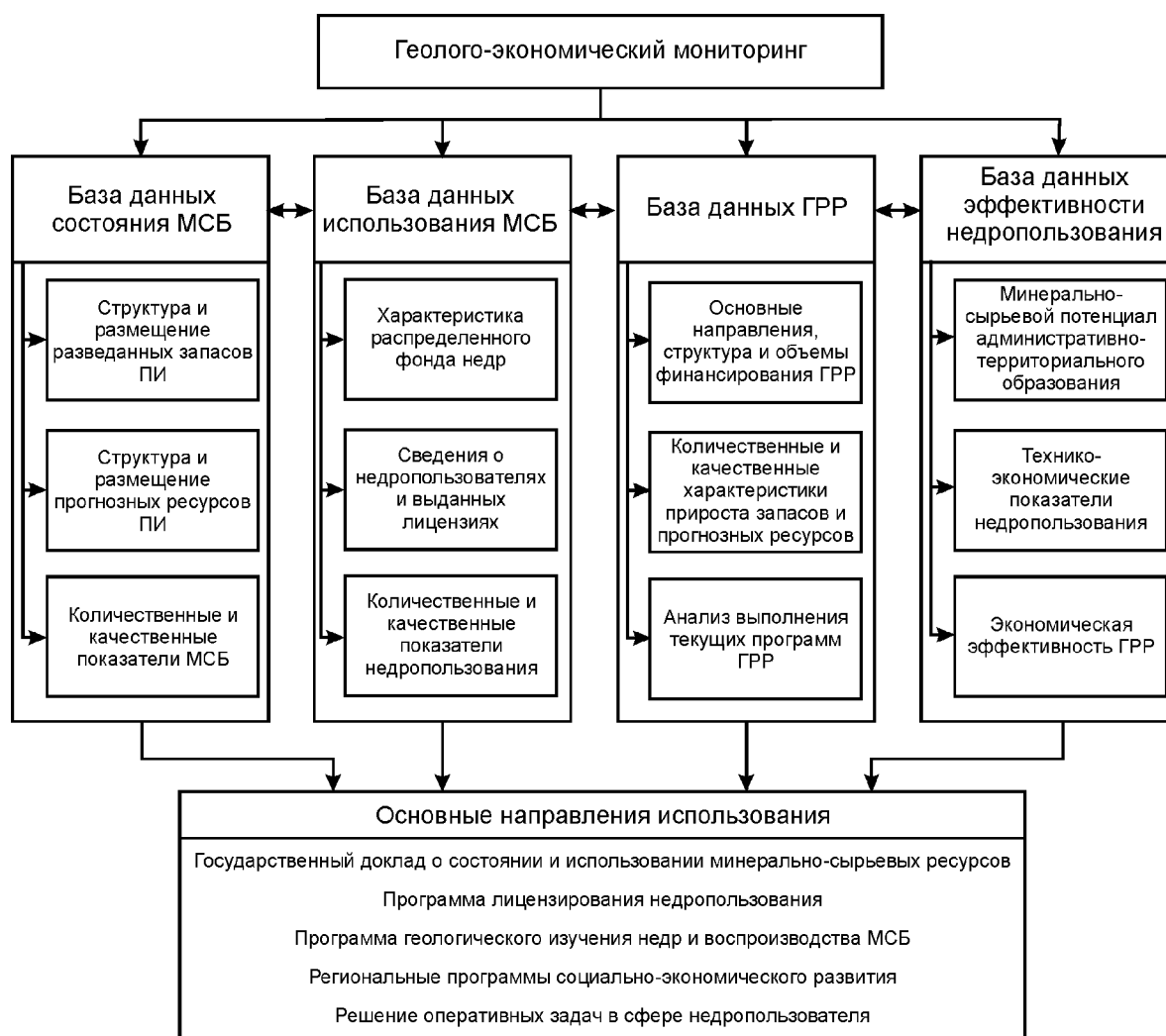


Рис. 1. Структура и основные направления использования геолого-экономического мониторинга

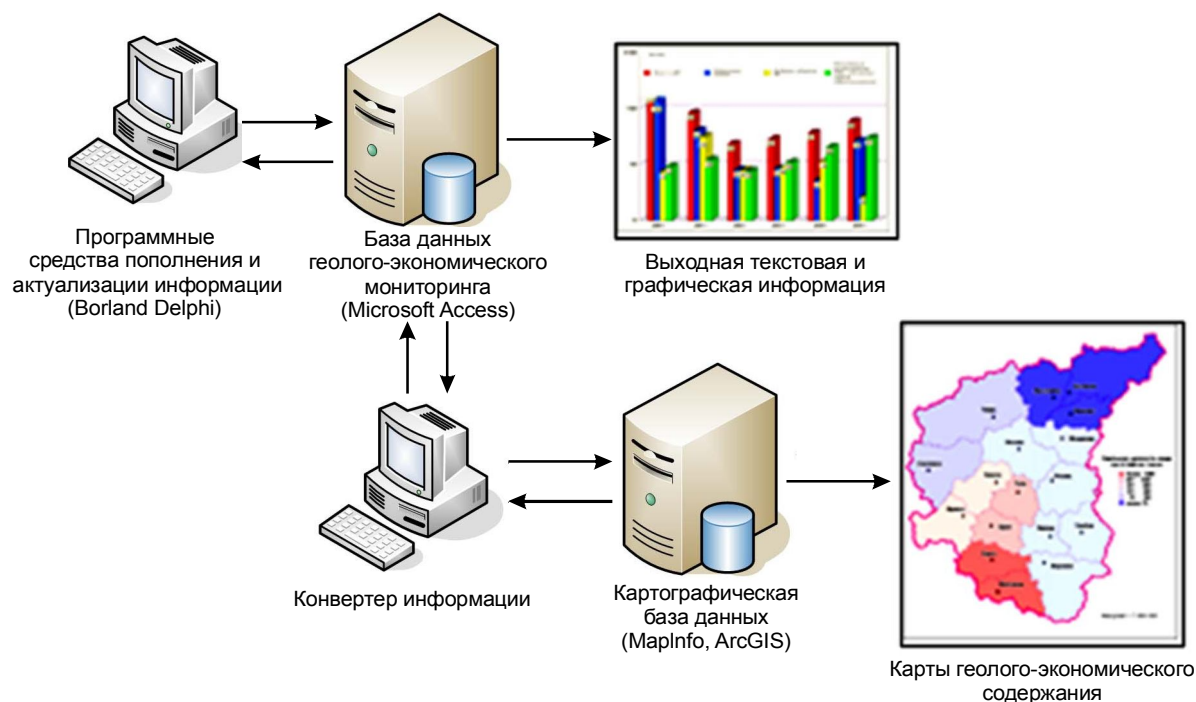


Рис. 2. Принципиальная схема реализации базы данных геолого-экономического мониторинга

Цель геолого-экономического мониторинга — обеспечение региональных органов управления фондом недр МПР геолого-экономической информацией о современном состоянии и промышленном использовании минерально-сырьевой базы для решения стратегических и оперативных задач в сфере недропользования.

Структура ГЭМ и основные направления использования показаны на рис. 1.

Разработанная база данных ГЭМ состоит из четырех основных блоков и включает следующие ключевые индикаторы:

база данных состояния МСБ (основные индикаторы: запасы и месторождения, числящиеся на государственном балансе, доля распределенного фонда недр, структура запасов полезных ископаемых, качественные характеристики полезных ископаемых, горно-технические особенности объектов, динамика изменения балансовых запасов и др.);

база данных использования МСБ (объем добычи полезного ископаемого, горнодобывающие предприятия и горно-промышленные районы, годовая производительность предприятия по лицензии и фактическая производительность, отпускная цена товарной продукции, сведения о потребителях и качестве продукции и др.);

база данных ГРП (источники и направления фи-

нансирования ГРП, характеристика объектов финансирования, стоимость и результаты ГРП и др.);

база данных эффективности недропользования (потенциальная извлекаемая и удельная ценность недр, обеспеченность потребностей субъекта федерации, динамика прироста и стоимость разведанных запасов, стоимостная отдача затрат, удельные затраты ГРП на прирост запасов, прирост валовой стоимости разведанных запасов, стоимостный эффект от проведения ГРП, стоимость добытого сырья, стоимость товарной продукции, средняя бюджетная эффективность, обеспеченность запасами, себестоимость единицы товарной продукции и др.).

Принципиальная схема реализации обновляемой автоматизированной системы ГЭМ представлена на рис. 2. Система апробирована на территории Центрального федерального округа.

Разработанная система ГЭМ обеспечивает органы управления фондом недр оперативной информацией для решения важных государственных задач в сфере рационального недропользования. Дальнейшее развитие системы мониторинга связано с разработкой геолого-экономических моделей воспроизводства МСБ при постановке и решении соответствующих геолого-экономических задач и обеспечении информацией конъюнктурного характера.

УДК 622.7:622.342.1 (479.25)

© С.С.Нерсесян, 2006

## ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЗОЛОТА В ХВОСТОХРАНИЛИЩЕ АРАРАТСКОЙ ЗОЛОТОИЗВЛЕКАТЕЛЬНОЙ ФАБРИКИ

С.С.Нерсесян (РГГРУ)

В последние годы существенно возрасла стоимость золота на Лондонской бирже металлов. В январе 2005 г. тройская унция золота стоила 425 дол. США, а в январе 2006 г. — уже 571 дол. В то же время, запасы золота многих месторождений вырабатываются, и возникает необходимость продления срока действия горнорудных предприятий за счет вовлечения в разработку золотосодержащих техногенных минеральных образований.

Наметилась положительная тенденция широкого применения в России получения золота из забалансовых отвалов, хвостов обогащения золотоизвлекательных фабрик, а также из некоторых новых месторождений по высокоэффективной технологии кучного выщелачивания. Переход к такой технологии актуален и для стран с низким потенциалом золоторудной промышленности, в частности для Республики Армения.

Комплексное изучение техногенных золотосодержащих минеральных образований в пределах имеющихся и вновь образующихся хвостов Араратской золотоизвлекательной фабрики (AGRC) позволит обеспечить потребности республики в золоте. По результатам геологического опробования проведено детальное топогеохимическое картирование. Выявлено распределение концентраций золота и серебра в разнородных техногенных минеральных об-

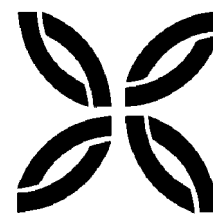
разованиях хвостохранилища. По данным опробования 600 скважин построены карты изолиний содержания золота и выполнено геолого-математическое моделирование его распределения во всем объеме хвостохранилища по компьютерной программе GST.

Программа GST позволила в визуальном режиме построить модель изменчивости содержания золота. Для осадков хвостохранилища 1 создана объемная модель концентрации золота, на которой видно повышенное содержание металла в пределах блока 1 и уровня 4.

Наличие повышенных концентраций золота в блоке 1 связано с особенностями формирования осадков хвостохранилища за счет первоочередного намыва хвостов в этот участок и их химического отложения с возможной механической (гравитационной) миграцией.

Выполненными исследованиями установлено, что содержание золота в поверхностном слое хвостохранилища составляет 0,82 г/т, на глубине 3–4 м — 1,23 г/т, а к основанию уменьшается до 0,84 г/т. Накопление золота в средней части хвостохранилища связано с процессами его перераспределения из верхнего слоя, нарушенного трещинами усыхания. Последние служили коллекторами при миграции растворенного золота к основанию хвостов и обеспечивали длительность процесса миграции.

## ПОЗДРАВЛЯЕМ С ЮБИЛЕЕМ



6 октября 2006 г. исполнилось 70 лет старшему научному сотруднику, кандидату геолого-минералогических наук **Варгуниной Надежде Павловне**. Н.П.Варгунина в 1959 г. окончила МГРИ. С 1978 г. работает в ЦНИГРИ, сначала в должности младшего, а с 1981 г. — старшего научного сотрудника.

Н.П.Варгунина является высококвалифицированным специалистом в области минералогии и геохимии, владеющим широким комплексом геохимических методов поисков рудных месторождений. Занималась изучением геохимии и минералогии золотых и золото-серебряных месторождений Северо-Востока России (Дукат), на территории Енисейского кряжа (Олимпиада), в Кузнецком Алатау (Коммунар), в Тянь-шане (Кумтор, Кочбулак, Талдыбулак). В 1990–2000 гг. принимала участие в разработке прогнозно-поисковых моделей месторождений благородных и цветных металлов и алмазов, а также в создании методических руководств по поискам и разведке золоторудных месторождений, получивших широкое признание у геологов производственных организаций Мингео СССР и Российской Федерации. Ею опубликовано более 50 научных трудов.



В настоящее время Н.П.Варгунина занимается проблемой увеличения ресурсов полиметаллических руд в Садонском рудном районе Северной Осетии за счет выявления скрытого оруденения на периферии рудоносных структур. Созданная ею геохимическая поисковая модель скрытого свинцово-цинкового месторождения используется в производственной практике ОАО «Севосгеологоразведка».

Н.П.Варгунина пользуется большим уважением и заслуженным авторитетом у своих коллег.

Поздравляем Надежду Павловну с днем рождения, желаем здоровья, успехов в работе и личной жизни.

*Ученый совет ЦНИГРИ  
Редколлегия журнала*

9 ноября 2006 г. исполнилось 70 лет старшему научному сотруднику отдела экзогенных месторождений благородных металлов **Валерию Алексеевичу Джобадзе**.

После окончания в 1959 г. Грузинского политехнического института В.А.Джобадзе работал в Анюйской комплексной геологоразведочной экспедиции Северо-Восточного территориального геологического управления техником, горным мастером, старшим техником, старшим геологом, главным инженером, главным геологом в Мачваамской и Баимской геологоразведочных партиях. При его непосредственном участии открыты и разведаны около 30 месторождений россыпного золота, на базе которых был организован прииск «Анюйский».

В.А.Джобадзе работает в ЦНИГРИ с 1970 г. в должности младшего научного сотрудника, а с 1984 г. — старшего научного сотрудника. Будучи опытным специалистом в области оценки, разведки и подсчета запасов россыпных месторождений, он отлично разбирается как в вопросах методики, так и практики проектирования, организации и проведения всех стадий геологоразведочных работ. Принимал участие в составлении специализированных на золото прогнозных карт Амурской области, Камчатки и Чукотки, в оценке прогнозных ресурсов россыпного золота Западной Сибири, Магаданской и Сахалинской областей. Неоднократно направлялся в ПГО «Центргеология», «Полярноуралгеология», «Запсибгеология», «Севостгеология», ГУ Таджикской ССР для оказания помощи по вопросам методики поиска, разведки и подсчета запасов. Ежегодно привлекался Мингео СССР к экспертизе материалов по подсчету запасов россыпного золота в ЦКЗ. В настоящее время является одним из ведущих экспертов ГКЗ России по россыпным месторождениям золота и платиноидов. Для оказания технического содействия в проведении геологоразведочных работ выезжал в Экваториальную Гвинею, Эфиопию, Монголию, Малайзию, Гондурас.

В последние пять лет В.А.Джобадзе активно участвовал в оценке и подсчете запасов платиноносных и золотоносных россыпей Корякии. В итоге около 30 т запасов платины утверждены в ГКЗ России, а на крупном (около 20 т) сложном по геологическому строению месторождении р. Чайангро — Государственной комиссией, и в настоящее время успешно обрабатываются недропользователем.

В.А.Джобадзе — соавтор семи подготовленных и выпущенных ЦНИГРИ методических руководств, более 10 опубликованных научных работ и более 20 научно-исследовательских отчетов. Награжден медалью «Ветеран Труда», юбилейной памятной медалью «50 лет ЦНИГРИ», медалью Эфиопии — за вклад в развитие золотодобывающей промышленности, Почетной грамотой Мингео СССР, отмечен на Доске Почета ЦНИГРИ.

Поздравляем Валерия Алексеевича с семидесятилетием, желаем ему здоровья, счастья, дальнейших творческих успехов.



*Ученый совет ЦНИГРИ  
Редколлегия журнала*

Доктору геолого-минералогических наук **Ингриду Николаевичу Кигаю** 5 ноября 2006 г. исполнилось 75 лет. В 1949 г. окончил в Москве среднюю школу с золотой медалью, а в 1954 г. — геологический факультет МГУ. Был распределен в Институт геологических наук АН СССР (ныне ИГЕМ РАН), где и продолжает работать уже более полувека.

В 50–60-е годы, изучая оловянные месторождения Дальнего Востока, И.Н.Кигаю установил парадоксальное, с точки зрения господствовавших тогда теорий, явление выноса кремнезема из силикатных вмещающих пород при кислотном выщелачивании. В последующем оно было подтверждено его работами и данными других исследователей для грейзенов вольфрамовых и березитов золоторудных и других месторождений.

Детальное изучение зональности околорудных метасоматитов и возрастных взаимоотношений их с рудными парагенезисами позволило И.Н.Кигаю выявить многократное чередование рудно-метасоматических комплексов с одинаковым направлением кислотно-основных взаимодействий. Это послужило прямым доказательством так называемой пульсационной теории, выдвинутой в 1937 г. академиком С.С.Смирновым, которая оспаривалась Д.С.Коржинским и некоторыми зарубежными геологами (Ч.Парк и др.). В 1965 г. младший научный сотрудник ИГЕМ И.Н.Кигаю отстоял пульсационную теорию в открытой публичной дискуссии и был поддержан академиком Д.С.Коржинским.

Изучение гидротермальных месторождений редких и цветных металлов в Приморье, Хабаровском крае, Магаданской области, Чукотке, Якутии, Карелии, Киргизии, Таджикистане, Казахстане позволило И.Н.Кигаю обнаружить связь грейзенизации с секреторным отложением руд. Им показано, что в ряду гидротермальных образований, связанных с гранитоидами, формирование ранних рудно-метасоматических комплексов (скарново-рудных и полевошпатово-рудных) обусловлено метасоматическим отложением рудного вещества. Лишь в грейзеново-рудный этап начинается, наряду с метасоматическим, отложение рудного вещества путем заполнения открытых или постепенно открывающихся полостей. Оставалось непонятным, почему появление кислых флюидов, приводящих к грейзенизации, связано с возникновением открытых трещин и образованием жил заполнения при рудоотложении. В 1976 г. И.Н.Кигаю разработал новую геолого-генетическую модель формирования месторождений с кислотными метасоматитами и показал возможность распространения газожидкостной гетерофазной модели гидротермального процесса, выдвинутой ранее Дональдом Уайтом и др. для современных термальных систем вулканогенных областей, на широкий круг послескладчатых магматогенных гидротермальных месторождений.

В дальнейшем возможность геологически длительного сосуществования гетерофазных газожидкостных флюидов в системе  $\text{NaCl}-\text{CO}_2-\text{H}_2\text{O}$ , которой можно аппроксимировать типичный гидротермальный флюид, была показана экспериментальными работами М.Герига в ФРГ (1981) и термодинамическими расчетами Т.Бауэрс и Г.Хелгесона в США (1984).

В 81–90-е гг. И.Н.Кигаю, создав специальную экспериментальную ячейку при ИГЕМ РАН, занялся изучением флюидных включений в минералах руд и метасоматитов. Ему удалось обнаружить явные признаки участия гетерофазных минералообразующих флюидов в образовании олово-вольфрамовых руд месторождения Трудовое в Киргизии (Кигаю, Самоваров, 1989).

В итоге указанных исследований И.Н.Кигаю теоретически обосновал причины тесного сочетания эволюции состава флюидов и пульсационного, прерывистого их поступления в сферу рудоотложения. При этом он показал, что их кислотность, достаточная для выщелачивания пород с образованием грейзенов, турмалинитов и других кислотных метасоматитов, достигается только в результате конденсации газовой фазы субкритических гетерофазных флюидных систем и не может быть результатом просто го понижения





температуры флюидов или действия кислотно-фильтрационного эффекта, предполагавшегося Д.С.Коржинским.

Таким образом, детальные многолетние исследования позволили И.Н.Кигаю создать современную интегральную генетическую модель генезиса послескладчатых магматогенных гидротермальных месторождений и ответить на все вопросы, поднятые в 30-е годы С.С.Смирновым в отношении причин прерывистости минералообразования на рудных месторождениях. Непротиворечивое объяснение получили основные особенности как гидротермального процесса, так и стадийности и зональности рассмотренных месторождений. Важен вывод И.Н.Кигая о том, что многостадийная зональность оруденения в рудных телах и полях обусловлена развитием рудоконтролирующих структур, а не температурным полем интрузивных тел.

Заметный вклад сделан им и в проблему участия коллоидных растворов в минералообразовании. В середине прошлого столетия исследователи делились на сторонников участия коллоидов в минералообразовании (Ф.В.Чухров, Е.А.Радкевич, Л.М.Лебедев и др.) и «онтогенистов» (Д.П.Григорьев, А.Г.Жабин, Ю.М.Дымков, В.И.Степанов и др.), которые все колломорфные образования считали продуктами коллективной кристаллизации сферолитов из истинных растворов. Детальные исследования оловянных месторождений Приморья позволили И.Н.Кигаю (1958, 1974) выявить надежные структурно-морфологические критерии гелевого происхождения колломорфных агрегатов касситерита, установить в них реликты рентгеноаморфного вещества и проследить пути и формы их раскристаллизации.

И.Н.Кигаю давно известен научной общественности в России и за ее пределами как вдумчивый исследователь, способный находить новые и подчас неожиданные пути решения старых, но актуальных проблем, а также как отважный рыцарь науки, смело вступающий в открытые дискуссии с научными авторитетами высочайшего ранга. Он активный участник международных совещаний. В 2000–2004 гг. был Первым вице-президентом Международной ассоциации по генезису рудных месторождений (МАГРМ – IAGOD), а в настоящее время — входит в состав редколлегии авторитетного журнала «Ore Geology Reviews» и является лектором кафедры полезных ископаемых геологического факультета МГУ.

Поздравляем Ингрида Николаевича Кигая со славным юбилеем, желаем ему крепкого здоровья, дальнейших творческих успехов на благо нашего общего дела, сохранения доброты и жизненного юмора.

*Ученый совет ЦНИГРИ  
Редколлегия журнала  
Коллеги, друзья*

18 ноября 2006 г. исполнилось 70 лет старшему научному сотруднику, кандидату геолого-минералогических наук **Косовец Татьяне Николаевне**.

После окончания в 1959 г. МГРИ Т.Н.Косовец работала в геологических организациях. В ЦНИГРИ работает с января 1963 г., сначала в должности младшего, а с 1975 г. — старшего научного сотрудника.

С 1963 по 1967 гг. занималась изучением свинцово-цинковых месторождений Садонского района. Изучение золоторудных месторождений Закавказья (1967–1973 гг.) завершилось успешной защитой кандидатской диссертации по структуре и минералогии Личквас-Тейского месторождения в Армении. Дальнейшие исследования Т.Н.Косовец связаны с регионами Дальнего Востока, Приамурья, Приморья, Средней Азии, Сибири. В частности, она активно участвовала в подготовке геологической основы по крупному месторождению Многовершинное в Хабаровском крае. В 1981–1986 гг. исполняла обязанности куратора по золоту в Приморском крае, принимала участие в разработке Генеральной программы работ на золото для этого региона на 1981–1990 гг. На основе материалов по золото-серебряным месторождениям Средней Азии (Каульды, Кызылалмасай и др.) ею разработаны методические рекомендации по ведению детальных прогнозных и поисковых работ в районах с недостаточно обеспеченной минерально-сырьевой базой.

В 1990–2006 гг. Т.Н.Косовец участвовала в разработке многофакторных моделей золоторудных полей и месторождений как основы прогнозно-поисковых комплексов. Особенно интересными оказались ее исследования, посвященные стратиформным золото-кварцевым месторождениям Южного Верхоянья. Она — соавтор ряда монографий по системам моделей золоторудных месторождений и двух методических рекомендаций, внедренных в системе Мингео СССР. В настоящее время занимается анализом и обобщением материалов по условиям локализации золоторудных месторождений в терригенно-сланцевых формациях.

Т.Н.Косовец опубликовано более 70 научных работ. За достижения в области рудной геологии награждена знаком «Отличник разведки недр». Т.Н.Косовец отличается высокой исполнительской культурой, глубоким проникновением в существо исследуемых проблем, скромностью и доброжелательностью. Она пользуется большим уважением и заслуженным авторитетом у своих товарищей.

Поздравляем Татьяну Николаевну с днем рождения, желаем здоровья, успехов в работе и благополучия в личной жизни.



*Ученый совет ЦНИГРИ  
Редколлегия журнала*

19 августа 2006 г. исполнилось 75 лет **Евгению Михайловичу Некрасову** — известному ученому в области геологического строения и геолого-промышленной оценки месторождений цветных и благородных металлов.

Научную деятельность Е.М.Некрасов начал в Казахстане, где после окончания в 1954 г. Московского института цветных металлов и золота им. М.И.Калинина работал участковым геологом, главным геологом партии по поискам и разведке месторождений урана. С 1961 г. по 1975 г. Е.М.Некрасов работал в ЦНИГРИ старшим научным сотрудником, занимался изучением свинцово-цинковых и золоторудных месторождений Кавказа, Забайкалья, Магаданской области и Узбекистана. В 1972 г. защитил докторскую диссертацию на тему «Закономерности размещения жильного свинцово-цинкового оруденения».

Можно без преувеличения сказать, что свои лучшие творческие годы Евгений Михайлович провел под землей. Его блестящие, тщательные и глубокие исследования структуры месторождений позволяли находить новые рудные тела даже на детально разведанных и эксплуатируемых объектах. Он и по сей день — непревзойденный мастер рудничной геологии.

В 1975–1995 гг. Е.М.Некрасов работал во ВНИИЗарубежгеологии ведущим научным сотрудником, заведующим сектором геологии стран-членов СЭВ. Изучал закономерности размещения, типизировал золоторудные месторождения, анализировал состояние минерально-сырьевой базы золота зарубежных стран, что наиболее полно отражено в опубликованной монографии «Зарубежные эндогенные месторождения золота». Сравнительно небольшая по объему, она — образец лаконичного и содержательного изложения. Неслучайно и по сей день это настольная книга многих геологов, занимающихся изучением и оценкой месторождений золота. В качестве эксперта Е.М.Некрасов неоднократно выезжал в Болгарию, Аргентину и Вьетнам. Правительством Вьетнама за эффективную методическую помощь при поисках и разведке месторождений золота награжден орденом «Дружба народов».

С 1995 г. Е.М.Некрасов работает ведущим геологом в ИАЦ «Минерал» ФГУ НПП «Аэрогеология» и является специалистом мирового уровня в области оценки состояния, тенденций развития отечественной и мировой минерально-сырьевой базы золота и металлов группы платины, а также конъюнктуры их мирового рынка.

Е.М.Некрасов, продолжая структурные исследования, опубликовал ряд работ по проблеме локализации крупных месторождений золота, участвовал в создании коллективной монографии «Золоторудные гиганты России и мира» (2000).

Евгений Михайлович активно влияет на развитие российской геологической науки: консультирует специалистов по широкому кругу теоретических и практических вопросов, следит за профессиональным ростом молодых сотрудников, оппонирует кандидатские и докторские диссертации. При этом поражает в нем сочетание скромности, доброжелательности, непритязательности с глубочайшей эрудицией в области геологии и экономики рудных месторождений.

Поздравляем Евгения Михайловича с юбилеем, желаем ему новых творческих успехов, доброго здоровья и семейного счастья.



*Ученый совет ЦНИГРИ  
Редколлегия журнала*

## СПИСОК СТАТЕЙ, ОПУБЛИКОВАННЫХ В ЖУРНАЛЕ «РУДЫ И МЕТАЛЛЫ» В 2006 ГОДУ

**Доклады VIII Международной конференции «Золотодобывающая промышленность России. Состояние и перспективы развития», Москва, 31 января – 3 февраля 2006 г.**

*Бавлов В.Н.* О состоянии отечественной минерально-сырьевой базы твердых полезных ископаемых и перспективах ее развития. № 1. С. 5.

*Михайлов Б.К.* Основные направления геологоразведочных работ по воспроизводству минерально-сырьевой базы благородных металлов. № 1. С. 11.

*Карпенко Н.Б., Кобец В.И., Макурин В.Н., Михайлов С.Б., Неволин А.В.* Состояние и перспективы развития золотодобывающей отрасли Магаданской области. № 1. С. 21.

### Прикладная металлогения

*Дунаев В.А.* Сульфидное оруденение в докембрии Курской магнитной аномалии. № 1. С. 25.

*Божко Н.А.* Тектонические обстановки локализации алмазоносных кимберлитов за пределами архейских кратонов. № 1. С. 31.

*Молчанов А.В., Коваль С.Г., Ходжаев Д.К., Лазарев Ф.Д.* Перспективы выявления высокорентабельных урановых и комплексных месторождений «типа несогласия» на Анабарском щите. № 6. С. 5.

*Воинова О.А., Астафьев Б.Ю., Воинов А.С.* Роль метасоматоза при формировании полезных ископаемых Балтийского щита. № 6. С.

*Мехоношин А.С., Колотилина Т.Б.* Петролого-геохимические особенности ультрабазитов южного обрамления Сибирского кратона и критерии поисков сульфидно-никелевых руд. № 6. С.

### Методы и методики прогноза, поисков, оценки и разведки месторождений

*Эргашев Ш.Э., Пирназаров М.М.* Комплексирование дистанционных и геофизических методов для уточнения возрастной последовательности станов-

ления глубинных структур (на примере гор Нура-тау). № 1. С. 42.

*Подгаецкий А.В., Котельников Д.Д.* Кристаллохимические аспекты преобразования слоистых силикатов в кимберлитах трубки Катока, Ангола. № 1. С. 46.

### Строение рудных месторождений

*Аристов В.В., Тихонова Н.В., Орлова Г.Ю., Соловьев К.В.* Кимпиче — новое сереброрудное месторождение в Западном Верхоянье. № 2. С. 28.

*Рафаилович М.С., Лось В.Л.* Месторождения золота акбакайского типа: минералого-геохимическая зональность, распределение золота, прогнозно-поисковая модель. № 2. С. 41.

*Прусакова Н.А.* Глубинная структура Зимнебережного кимберлитового поля, Архангельская область. № 2. С. 53.

*Мазуров А.К., Боярко Г.Ю., Емешев В.Г., Комаров А.В.* Перспективы освоения Бакчарского железорудного месторождения, Томская область. № 2. С. 64.

### Комплексное использование минерального сырья

*Августинчик И.А.* Освоение вторичного сырья металлов: мировые тенденции, роль и место России. № 1. С. 58.

*Романчук А.И., Кошель Д.Я., Ивановская В.П.* Получение медных концентратов из комплексных растворов выщелачивания глубоководных железомарганцевых конкреций. № 2. С. 71.

### Минерально-сырьевая база России

*Ледовских А.А.* Итоги работы Роснедра по геологическому изучению недр. № 2. С. 5.

*Бавлов В.Н.* Итоги работы Роснедра на твердые полезные ископаемые в 2005 г. и задачи на 2006 г. № 2. С. 7.

*Таракановский В.И.* Старатели и перспективы развития золотодобывающей промышленности России. № 2. С. 17.

*Карпенко И.А., Мигачев И.Ф., Михайлов Б.К., Петраш.Н.Г.* Современная геолого-экономическая оценка месторождения Сухой Лог. № 2. С. 22.

**Доклады научно-практической конференции «Прогноз, поиски, оценка рудных и нерудных месторождений на основе их комплексных моделей — достижения и перспективы», 4–6 апреля 2006 г., г. Москва (номера 3–6)**

**Модели золоторудных месторождений**

*Вартанян С.С., Щепотьев Ю.М., Зайцев А.И., Бедарев Н.П., Николаев Ю.Н.* Золоторудные месторождения нетрадиционных типов — основа укрепления сырьевой базы в районах золотодобычи Алтая. № 3. С. 5.

*Константинов М.М.* Модели золоторудных месторождений новых и нетрадиционных типов. № 3. С. 13.

*Сафонов Ю.Г., Злобина Т.М., Сароян М.Р.* Пространственные и генетические соотношения прожилково-вкрапленного и жильного гидротермального оруденения. № 3. С. 20.

*Стружков С.Ф., Наталенко М.В., Чекваидзе В.Б., Исакович И.З., Голубев С.Ю., Данильченко В.А., Обушков А.В., Зайцева М.А., Кряжев С.Г.* Многофакторная модель золоторудного месторождения Наталка. № 3. С. 34.

*Григорьев С.А.* Генезис и динамика формирования Наталкинского золоторудного месторождения по данным системного анализа геохимического поля. № 3. С. 44.

*Ворожбенко В.Д., Григорьев С.А., Кушнарев П.И., Кушнарев А.П., Маркевич В.Ю., Токарев В.Н.* Оценка влияния литологических и структурных факторов на распределение золота в рудах Наталкинского золоторудного месторождения. № 3. С. 49.

*Демченко Н.Н., Кушнарев П.И., Маркевич В.Ю., Кушнарев А.П.* Блочное моделирование запасов Наталкинского золоторудного месторождения и проектирование оптимального карьера. № 3. С. 56.

*Вихтер Б.Я.* Систематика, признаковые характеристики и обстановки локализации золоторудных месторождений в терригенных комплексах. № 3. С. 60.

*Курбанов Н.К., Чекваидзе В.Б., Исакович И.З.* Прогнозно-поисковая модель сопряжения полигенно-полихронных месторождений цветных и благородных металлов конвергентного ряда. № 3. С. 74.

*Минина О.В.* Модель Каульдинской рудно-магматической системы (Узбекистан) как основа прогноза и поисков эпитеpmальных месторождений золота. № 3. С. 83.

*Чекваидзе В.Б., Исакович И.З.* Модель сопряжения жильных полиметаллических и штокверковых золотых руд в эпитеpmальной зоне на примере Береговского рудного поля. № 5. С. 6.

*Трофимов А.П., Фунтиков Б.В., Лючкин В.А., Пивоваров А.П., Ваганов И.Н.* Прогнозно-геохимическая оценка золотоносности Новогодненской перспективной площади на Полярном Урале. № 5. С. 13.

*Гальперов Г.В., Журавлев Е.А., Константинов М.М., Аристов В.В.* Космоструктурное моделирование золоторудных районов и узлов Верхоянской и Яно-Колымской складчатых систем. № 5. С. 19.

*Крутилин В.А.* Золотоносность Хоньченского потенциального рудного поля, Восточный Саян. № 5. С. 23.

**Экзогенная золотоносность**

*Родин Р.С., Кужельный Н.М., Лоскутов Ю.И., Дмитриева Л.А.* Факторы построения геолого-генетических моделей золотоносных кор выветривания западной части Алтае-Саянской складчатой области. № 6. С.

*Голенев В.Б.* Использование многофакторных моделей золотоносных кор выветривания при геолого-экономической оценке. № 6. С.

*Кошель Е.А., Крылова Г.С., Седельникова Г.В.* Золотоносные коры выветривания и технология их переработки. № 6. С.

**Модели алмазоносных месторождений (номер 4/2006)**

*Зинчук Н.Н., Герасимчук А.В.* Научно-методическое обеспечение прогноза и поисков алмазных месторождений на современном этапе. С. 5.

Манакон А.В., Герасимчук А.В., Матросов В.А. Современный геофизический комплекс при поисковых работах на алмазы. С. 19.

Костровицкий С.И., Алымова Н.В., Яковлев Д.А., Серов В.П., Мацюк С.С., Суворова Л.Ф. Минералогическая паспортизация разных таксонов кимберлитового вулканизма — методическая основа поисковых работ на алмазы. С. 27.

Абрамов В.Ю., Голубев Ю.К., Грачев А.А., Коновалова Т.М., Лантев М.М., Прусакова Н.А., Барсуков П.О., Яковлев А.Г. Геолого-геофизическая модель кимберлитовой трубки Кепинской площади, Архангельская область. С. 38.

Серокуров Ю.Н., Калмыков В.Д. Системы очаговых магмотектонических структур — основной фактор контроля фанерозойского магматизма в районе Зимнего Берега. С. 43.

Иванов В.М. К вопросу о необходимости применения новых методов поисков коренных источников алмазов. С. 49.

Антипин И.Ив., Антипин И.И., Тарасов И.О. Методика и технология прогнозной оценки алмазности локальных участков закрытых территорий на основе шлихоминералогического метода. С. 51.

Игнатов П.А., Бушков К.Ю., Штейн Я.И., Толстов А.В., Яныгин Ю.Т. Геологические и минералогическо-охимические признаки структур, контролирующих алмазоносные кимберлиты Накынского поля Якутии. С. 59.

Минченко Г.В., Ларченко В.А., Первов В.А., Носова А.А., Гунин А.П., Маркова Т.Н., Бортник С.Л., Андросов Е.А. Новая кимберлитовая трубка Зимнебережного алмазоносного района. С. 67.

Минченко Г.В., Ларченко В.А., Первов В.А., Носова А.А., Гунин А.П., Маркова Т.Н., Бортник С.Л., Андросов Е.А. Минералы-индикаторы из промежуточных коллекторов и ксенолиты новой кимберлитовой трубки Зимнебережного алмазоносного района. С. 75.

#### Модели месторождений цветных металлов

Волчков А.Г., Минина О.В., Татарко Н.И. Использование геолого-поисковых моделей колчеданных

месторождений при геологоразведочных работах на территории Республики Башкортостан. № 5. С. 30.

Чекалин В.М. Полезные ископаемые Северо-Западного Алтая: позиция, изученность и перспективы открытия новых месторождений. № 5. С. 39.

Богущи И.А., Бурцев А.А. Минералофизическая зональность и локальный прогноз рудных тел месторождений колчеданного семейства. № 5. С. 47.

Татарко Н.И. Обобщение опыта прогнозной оценки потенциала колчеданности Сибайской вулканогенной структуры, Южный Урал. № 5. С. 52.

Авдонин В.В., Сергеева Н.Е. Особенности формирования и закономерности размещения оксидных руд Мирового океана. № 5. С. 56.

Закирова Ф.А. Рудоносность верхнепермских углеродсодержащих пород Вятско-Камской меденосной полосы. № 5. С. 62.

Турсебеков А.Х., Василевский Б.Б. Геолого-генетическая модель формирования руд медно-порфировых месторождений Алмалыкского рудного района, Узбекистан. № 5. С. 67.

Абрамова Е.Е. Формирование колчеданных залежей в условиях конвективно-рециклинговой модели. № 5. С. 76.

#### Оптимизация геологоразведочных работ

Митрофанов Н.П., Павловский А.Б. Локальное районирование как основа расчета прогнозных ресурсов. № 6. С. 47.

Белоножко Е.А., Кондрин В.К., Крутошинский И.Ю. Прогнозно-поисковые работы на рудное золото в пределах Федоровско-Балыксинского рудного поля, Республика Хакасия. № 6. С. 50.

Овчинников В.В., Данилин Д.Н. Интеллектуальная рента, создаваемая прикладными геологическими исследованиями недр. № 6. С. 52.

Антипов В.С. Наугеодинамика и минерагения, постпутниковая оценка возможного рудоресурсного потенциала недр. № 6. С. 58.

*Лось В.Л., Назаров В.Н.* Концепция и программа прогнозно-поисковых работ на Рудном Алтае. № 6. С. 66.

*Ефремов А.Н., Кандауров П.М., Сычкин Н.И., Петрухин В.В.* Экономическая эффективность геологоразведочных работ в Центральной России. № 6. С. 73.

*Налимов С.В., Толкачев А.И.* Роль геолого-экономического мониторинга в оценке состояния и прогнозе развития минерально-сырьевой базы (на примере Центрального федерального округа). № 6. С. 75.

*Нерсисян С.С.* Особенности распределения золота в хвостохранилище Араратской золотоизвлекательной фабрики. № 6. С. 77.

#### **Новости, информация**

*Беневольский Б.И., Волчков А.Г.* Международная конференция Ассоциации поисковиков и геологоразведчиков Канады — PDAC 2006 (Торонто, Канада). № 2. С. 77.

ИМГРЭ — 50 лет. № 5. С. 5.

Список статей, опубликованных в журнале «Руды и металлы» в 2006 году. № 6. С. 84

## ВНИМАНИЮ АВТОРОВ!

При оформлении статей необходимо руководствоваться следующими правилами.

Объем статьи не должен превышать 15 страниц, включая аннотацию (не более 1/3 страницы), таблицы и список литературы. Оставляются поля —сверху (2 см), снизу (2 см), справа (1 см) и слева (3 см). Все страницы рукописи нумеруются. В редакцию представляются один экземпляр статьи — распечатка с принтера, а также текст на дискете в форматах Word (\*.doc, \*.rtf) с использованием шрифта Times New Roman (размер 12, полуторный межстрочный интервал); для таблиц — размер 9–10, один межстрочный интервал. Таблицы и рисунки помещаются в отдельные файлы. По окончании работы дискеты по желанию автора возвращаются. Возможна передача статей по электронной почте: E-mail: [tsnigri@tsnigri.ru](mailto:tsnigri@tsnigri.ru) для журнала «Руды и металлы».

Рисунки и другие графические материалы (не более 5) прилагаются к статье в одном экземпляре. На обороте каждого рисунка карандашом указываются его порядковый номер, фамилия автора и название статьи. Размер оригиналов рисунков не должен превышать формат страницы журнала (23×16 см). Рисунки принимаются на дискетах с распечаткой на бумаге. Цифры и буквы в условных обозначениях, вынесенных за пределы рисунка, даются курсивом. Текстовые надписи на рисунках набираются на компьютере. Размер букв и цифр не менее 2 мм. Каждый рисунок помещается в отдельный файл в форматах: штриховой рисунок и рас-тровое фото (\*.tif, \*.jpg и др.), векторная графика (\*.cdr — предпочтительно, \*.eps, \*.wmf и др.), диаграмма Microsoft Excel (\*.xls). Графика должна быть прямо связана с текстом и способствовать его сокращению. Оформление и содержание иллюстративного материала должны обеспечивать его читаемость после возможного уменьшения.

Подрисуночные подписи набираются в тексте после ссылки на рисунок. Цветные рисунки и фотографии не принимаются. Рисунки, не удовлетворяющие требованиям редакции, возвращаются автору.

Для набора математических формул и химических символов рекомендуется использовать Microsoft Equation.

Точность приведенных цитат должна быть заверена подписью автора на полях рукописи, обязательно указывается источник по списку литературы.

Список литературы (не более 15 названий) нумеруется в алфавитном порядке. Иностранная литература помещается после отечественной. Ссылки в тексте на источник из списка литературы даются соответствующим порядковым номером в квадратных скобках. В список не следует включать работы, на которые нет ссылок в тексте статьи, а также неопубликованные.

Статья подписывается автором (авторами), в конце ее приводятся фамилия, имя и отчество (полностью) автора, место работы, занимаемая должность, ученая степень, адрес, служебный и домашний телефоны.

Рукопись представляется с установленными сопровождающими документами руководством организации или лично автором (авторами).