



# **РУДЫ** **и** **МЕТАЛЛЫ**



научно-технический журнал

**3**  
**2018**

# и РУДЫ и МЕТАЛЛЫ



научно-технический журнал

№ 3 июнь – сентябрь 2018

## Учредитель

Центральный научно-исследовательский геологоразведочный институт цветных и благородных металлов  
Роснедра Министерства природных ресурсов и экологии  
Российской Федерации

Свидетельство о регистрации средства массовой информации  
№ 01919 от 21 декабря 1992 г.

Решением Высшей аттестационной комиссии  
Министерства образования и науки Российской Федерации  
журнал включён в «Перечень ведущих рецензируемых  
научных журналов и изданий, в которых должны быть  
опубликованы основные научные результаты диссертаций  
на соискание учёной степени доктора и кандидата наук»

Москва ЦНИГРИ 2018

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

### **Иванов Анатолий Иннокентьевич**

главный редактор  
доктор геолого-минералогических наук,  
генеральный директор ЦНИГРИ

### **Черных Александр Иванович**

зам. главного редактора  
кандидат геолого-минералогических наук,  
первый заместитель генерального директора ЦНИГРИ

### **Жаркова Вера Сергеевна**

зам. главного редактора  
заведующая редакционно-издательской группой ЦНИГРИ

### **Вартанян Сергей Серопович**

кандидат геолого-минералогических наук,  
заместитель генерального директора по научной работе ЦНИГРИ

### **Волчков Алексей Гордеевич**

кандидат геолого-минералогических наук,  
заведующий отделом научно-методического  
сопровождения ГРР ЦНИГРИ

### **Голубев Юрий Конкордьевич**

кандидат геолого-минералогических наук,  
заведующий отделом алмазов ЦНИГРИ

### **Горячев Николай Анатольевич**

доктор геолого-минералогических наук, член-корр. РАН,  
главный научный сотрудник Северо-Восточного Комплексного  
научно-исследовательского института (СВКНИИ) ДВО РАН

### **Звездов Вадим Станиславович**

кандидат геолого-минералогических наук,  
заведующий отделом благородных металлов ЦНИГРИ

### **Кременецкий Александр Александрович**

доктор геолого-минералогических наук,  
научный руководитель Института минералогии, геохимии  
и кристаллохимии редких элементов (ИМГРЭ)

### **Кряжев Сергей Гаврилович**

доктор геолого-минералогических наук,  
заведующий отделом минералогии, изотопной геохимии  
месторождений благородных и цветных металлов ЦНИГРИ

### **Кузнецов Владимир Вениаминович**

кандидат геолого-минералогических наук,  
заведующий отделом цветных металлов ЦНИГРИ

### **Похиленко Николай Петрович**

доктор геолого-минералогических наук, академик РАН,  
главный научный сотрудник Института геологии и минералогии  
им. В.С.Соболева (ИГМ) СО РАН

### **Проскурнин Василий Фёдорович**

доктор геолого-минералогических наук,  
заведующий отделом Всероссийского научно-исследовательского  
геологического института им. А.П.Карпинского (ВСЕГЕИ)

### **Седельникова Галина Васильевна**

доктор технических наук,  
заместитель генерального директора  
по аналитическим и технологическим исследованиям ЦНИГРИ

### **Толстов Александр Васильевич**

доктор геолого-минералогических наук,  
директор Научно-исследовательского  
геологоразведочного предприятия (НИГП) АК «АЛРОСА»

### **Фридовский Валерий Юрьевич**

доктор геолого-минералогических наук, профессор,  
директор Института геологии алмаза  
и благородных металлов (ИГАБМ) СО РАН



# СОДЕРЖАНИЕ CONTENTS

## ОБЩИЕ ВОПРОСЫ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ

**Корчагина Д.А.**

Минерально-сырьевая база  
свинца и цинка Забайкальского края

04

**Серавина Т.В., Кузнецов В.В.**

Опыт и результаты прогноза и поисков  
колчеданно-полиметаллических  
месторождений 2009–2017 гг.

16

## ПРИКЛАДНАЯ МЕТАЛЛОГЕНИЯ

**Чекваидзе В.Б., Исакович И.З.**

Минерагенические особенности  
термодегидратационных бассейнов  
юго-востока Русской платформы

26

## МЕТОДЫ И МЕТОДИКИ ПРОГНОЗА, ПОИСКОВ, ОЦЕНКИ И РАЗВЕДКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

**Кукушкин К.А., Терехов А.В.,  
Молчанов А.В., Козлов Д.С.,  
Соловьёв О.Л., Титов Д.Ю.,  
Хорохорина Е.И.**

Геология и рудоносность Угуйской  
и Олдонгсинской структур Чаро-  
Олёкминского блока Алданского щита  
(по материалам ГДП-200)

31

**Микоев И.И.**

Наземные геофизические исследования  
при поисках кимберлитовых тел:  
результаты и эффективность  
в различных поисковых обстановках

40

## SUBSOIL USE

**Korchagina D.A.**

Lead and zinc mineral base  
of the Trans-Baikal area

**Seravina T.V., Kuznetsov V.V.**

Experience and results of forecasting  
and prospecting for pyrite-polymetallic  
deposits (2009–2017)

## APPLIED METALLOGENY

**Chekvaidze V.B., Isakovich I.Z.**

Mineragenic features  
of thermodegradation basins from  
the South-East Russian platform

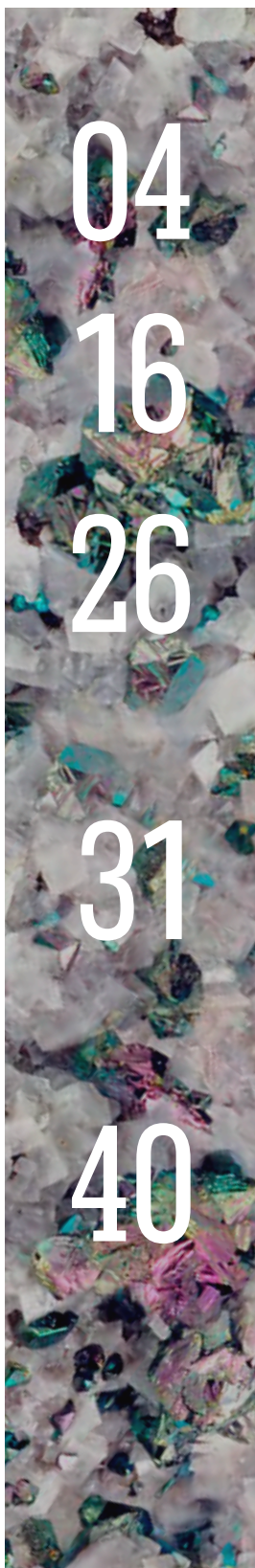
## PROGNOSIS, PROSPECTING AND EXPLORATION: TECHNIQUES AND METHODS

**Kukushkin K.A., Terekhov A.V.,  
Molchanov A.V., Kozlov D.S.,  
Soloviev O.L., Titov D.Yu.,  
Horohorina E.I.**

Geology and ore potential of Uguyskaya  
and Oldongsinskaya structures within  
Aldan shield's Charo-Olekminsky block  
(based on AAE-200 data)

**Mikoev I.I.**

Ground geophysical surveys  
in kimberlite bodies prospecting:  
results and efficiency in various  
prospecting environments



**Миляев С.А.,  
Чекваидзе В.Б., Исакович И.З.**

Петрографо-минералого-геохимические  
индикаторы золоторудных месторождений  
и их поисково-оценочное значение  
(на примере Наталкинского рудного поля,  
Северо-Восток России)

#### СТРОЕНИЕ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

**Некрасов Е.М.**

Поиск «слепых» золоторудных тел  
жильного типа

#### НОВОСТИ, ИНФОРМАЦИЯ

**Кузнецова Т.П.**

Информационные ресурсы  
геолого-минералогического музея ЦНИГРИ

#### СТРАНИЦЫ ИСТОРИИ

Иван Сергеевич Рожков – организатор  
геологической службы страны  
(к 110-летию со дня рождения)

«Геологическая жизнь»  
Сергея Дмитриевича Шера  
(к 100-летию со дня рождения)

#### ПОЗДРАВЛЯЕМ С ЮБИЛЕЕМ

В.Б.Чекваидзе  
Н.А.Розанову  
А.И.Донца  
Н.Г.Кудрявцеву

47

55

72

78

81

86

**Milyaev S.A.,  
Chekvaizde V.B., Isakovich I.Z.**

Petrographic-mineralogical  
and geochemical indicators of gold  
deposits and their prospecting  
significance (case study of Natalkinskoe  
ore field, North-East Russia)

#### GEOLOGY OF ORE DEPOSITS

**Nekrasov E.M.**

Prospecting for lode-type blind  
gold orebodies

#### NEWS, INFORMATION

**Kuznetsova T.P.**

Informational resources of TsNIGRI  
geological and mineralogical museum

#### PAGES OF HISTORY

I.S.Rozgkov – organizer of the geological  
service of the country  
(110<sup>th</sup> anniversary)

«Geological Life» of S.D.Sher  
(100<sup>th</sup> anniversary)

#### OUR CONGRATULATIONS

V.B.Chekvaizde  
N.A.Rozanova  
A.I.Donets  
N.G.Kudryavtseva



## МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВАЯ БАЗА СВИНЦА И ЦИНКА ЗАБАЙКАЛЬСКОГО КРАЯ

*Решение проблем геологической отрасли по воспроизводству и наращиванию МСБ свинца и цинка РФ возможно, если приоритетом стратегии социально-экономического развития регионов, в частности Забайкалья, станет создание минерально-сырьевых центров (МСЦ) – горно-промышленных кластеров, которые позволят реализовать минерально-сырьевой потенциал основных видов твёрдых полезных ископаемых, сформировать необходимую инфраструктуру. В качестве основы создания МСЦ в регионах должны рассматриваться инфраструктурные проекты статуса частно-государственного партнёрства, которые будут способствовать снижению инвестиционных рисков и повышению привлекательности минерально-сырьевой базы полезных ископаемых территории Российской Федерации. Проведённые исследования показывают, что имеются предпосылки для создания и долгосрочного развития Восточно-Забайкальского МСЦ за счёт выявления новых перспективных площадей. Рассмотрено состояние минерально-сырьевой базы свинца и цинка Забайкалья. Приведены сведения о изменениях состояния запасов и прогнозных ресурсов полиметаллических месторождений. Кратко охарактеризованы основные горнодобывающие предприятия и их обеспеченность балансовыми запасами свинца и цинка (Нойон-Тологой, Ново-Широкинское).*

*Ключевые слова: свинец, цинк, минерально-сырьевая база, запасы, прогнозных ресурсы, Забайкалье, полиметаллические месторождения.*

Россия является одной из ведущих стран по добыче и запасам цветных металлов. Медь, свинец, цинк используются в разных областях промышленности. По объёму разведанных запасов этих металлов, а также величине их добычи Россия занимает не последнее место в мировом минерально-сырьевом потенциале. Но, несмотря на это, обеспеченность страны запасами варьирует.

Основные балансовые запасы свинца и цинка сосредоточены в Сибирском федеральном округе (рис. 1). Здесь в Красноярском, Забайкальском и Алтайском краях добыто 251,8 тыс. т свинца и 423 тыс. т цинка, что составляет соответственно 92,4 и 44,4% от добычи по России (рис. 2). Распределение основных запасов свинца и цинка по РФ представлено в табл. 1 и на рис. 3.

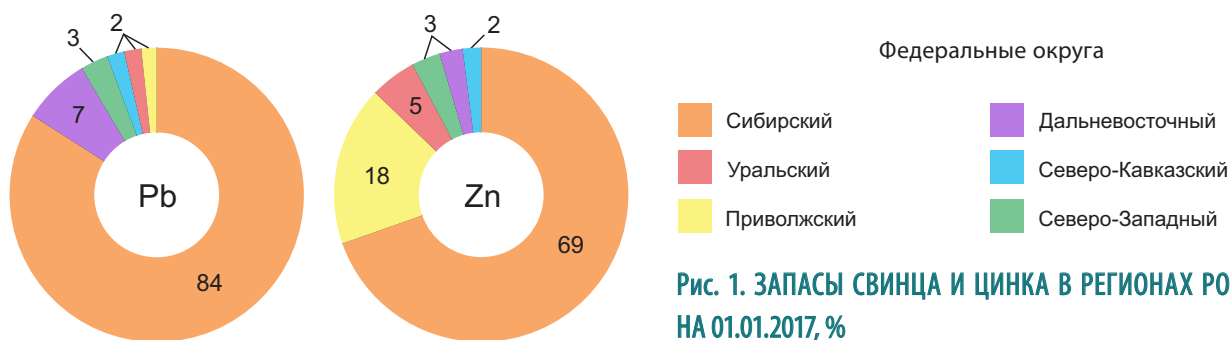
Добыча свинца в 2004–2015 гг. характеризовалась положительной динамикой. В 2011 г. прирост запасов получен за счёт постановки на баланс Юго-Западного участка месторождения Нойон-Тологой, в 2014 г. по всем категориям – в результате предварительной разведки Центрального участка данного месторождения.

В 2015 г. в связи с полным переутверждением запасов Горевского месторождения (ГКЗ от 29.10.2014 № 3897) произошло резкое их снижение, балансовые запасы категории В+С<sub>1</sub> свинца сократились. Запасы, предназначенные для отработки подземным

**Корчагина  
Дарья Александровна**

научный сотрудник  
dashajr@gmail.com

ФГБУ Центральный  
научно-исследовательский  
геологоразведочный институт  
цветных и благородных металлов,  
г. Москва



способом, отнесены к оценённым из-за недостаточной изученности.

В 2016 г. основной прирост запасов свинца получен в результате разведочных работ на Павловском месторождении в Архангельской области (+290,5 тыс. т). По лицензионному соглашению недропользователь должен ввести месторождение в эксплуатацию не позднее 01.12.2022.

В 2004–2015 гг. также возросла добыча цинка. В 2013 г. значительный прирост запасов получен по итогам разведочных работ на месторождении Ново-Учалинское (Республика Башкортостан), а в 2014 г. – предварительной разведки Центрального участка месторождения Нойон-Тологой и разведочных работ на месторождении Назаровское (Республика Бурятия).

В 2016 г. основной прирост запасов цинка обусловлен разведочными работами на Павловском месторождении (+1267,8 тыс. т). Увеличилось число месторождений, так как по результатам оценочных работ впервые на учёт было поставлено месторождение Лучистое в Оренбургской области.

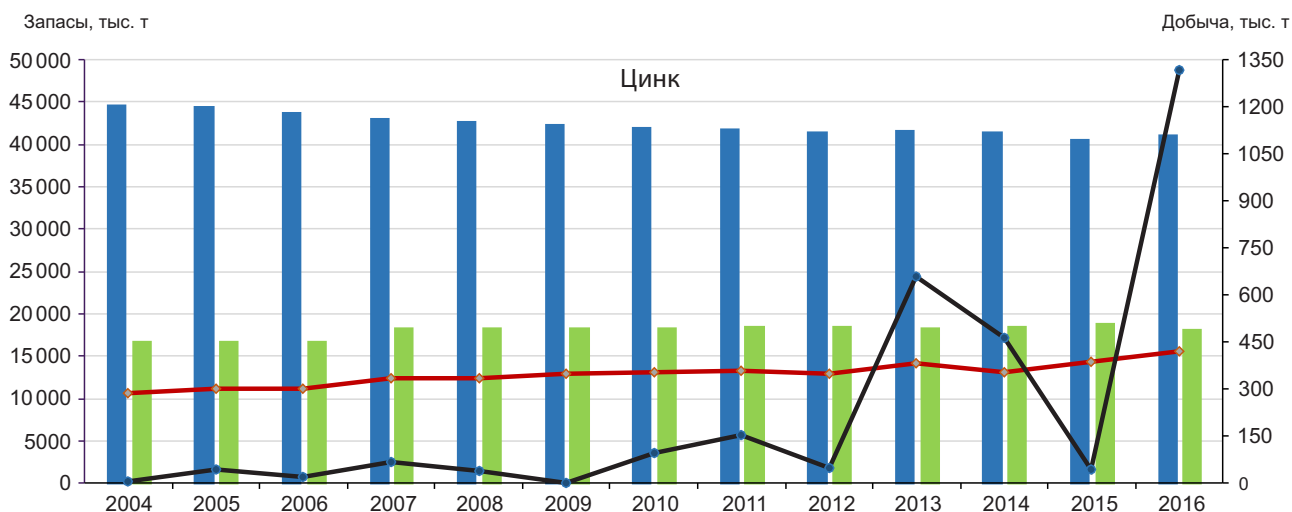
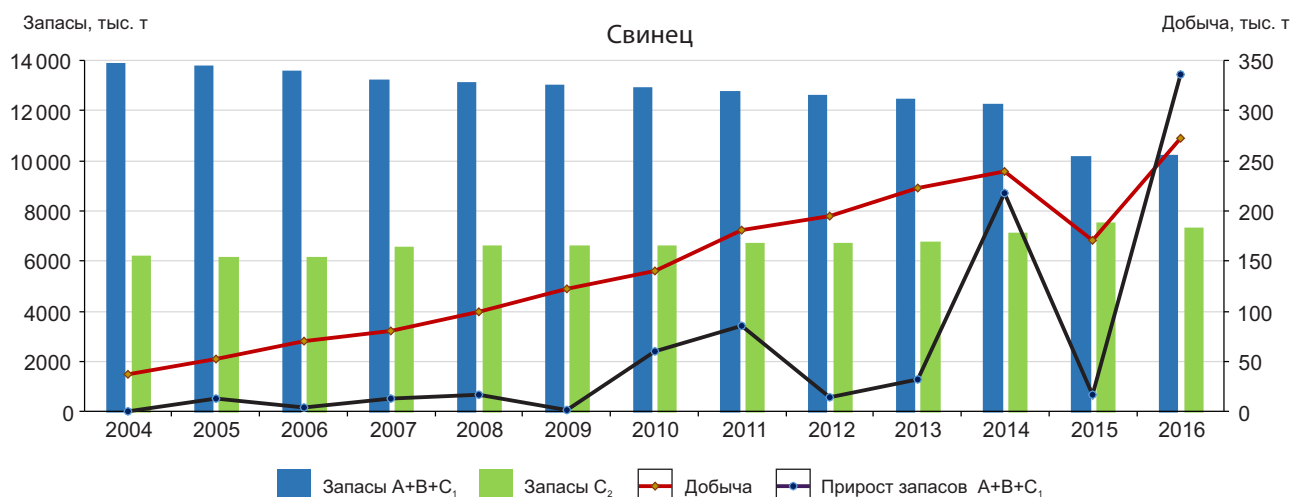
В последние десятилетия в отрасли возникли проблемы, связанные с истощением минерально-сырьевой базы РФ, которые, если их не решать, приведут к снижению темпов развития МСБ:

- сокращение числа перспективных участков недр в пределах освоенных и хорошо изученных территорий;
- необходимость выполнения геологоразведочных работ в удалённых регионах страны, что влечёт за собой существенное удорожание стоимости единицы прироста ресурсов полезных ископаемых;
- истощение накопленного поискового задела участков недр, готовых для предоставления в пользование инвесторам.

В последние годы в условиях весьма малого объёма геологоразведочных работ в динамике состояния МСБ обозначились и нарастают тенденции к невозполнению погашаемых запасов, общему уменьшению их количества и ухудшению качества. Практически по всем важнейшим полезным ископаемым в результате невозполнения уменьшаются общие, в том числе разведанные, запасы с ежегодными темпами от 0,6 до 3%. Приросты запасов промышленных категорий по свинцу и цинку получены главным образом за счёт переоценки и доизучения ранее известных объектов.

Как видно из рис. 3, запасы свинца и цинка уменьшаются, а погашение запасов не компенсируется их приростом (коэффициент компенсации





**Рис. 3. ДОБЫЧА И ПРИРОСТ ЗАПАСОВ СВИНЦА И ЦИНКА ПО РФ В 2004–2016 гг.**

для свинца (среднее значение за 10 лет) 0,5, для цинка 0,9), т.е. не происходит даже простого восполнения запасов.

До 2025 г. произойдёт снижение разведанных запасов свинца и цинка (по отношению к 2004 г. запасы категории A+B+C<sub>1</sub> уменьшатся соответственно на 26,1 и 8,5%), а также молибдена, никеля, меди, олова, алмазов, золота, серебра.

В проекте развития чёрной и цветной металлургии до 2030 г. и Программе воспроизводства МСБ и геологического изучения недр 2013–2020 гг. планируется повышение потребления цинка (по среднему сценарию) на 28 и свинца на 30%. Рост приведёт к увеличению добычи и, как следствие, исчерпанию запасов известных месторождений.

Оценка прогнозных ресурсов высоких категорий необходима для воспроизводства запасов полиметаллических руд, частично компенсирующих

их добычу. Задачи по воспроизводству МСБ цинка и свинца можно решить, определив основным направлением геологоразведочных работ проведение поисков и прогнозно-металлогенических исследований в целях укрепления сырьевой базы действующих предприятий в старых горнодобывающих регионах.

Наиболее перспективными регионами РФ по развитию минерально-сырьевой базы свинца и цинка являются Рудный Алтай, Забайкалье, Енисейский край, Салаир, Тыва, характеризующиеся развитой инфраструктурой. В их пределах и предусматривается создание кластеров экономического роста, в том числе за счёт добычи полиметаллических руд.

Нами в качестве примера для решения задач воспроизводства МСБ рассматривается один из регионов Сибирского ФО – Забайкальский край.

## 1. СОСТОЯНИЕ ЗАПАСОВ И ПРОГНОЗНЫХ РЕСУРСОВ СВИНЦА И ЦИНКА В РОССИИ НА 01.01.2017

Полезные ископаемые	Запасы по категориям, тыс. т			Распределённый фонд запасов, %		Прогнозные ресурсы по категориям, тыс. т		
	A+B+C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	A+B+C <sub>1</sub> +C <sub>2</sub>	A+B+C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>
Pb	10 241,6	7351,9	17 593,5	84,7	84,6	3201	8889	25 748
Zn	41 331,9	18 241,5	59 573,4	92	90	12 252	23 868	62 537

Забайкалье – старейший горнорудный район со значительными минерально-сырьевыми ресурсами. Его минерально-сырьевая база включает разведанные запасы различных полезных ископаемых. Он занимает лидирующее положение в стране по запасам медных, урановых, молибденовых, ванадиевых, титановых, тантал-ниобиевых, плавикошпатовых руд. Территория юго-востока Забайкалья, к которой приурочена Приаргунская металлогеническая зона, обладает существенными запасами золота, вольфрама, молибдена, железа, серебра, цинка, свинца. Промышленные запасы меди и серебра находятся в месторождениях медистых песчаников (Удоканское месторождение меди, одно из крупнейших в мире, Ункурское месторождение меди и др.) в Каларском районе, свинца и цинка – в месторождениях Приаргунья (Воздвиженское, Ново-Широкинское, Нойон-Тологойское полиметаллические месторождения и др.).

В материалах Интернет-конференции Комитета Совета Федерации по делам Федерации и региональной политике (1.04–30.05.2011) по теме «Опыт, проблемы и перспективы формирования центров регионального развития как приоритетного направления деятельности по модернизации региональной политики (в рамках реализации Концепции долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 г.)» представлен план создания зоны опережающего развития – Забайкальского территориального горно-металлургического комплекса. Её выделение связано с реализацией ряда крупных инвестиционных проектов в сфере добычи и переработки минеральных ресурсов. Главной специализацией зоны должны стать добыча и переработка железных руд, руд цветных (медь, свинец, цинк, молибден) и благородных металлов, сырьевой базой для создания горно-металлургического комплекса, согласно проекту, – крупные объекты распределённого фонда: Ново-Широкинское (ОАО «Ново-Широкинский рудник»), Солонеченское (ООО ГРК «Быстринское»), Быстринское (ООО ГРК «Быстринское»),

Бугдаинское (ООО «Бугдаинский рудник»), Берёзовский ГОК (ООО «Горнопромышленная компания «Лунэн») и др.

Ведущие отрасли Забайкальского края – электроэнергетика и цветная металлургия, относительно развиты пищевая промышленность, машиностроение и металлообработка. Структура промышленного производства территории показана на рис. 4. В крае сосредоточены крупные и средние по запасам месторождения свинца и цинка, учитывается 21 месторождение свинцово-цинковых руд с запасами категории A+B+C<sub>1</sub> 845,6 тыс. т, кат. C<sub>2</sub> 932,9 тыс. т.

Основные месторождения и проявления свинца и цинка локализируются в пределах Приаргунской минерагенической зоны. Выделяются два типа месторождений: нойон-тологойский – месторождения размещаются в вулканогенно-терригенных отложениях средне-позднеюрского возраста и приаргунский – месторождения приурочены к венд-кембрийским терригенно-карбонатным комплексам.

Основные запасы колчеданно-полиметаллических руд концентрируются в месторождениях нойон-тологойского типа (Нойон-Тологой, Ново-Широкинское, Талман, Кодак), отличающихся преобладанием цинка над свинцом, высокими концентрациями серебра, иногда золота (месторождение Ново-Широкинское). Приаргунский тип характе-

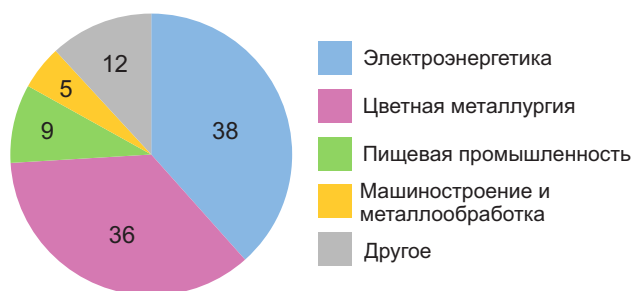


Рис. 4. СТРУКТУРА ПРОМЫШЛЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА ЗАБАЙКАЛЬСКОГО КРАЯ, %



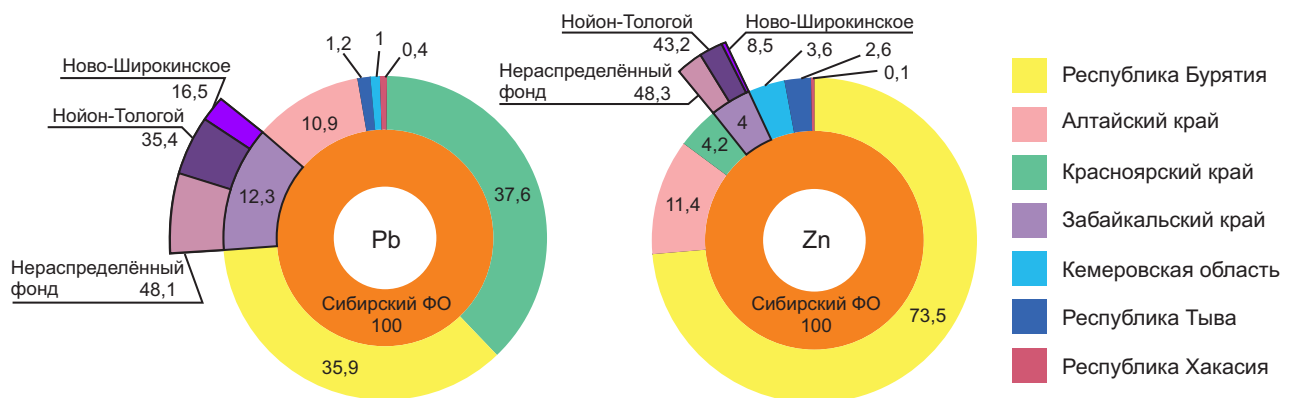


Рис. 5. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАПАСОВ СВИНЦА И ЦИНКА В СИБИРСКОМ ФО НА 01.01.2017, %

ризуется переменным соотношением содержания свинца и цинка, высоким содержанием серебра и иногда золота. Кроме того, объекты нойон-тологойского типа намного крупнее приаргунского.

Самое крупное месторождение в крае – Нойон-Тологой, запасы которого по  $A+B+C_1+C_2$  составляют: Pb 609,7, Zn 716,1, Ag >3 тыс. т, Au >4 т при содержании соответственно 1,17, 1,37%, 66,2 и 0,08 г/т (рис. 5).

**Основные горнодобывающие предприятия и их обеспеченность балансовыми запасами.** ОАО «Ново-Широкинский рудник» подземным способом разрабатывает Ново-Широкинское месторождение полиметаллических руд. Основные полезные компоненты руд – свинец, цинк, серебро, золото, попутные – медь, кадмий, висмут, сурьма. В 2016 г. на месторождении добыто 761 тыс. т товарной руды с содержанием свинца 17,9, цинка 5,52 тыс. т, серебра 57, золота 2,4 т, меди 1,8 тыс. т. В этом же году на обогатительной фабрике рудника переработано 773,3 тыс. т руды. Получены свинцовый (44,34 тыс. т), цинковый (6,96 тыс. т) концентраты. Срок отработки запасов по проекту – 17 лет при проектной производительности – 1300 тыс. т в год (сейчас действует промежуточный этап отработки с производительностью 730 тыс. т).

ООО «Байкалруд» осуществляет работы на месторождении Нойон-Тологой свинцово-цинковых руд. Основные полезные компоненты руд – свинец, цинк, серебро, попутные – золото, кадмий, сурьма, сера. Разрабатывается Юго-Восточный участок, на Юго-Западном проводятся разведочные и опытно-промышленные работы и ведётся попутная добыча, Центральный – подготавливается к освоению. Всего на Юго-Восточном и Юго-Западном участках

добыто 395,1 тыс. т товарной руды (свинца – 6,1, цинка – 9 тыс. т, серебра – 27 т, золота – 97 кг). На обогатительной фабрике предприятия, находящейся на стадии пуска наладочных работ, в 2016 г. переработано 378,9 тыс. т товарной руды (сухой вес), содержащей 7,62 тыс. т свинца, 10,04 тыс. т цинка. Получены свинцовый (10,86 тыс. т) и цинковый (17,6 тыс. т) концентраты. Обеспеченность разведанными запасами составляет 11 лет.

На Центральном участке в 2015 г. добыча не велась. Запасы участка утверждены ГКЗ Роснедра (протокол от 10.10.2014 № 3869-оп) по состоянию на 01.01.2014 для условий открытой отработки и по состоянию на 01.01.2017 не изменились.

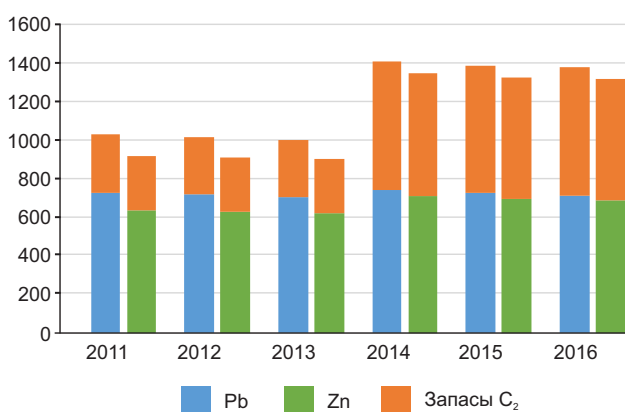
Сырьевая база нераспределённого фонда недр представлена в основном мелкими и средними по запасам месторождениями Алгачинское, Благодатское, Воздвиженское, Екатерино-Благодатское, Ивановское, Ируновское, Кадаинское, Каменское, Михайловское, Октябрьское, Покровское, Савинское № 5, Северо-Акатуевское, Спасское, Центральное, Быстринско-Ширинское, суммарные запасы руды которых по категории  $A+B+C_1+C_2$  приведены в табл. 2. В большинстве случаев это остаточные запасы ранее эксплуатировавшихся объектов для подземного способа разработки. Обеспеченность добычи запасами составляет по месторождениям от 9 до 14 лет.

**Свинец.** В Забайкальском крае в пределах Восточно-Забайкальской металлогенической зоны известны более 20 связанных со скарнами жильных преимущественно свинцово-цинковых объектов с рудами различного качества. Более половины запасов заключены в эксплуатируемых Нойон-Тологойском и Ново-Широкинском месторождениях

## 2. БАЛАНСОВЫЕ ЗАПАСЫ МЕТАЛЛА МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Месторождения	Категории	Запасы в недрах на 01.01.2017					
		Руда	Cu	Pb	Zn	Au	Ag
		тыс. т				кг	т
Распределённый фонд недр							
Ново-Широкинское	A+B+C <sub>1</sub> +C <sub>2</sub>	14 987	28,5	283,4	141,2	31 524	797,3
Нойон-Тологой	A+B+C <sub>1</sub> +C <sub>2</sub>	60 626	-	609,7	716,1	4753	3190
Нераспределённый фонд	A+B+C <sub>1</sub> +C <sub>2</sub>	18 375	-	494,5	473,9	11 446	632,4

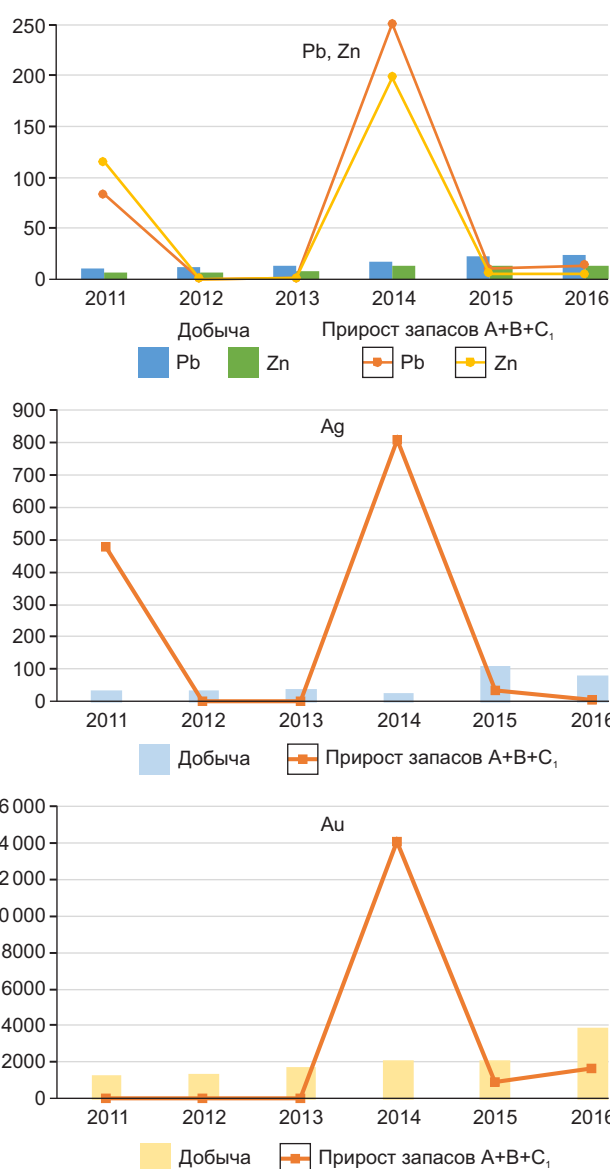
Примечание. Прочерк – запасы меди отсутствуют.



**Рис. 6. ЗАПАСЫ СВИНЦА И ЦИНКА ЗАБАЙКАЛЬСКОГО КРАЯ В 2011–2016 гг., тыс. т**

ях сравнительно небогатых руд (1,2 и 1,8% свинца соответственно). Состояние запасов свинца дано на рис. 6.

Прирост запасов по всем категориям в 2014 г. произошёл в результате предварительной разведки Центрального участка месторождения Нойон-Тологой. Кроме того, при эксплуатационно-разведочных работах и добыче руд из запасов кат. C<sub>2</sub> получен прирост свинца кат. C<sub>1</sub> на Ново-Широкинском месторождении (рис. 7). В добыче свинца в период 2011–2016 гг. отмечалась положительная динамика. В 2011 г. прирост получен в связи с утверждением запасов Юго-Западного участка месторождения Нойон-Тологой, который полностью компенсировал погашенные запасы. В 2014 г. прирост получен в результате предварительной разведки Центрального участка месторождения Нойон-Тологой. Два значимых прироста (2011 и 2014 г.) полностью компенсировали погашенные запасы за период 2011–2016 гг.



**Рис. 7. ДОБЫЧА СВИНЦА И ЦИНКА (тыс. т), СЕРЕБРА (т), ЗОЛОТА (кг) В 2011–2016 гг.**

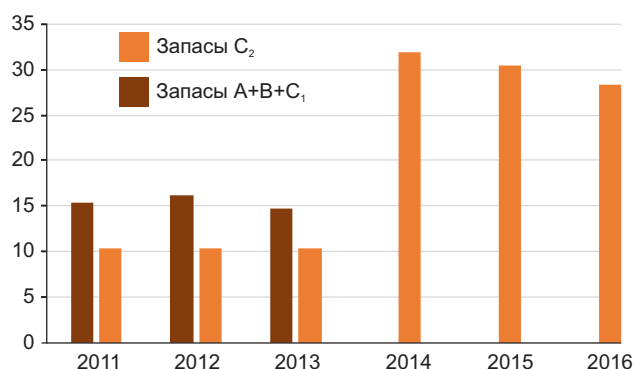


Рис. 8. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАПАСОВ МЕДИ В 2011–2016 гг., тыс. т

**Цинк.** На территории Забайкальского края, входящего в Восточно-Забайкальскую металлогеническую зону, скарново-полиметаллические объекты заключают ~3% запасов цинка страны. В большинстве своём они мелкие по масштабу, содержание цинка варьирует от 0,28 до 8,53%. Крупным месторождением является Нойон-Тологой с запасами цинка 1,2% от российских при среднем содержании его в рудах 1,4% (см. рис. 7).

Прирост запасов по всем категориям в 2014 г. получен по итогам предварительной разведки Центрального участка месторождения Нойон-Тологой. В результате эксплуатационно-разведочных работ и добыче из запасов кат. C<sub>2</sub> получен прирост цинка кат. C<sub>1</sub> на Юго-Восточном участке месторождения Нойон-Тологой (см. рис. 7). Добыча цинка за период 2011–2016 гг. увеличилась. В 2011 г. значительный прирост запасов обусловлен постановкой на баланс Юго-Западного участка месторождения Нойон-Тологой, который полностью компенсировал погашенные запасы за период 2011–2016 гг.

**Медь.** Основные запасы меди учтены в 44 месторождениях, расположенных на территории Сибирского ФО, – 64,6% от суммарных балансовых запасов РФ (Забайкалье – 23,3%). Около четверти российских запасов меди сосредоточены в недрах Забайкальского края. В данной статье рассмотрены состояние запасов и добычи меди только из полиметаллических месторождений (рис. 8). Запасы меди учтены лишь на Ново-Широкинском полиметаллическом месторождении.

В 2014 г. произошло изменение запасов в результате переоценки. Переоценка связана с утверждением запасов по новым кондициям. Запасы кат. C<sub>1</sub> сняты, а кат. C<sub>2</sub> выросли на 22,6 тыс. т.

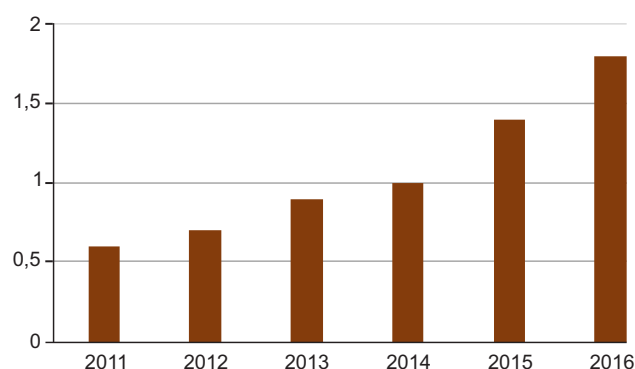


Рис. 9. ДИНАМИКА ДОБЫЧИ МЕДИ В 2011–2016 гг., тыс. т

Добычные работы проводятся в контурах запасов кат. C<sub>2</sub> (рис. 9).

Добыча меди за период 2011–2016 гг. увеличилась. В период с 2011 по 2014 гг. она осуществлялась только на Ново-Широкинском месторождении. Прироста запасов не было.

**Серебро.** Крупные запасы драгоценного металла содержатся в связанных со скарнами свинцово-цинковых и полиметаллических объектах. Наиболее значимые среди них – месторождения Нойон-Тологой и Ново-Широкинское со средним содержанием серебра в рудах 66,2 и 48,5 г/т соответственно. Состояние запасов серебра отражено на рис. 10.

Прирост запасов по всем категориям в 2014 г. получен в результате постановки на государственный учёт запасов Центрального участка месторождения Нойон-Тологой. Добыча серебра показана на рис. 7. В 2011 г. значительный прирост запасов получен за счёт постановки на баланс Юго-Западного участка месторождения Нойон-Тологой, а в 2014 г. – в результате постановки на государственный учёт запасов Центрального участка месторождения Нойон-Тологой. Два значимых прироста (2011 г. и 2014 г.) полностью компенсировали погашенные запасы за период 2011–2015 гг.

**Золото.** Попутно добывается на Ново-Широкинском и Нойон-Тологойском месторождениях сравнительно небогатых руд. Состояние запасов золота иллюстрирует рис. 10. Прирост запасов кат. C<sub>2</sub> в 2014 г. связан с утверждением запасов Ново-Широкинское месторождения для условий отработки их подземным способом в контуре действующей лицензии (см. рис. 7). В 2014 г. значительный прирост запасов произошёл в результате геологоразведочных работ на месторождениях Ново-

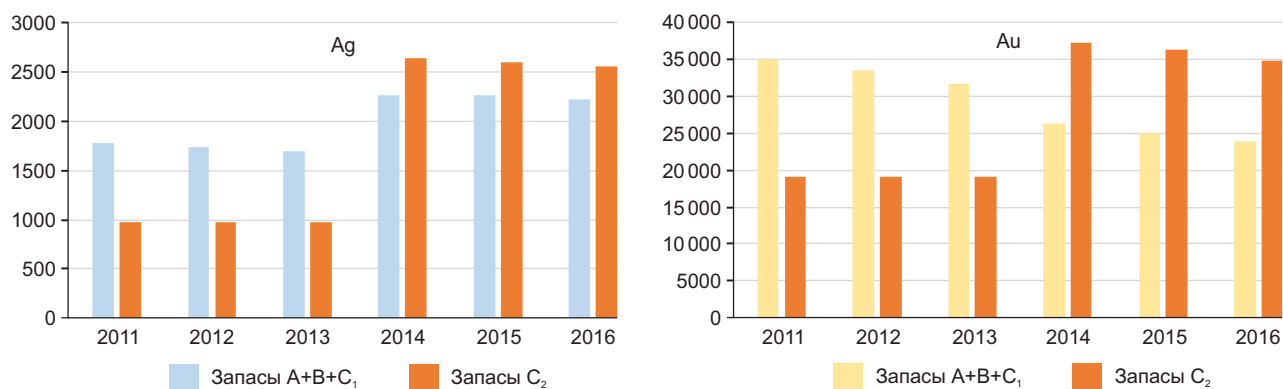


Рис. 10. ЗАПАСЫ СЕРЕБРА (т), И ЗОЛОТА (кг), В 2011–2016 гг. (распределённый+нераспределённый фонд)

Широкинское и Нойон-Тологой. В 2016 г. на Ново-Широкинском добыто 16% (от добычи края).

Анализ движения запасов свинца и цинка показал, что на протяжении последнего времени на фоне стабильного роста добычи наблюдается столь же стабильное сокращение запасов.

В 2011–2014 гг. за счёт разведки Юго-Западного и Центрального участков месторождения Нойон-Тологой получен значительный прирост запасов свинца, цинка и серебра, что позволило увеличить запасы выше таковых в 1991–2005 гг.

Ввод в эксплуатацию месторождений Ново-Широкинское и Нойон-Тологой компенсировал падение добычи (из-за консервации Нерчинского полиметаллического комбината). В 2016 г. добыча свинца в 1,6 раз превысила показатель 1993 года, а цинка составила 70% от значения 1993 г.

В 2014 г. получен максимальный за постсоветский период прирост запасов свинца категории A+B+C<sub>1</sub>, составивший 251,4 тыс. т. Это позволило компенсировать более 100% запасов металла, потраченных при добыче за последние пять лет.

Несмотря на положительные изменения, обеспеченность действующих добывающих предприятий активными запасами полиметаллических руд недостаточна. По Ново-Широкинскому месторождению она составляет 10 лет (исходя из проектных показателей), по объекту Нойон-Тологой (Юго-Восточный участок) – 6 лет.

Прогнозные ресурсы Приаргунской металлургической зоны по данным на 01.01.2016: свинца 2210 тыс. т (в том числе 1925 тыс. т кат. P<sub>3</sub>), цинка 2505 тыс. т (2215 тыс. т кат. P<sub>3</sub>), серебра 10304 т (все прогнозные ресурсы кат. P<sub>3</sub>). Прогнозные ресурсы меди не выявлены.

На Александрово-Заводской площади по состоянию на 01.01.2016 числятся прогнозные ресурсы кат. P<sub>3</sub> (цинка 220, свинца 429 тыс. т, серебра 2276 т). По результатам проведённых работ ресурсы кат. P<sub>3</sub> переведены в кат. P<sub>2</sub> и P<sub>1</sub> (впервые в крае появились прогнозные ресурсы свинца кат. P<sub>1</sub>). При подсчёте прогнозных ресурсов минерализованных зон медь учтена как попутный полезный компонент. Отмечался также прирост прогнозных ресурсов кат. P<sub>2</sub> на Ивановском месторождении (свинец +255,2 тыс. т) в рамках работ по объекту «Специализированные геолого-геохимические работы для обоснования переоценки перспектив золото-полиметаллического оруденения основных рудных районов и узлов Приаргунской структурно-формационной зоны (Забайкальский край)».

Обеспеченность действующих добывающих предприятий активными прогнозными ресурсами полиметаллических руд недостаточна. Апробированные к настоящему времени прогнозные ресурсы кат. P<sub>1</sub> и P<sub>2</sub> при их приведении к условным запасам обеспечивают современный уровень добычи в среднем на семь лет (табл. 3).

Прогнозные ресурсы, кроме Северо-Восточного участка (рудное поле Нойон-Тологой), находятся в нераспределённом фонде недр и характеризуются преимущественно низкой степенью достоверности.

Состояние минерально-сырьевой базы по изучаемым полезным ископаемым за последние десятилетия ухудшилось, особенно это касается свинца, запасы которого снизились на 30%. При этом уменьшение произошло несмотря на то, что объёмы добычи по сравнению с 1990 г. значительно снизились, в частности, по свинцу на 60%. Крайне

### 3. СООТНОШЕНИЕ ПРОГНОЗНЫХ РЕСУРСОВ КАТЕГОРИЙ P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>, P<sub>3</sub> И УСЛОВНЫХ ЗАПАСОВ

Категории прогнозных ресурсов	Прогнозные ресурсы Pb/Zn, тыс. т	Добыча Pb/Zn, тыс. т	Обеспеченность добычи ресурсами, лет
P <sub>1</sub>	44/-		
P <sub>2</sub>	491/312		
P <sub>1</sub> +P <sub>2</sub>	535/312		
Условное C <sub>2</sub>	172/115,3	24/13,7	7/8
P <sub>3</sub>	1925/2215		
Условное C <sub>2</sub>	151/352		

Примечание. Прочерк – прогнозные ресурсы цинка отсутствуют.

низкие темпы поисковых и разведочных работ в итоге могут привести к полному истощению разведанных запасов действующих предприятий.

Прирост запасов цветных и редких металлов, начиная с 1994 г., не восполняет даже существенно уменьшившиеся объёмы их добычи. Компенсировать объёмы ежегодной добычи удаётся лишь на 10–40%.

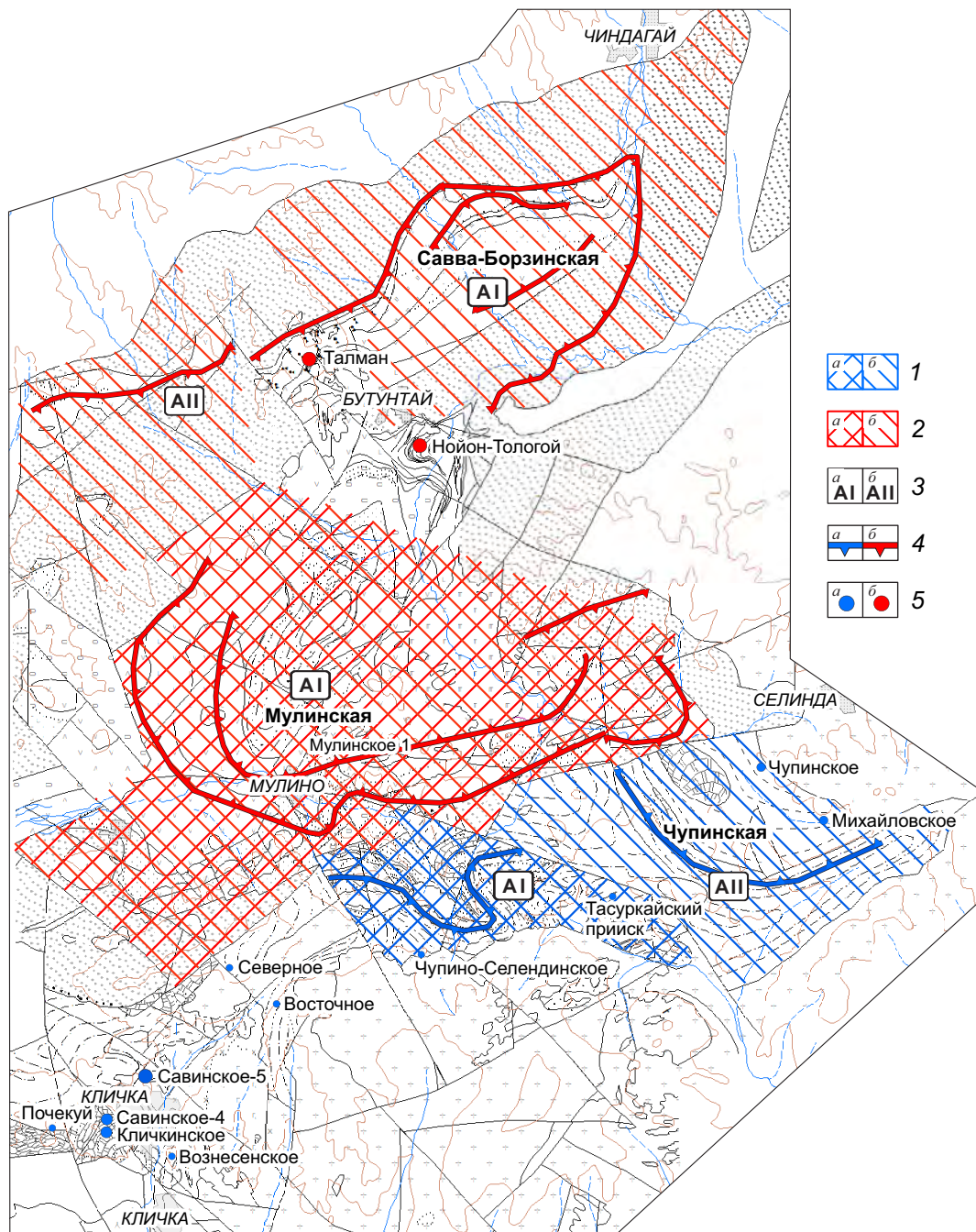
Дальнейшее развитие горнодобывающей отрасли должно быть связано с увеличением темпов добычи с выявлением новых месторождений и наращиванием минерально-сырьевой базы цветной металлургии. Проведение поисковых работ в экономически развитых регионах будет способствовать увеличению прогнозных ресурсов кат. P<sub>1</sub> и P<sub>2</sub> и переводу их в более высокие категории.

Решение проблем геологической отрасли по воспроизводству и наращиванию МСБ свинца и цинка возможно, если приоритетом стратегии социально-экономического развития регионов, в частности Забайкалья, станет создание на основе программно-целевого планирования минерально-сырьевых центров – горно-промышленных кластеров, которые позволят реализовать минерально-сырьевой потенциал основных видов твёрдых полезных ископаемых, сформировать необходимую инфраструктуру, обеспечить рабочие места и долгосрочное развитие региона.

В качестве основы создания МСЦ в регионах должны рассматриваться инфраструктурные проекты статуса частно-государственного партнёрства, которые будут способствовать снижению инвестиционных рисков и повышению привлекательности минерально-сырьевой базы твёрдых полезных ископаемых территории Российской Федерации.

Как показывают проведённые исследования, для создания и развития Восточно-Забайкальского МСЦ имеются предпосылки долгосрочного развития за счёт обнаружения новых перспективных площадей. Для выявления последних и постановки геологоразведочных работ разработана методика прогнозно-металлогенических построений [2]. Прогнозно-металлогенические построения основаны, прежде всего, на использовании прямо наблюдаемых геологических факторов, совокупность которых определяет закономерности размещения месторождений в исследуемой геологической среде. Такого рода закономерности, выражаемые комплексом элементов-признаков и установленные на достаточно хорошо изученных площадях с найденными месторождениями, а также прогнозно-поисковые модели объектов характеризуют эталонные или типовые металлогенические обстановки, которые обладают комплексом выявленных параметров и признаков, составляющих прямое признаковое пространство. Кроме того, геофизическими, геохимическими и другими методами выявляется широкий спектр дополнительных особенностей, прогнозно-металлогеническое значение которых может оцениваться через отражение рудоносных обстановок в соответствующих негеологических полях и их структурных элементах [4].

Составление комплекта карт закономерностей размещения и прогноза полиметаллического оруденения включает формирование ГИС-пакета карт м-ба 1:50 000, различающихся степенью отражения как общих закономерностей размещения объектов полиметаллического оруденения в геологической среде, так и локальных особенностей форм проявления оруденения и различных типов и ви-



**Рис. 11. ПРОГНОЗНАЯ СХЕМА КЛИЧКИНСКОГО РУДНОГО РАЙОНА:**

перспективные площади: 1 – вулканогенно-карбонатно-терригенной формации венд-кембрийского возраста с прогнозируемым золото-серебро-колчеданно-свинцово-цинковым типом оруденения (SEDEX-приаргунский) (а – первой очереди, б – второй очереди), 2 – вулканогенно-кремнисто-терригенной формации средне-позднеюрского возраста с прогнозируемым (золото)-серебросодержащим колчеданно-полиметаллическим типом оруденения (VHMS-нойон-тологойский) (а – первой очереди, б – второй очереди); 3 – площади со степенью сходства с прогнозно-поисковой моделью >50% (а), ~50% (б) с полным комплексом поисковых критериев и признаков, проявлениями рудной минерализации и повышенной концентрацией полезных компонентов по отдельным подсечениям; 4 – положение рудоносного уровня в пределах выделенных перспективных площадей, стрелка показывает направление падения рудоносных отложений для приаргунского (а), нойон-тологойского (б) типов; 5 – месторождения приаргунского (а), нойон-тологойского (б) типа

дов контроля его локализации. ГИС-пакет имеет слоевую структуру, в которой каждый тематический слой, представляющий то или иное свойство рудовмещающей среды (геохимические и геофизические поля, дистанционные характеристики), входит в систему совместного пространственного анализа его составных компонентов в целях выявления общности и различий совокупной геологической обстановки в разных элементах геологической структуры исследуемых рудных полей [1, 3].

В комплект карт, кроме имеющихся тематических слоёв геологической, геохимической и геофизической нагрузки, включены также слои, более детально характеризующие отдельные геохимические и геофизические свойства рудовмещающих формаций и содержащие информацию о глубинном строении, электрических и магнитных свойствах перспективных участков. Слои с учётом пространственных соотношений их элементов с прямыми признаками рудоносности (рудные месторождения и проявления, рудная минерализация и околорудные изменения и др.) используются для определения потенциала обнаружения скрытых промышленных объектов, в виде участков, ранжированных по степени перспективности.

Слои (карты) комплекта каждой из врезок в принципе могут совмещаться друг с другом в различных сочетаниях и в любой последовательности. Целям прогнозно-металлогенических построений отвечает ограниченное число такого рода сочетаний, выбираемых по принципу: наблюдаемые геологические и металлогенические характеристики – оценка их возможного отражения в различных слоях. Результатом анализа комплектов карт является создание прогнозных карт, на которых оконтурены перспективные площади ранга «поисковый заверочный участок» [1, 3].

При участии автора проведён анализ комплекта карт всех выделенных рудных районов на основе послыонного метода прогнозирования, описанного выше.

В качестве примера результатов прогнозных работ по выше описанному методу приводится прогнозная карта Кличкинского рудного района. На его территории выделены несколько перспективных площадей:

Савва-Борзинская площадь (на данный момент на ней ведутся поисковые работы) и Мулинская с прогнозируемым (золото)-серебросодержащим колчеданно-полиметаллическим типом орудене-

ния (VHMS-нойон-тологийский). Степень сходства площадей с прогнозно-поисковой моделью >50% с полным комплексом поисковых критериев и признаков, проявлениями рудной минерализации и повышенной концентрацией полезных компонентов по отдельным подсечениям;

Чупинская с прогнозируемым золото-серебро-колчеданно-свинцово-цинковым типом оруденения (SEDEX-приаргунский). Степень сходства площади с прогнозно-поисковой моделью ~50% с полным комплексом поисковых критериев и признаков, проявлениями рудной минерализации и повышенной концентрацией полезных компонентов по отдельным подсечениям (рис. 11).

Резюмируя вышесказанное, необходимо отметить ведущую роль России по добыче и запасам цветных металлов. На территории РФ основной вклад в добычу вносит Сибирский федеральный округ, в том числе: Красноярский, Забайкальский и Алтайский края. В округе добыто 92,4 свинца и 44,4% цинка (от добычи по России).

Прирост запасов свинца и цинка с попутным золотом и серебром, начиная с 1994 г., не восполняет даже существенно уменьшившиеся. Компенсировать объёмы ежегодной добычи цветных металлов удаётся лишь на 10–40%. Обеспеченность действующих добычных предприятий активными прогнозными ресурсами полиметаллических руд недостаточна.

Для решения проблем по воспроизводству и наращиванию МСБ свинца и цинка необходимо проведение поисковых и прогнозно-минералогических работ для выявления новых и переоценки известных перспективных площадей, что позволит укрепить ресурсную базу месторождений.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Геолого-генетические основы прогноза и поисков колчеданно-полиметаллических месторождений рудноалтайского типа* / В.В.Кузнецов, Н.Г.Кудрявцева, А.Л.Галямов и др. // Отечественная геология. 2014. № 2. С. 30–38.
2. *Кривцов А.И. Методические основы прогнозно-металлогенических построений* // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. 2010. № 1. С. 45–48.
3. *Металлогения Приаргунской структурно-формационной зоны* / В.В.Кузнецов, Н.Н.Богославец, С.Л.Елшина и др. // Отечественная геология. 2018. № 2. С. 32–43.

4. Серавина Т.В., Инякин А.В. Прогнозно-поисковые модели полиметаллических месторождений Сибири // Мат-лы «V Международной конференции молодых

ученых и специалистов памяти академика А.П.Карпинского», 28 февраля – 03 марта 2017 г. Санкт-Петербург, 2017. С. 303–305.

## LEAD AND ZINC MINERAL BASE OF THE TRANS-BAIKAL AREA

D.A.Korchagina

(Central Research Institute of Geological Prospecting for Base and Precious Metals, Moscow)

*It is possible to solve problems of the Russian lead and zinc mineral base replacement and buildup facing the geological industry if socioeconomic development strategy for regions, particularly the Trans-Baikal area, focuses on creating mineral centers (MC). These are mining clusters which will enable mineral potential realization of major non-fuel minerals and the required infrastructure formation. Regionally, MC should be based on infrastructure projects as private/public partnerships which will help to reduce investment risks and make the Russian mineral base more attractive. Studies were performed revealing preconditions for the East Baikal MC creation and long-term development due to new prospects identification. Condition of the Trans-Baikal lead and zinc mineral base is discussed. Data on polymetallic deposit reserve status changes and inferred resources are given. Major mining operations (Noyon-Tologoi, Novo-Shirokinskoye) are briefly characterized as well as their total lead and zinc reserve sufficiency.*

*Keywords: lead, zinc, mineral base, reserves, inferred resources, Trans-Baikal area, polymetallic deposits.*



## АВТОРАМ

1. Статьи направляются на e-mail: rudandmet@tsnigri.ru, rudandmet@yandex.ru. К тексту прилагаются сведения об авторе (авторах) – имя, отчество, фамилия, место работы, должность, учёная степень, учёное звание, телефон, e-mail. В конце статьи ставятся подписи всех авторов.
2. Плата с авторов за публикацию не взимается. Автор, подписывая статью и направляя её в редакцию, тем самым предоставляет редакции право на её опубликование в журнале и размещение в сети «Интернет».
3. Обязательно наличие УДК, аннотации (500–600 знаков) и ключевых слов на русском и английском языках.
4. Максимальный объём статьи – 20 страниц в редакторе MS Word, включая таблицы, графику, список литературы. Таблицы и рисунки помещаются в отдельные файлы (их максимальный размер 23×16 см).
5. Иллюстративные материалы (не более 5–7) представляются в цветном или чёрно-белом варианте в одном из следующих форматов: CDR для векторной графики, JPG, BMP, TIFF для фотографий, диаграмма MS Excel. Подписи прилагаются на отдельной странице после списка литературы.
6. Направление в редакцию работ, опубликованных ранее или же намеченных к публикации в других изданиях, не допускается.





## ОПЫТ И РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОГНОЗА И ПОИСКОВ КОЛЧЕДАННО-ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ 2009–2017 гг.

*Задачи по воспроизводству минерально-сырьевой базы свинца и цинка можно решить путём проведения поисковых работ и прогнозно-минерагенических исследований в целях укрепления сырьевой базы действующих предприятий в старых горнодобывающих регионах. Основа прогнозно-минерагенических построений – прогнозно-поисковые модели и прогнозно-поисковый комплекс (ППК). Последний по содержанию, сочетанию методов и очерёдности постановки рассматривается для двух стадий: прогнозно-минерагенические исследования и поиски месторождений. Составление комплекта карт закономерностей размещения и прогноза полиметаллического оруденения, предусмотренное ППК, включает формирование и анализ ГИС-пакета карт. ГИС-пакет имеет слоевую структуру, в которой каждый тематический слой представляет то или иное свойство рудовмещающей среды. Технология и методические подходы, основанные на прогнозно-поисковых моделях и ППК, были применены ЦНИГРИ совместно с рядом других организаций при выполнении базовых проектов Роснедра в 2009–2017 гг. Эти работы позволили выявить новые объекты и оценить их прогнозные ресурсы в Рудноалтайской, Приаргунской, Салаирской и Ангаро-Большепитской минерагенических зонах (МЗ), а также обосновать подготовку площадей для прогнозно-минерагенических работ в пределах Улугуйской МЗ.*

*Ключевые слова: МСБ, свинец и цинк, прогнозно-поисковые модели, прогнозно-поисковый комплекс, комплект карт, ГИС-пакет.*

Основные запасы свинца и цинка сосредоточены в Сибирском ФО. Источником металлов служат колчеданно-полиметаллические и полиметаллические месторождения. В ближайшее время может произойти значительное исчерпание разведанных запасов свинца и цинка. Задачи по воспроизводству МСБ этих металлов могут быть решены путём определения основных направлений геологоразведочных работ – проведения поисковых работ и прогнозно-минерагенических исследований в целях укрепления сырьевой базы действующих предприятий в старых горнодобывающих регионах. Наиболее перспективны по развитию минерально-сырьевой базы свинца и цинка Рудный Алтай (Рудноалтайская МЗ), Забайкалье (Приаргунская МЗ), Енисейский край (Ангаро-Большепитская МЗ), Салаир (Салаирская МЗ), Тыва (Улугуйская МЗ). Перечисленные регионы характеризуются развитой инфраструктурой. В их пределах предусматривается создание кластеров экономического роста, в том числе за счёт добычи полиметаллических руд, все они имеют высокую приоритетность по возможности выявления прогнозных ресурсов высоких категорий [3, 4, 12].

В названных регионах ЦНИГРИ проводит прогнозно-аналитические и прогнозно-ревизионные исследования на основе ус-

### **Серавина Татьяна Валерьевна**

кандидат геолого-минералогических наук  
заместитель заведующего отделом  
цветных металлов  
tanyaseravina@gmail.com

### **Кузнецов Владимир Вениаминович**

кандидат геолого-минералогических наук  
заведующий отделом цветных металлов  
okt@tsnigri.ru

ФГБУ Центральный  
научно-исследовательский  
геологоразведочный институт  
цветных и благородных металлов,  
г. Москва

вершенствованных прогнозно-поисковых моделей месторождений, комплексного анализа и интерпретации имеющейся геологической, геофизической, геохимической информации для выделения и обоснования площадей прогнозно-минералогических и поисковых работ. Выполненные ЦНИГРИ научно-методические исследования показали, что только комплексный подход к решению прогнозно-поисковых задач, а именно суммирование поисковых вкладов независимых групп критериев, обеспечивает новый, более высокий уровень достоверности прогнозных оценок. Расширение круга «вещественных» индикаторов оруденения с охватом различных уровней организации вещества (породного, минерального, элементного, ионного, изотопного) возможно при комплексном исследовании окорудных метасоматических, минералогических и геохимических ореолов с учётом современных аналитических методов и технологий.

Основное требование к современным прогнозно-металлогеническим построениям (ПМП) – обеспечение воспроизводимости их результатов, поскольку от этого зависит уровень достоверности прогнозных оценок, указывающих на целесообразность постановки ГРП и их очередность [1, 2]. Воспроизводимость ПМП достигается, прежде всего, за счёт использования прямо наблюдаемых геологических факторов, совокупность которых определяет закономерности размещения месторождений в исследуемой геологической среде. Такого рода закономерности, выражаемые комплексом элементов-признаков (характеристик), установлены на достаточно хорошо изученных площадях с обнаруженными месторождениями. Прогнозно-поисковые модели последних описывают эталонные или типовые металлогенические таксоны, которые обладают комплексом выявленных характеристик и признаков, составляющих прямое признаковое пространство [5, 10].

Геофизическими, геохимическими и другими методами выявляется широкий спектр дополнительных характеристик, прогнозно-металлогеническое значение которых может оцениваться через отражение рудоносных обстановок в соответствующих негеологических полях и их структурных элементах.

Прогнозно-поисковая модель месторождений состоит из элементов, вытекающих из обстановок их нахождения. По условиям ведения поисков ме-

сторождения подразделяются на слабо эродированные (выходящие на поверхность), перекрытые (залегающие под чехлом рыхлых отложений на глубине до 100 м) и скрыто-перекрытые (на глубине 100–1000 м).

Основой ПМП, наряду с моделями, служит прогнозно-поисковый комплекс, который по содержанию, сочетанию методов и очередности постановки рассматривается для двух стадий: 1 – прогнозно-минералогические работы (не предусмотренные в настоящее время существующей стадийностью геологоразведочного процесса) и 2 – поиски месторождений.

Стадия 1 подразумевает среднемасштабные прогнозно-поисковые исследования м-ба 1:200 000–1:100 000 с крупномасштабными работами на наиболее перспективных площадях (м-б 1:50 000–1:25 000). Стадия 2 включает поисковые работы м-ба 1:10 000. Каждая стадия геологоразведочного процесса составляет блок взаимосвязанных элементов: стадия–признаки–методы–объекты. Для каждой стадии необходимо создание модели искомого объекта, элементы которой не только характеризуют соответствующее геологическое тело, но и выступают в качестве его признаков. Аналогичный анализ нужен и в отношении опознаваемости теми или иными признаками объектов прогноза и поисков.

Прогнозно-поисковый комплекс учитывает необходимость выделения прогнозно-металлогенических категорий разного ранга: металлогенических зон, рудных районов, потенциальных рудных полей, перспективных участков (месторождений). Общая последовательность работ и оптимальный комплекс методов, применяемый при прогнозе, поисках и оценке разноранговых металлогенических таксонов опубликован в работах ЦНИГРИ [5, 7, 8, 11]. Со времени создания первого ППК прошло почти 30 лет. Появились новые данные по геологии, геохимии и геофизике рудных районов, что позволяет доработать и уточнить ранее разработанный ППК. Это касается, как указывалось выше, среднемасштабных (1:200 000–1:100 000), крупномасштабных (1:50 000–1:25 000) и поисковых работ (1:10 000).

*Прогнозно-минералогические работы масштаба 1:200 000–1:100 000.* Основной объект исследования – рудные районы, для изучения которых должен применяться комплекс методов:

- структурно-формационный анализ;
- палеотектонический анализ;

- геофизические – гравиметрическая и магнитометрическая съёмки, высокочастотная высоко-разрешающая сейсморазведка по профилям (МОГТ-2Д);
- литолого-фациальный анализ;
- дешифрирование космоснимков;
- геохимические исследования, включающие обобщение, переинтерпретацию ретроспективной геохимической информации;
- рудно-формационный и петрографо-геохимический анализы;
- прогнозно-металлогенический анализ.

В итоге среднемасштабных работ должны решаться следующие задачи:

- оконтуривание ареалов развития потенциально рудоносных формаций;
- выделение палеовулканических структур;
- определение формационной принадлежности известных полиметаллических месторождений, околорудных гидротермально изменённых пород и метасоматитов (кварц-серицитовых);
- оконтуривание геохимических ореолов Cu, Pb, Zn и геофизических аномалий гравитационного, магнитного и электрического полей;
- оконтуривание потенциальных рудных районов на схеме металлогенического районирования;
- оценка прогнозных ресурсов меди, свинца, цинка по категории P<sub>3</sub> и P<sub>2</sub>.

Таким образом, выполненные комплексные геолого-геофизические и геохимические исследования м-ба 1:200 000 в пределах рудных районов позволяют определить методы и методику работ, выявить оценочные критерии и признаки рудных районов и с помощью этого составить серию картографических основ.

Главное требование к среднемасштабным прогнозным построениям – обеспечение воспроизводимости их результатов. Для этого А.И.Кривцовым было предложено использовать различные варианты совмещения (наложения) информационных слоёв (карт), характеризующих геологическую среду, её рудоносность и физические характеристики. Такие «тематические слои» включают структурно-формационную, литолого-фациальную и дистанционную основы.

Наиболее информативен комплект карт закономерностей размещения и прогноза полиметаллического оруденения м-ба 1:200 000:

- структурно-формационная основа, совмещённая с картой рудной нагрузки;

- литолого-фациальная основа;
- карты гравитационного поля;
- карты магнитного поля;
- карты аномалий параметра  $F(U-K/Th)$ ;
- дистанционная основа;
- прогнозно-металлогеническая карта с перспективными участками для постановки дальнейших геологоразведочных работ.

*Поисковые работы масштаба 1:10 000.* Конечный результат данных работ – выявление полиметаллических рудопроявлений (потенциальных месторождений) и оценка прогнозных ресурсов меди, свинца, цинка по категории P<sub>2</sub> и P<sub>1</sub> с помощью следующих методов прогноза и поисков:

- детальные литолого-фациальный и палеофациальный анализы;
- детальные (высокоточные) гравиметрическая и магнитометрическая съёмки, комплексная аэрогеофизическая съёмка (магниторазведка, гамма-спектрометрия, электроразведка МПП) и (или) наземные электроразведочные исследования, скважинная геофизика (ЕП, ВП, МПП, КСПК, РВП, МЗТ), электро- и гамма-каротаж;
- детальная литохимическая съёмка по коренным и рыхлым отложениям (наиболее информативным является ионно-сорбционный метод), геохимическое опробование керн скважин;
- бурение поисковых скважин;
- минералого-петрографические исследования вулканогенно-осадочных пород, околорудных метасоматитов и руд;
- прогнозно-металлогенический анализ.

В итоге поисковых работ данной стадии должны решаться следующие задачи:

- оконтуривание и установление рудоносных локальных вулканических впадин;
- выявление и оконтуривание геофизических аномалий магнитного, гравитационного, электрического полей и их геологическая интерпретация;
- выделение и оконтуривание геохимических ореолов Pb, Zn, Cu и сопутствующих им элементов;
- выявление и оконтуривание околорудных гидротермально-осадочных пород и метасоматитов кварц-серицит-хлоритового состава;
- выявление и оконтуривание сульфидной минерализации;
- оценка прогнозных ресурсов категории P<sub>1</sub>.

Для выполнения этих задач с использованием перечисленных выше методов необходимо иметь модели полиметаллических месторождений, оценочные критерии и признаки их поисков. Обобщённая модель таких месторождений приведена в предыдущих работах ЦНИГРИ [5, 7, 8, 10, 11]. Руководствуясь рассмотренными оценочными критериями и признаками, строится модель прогнозируемого полиметаллического месторождения (рудопроявления), для чего составляется комплект карт «слоёв» в м-бе 1:10 000:

- литолого-фациальные карты и разрезы к ним;
- карты литохимических аномалий по коренным и рыхлым отложениям, геохимические разрезы с аномальными содержаниями Pb, Zn, Cu и сопутствующих им элементов;
- гравиметрические, магнитометрические карты, комплект карт, полученных с помощью аэрогеофизических методов, сейсмические профили (МОГТ-2Д), разрезы с результатами скважинной геофизики, электро- и гамма-каротажа;
- карты ореолов гидротермально изменённых пород и зональных окolorудных метасоматитов;
- геолого-поисковые модели прогнозируемых месторождений (рудопроявлений);
- карта поисковых признаков;
- прогнозная карта с выделением перспективных участков по степени их освоения.

Применение изложенных методов исследования позволяет разработать прогнозно-поисковую модель (и её признаки) рудного поля, месторождения (поискового участка) с полиметаллическим оруденением.

Составление комплекта карт закономерностей размещения и прогноза полиметаллического оруденения, предусмотренное ППК, включает формирование ГИС-пакета карт, различающихся степенью отражения как общих закономерностей расположения объектов полиметаллического оруденения в геологической среде, так и локальных особенностей форм проявления оруденения и различных типов и видов контроля его локализации. ГИС-пакет имеет слоевую структуру, в которой каждый тематический слой, представляющий то или иное свойство рудовмещающей среды (геохимические и геофизические поля, дистанционные характеристики), включён в систему совместного пространственного анализа его составных компонентов в целях выявления общности и раз-

личий совокупной геологической обстановки в различных элементах геологической структуры исследуемых рудных полей. В комплект, кроме имеющихся тематических слоёв геологической, геохимической и геофизической нагрузки, входят также слои, более детально характеризующие отдельные геохимические и геофизические свойства рудовмещающих формаций и содержащие информацию о глубинном строении, электрических и магнитных свойствах перспективных участков. Слои с учётом пространственных соотношений их элементов с прямыми признаками рудоносности (рудные месторождения и проявления, рудная минерализация и окolorудные изменения и др.) используются для определения потенциала выявления скрытых промышленных объектов в виде участков, ранжированных по степени перспективности.

Приведённая технология и методические подходы применены ЦНИГРИ при выполнении базовых проектов ГРР Роснедра в 2009–2017 гг.

В пределах **Рудноалтайской МЗ** в 2009–2012 гг. выполнены опережающие геолого-геофизические работы для обоснования переоценки перспектив полиметаллического оруденения Рудного Алтая (Алтайский край), в которых участвовали семь организаций, основными из которых были ЦНИГРИ, СНИИГГиМС и РАЭ. Месторождения Рудноалтайской МЗ связаны с образованием базальтсодержащей риолитовой известково-кремнисто-терригенной формации эмс-раннеживетского возраста или базальт-риолитовой кремнисто-терригенной позднего живета – раннего франа. Анализ обстановок локализации разноранговых объектов показывает, что в металлогенических зонах рудноалтайского типа рудные районы эквивалентны структурно-формационным блокам, представляющим собой крупные вулканотектонические депрессии, выполненные отложениями одной рудоносной формации [3]. В результате этих работ выделены перспективные площади для детализационных поисковых исследований, которые по перспективности были разделены на три группы. Для каждой из площадей оценивались прогнозные ресурсы по категории  $P_3$  и предполагаемая глубина локализации рудных тел. Сейчас заканчивается опоскование перспективных площадей первой очереди и встаёт вопрос о проведении повторных прогнозно-минерагенических исследований в Золотушинском и Рубцовском рудных районах.

В пределах Змеиногорского рудного района выделены Вересухинско-Комиссаровская, Змеиногорско-Берёзовогорская, Новокузнецовская и Холодная перспективные площади.

В 2012–2014 гг. работы проводились по проекту Роснедра «Поиски полиметаллического оруденения рудноалтайского типа на Вересухинско-Комиссаровской площади Змеиногорского рудного района (Алтайский край)». В результате ранее апробированные ресурсы категории  $P_3$  переведены в ресурсы категории  $P_1$  для Каменского и Комиссаровского рудопроявлений и  $P_2$  для Зайцевского.

В 2013–2015 гг. – осуществлены исследования по проекту «Поисковые работы на золото-серебро-полиметаллическое оруденение в пределах Змеиногорско-Берёзовогорской площади в Змеиногорском рудном районе (Алтайский край)». Здесь развита риолитовая известково-кремнисто-терригенная рудоносная формация эмс-раннеживетского цикла вулканизма (эмс-раннеживетский уровень оруденения), с которым связано формирование золото-серебросодержащих свинцово-цинковых месторождений. Были выделены три рудных поля: Змеиногорское, Берёзовогорское, Кандидатское (рис. 1).

В 2015–2017 гг. – по проекту «Поисковые работы на золото-серебросодержащее полиметаллическое оруденение в пределах Новокузнецовской площади в Змеиногорском рудном районе (Алтайский край)» локализованы шесть зон колчеданно-полиметаллической минерализации и оценены прогнозные ресурсы рудной зоны Давыдовского проявления по категории  $P_1$  и  $P_2$ .

В 2017 г. начаты работы по проекту «Поиски полиметаллического оруденения рудноалтайского типа на Краснореченской площади Рубцовского рудного района (Алтайский край)». В 2018 г. планируются исследования по проекту «Поисковые работы на золото-серебросодержащее полиметаллическое оруденение в пределах Холодной площади Змеиногорского рудного района (Алтайский край)».

На Змеиногорско-Берёзовогорской площади выделены Петровский, Восточно-Майский, Центрально-Берёзовогорский, Привет, Головинско-Ганковский поисковые участки. Для них составлены литолого-стратиграфические, литолого-фациальные и геохимические карты, а также разрезы м-ба 1:5000–1:2000. Определён вещественный состав пород, руд, околорудных метасоматитов. Наиболь-

ший интерес представляют Петровский, Восточно-Майский, Центрально-Берёзовогорский участки.

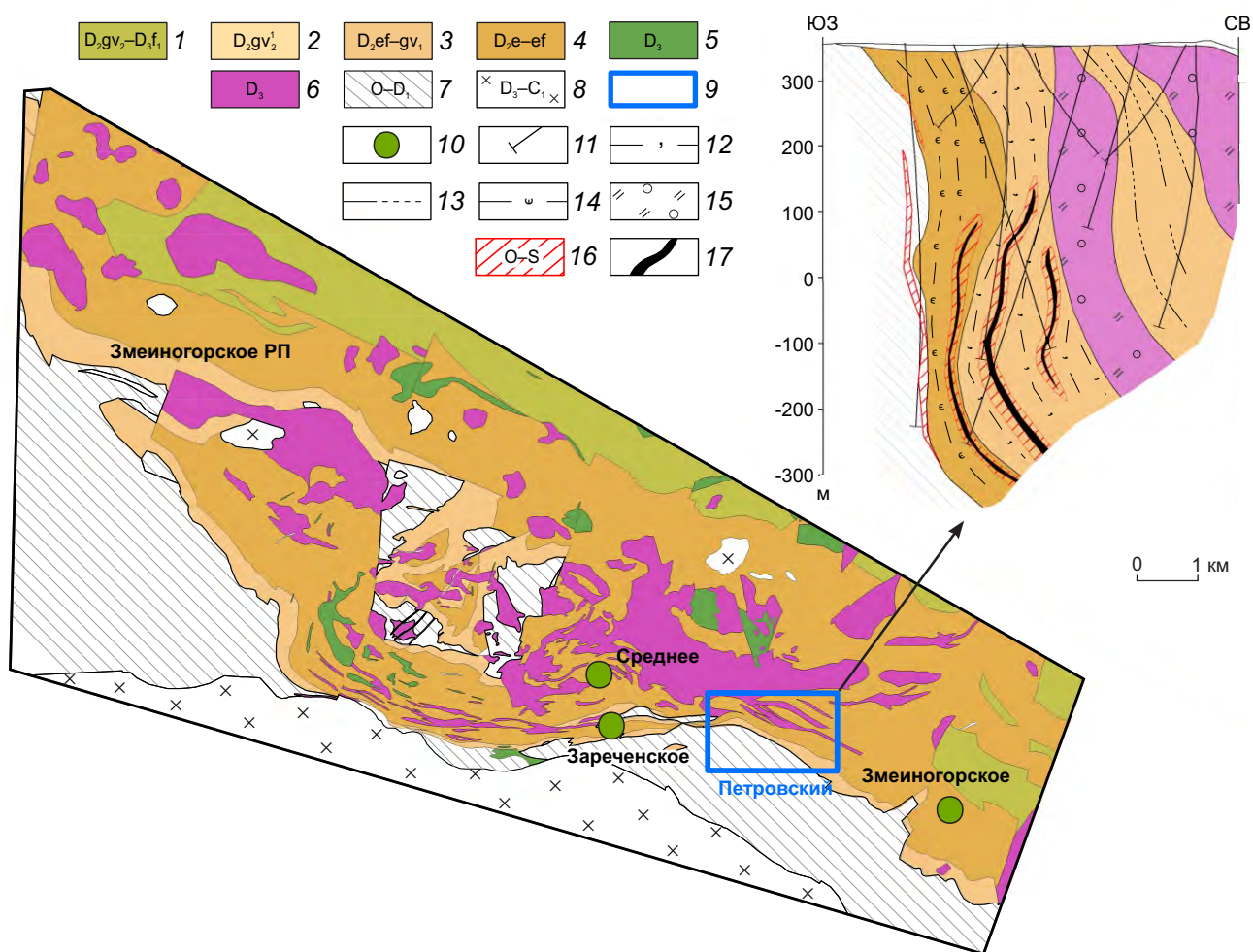
Петровский участок соответствует прогнозно-поисковой модели Зареченского и Среднего месторождений. Две рудные зоны локализованы в пределах пород мельничной и одна – заводской свит. Форма рудных зон пластовая или линзовидная, общая протяжённость до 1500 м по простиранию и до 700 м по падению при мощности от 1 до 27 м. Минерализация представлена вкрапленностью, гнёздами, прожилками сфалерита и галенита с пиритом (см. рис. 1). Участок готов к лицензированию. Прогнозные ресурсы отвечают крупному объекту. Расположение вблизи действующего Зареченского ГОКа повышает его инвестиционную привлекательность.

В пределах **Приаргунской МЗ** проведены работы на Кличкинской и Александрово-Заводской площадях, в результате которых обнаружены месторождения Талман и Кодак.

В 2017 г. начаты исследования по проекту «Поисковые работы на золото-полиметаллическое оруденение в пределах Савва-Борзинского рудного узла (Забайкальский край)». В 2018 г. планируются работы по проекту «Поисковые работы на полиметаллическое золото-серебросодержащее оруденение в пределах Ивановского рудного поля (Забайкальский край)».

В 2015–2017 г. в рамках проекта «Поисковые работы с оценкой перспектив золото-полиметаллического оруденения основных рудных районов и узлов Приаргунской структурно-формационной зоны (Забайкальский край)» ЦНИГРИ совместно с «Читагеологоразведка» проведено металлогеническое районирование с выделением рудных районов и узлов и ранжированием их по степени перспективности. В результате оконтурены 19 рудных узлов, семь из которых отнесены к первоочередным. Работы позволили локализовать перспективные площади в ранге рудных полей для постановки поисковых работ, апробировать прогнозные ресурсы категории  $P_2$ .

В Приаргунской МЗ рудоносными (рудовмещающими) являются средне-верхнеюрские терригенно-вулканогенные отложения и венд-кембрийские карбонатно-терригенные, перспективные на колчеданно-полиметаллические месторождения в осадочно-вулканогенных породах (нойон-Тологойский тип) и свинцово-цинково-колчеданные в терригенно-карбонатных породах (приаргунский тип)



**Рис. 1. СТРУКТУРНО-ФОРМАЦИОННАЯ СХЕМА ЗМЕИНОГОРСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ И РАЗРЕЗ ПЕТРОВСКОГО РУДОПРОВАЛЕНИЯ:**

*геологические формации:* 1 – рудовмещающая базальт-риолитовая кремнисто-терригенная, 2–4 – рудовмещающая базальтсодержащая риолитовая известково-кремнисто-терригенная (2 – верхняя, 3 – средняя, 4 – нижняя субформации), 5 – габбро-диабазовая, 6 – риолит-дацитовая (субвулканическая), 7 – подрудная известково-терригенная метаморфизованная, 8 – габбро-диорит-плагиогранит-гранитовая интрузивная; 9 – контур Петровского участка; 10 – свинцово-цинковые колчедансодержащие месторождения; 11 – скважины; 12 – алевролиты кремнистые; 13 – чередование алевролитов, аргиллитов, песчаников; 14 – чередование туфов кислого состава, туфопесчаников, туфоалевролитов, туфогравелитов, туфоконгломератов; 15 – туфы риодацитового состава грубообломочные; 16 – зоны минерализации; 17 – рудные тела

соответственно [6]. Для детализации в пределах рудных районов и узлов на основе анализа эталонных моделей и комплекта карт в ГИС-пространстве выделены перспективные площади в ранге рудных полей.

На территории перспективных рудных полей «Читагеологоразведка» и ЦНИГРИ выполнен комплекс детальных (геофизических, геохимических, горно-буровых) работ, дана оценка их перспективности, выявлены минерализованные полиметал-

лические зоны с оруденением. В частности, на Ивановском рудном поле скважинами в брекчированных окварцованных, сульфидизированных, лимонитизированных сланцах, известняках вскрыта полиметаллическая минерализованная зона мощностью ~100 м с неравномерно развитой пиритсфалеритовой, реже галенитовой прожилково-вкрапленной рудой. Выделены рудные тела с содержанием условного цинка от 2,48 до 15,5%. Мощности рудных тел составляют 1,0–27,0 м.

Наибольший интерес для прогнозно-минерогенических исследований в Приаргунской МЗ представляют Кличкинский и Калгуканский рудные районы, а также Кадаинский рудный узел.

В 2015–2017 гг. СНИИГГиМС вместе с ЦНИГРИ в рамках проекта «Поисковые работы с оценкой перспектив колчеданно-полиметаллического с золотом оруденения основных рудных районов и узлов **Салаирской металлогенической зоны**» по представленной выше методике выделены перспективные площади в ранге рудных полей (Огнево-Заимковская, Вершинно-Каменушинская, Ускандинская и др.), для которых оценены прогнозные ресурсы категорий  $P_2$  и  $P_3$ . Колчеданно-полиметаллическое оруденение в указанных рудных районах и узлах установлено на двух основных стратиграфических уровнях в нижнекембрийских печеркинских вулканогенно-осадочных отложениях (снизу вверх): в нижней последовательно дифференцированной базальт-андезит-дацит-риолитовой формации и в контрастной базальт-риолитовой формации [9].

Анализ распространения жерловых, околожерловых, промежуточных и удалённых фаций вулканогенно-осадочных пород в Огнево-Романовском рудном районе показывает, что в пределах крупной вулкано-тектонической депрессии выделяются две более мелкие вулканические постройки (западная – Романовская и восточная – Огневская), определяющие положение прогнозируемых рудных полей, к которым приурочен верхний уровень колчеданно-полиметаллического оруденения.

Наиболее перспективна Огнево-Заимковская площадь (рудное поле), приуроченная к вулканической впадине, сложенной нижнекембрийскими вулканогенно-карбонатно-терригенными образованиями. Всего на участке выделяются две рудные зоны с золото-серебросодержащим колчеданно-полиметаллическим типом оруденения. Руды состоят из сфалерита, галенита, халькопирита, пирита. Мощность зон 16 и 9 м, содержание условного цинка в рудах 6,03 и 6,81% соответственно, серебра 81–147, золота до 0,3 г/т.

Первоочередные прогнозно-минерогенические работы в Салаирской МЗ необходимо провести на территории Ускандинско-Сухарноложского и Романовского рудных узлов.

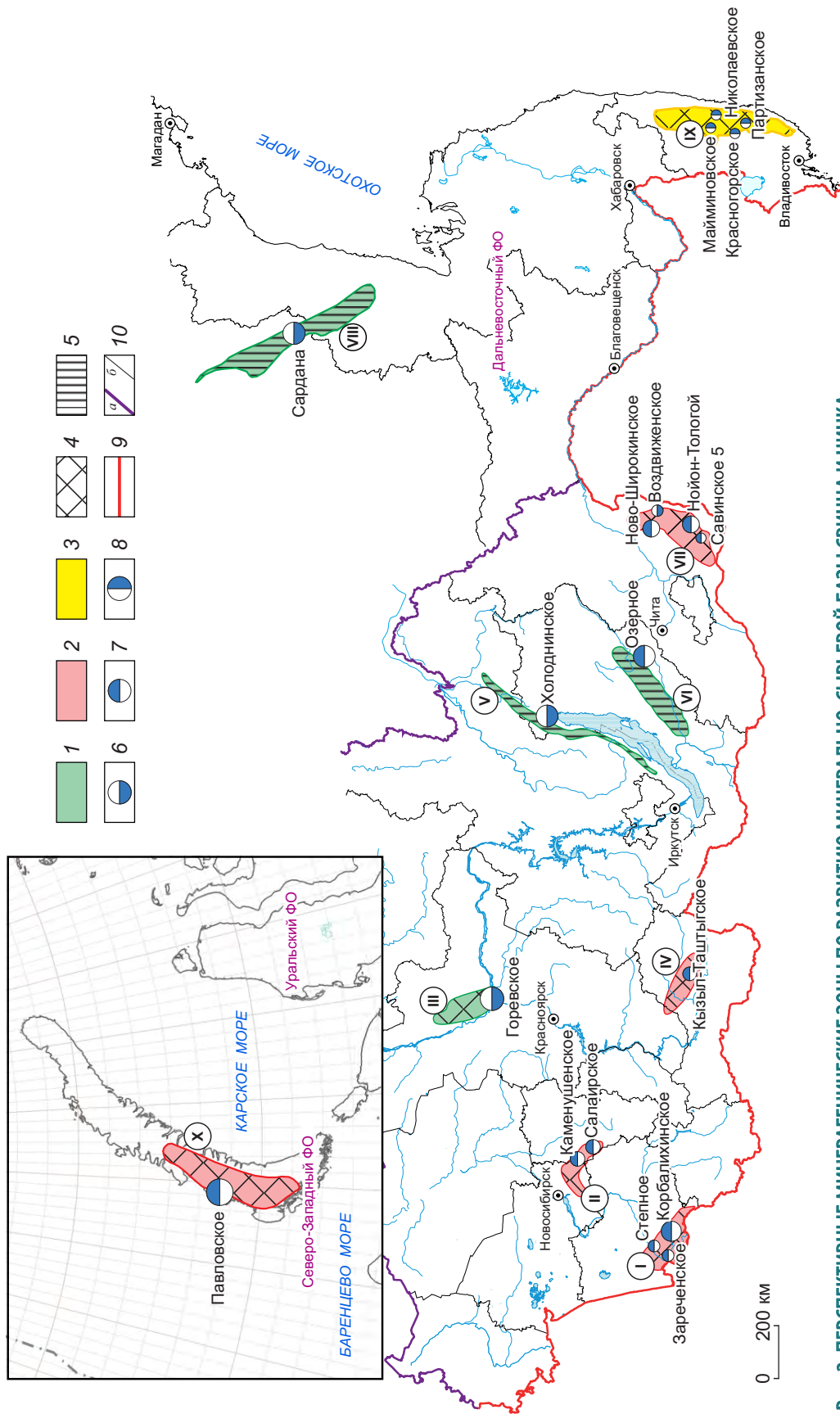
В 2017 г. ЦНИГРИ совместно с АО «Сибирское ПГО» начаты работы по проекту «Поисковые ра-

боты на свинцово-цинковое оруденение в пределах Морянихинской площади в Ангарском рудном районе (Красноярский край)». Они охватывают значительную часть **Морянихинского рудного узла** и также могут считаться аналогом прогнозно-минерогенических исследований. Рудный узел характеризуется развитием отложений нижнего сухопитского и верхнего тунгусикского комплексов. Рудоносными являются вулканогенно-карбонатно-углеродисто-терригенная и углеродисто-кремнисто-карбонатная формации ( $R_3$ ) низов тунгусикского комплекса, специализированные соответственно на цинково-свинцовое, стратиформное свинцово-цинковое и колчеданно-полиметаллическое оруденение. Рудоносные формации образовались в зоне шельфа. Вулканогенно-карбонатно-углеродисто-терригенные отложения накапливались на склонах и в привершинных частях палеоподнятий, сложенных формациями сухопитского комплекса. Синхронно с ними в сопряжённых палеопрогибах происходило накопление углеродисто-кремнисто-карбонатной формации, т.е. две рудоносные формации находятся по отношению друг к другу в латеральном ряду. Основные рудоконтролирующие структуры – палеопрогибы и биогермные постройки на склонах палеоподнятий, которые в совокупности с рудоносными субформациями, выполняющими их, определяют площади рудных полей.

В настоящее время на Сухопитском участке пробурены поисково-картировочные скважины. В одной из скважин выявлены шесть рудных тел, имеющих промышленный интерес. Скважинная мощность рудных тел 3–37 м, суммарная мощность по скважине 135,4 м. Среднее содержание Pb в рудах варьирует от 0,01 до 3,0%, Zn – от 3,5 до 7,8%. Повсеместно в рудах повышено содержание серебра (среднее от 1,0 до 40 г/т, максимальное 155 г/т). Рудные тела сложены массивными и полосчатыми галенит-сфалеритовыми рудами (сфалерит преобладает) с неравномерной гнездовой вкрапленностью галенита и гнездово-прожилковым распределением пирита.

Дальнейшие прогнозно-минерогенические работы необходимо проводить в пределах Ангарского (за исключением Морянихинского рудного узла) и Большепитского рудных районов.

В настоящее время в ЦНИГРИ выделяются и обосновываются площади для прогнозно-минерогенических работ в пределах **Улугойской МЗ**. Рудовмещающие нижнекембрийские (рифейские)



**Рис. 2. ПЕРСПЕКТИВНЫЕ МИНЕРАГЕНИЧЕСКИЕ ЗОНЫ ПО РАЗВИТИЮ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ СВИНЦА И ЦИНКА:**

приоритет по возможности выявления прогнозных ресурсов высокой категории: 1 – очень высокий, 2 – высокий, 3 – средний; очередность постановки прогнозно-минерагенических исследований: 4 – 1-я очередь (минерагенические зоны, в которых есть действующие ГОКи с низкой обеспеченностью активными запасами и недостаточным количеством прогнозных ресурсов высоких категорий), 5 – 2-я очередь (минерагенические зоны, в которых планируется введение в строй ГОКов, с высокой обеспеченностью активными запасами и низкой обеспеченностью запасов ресурсами высоких категорий); типы месторождений: 6 – (медно)-свинцово-цинковый колчеданный в терригенно-вулканогенных породах, 7 – медно-свинцово-цинковый колчеданный и свинцово-цинковый колчеданный в осадочно-вулканогенных породах, 8 – жильный и скарново-жильный; 9 – граница Российской Федерации; 10 – границы федеральных округов (б), субъектов (б) РФ; минерагенические зоны: I – Рудноалтайская, II – Салаирская, III – Ангаро-Большепитская, IV – Улугуйская, V – Олоkitская, VI – Еравнинская, VII – Приаргунская, VIII – Кыллахская, IX – Кемско-Таухинская, X – Центрально-Новоземельская



вулканогенные породы зоны относятся к контрастной базальт-риолитовой формации. В местах сочленения синвулканических долгоживущих разрывных структур находятся участки повышенной проницаемости для магматических расплавов и гидротермальных растворов. Здесь в раннем кембрии сформировались вулканические постройки, представленные телами риодацитов жерловой фации. Колчеданно-полиметаллические месторождения локализованы в вулканических впадинах, расположенных на склоне или в надкупольной части вулканических аппаратов. На основании предварительного анализа на территории МЗ выделены три рудных района, в которых следует провести прогнозно-минерагенические исследования: Кызыл-Таштыгский, Кызыл-Ташский и Оттугайгинский (прогнозируемый).

В заключение отметим, что только стадийный характер геологоразведочного процесса, использование современных технологий и методов поисков, а также наличие высококвалифицированных исполнителей (совместная работа ведущих геологоразведочных и научно-исследовательских организаций, обладающих необходимым кадровым

составом) позволят в ближайшие годы повысить эффективность поисковых и прогнозно-минерагенических работ. Помимо описанных выше минерагенических зон, интерес для развития МСБ свинца и цинка и прогнозно-минерагенических исследований представляют следующие зоны (рис. 2):

**Олокитская МЗ** имеет очень высокую перспективность, относится к 2-й очереди, поскольку здесь находится крупное Холоднинское месторождение;

**Еравнинская и Кыллахская МЗ** имеют очень высокую перспективность, относятся к 2-й очереди, в их пределах расположены и ещё не введены в эксплуатацию крупные месторождения Озёрное и Сардана соответственно;

**Кемско-Таухинская МЗ** имеет среднюю перспективность, относится к 1-й очереди, на её территории отработаны и эксплуатируются практически все полиметаллические месторождения;

**Центрально-Новоземельская МЗ** имеет высокую перспективность, относится к 1-й очереди, так как введение в эксплуатацию Павловского месторождения не обеспечит рентабельную работу ГОКа.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Кривцов А.И.* Прикладная металлогения. – М.: Недра, 1989.
2. *Кривцов А.И., Беневольский Б.И., Михайлов Б.К.* Ресурсы, запасы, стадийность геологоразведочных работ на твердые полезные ископаемые // Отечественная геология. 2003. № 2. С. 16–23.
3. *Кузнецов В.В., Кудрявцева Н.Г., Серавина Т.В.* Металлогения и обстановки локализации колчеданно-полиметаллических месторождений в российской части Рудного Алтая // Мат-лы I Научно-практической конференции «Геология, геофизика и минеральное сырье Сибири». Новосибирск, 2014. С. 83–87.
4. *Кузнецов В.В., Серавина Т.В., Корчагина Д.А.* Минерально-сырьевая база и обстановки локализации полиметаллических месторождений Сибири // Руды и металлы. 2017. № 1. С. 19–32.
5. *Месторождения колчеданного семейства.* Сер. Модели месторождений благородных и цветных металлов / А.И.Кривцов, О.В.Минина, А.Г.Волчков и др. – М.: ЦНИГРИ, 2002.
6. *Металлогения Приаргунской структурно-формационной зоны* / В.В.Кузнецов, А.И.Брель, Н.Н.Богославец и др. // Отечественная геология. 2018. № 2. С. 32-43.
7. *Методика прогноза и поисков месторождений цветных металлов* / Под ред. А.И.Кривцова. – М.: ЦНИГРИ, 2002.
8. *Методическое руководство по оценке прогнозных ресурсов алмазов, благородных и цветных металлов.* Вып. «Свинец и цинк» / Под ред. Г.В.Ручкина. – М.: ЦНИГРИ, 2002.
9. *Особенности и условия накопления вулканогенно-осадочных отложений нижнего кембрия (Салаирский кряж)* / Т.В.Серавина, А.В.Инякин, В.В.Кузнецов и др. // Отечественная геология. 2017. № 2. С. 22–30.
10. *Параметрические геолого-поисковые модели колчеданно-полиметаллических месторождений.* Атлас / Г.В.Ручкин, И.П.Пугачева, В.Д.Конкин и др. – М.: ЦНИГРИ, 1993.
11. *Прогнозно-поисковые комплексы.* Вып. IV. Комплексование работ по прогнозу и поискам месторождений свинца и цинка в вулканогенных формациях / Под ред. Е.И.Филатова. – М.: ЦНИГРИ, 1983.
12. *Серавина Т.В.* Положение колчеданно-полиметаллических месторождений Сибири в вулканогенном разрезе (на примере Рудноалтайской, Салаирской, Кызылташтыгской и Приаргунской минерагенических зон) // Мат-лы научной школы «Металлогения древних и современных океанов–2018. Вулканизм и рудообразование». Миасс, 2018. С. 104–108.

## EXPERIENCE AND RESULTS OF FORECASTING AND PROSPECTING FOR PYRITE-POLYMETALLIC DEPOSITS (2009–2017)

T.V.Seravina, V.V.Kuznetsov

(Central Research Institute of Geological Prospecting for Base and Precious Metals, Moscow)

*The tasks for the reproduction of lead and zinc mineral base (MB) can be solved by performing prospecting and forecasting-mineragenic research in order to strengthen the raw material base of operating enterprises in the old mining regions. Forecasting-mineragenic concepts are based on forecasting-prospecting models and forecasting-prospecting complex (FPC). In terms of its content, combination of methods and the order of its setting, the forecasting-prospecting complex is considered for two stages: I – forecasting-mineragenic studies and II – prospecting for deposits. Compilation of a set of maps showing polymetallic mineralization distribution and forecast patterns, as provided by the FPC, includes the formation and analysis of a GIS maps package. The GIS package has a layer structure in which each thematic layer represents one or another property of the ore-hosting environment. Technology and methodological approaches based on forecasting-prospecting models and FPC were applied by TsNIGRI together with a number of other organizations in the implementation of basic Rosnedra projects in 2009–2017. These works made it possible to identify new deposits and estimate their inferred resources in Rudnoaltaiskaya, Priargunskaya, Salairskaya and Angara-Bolshepitskaya mineragenic zones (MZ), and justify preparation of areas for forecasting-mineragenic works within the Ulugovskaya MZ.*

*Keywords: MB, lead and zinc, forecasting-prospecting models, forecasting-prospecting complex (FPC), a set of maps, GIS package.*

## ПОДПИСЧИКАМ

### ПОДПИСКА В ПОЧТОВЫХ ОТДЕЛЕНИЯХ

по каталогу «Газеты. Журналы» Агентства «Роспечать»  
(индекс 47218)

### ПОДПИСКА НА ЭЛЕКТРОННУЮ ВЕРСИЮ ЖУРНАЛА

на сайте Научной Электронной Библиотеки [elibrary.ru](http://elibrary.ru)

Вышедшие номера журнала можно приобрести в редакции:

Адрес: 117545, г. Москва, Варшавское шоссе, 129, корп. 1

Контактный телефон: 8 (495) 315-28-47. Факс: 315-43-47

E-mail: [rudandmet@tsnigri.ru](mailto:rudandmet@tsnigri.ru), [rudandmet@yandex.ru](mailto:rudandmet@yandex.ru)

Периодичность – 4 номера в год. Цена подписки на год 1200 рублей



## МИНЕРАГЕНИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ТЕРМОДЕГИДРАТАЦИОННЫХ БАСЕЙНОВ ЮГО-ВОСТОКА РУССКОЙ ПЛАТФОРМЫ

*Основа выделения бассейнов термодегидратационных вод – развитие в разрезе осадочного чехла относительно мощных существенно глинистых (монтмориллонитового ряда) толщ, погружённых на глубины с температурами катагенеза  $>80-120^{\circ}\text{C}$ . В процессе перехода монтмориллонита в гидрослюды образуются большие объёмы химически агрессивных нагретых вод, способных извлекать металлы из вмещающих пород и в дальнейшем выполнять роль минерало- и рудообразующих гидротерм. В юго-восточной части Русской платформы установлены девять бассейнов потенциально металлоносных термодегидратационных вод. В их пределах возраст водоматеринских толщ изменяется от рифея до ранней перми. Время водоотделения относится к верхнему палеозою, мезозою и кайнозою. Отмечена тесная пространственная связь термодегидратационных бассейнов с месторождениями и проявлениями свинца, цинка, золота, магнетита, сидерита, барита, бурых железняков, флюорита, серы.*

*Ключевые слова: бассейны термодегидратационных вод, Русская платформа, месторождения свинца, цинка, золота.*

В процессе гидрогенного рудообразования важная роль отводится воздействию на породы термодегидратационных вод, отнесённых по классификации Я.М.Кислякова и В.Н.Щёточкина [5] к классу эксфильтрационных вод. Термодегидратационные воды (ТД воды) формируются в пределах осадочных бассейнов (ТД бассейны), характеризующихся [8] наличием в разрезе относительно мощных (сотни и тысячи метров) глинистых толщ; существенно монтмориллонитовым составом глин, содержащих большие объёмы межслоевой кристаллизационной воды и способных отдавать её при изменении *PT*-условий; погружением глинистых толщ на значительные ( $>2,5$  км) глубины с повышенными температурами ( $>100^{\circ}\text{C}$ ), определяющими переход монтмориллонита (и смешанослойных минералов типа слюда-монтмориллонит) в гидрослюду с выделением больших масс кристаллизационных вод (10–15% объёма осадочной толщи); наличием поровых и трещинных коллекторов, отводящих новообразованные воды к поверхности и на периферию осадочных бассейнов.

Термодегидратационные воды отличаются повышенной химической агрессивностью и способностью выщелачивать из пород цветные, благородные и другие металлы. Металлоносность вод может быть связана и со смешением их с рассолами, ранее обогащёнными металлами. В зоне генерации ТД вод возникают аномально высокие пластовые давления, приводящие к микроскладчатости, мелкофокусным землетрясениям, а также дополнительно энергетически обеспечивающие перемещение ТД вод на верхние уровни и на периферию материнских бассейнов.

### Чекваидзе Виктор Борисович

доктор геолого-минералогических наук  
ведущий научный сотрудник  
chekvaidze@rambler.ru

### Исакович Ирина Зигмундовна

кандидат геолого-минералогических наук  
старший научный сотрудник

ФГБУ Центральный  
научно-исследовательский  
геологоразведочный институт  
цветных и благородных металлов,  
г. Москва

По данным Б.А.Лебедева [8], существует ряд факторов, повышающих или уменьшающих температуру гидрослюдизации монтмориллонита и соответственно усиливающих или понижающих интенсивность выделения ТД вод. К первым относятся: малая скорость прогибания осадочных бассейнов; динамические проявления и складчатость; чередование в разрезе глинистых и песчаных пород (способствующих оттоку вод); повышенная калиевость водоматеринских толщ (например, за счёт обилия биотита), что облегчает процесс гидрослюдизации и замещения гидроксильных групп ионами калия и др. К факторам, снижающим интенсивность катагенеза и требующим более высоких температур при гидрослюдизации монтмориллонита, относятся: высокие скорости осадконакопления; наличие соляных толщ (экранирующих отток вод и уменьшающих нагрузку вышележащих пород за счёт малой плотности солей); существенно глинистый состав водоматеринских толщ (затрудняющий отток вод) и др. В итоге, по данным Б.А.Лебедева, диапазон температур, при которых начинается гидрослюдизация, расширяется от 40–60 до 120–160°C. Следовательно, не может быть единой универсальной шкалы катагенеза с фиксированными глубинами и соответствующими им температурами. И те и другие зависят от конкретной геологической обстановки в том или ином осадочном бассейне. Из диаграмм Б.А.Лебедева следует, что наиболее обычные температуры гидрослюдизации составляют 80–100°C.

Обращаясь к конкретным бассейнам ТД вод в юго-восточной части Русской платформы, необходимо отметить, что основа их выделения – наличие в разрезе осадочного чехла терригенных толщ мощностью не менее нескольких сотен метров при существенном содержании глинистых пород монтмориллонитового ряда, достигших на уровне мезокатагенеза температур не менее 80°C (таблица). Литологическая характеристика разрезов в пределах бассейнов заимствована из материалов государственной геологической съёмки м-ба 1:200 000, а также многочисленных тематических исследований литолого-стратиграфического направления [1–3, 9].

Палеогеотермические характеристики водоматеринских толщ почерпнуты из работ Е.С.Ларской [4, 6, 7], разработавшей новый метод определения палеотемператур. Последний основан на измерении плотностей палеотепловых потоков,

их изменения во времени, а также теплопроводности как самих водо- и нефтепродуцирующих толщ, так и перекрывающих их отложений.

На основе вышеприведённых данных (с учётом ряда экстраполяций) в юго-восточной части платформы авторами выделены девять бассейнов термодегидратационных вод (см. таблицу), которые по интенсивности потенциальной водоотдачи можно разделить на три группы. Первую группу, наиболее водообильную, представляют Башкирский, Доно-Медведицкий и Прикаспийский бассейны, характеризующиеся максимальными (>1,5 км) мощностями водогенерирующих толщ, существенно монтмориллонитовым составом глин и относительно высокими температурами в периоды максимального катагенеза. Подчеркнём, что в пределах Прикаспийского бассейна проблематичен объём водогенерации на уровне нижней терригенной толщи ( $D_{2-3}$ ) в связи с дискуссионностью вопроса о её составе и мощности в центральных частях бассейна [10]. Во-вторую группу бассейнов входят Верхнекамский, Кировско-Казанский и Нижневолжский. Они отличаются умеренными мощностями водогенерирующих толщ (~1 км), смешанным монтмориллонит-каолиновым (иногда с гидрослюдой) составом глин при несколько пониженных температурах катагенетических преобразований. Третья, наименее водообильная группа, по названным характеристикам включает Шапово-Шиханский, Бузулукский и Камско-Кинельский прогибы.

Рассматривая время водогенерации, следует констатировать, что только в пределах Башкирского бассейна возраст материнских толщ и время водоотделения совпадают, что связано с большими мощностями рифейских осадков, вполне достаточными для создания на глубине условий высоких степеней катагенеза, а также с близостью теплоносителя – кристаллического фундамента. Тепловая история прочих бассейнов свидетельствует о значительном временном отрыве новообразованных ТД вод от их материнских толщ. В большинстве случаев водоотделение происходило в мезозое и кайнозое, хотя исходные толщи накапливались в интервале от венда до позднего палеозоя включительно. Это обстоятельство указывает на возможность реализации метасоматического рудообразования по всему разрезу чехла при одновременном участии металлоносных вод в гидротермально-осадочных и осадочных про-

## НЕКОТОРЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕРМОДЕГИДРАТАЦИОННЫХ БАССЕЙНОВ ЮГО-ВОСТОКА РУССКОЙ ПЛАТФОРМЫ

Номера ТД бассейнов	Названия ТД бассейнов	Возраст водоматеринских толщ	Литологический состав водоматеринских толщ	Мощность водоматеринских толщ, м	Содержание глин, %	Минеральный состав глин	Максимальная температура эпигенеза, °С	Время водоотделения
I	Башкирский	R <sub>1-2</sub>	Глинисто-сланцевые	2000–3000	80	Монтмориллонит	>120	R
II	Верхнекамский	V <sub>2</sub>	Алевролиты, глины, аргиллиты	700–900	50	Монтмориллонит, вверху гидрослюда, каолинит	115	T
III	Шкапово-Шиханский	V <sub>2</sub>	Аргиллиты, алевролиты, менее песчаники	~400	40	Монтмориллонит, вверху гидрослюда, хлорит, каолинит	110	T–J
IV	Доно-Медведицкий	D <sub>2-3</sub>	Глины, алевролиты, песчаники	1500–2000	50	Монтмориллонит Каолинит	150 130	N T–J
V	Бузулукский	D <sub>2-3</sub>	Глины, алевролиты, песчаники, известняки	~400	50	Монтмориллонит, каолинит	100	P <sub>2</sub>
VI	Кирово-Казанский	D <sub>2-3</sub>	Глины, аргиллиты, песчаники	~850	50	Монтмориллонит, каолинит	>120	MZ
VII	Камско-Кинельский	C <sub>1</sub>	Глины, аргиллиты, песчаники	~600	70	Монтмориллонит, каолинит, гидрослюда	80–90	MZ
VIII	Нижне-волжский	C <sub>2</sub>	Глины, алевролиты, известняки	~950	50	Монтмориллонит, вверху каолинит	80	N
IX	Прикаспийский	C–P <sub>1</sub> (D <sub>2-3</sub> )	Глины, алевролиты, песчаники, известняки	>2000	50	Монтмориллонит	80–100	P <sub>1</sub>

цессах на дне мезозойских, а в ряде случаев и кайнозойских морских бассейнов. Следует отметить, что в истории ТД бассейнов максимумы водоотдачи могут повторяться.

Отвод новообразованных вод осуществляется поровыми и трещинными коллекторами по элизионному [12] или компрессионному [8] механизму. Фильтрация вод по пористым коллекторам характеризуется низкими скоростями течения [8], хотя именно вследствие этого обстоятельства может наиболее полно реализовываться механизм выщелачивания металлов из вмещающих пород. Рассматривая варианты перемещения вод, многие исследователи [11] отдают предпочтение трещинным и разломным коллекторам. Вероятно, в природе имеет место комбинация и тех и других

проводников вод, образующих сложные каркасные системы, сочетающие коллекторы различного типа и возраста.

Среди многообразных факторов отложения рудного вещества из минерализованных вод в условиях юго-восточной части Русской платформы доминирующими могут быть геохимические барьеры, которые формируются при перемешивании минерализованных дегидратационных вод с нефтяными. Осаждение руд происходит на углеродистых (породных), битумных, сульфидных и иных барьерах восстановительного типа, а также барьерах, возникающих при смешении вод и рассолов с разными pH-Eh характеристиками.

Описанные бассейны ТД вод обнаруживают пространственные (а иногда геохимические) свя-

зи с теми или иными проявлениями рудной минерализации. Так, в рифейском бассейне Башкирского выступа (I), по мнению некоторых исследователей [3], с деятельностью катагенных вод произошло формирование месторождений и рудопроявлений золота, свинца и цинка, магнетита, сидерита, бурых железняков и барита. В этом регионе прослеживается чёткая зависимость степени катагенеза пород и интенсивности оруденения в обрамлении водогенерирующих бассейнов.

Бассейны вендского возраста (II, III) обрамлены проявлениями флюорита и серы вдоль их восточной периферии. Девонские и каменноугольные бассейны (IV–VIII) заметно различаются ассоциативной специализацией. Так, Бузулукский бассейн (V) пространственно соответствует цинково-свинцовым геохимическим аномалиям и полям полиметаллической минерализации в девонско-пермских толщах Алметьевского блока района Языково (Западная Башкирия) и непосредственно внутри контура водоматеринского бассейна в пермских отложениях его разреза. Здесь же весьма характерна многократная повторяемость в разрезе зон перехода известняков в доломиты, а также многократность проявления сульфидных и сидерит-сульфидных скоплений в разновозрастных терригенных толщах. Все эти геохимические и минеральные проявления, с одной стороны, свидетельствуют об активном и длительном воздействии на породы и на процессы осадконакопления термальных минерализованных вод, а с другой, – указывают на возможность обнаружения в районе Алметьевск – Языково стратиформных свинцово-цинковых месторождений в карбонатных породах позднего девона–карбона.

В обрамлении Кировско-Казанского бассейна (VI) весьма типичны золотоносные (с платиноидами) геохимические аномалии, выделенные специалистами опытно-методической экспедиции г. Александров (И.М.Милеева, 2000 г.) в составе меденосных осадков казанского и татарского ярусов  $P_2$ . При этом в ряде случаев устанавливаются наложение самородного золота на меденосные сульфиды (Д.Г.Ажгирей и др., 1996 г.) и приуроченность аномалий к хорошо проницаемым песчаным фациям соответствующих формаций. Можно полагать, что геохимическими барьерами для осаждения золота и платиноидов служили сульфиды меденосных толщ. В целом, северная часть меденосной Вятско-Камской зоны, характеризую-

щаяся в обрамлении ТД бассейна явно повышенной золотоносностью, может считаться благоприятной на обнаружение промышленных золотых руд в контуре медных проявлений (и за его пределами, если в качестве осадителя золота признать и высокоуглеродистые осадки в пермском разрезе пород). На южной периферии Кировско-Казанского бассейна развиты также поля стронциеносных карбонатных пород пермского возраста, иногда повышенно золотоносных (А.П.Ясырев и др., 1975 г.).

Связи остальных бассейнов ТД вод с теми или иными типами оруденения остаются проблематичными из-за недостатка минералого-геохимических данных по разрезу слагающих их толщ и ближайшим обрамлениям.

Проведённое исследование позволяет сделать следующие выводы.

Выделение бассейнов ТД вод основано на развитии в разрезе осадочного чехла относительно мощных существенно глинистых (монтмориллонитового ряда) толщ, погружённых на глубины с температурами катагенеза  $>80-120^{\circ}\text{C}$ . При переходе монтмориллонита в гидрослюды выделяются большие объёмы химически агрессивных нагретых вод, способных извлекать металлы из вмещающих пород и в дальнейшем выполнять роль минерало- и рудообразующих гидротерм.

В юго-восточной части Русской платформы выделены девять бассейнов потенциально металлоносных ТД вод. В их пределах возраст водоматеринских толщ изменяется от рифея до ранней перми. Время водоотделения заметно сдвинуто в сторону омоложения и за немногим исключением относится к верхнему палеозою, мезозою и кайнозою. Соответственно ТД воды могут участвовать как в процессах метасоматического минерало- и рудообразования, практически по всему разрезу чехла, так и в гидротермально-осадочных процессах (при выходе минерализованных термальных вод на дно морских бассейнов).

Обнаруживается тесная пространственная (а иногда и более тесная, возможно, генетическая – Башкирский выступ) связь ТД бассейнов с месторождениями и проявлениями свинца, цинка, золота, магнетита, сидерита, барита, бурых железняков, флюорита, серы. Намечены два района, перспективных на обнаружение промышленного оруденения: северная часть меденосной Вятско-Камской зоны (на золото и платиноиды в контуре

медных проявлений) и район Алметьевск – Языково (Восточный Татарстан – Западный Башкортостан) на стратиформное свинцово-цинковое оруденение в карбонатных породах позднего девона и карбона.

Ограниченность имеющихся материалов по минерации ряда ТД бассейнов требует постановки дополнительных специализированных исследований.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алиев М.М., Батанова Г.П., Хачатрян Р.О. Девонские отложения Волго-Уральской нефтегазоносной провинции. – М.: Недра, 1978.
2. Алиев М.М., Яриков Г.М., Хачатрян Р.О. Каменноугольные отложения Волго-Уральской нефтегазоносной провинции. – М.: Недра, 1975.
3. Анфимов Л.В. Литогенез в рифейских осадочных толщах Башкирского мегаантиклинория (Южный Урал). – Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 1997.
4. Геохимические особенности нефтегазоносности Прикаспийской впадины / Под ред. К.В.Фомкина // Тр. ВНИГНИ. 1985. Вып. 251.
5. Кисляков Я.М., Щеточкин В.Н. Гидрогенное рудообразование. – М.: ЗАО «Геоинформмарк», 2000.
6. Ларская Е.С., Калинин М.К. К методике выделения нефтегазоматеринских толщ // Тр. ВНИГНИ. 1976. Вып. 196. Геохимический сборник № 11. С. 112–119.
7. Ларская Е.С., Четверикова О.П. О фактах литогенеза, определяющих продуктивность нефте- и газоматеринских толщ // Тр. ВНИГНИ. 1974. Вып. 158. С. 132–149.
8. Лебедев Б.А. Геохимия эпигенетических процессов в осадочных бассейнах. – Л.: Недра, 1992.
9. Наливкин В.Д., Якобсон К.Э. Геологическое строение СССР и закономерности размещения полезных ископаемых. Т. 1. Русская платформа. – Л.: Недра, 1985.
10. Неволин Н.В. Тектоническая природа и нефтегазоносность Прикаспийской впадины // Советская геология. 1985. № 6. С. 86–95.
11. Парагенезис металлов и нефти в осадочных толщах нефтегазоносных бассейнов / Д.И.Горжевский, А.А.Карцев, Д.И.Павлов и др. – М.: Недра, 1990.
12. Холодов В.Н. Модель элизионной рудообразующей системы и некоторые проблемы гидротермально-осадочного рудогенеза. – М.: Наука, 1995.

## MINERAGENIC FEATURES OF THERMODEGRADATION BASINS FROM THE SOUTH-EAST RUSSIAN PLATFORM

V.B.Chekvaizde, I.Z.Isakovich  
(Central Research Institute of Geological Prospecting for Base and Precious Metals, Moscow)

*The basis of thermodegradation water pools identification is development of relatively thick, substantially clay (montmorillonite) strata in the sedimentary section immersed to depths with temperatures of catagenesis above 80–120°C. Transition of montmorillonite to hydrology involves large volumes of chemically aggressive heated water that is capable of extracting metals from host rocks and, subsequently, acting as mineral- and ore-forming hydrothermal springs. In the southeastern part of the Russian platform, there are nine pools of potentially metalliferous thermodegradation waters. The age of parent water mass varies from Riphean to early Permian. Water separation timing covers Paleozoic, Mesozoic and Cenozoic. A close spatial association of thermodegradation pools with lead, zinc, gold, magnesite, siderite, barite, hematite, fluorite and sulfur deposits and manifestations is noted.*

*Keywords: thermodegradation water pools, Russian platform, lead, zinc, gold deposits.*

## ГЕОЛОГИЯ И РУДОНОСНОСТЬ УГУЙСКОЙ И ОЛДОНГСИНСКОЙ СТРУКТУР ЧАРО-ОЛЁКМИНСКОГО БЛОКА АЛДАНСКОГО ЩИТА (ПО МАТЕРИАЛАМ ГДП-200)

*Образование месторождений полезных ископаемых – сложный и продолжительный по времени процесс. Его интерпретация во многом зависит от глубины исследований и отражает выработанные в ходе выполненных работ взгляды авторов. В статье на основе результатов ГДП-200 листа О-51-ХІХ (Олдонгсинская площадь) и данных, полученных при проведении прогнозно-минерагенических работ на золото и уран в 90-х годах прошлого века, коллективом авторов представляется их видение модели формирования золото-уранового оруденения в пределах Олдонгсинской и Угуйской грабен-синклиналей.*

*Ключевые слова: Алданский щит, Якутия, Олдонгсинская грабен-синклиналь, Угуйская, метасоматиты, гидротермально-метасоматические изменения, Таборное, гумбеиты, березиты, пропилиты.*

Олдонгсинская и Угуйская грабен-синклинали расположены на западе Алдано-Станового щита в пределах Чаро-Олёкминского блока. В металлогеническом отношении первая структура соответствует одноимённому потенциальному рудному узлу с ресурсами золота категории  $P_3$  100 т, вторая – Верхне-Токкинской медно-золото-урановорудной зоне, в пределах которой известны два золоторудных месторождения (Таборное, Гросс) с суммарными запасами (кат.  $C_1+C_2$ ) и прогнозными ресурсами (кат.  $P_1+P_2$ ) 200 т, а также урановое проявление Светлое, схожее по структурной позиции и рудосопровождающим гидротермально-метасоматическим образованиям с месторождениями Эльконского золото-урановорудного узла (рис. 1).

К постановке на проведение ГДП-200 лист О-51-ХІХ был выбран с учётом ранее проведённых силами отдела металлогении и геологии месторождений полезных ископаемых ФГБУ «ВСЕГЕИ» работ по составлению комплекта геологических карт масштаба 1:1 000 000 листа О-51 (Алдан) [2–4]. В рамках ГДП-200 в течение 2015–2017 гг. уточнялись геологическое строение территории и закономерности размещения полезных ископаемых с последующей локализацией участков, перспективных на обнаружение золотого оруденения типа месторождения Таборное. Полученные при полевых работах данные и результаты аналитических исследований отобранного каменного материала легли в основу настоящей статьи.

Для исследования слагающих Угуйскую и Олдонгсинскую грабен-синклинали осадочных пород петрографическими, геохимическими и изотопно-геохронологическими методами использовался материал, собранный авторами. В ходе маршрутных исследований, а также при изучении полотна горнопроходческих ка-



**Кукушкин**  
**Константин Александрович**  
ведущий инженер  
konstantin\_kukushkin@vsegei.ru

**Терехов**  
**Артём Валерьевич**  
кандидат геолого-минералогических наук  
заместитель заведующего отделом  
artem\_terekhov@vsegei.ru

**Молчанов**  
**Анатолий Васильевич**  
доктор геолого-минералогических наук  
заведующий отделом  
anatoly\_molchanov@vsegei.ru

**Козлов**  
**Дмитрий Сергеевич**  
ведущий инженер  
Dmitriy\_Kozlov@vsegei.ru

**Соловьёв**  
**Олег Леонидович**  
ведущий инженер  
Oleg\_Soloviev@vsegei.ru

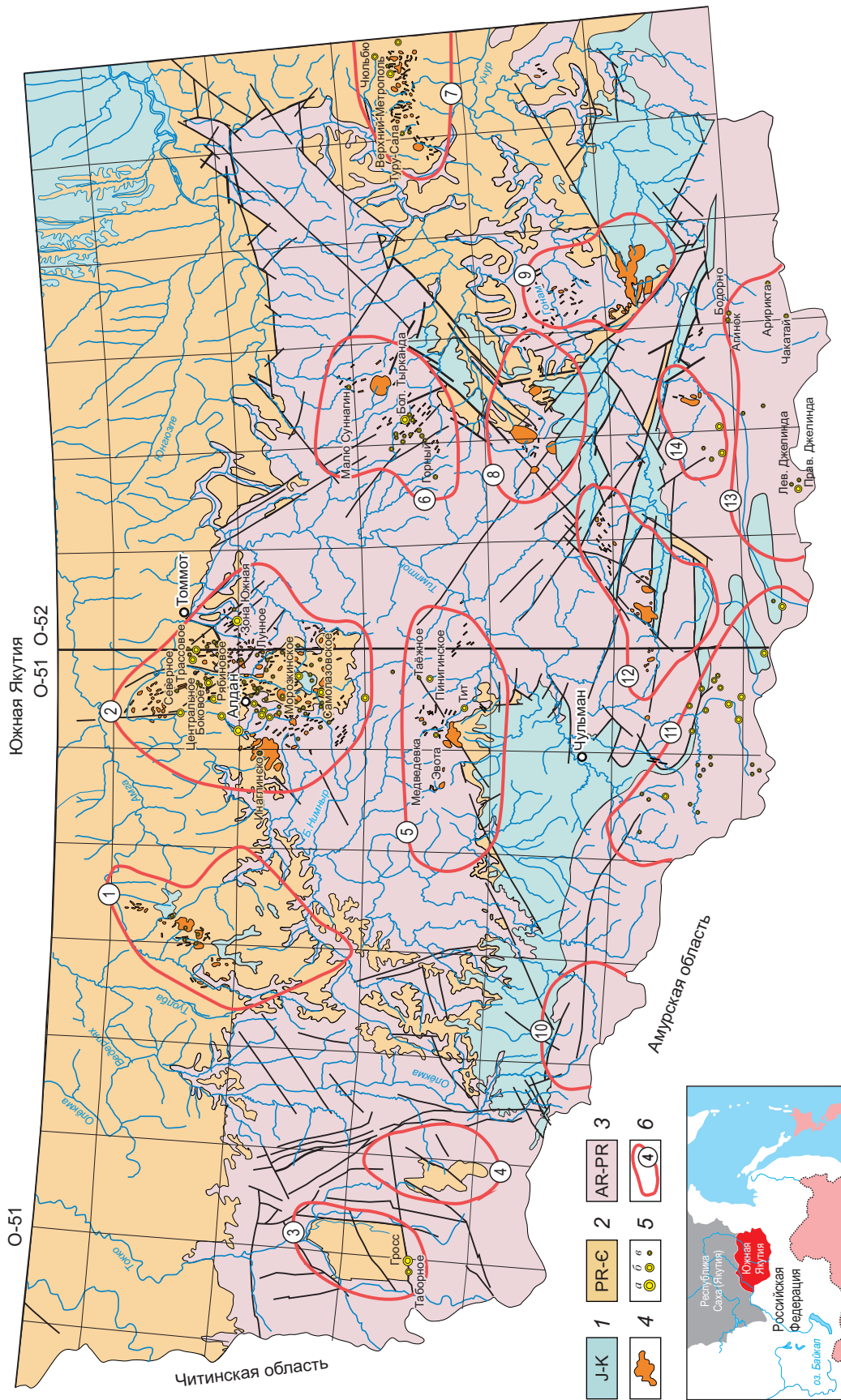
**Титов**  
**Дмитрий Юрьевич**  
ведущий инженер  
dmitriy\_titov@vsegei.ru

**Хорохорина**  
**Елена Ивановна**  
ведущий инженер  
elena\_horohorina@vsegei.ru

ФГБУ «Всероссийский  
научно-исследовательский  
геологический институт  
им. А.П.Карпинского»,  
г. Санкт-Петербург







**Рис. 1. СХЕМА РАСПОЛОЖЕНИЯ ЗОЛОТОРУДНЫХ УЗЛОВ В ПРЕДЕЛАХ АЛДАНО-СТАНОВОГО ЩИТА (с использованием данных ГУ ГПП РС (Я) «Якутскгеология»):**

1 – терригенные, отчасти вулканогенные и угленосные, осадочные отложения юры и раннего мела; 2 – терригенно-карбонатные осадочные образования венда и раннего кембрия; 3 – метаморфические, в различной степени гранитизированные, сложно дислоцированные образования фундамента; 4 – мезозойские щелочные и субщелочные интрузивные комплексы; 5 – месторождения золота (а – крупные, б – средние, в – мелкие); 6 – рудно-россыпные районы (1 – Верхне-Амгинский, 2 – Централно-Алданский, 3 – Верхне-Токкинский, 4 – Олдонгинский, 5 – Эвотинский, 6 – Тырандинский, 7 – Кет-Капский, 8 – Ломамский, 9 – Нингамский, 10 – Кабактанский, 11 – Верхне-Тимптонский, 12 – Гувилгринский, 13 – Сутамский, 14 – Талангинский)

нав, пройденных вкрест рудоносных зон, отбирались образцы всех разновидностей осадочных терригенно-карбонатных пород, штуфные геохимические пробы и сколки для изготовления прозрачно-полированных шлифов.

На основе отобранного каменного материала проведены:

- анализ структурно-вещественных особенностей путём петрографического изучения прозрачно-полированных шлифов (>800 образцов);
- лабораторно-аналитические исследования, включающие определение содержания золота методом атомной абсорбции (вскрытие царской водкой), определение химических элементов на масс-спектрометре Elan 6100 DRC с индуктивно-связанной плазмой (ICP-MS), рентгеноспектральный анализ (>800 образцов) (Центральная аналитическая лаборатория «ВСЕГЕИ», г. Санкт-Петербург);
- изотопно-геохронологические исследования возраста цирконов U-Pb методом на приборе SHRIMP (четыре образца) (Центр изотопных исследований «ВСЕГЕИ», г. Санкт-Петербург).

В геологическом строении Угуйской и Олдонгсинской грабен-синклиналей участвуют протерозойские осадочные породы бытыгырской и кебектинской серий, залегающие со структурно-стратиграфическим несогласием на гнейсах архейского фундамента. Бытыгырская серия сложена гравелитами и конгломератами чародоканской свиты, доломитами намсалинской свиты, черносланцевой толщей ханинской свиты. Кебектинская серия представлена кварцевыми песчаниками.

Магматические образования обеих грабен-синклиналей относятся к четырём возрастным группам, становление которых приурочено к различным геологическим событиям, имеющим место в процессе геологического развития Чаро-Олёкминского блока. Архейская группа представлена гнейсовидными плагиогранитами и гранитами древнеалданского и чародоканского комплексов соответственно, магматические образования раннего протерозоя – массивами диоритов-габбродиоритов куранахского комплекса, распространёнными преимущественно в пределах Олдонгсинской грабен-синклинали. Рифейская возрастная группа включает дайки долеритового состава сиваглинского комплекса, формирующие субширотный пояс, пересекающий Олдонгсинскую и Угуйскую структу-

ры. Силлы и дайки мезозойских сиенитов, сиенит-порфиоров лебединского комплекса – наиболее молодая группа, приуроченная к краевым частям грабен-синклиналей (рис. 2).

Следует отметить, что в ходе полевых работ в рамках ГДП-200 были выявлены ранее отсутствовавшие на полотне ГК-200 первого поколения силлоподобные тела мезозойских магматических образований на юго-востоке Угуйской грабен-синклинали и впервые закартированы на северо-востоке Олдонгсинской структуры [1, 7, 8].

Возраст, установленный авторами по датированию магматогенных цирконов U-Pb методом, – от  $141,4 \pm 2,6$  до  $146,8 \pm 0,7$  млн лет. Возрастной диапазон для сиенитов, сиенит-порфиоров Угуйской и Олдонгсинской грабен-синклиналей соответствует границе юра – мел.

Несмотря на сходство геологического строения изучаемых структур, отмечается разница в соотношении мощностей кебектинской и бытыгырской серий. Если в пределах Олдонгсинской грабен-синклинали наиболее полно представлен разрез бытыгырской серии с достаточно маломощной, залегающей выше, кебектинской, то в пределах Угуйской структуры наблюдается противоположное соотношение. Авторами данная особенность рассматривается как результат эрозионных процессов, а обе структуры считаются частями одного разреза (Олдонгсинская структура – нижняя, Угуйская – верхняя), сформированного в пределах единого палеобассейна.

В результате достаточно сложной истории геологического развития региона в пределах обеих структур, а также прилегающих к ним территорий сформированы несколько разнонаправленных систем разрывных нарушений. К наиболее древним из них относятся региональные зоны разломов архейского заложения (Чародоканская, Кондинская, Токкинская и др.), подновлённые в более поздние этапы тектоно-магматической активизации (ТМА). Кроме этого, породы Олдонгсинской и Угуйской грабен-синклиналей характеризуются практически повсеместным развитием пликтивных структур, благоприятных для локализации золотого оруденения.

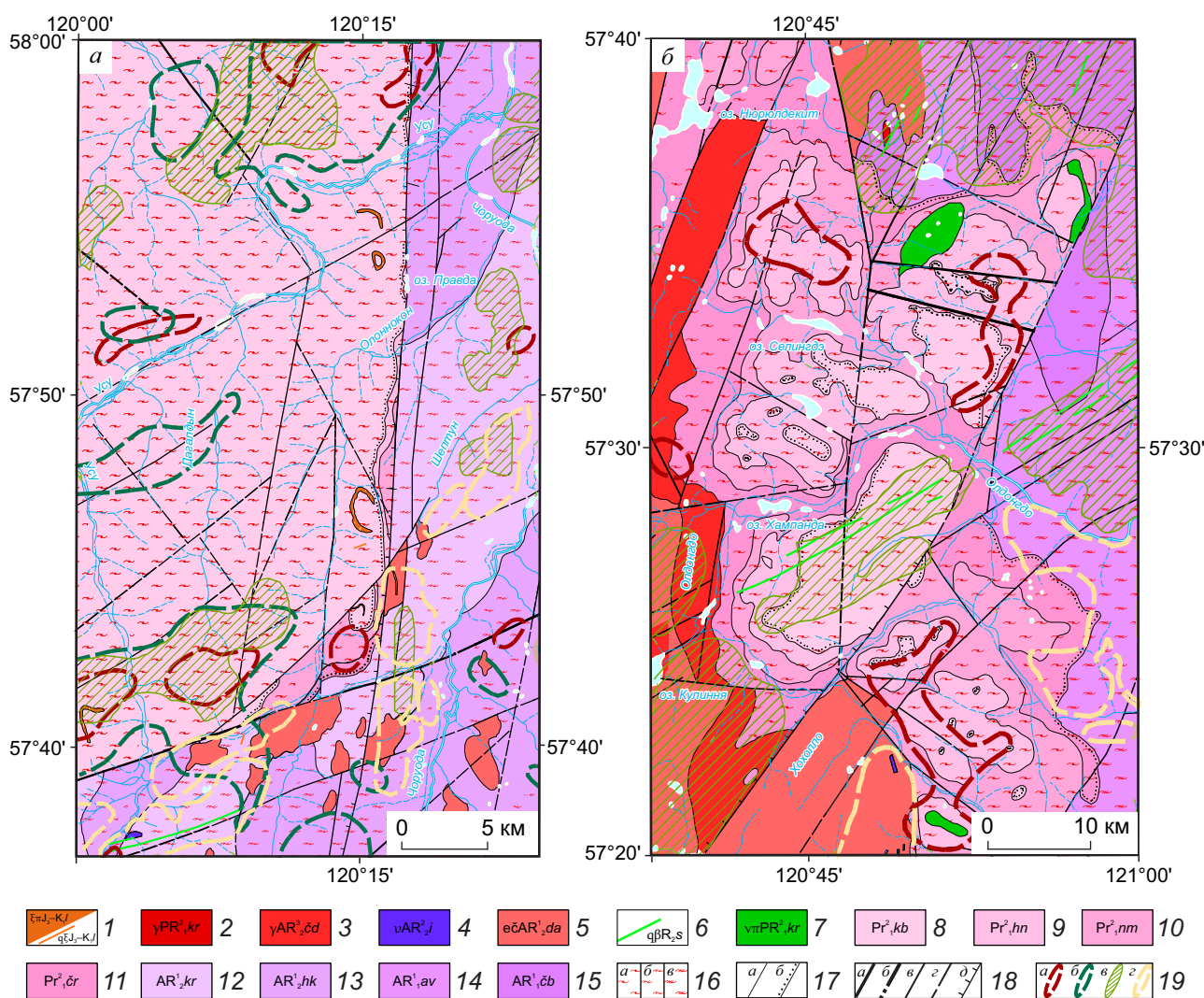
Становление возрастных групп магматических образований сопровождалось проявлением гидротермально-метасоматических процессов. По данным проведённых исследований в рамках ГДП-200 выделены четыре типа гидротермально-мета-

соматических образований – кварц-альбит-микроклиновые (кремнещелочные) метасоматиты, пропилиты, гумбеиты, березиты (см. рис. 2). Последние три разновидности наиболее ярко проявлены в зонах деформаций пород ханинской свиты и кебектинской серии, характеризуюсь определённой зональностью: гумбеиты и березиты тяготеют к тыльным частям грабен-синклиналей, пропилиты – к периферическим. Кварц-альбит-микроклиновые метасоматиты слагают преимущественно внутренние части зон разломов, а также картируются в пределах гранитных массивов.

Каждому из выделенных типов гидротермально-метасоматических образований свойственна определённая геохимическая и металлогенетическая специализация. Пропилиты, сформированные на этапе рифейской ТМА, характеризуются выше-

кларковыми содержаниями меди. Гумбеитам и березитам этапа мезозойской ТМА присущи вышекларковые содержания золота и урана. С позиции металлогенетической специализации в полях развития пропилитов обнаружены проявления меди (Олдонгсинская грабен-синклиналь), в ареалах распространения гумбеитов – рудопроявления и месторождения золота, березитов – рудопроявления меди и золота (Угуйская и Олдонгсинская грабен-синклинали) (рис. 3).

Исходя из имеющихся к настоящему времени данных исследований, нами предлагается геолого-генетическая модель формирования оруденения, локализованного в осадочных толщах Угуйской и Олдонгсинской структур. В неё включены четыре этапа, каждый из которых приурочен к значимым для развития региона геологическим событиям:



формированию осадочных толщ грабен-синклиналей в результате протерозойских рифтогенных процессов, становлению раннепротерозойских, рифейских и мезозойских магматических образований в рамках синвозрастной активизации.

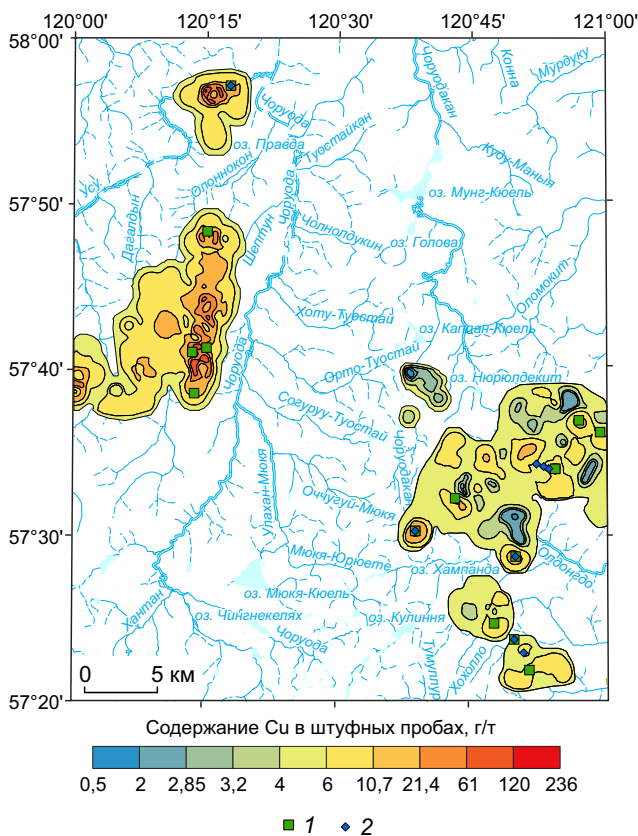
*Первый этап.* Олдонгсинская и Угуйская грабен-синклинали – рифтогенные структуры, являющиеся фрагментами Витимо-Олёкминского пояса, сформированного в результате протерозойских рифтогенных процессов вдоль западного края Чаро-Олёкминского блока на протяжении 500 км [9]. Основными источниками осадочного материала для образования осадочных толщ, слагающих впоследствии Угуйскую и Олдонгсинскую грабен-синклинали, могли служить метаморфиты архейского фундамента и гранитоиды древнеалданского комплекса этого же возраста, формирующие достаточно крупный по площади Чародоканский плутон. Данное предположение авторами сделано на основании результатов изотопно-геохронологических исследований детритовых цирконов, отобранных из осадочных толщ Олдонгсинской грабен-синкли-

нали. Схожие данные были также получены сотрудниками ИГЕМ РАН при датировании детритовых цирконов из осадочных пород Угуйской структуры, что позволило предполагать существование единого палеобассейна, в пределах которого происходило осадконакопление [6]. Вместе с поступавшим материалом могло поставляться и золото, а также некоторые другие компоненты. В пользу данного предположения свидетельствуют надкларковые содержания благородного металла в черносланцевых толщах бытыгырской серии, отмечаемые по результатам аналитических исследований как авторами, так и предшественниками [3, 7].

*Второй этап* приурочен к раннепротерозойской тектоно-магматической активизации. Отложение осадков в пределах палеобассейна сопровождалось проявлениями магматизма основного состава с привнесом Cr, Cu, МПГ, Ag. Кроме того, перераспределению могли быть подвергнуты золото и прочие элементы, концентрировавшиеся в процессе поступления осадочного материала. В целом, несмотря на очевидность выделения данного

## Рис. 2. ФРАГМЕНТЫ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ КАРТЫ ЛИСТА О-51-ХІХ (а – Угуйская, б – Олдонгсинская грабен-синклинали):

*плутонические комплексы:* 1 – лебединский монзонит-сиенит-гранитовый, вторая фаза (сиениты, меласиениты, сиенит-порфиры, дайки кварцевых сиенитов), 2 – крестьяхский гранодиорит-гранитовый (граниты, гранодиориты, граносиениты биотитовые, роговообманково-биотитовые порфиоровидные, иногда овоидные и трахитоидные), 3 – чародоканский гранитовый (граниты, гранодиориты, граносиениты, лейкограниты биотитовые и двуслюдяные, иногда порфиоровидные или порфиробластические, пегматиты), 4 – ималыкский метаперидотитовый (перидотиты, пироксениты, дуниты, серпентиниты, сланцы хлорит-серпентин-тальковые, карбонат-серпентин-тальковые, талькиты), 5 – древнеалданский мигматит-чарнокитовый (эндербиты, чарнокиты, плагиограниты, тоналиты, кварцевые диориты, субщелочные кварцевые диориты, граниты биотитовые, роговообманково-пироксеновые гнейсовидные); *гипабиссальные комплексы:* 6 – сиваглинский долеритовый (дайки и силлы долеритов, кварцевых долеритов, габбродолеритов), 7 – куранахский метатрахидолеритовый (габбро субщелочные, диориты метаморфизованные); 8 – кебектинская серия нерасчленённая (пестроцветные песчаники, алевролиты, аргиллиты, гравелиты, конгломераты, прослои доломитов и конглобрекчий); бытыгырская серия: 9 – ханинская свита (флишоидное переслаивание метаморфизованных аргиллитов, алевролитов, песчаников, в том числе углеродистых, шунгитоносных, серицит-хлоритовых, двуслюдяных, стильпно-мелановых), 10 – намсалинская свита (переслаивание доломитов мраморизованных, в том числе кремнистых и водорослевых, мраморов, метапесчаников, метаалевролитов, метапелитов), 11 – чародоканская свита (метапесчаники кварцевые, аркозовые, граувакковые, метаконгломераты, метагравелиты); олёкминская серия: 12 – крестьяхская свита (плагиогнейсы биотитовые, биотит-роговообманковые), 13 – хойкинская свита (плагиосланцы и плагиогнейсы роговообманковые, роговообманково-биотитовые, прослои гнейсов клинопироксен-роговообманковых, амфиболитов); курультинская серия: 14 – авикская свита (биотит-гиперстеновые, биотит-амфиболовые и биотитовые гнейсы, двупироксеновые, амфибол-двупироксеновые кристаллические сланцы, биотит-гранатовые гнейсы, иногда с силлиманитом, линзы кварцитов, прослои диопсидовых кристаллических сланцев, амфиболитов), 15 – чебаркасская свита (плагиогнейсы и гнейсы гранатовые, биотитовые, прослои плагиогнейсов гиперстеновых, роговообманково-двупироксеновых, линзы кварцитов, сланцев высокоглинозёмистых, плагиоэклогитов); 16 – фации метаморфизма (а – зеленосланцевая, б – амфиболитовая, в – гранулитовая); 17 – геологические границы (а – согласного залегания, интрузивные контакты, б – несогласного залегания); 18 – разрывные нарушения главные (а – выходящие на картографическую поверхность, б – скрытые под вышележащими образованиями), разломы неустановленной кинематики (в – достоверные, г – предполагаемые), надвиги (д); 19 – ореолы распространения гидротермально-метасоматических образований, по данным А.В.Молчанова, 1999 г. (а – гумбеиты, б – березиты, в – пропициты, г – квальмиты)



**Рис. 3. СХЕМАТИЧЕСКАЯ КАРТА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МЕДИ:**

точки с аномальным содержанием, г/т: 1 – Cu (до 7210), 2 – Ag (до 18,9)

этапа, судить о компонентах, которые могли быть привнесены, достаточно трудно. Это связано с общей затуханностью гидротермально-метасоматических процессов последующими, проявленными в рамках более поздних ТМА.

К *третьему этапу* отнесена рифейская тектоно-магматическая активизация. К ней приурочено внедрение даек долеритов сиваглинского комплекса, образующих протяжённый субширотный пояс. В результате гидротермально-метасоматических процессов, сопровождающих внедрение даек основного состава, сформировались близконтактные зоны пропилитизации с повышенными содержаниями меди, а также в редких случаях надкларковыми содержаниями золота.

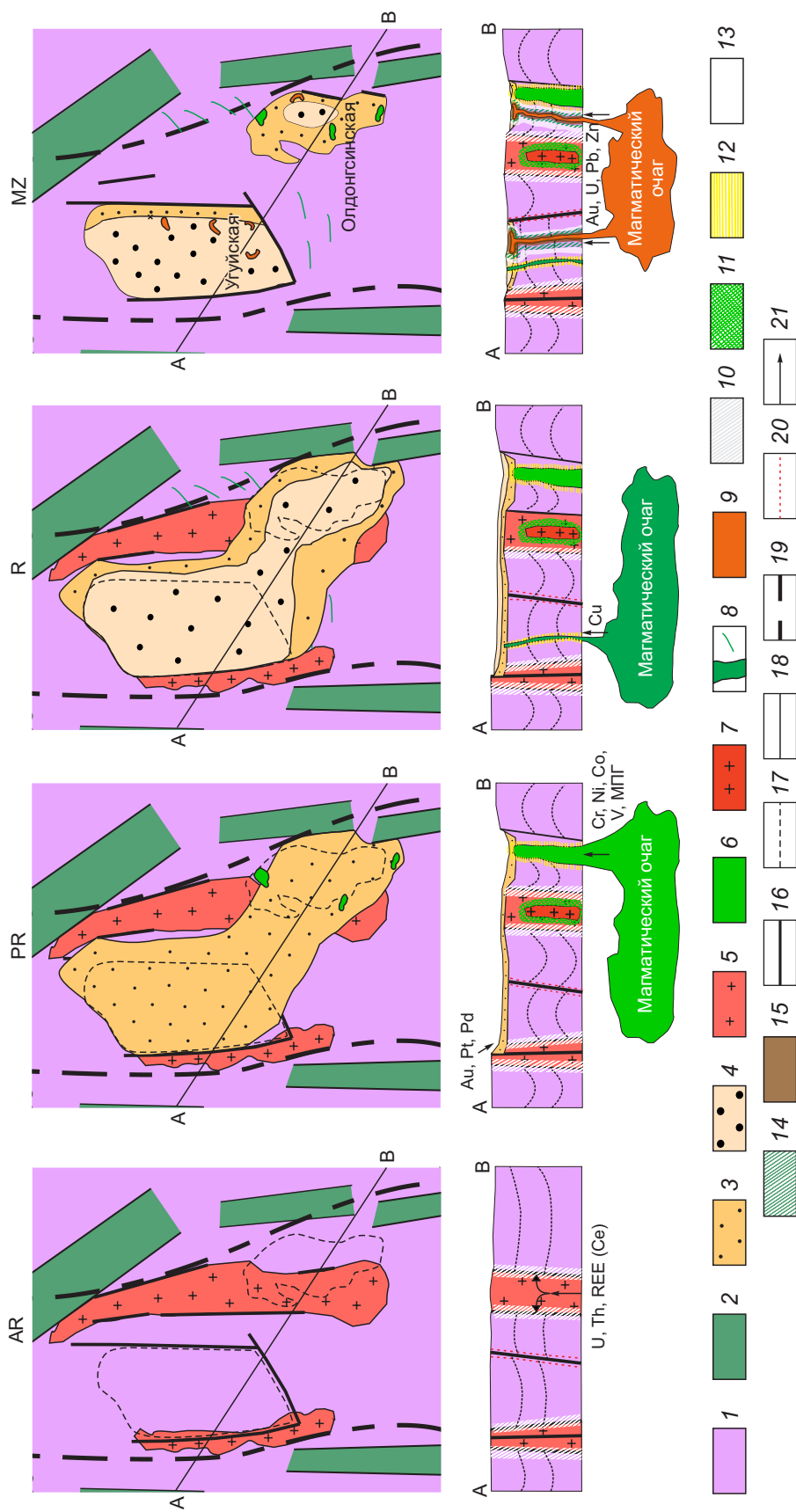
После рифейской ТМА регион стабилизируется и начинается платформенный этап развития на протяжении всего палеозоя.

*Четвёртый этап* связан с масштабной мезозойской тектоно-магматической активизацией, пик которой приходится на юрско-меловое время. Наи-

более сильно данный процесс проявился в центральной части Алданского щита. Внедрение крупных объёмов щелочных магм с последующим формированием пород алданского комплекса сопровождалось гидротермально-метасоматическими процессами с глубокой переработкой субстрата. В итоге образовались многочисленные золоторудные и золото-урановорудные объекты (месторождения Лебединое, Куранахское, Эльконское, Морозкинское и др.).

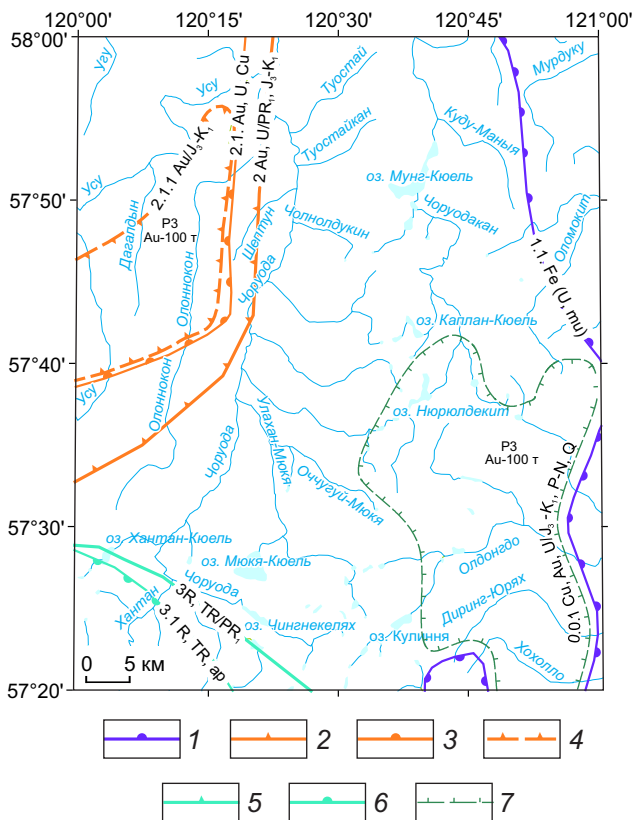
Мезозойская ТМА отразилась также на Угуйской и Олдонгсинской грабен-синклиналиях. Были подновлены старые региональные и сформированы новые разрывные нарушения. На фоне проявленных тектонических процессов в рамках ТМА произошло смятие осадочных пород, слагающих рассматриваемые структуры. Возникновение в данной обстановке многочисленных зон повышенной проницаемости, а также гидротермально-метасоматические процессы, сопровождающие становление многочисленных тел лебединского комплекса, привели к перераспределению ранее привнесённых элементов в породах вплоть до формирования рудных концентраций. Кроме того, проявленные процессы способствовали формированию основных объёмов гидротермалитов в виде пропилитов, березитов и гумбеитов. С двумя последними связано золотое (месторождения Таборное, Гросс, Тёмное на юге Угуйской структуры) и золото-урановое (рудопроявления и многочисленные пункты минерализации в пределах Олдонгсинской структуры) оруденение (рис. 4).

Оруденение, сформировавшееся в пределах Олдонгсинской и Угуйской грабен-синклиналий в результате достаточно сложной истории геологического развития региона, рассматривается авторами как «двухэтажное», по аналогии с Центрально-Алданским золото-урановорудным районом [5]. В пользу данной особенности говорят идентичность процессов, ответственных за его формирование в пределах изучаемых структур; приуроченность к определённым стратиграфическим уровням бытыгырской и кебектинской серий; связь с проявлениями мезозойского щелочного, субщелочного магматизма, а также определённая гидротермально-метасоматическая зональность, для которой характерна рудоносность низкотемпературных щелочных метасоматитов – гумбеитов. В качестве нижнего этажа рассматривается Олдонгсинская структура, верхнего – Угуйская.



**Рис. 4. ИСТОРИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ УГУЙ-ОЛДОНГИНСКОГО ПАЛЕОБАСЕЙНА:**

1 – метаморфические образования архейского фундамента; 2 – образования архейских зеленокаменных поясов; 3 – раннепротерозойские осадочные отложения бытыгурской серии; 4 – позднепротерозойские осадочные отложения кебектинской серии; 5 – архейские гранитоиды; 6 – раннепротерозойские базиты; 7 – раннепротерозойские гранитоиды; 8 – рифейские дайки долеритов; 9 – мезозойские сиениты и сиенит-порфиры; гидротермально-метасоматические изменения: 10 – кварц-альбит-микроклиновые метасоматиты, 11–13 – пропилиты (11 – протерозойские, 12 – протерозой-рифейские, 13 – мезозойские), 14 – березиты, 15 – гумбеиты; 16 – региональные зоны разломов архейского заложения; 17 – границы Олдонгинской и Угуйской грабен-синклиналей; 18 – геологические границы; 19 – предполагаемые границы Кодаро-Удоканского палеобасейна; 20 – милониты, сопровождающие региональные зоны разломов архейского заложения; 21 – пути движения рудоносных растворов



**Рис. 5. СХЕМА МИНЕРАГЕНИЧЕСКОГО РАЙОНИРОВАНИЯ ЛИСТА О-51-ХІХ:**

Алдано-Становая провинция, Алданская минерагеническая субпровинция, Чаро-Олёкминская золото-редкометалльно-железородная минерагеническая область: 1 – Тасмиэлинская мусковит-урано-железородная зона, 2 – Верхнетоккинская урано-золоторудная минерагеническая зона, 3 – Угуйский медно-урано-золоторудный район, 4 – Кондинская потенциальная рудная зона, 5 – Кругоудоканская редкоземельно-редкометалльная минерагеническая зона, 6 – Хани-Эвонокитский апатит-редкоземельно-редкометалльный рудный район, 7 – Олдонгсинский потенциальный урано-золото-медно-рудный узел

По итогам проведенных авторами полевых работ и аналитических исследований в рамках ГДП-200 листа О-51-ХІХ на южном фланге Угуйской структуры выделена Кондинская потенциальная золоторудная зона, территориально совпадающая с одноименной зоной разломов, в которой локализованы месторождения Таборное и Гросс. Подсчитанные по кат. Р<sub>3</sub> ресурсы золота для выделенного металлогенического таксона составляют 100 т. В пределах Кондинской зоны на площади листа

О-51-ХІХ ожидается выявление месторождения типа Таборное (рис. 5).

В пределах Олдонгсинской грабен-синклинали в результате уточнения закономерностей размещения полезных ископаемых возможно обнаружение золотого оруденения, генетически обусловленного процессами гумбеитизации, проявленными в связи со становлением мезозойских сиенитов и сиенит-порфиров лебединского комплекса.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Геологическое строение и рудоносность Олдонгсинской и Угуйской грабен-синклиналей / К.А.Кукушкин, А.В.Терехов, А.В. Молчанов и др. // Региональная геология и металлогения. 2017. № 72. С. 91–102.
2. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1 000 000 (третье поколение). Лист О-51 – Алдан. Объяснительная записка / А.В.Молчанов, А.В.Терехов, Д.С.Артемьев и др. – СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2015.
3. Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:1 000 000, новая серия, лист О-(50), 51 (Алдан) и объяснительная записка / Отв. ред. Е.П.Миронюк. – СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 1998.
4. Государственная геологическая карта СССР масштаба 1:1 000 000. Лист О-51 (Алдан). Объяснительная записка / Сост. Ю.К.Дзевановский, Ред. В.И.Серпухов. – Л.: ВСЕГЕИ, 1959.
5. Золоторудные районы и узлы Алдано-Становой металлогенической провинции / А.В.Молчанов, А.В.Терехов, В.В.Шатов и др. // Региональная геология и металлогения. 2017. № 71. С. 93–111.
6. Происхождение палеопротерозойских осадочных пород Угуйского грабена (Алданский щит): результаты геохронологических, геохимических и изотопно-геохимических исследований / А.В.Самсонов, С.Е.Борисовский, Е.О.Дубинина и др. // Изотопное датирование геологических процессов: новые результаты, подходы и перспективы. Мат-лы VI Российской конференции по изотопной геохронологии. СПб., 2015. С. 256.
7. Реутов Л.М. Геологическая карта СССР. Объяснительная записка. Сер. Бодайбинская, лист О-51-ХІХ, масштаб 1:200 000. – Л.: ВСЕГЕИ, 1977.
8. Седенко С.В. Новый гидрогетит-кварц-калишпатовый тип мезозойского золотого оруденения Южно-Угуйского района (западная часть Алданского щита): автореф. дис... канд. геол.-минер. наук. – М.: МГГА, 2001.
9. Феоктистов В.П. О Витимо-Олекминском поясе эпи-кратонных меденосных прогибов // Геология и геофизика. 1992. № 2. С. 9–17.

## GEOLOGY AND ORE POTENTIAL OF UGUYSKAYA AND OLDONGSINSKAYA STRUCTURES WITHIN ALDAN SHIELD'S CHARO-OLEKMINSKY BLOCK (BASED ON AAE-200 DATA)

K.A.Kukushkin, A.V.Terekhov, A.V.Molchanov, D.S.Kozlov, O.L.Soloviev,  
D.Yu.Titov, E.I.Horohorina  
(VSEGEI, St. Petersburg)

*Mineral deposit formation is a complex and lengthy process. Its interpretation largely depends on the depth of research and reflects the views of the authors developed in the course of the work carried out. This article is based on the results of additional area exploration (AAE) of O-51-XIX (Oldongsinskaya area) and the data obtained during forecasting-mineragenic work focused on gold and uranium in the 1990s. In this article, the authors present their vision of the formation model for gold-uranium mineralization within the Oldongsinskaya and Uguyskaya graben-synclines.*

*Keywords: Aldan shield, Yakutia, Oldongsinskaya graben-syncline, Uguyskaya, metasomatites, hydrothermal-metasomatic changes, Tabornoye, gumbaite, beresite, propylite.*



**МАЙНЕКС**  
РОССИЯ 2018

# МАЙНЕКС РОССИЯ 2018

14-й ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ФОРУМ

«ИННОВАЦИОННОЕ ПРЕВОСХОДСТВО – КУРС РАЗВИТИЯ ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ»  
2-4 ОКТЯБРЯ 2018 - МОСКВА, РОССИЯ







## НАЗЕМНЫЕ ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИ ПОИСКАХ КИМБЕРЛИТОВЫХ ТЕЛ: РЕЗУЛЬТАТЫ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ В РАЗЛИЧНЫХ ПОИСКОВЫХ ОБСТАНОВКАХ

*Наземные геофизические работы при поисках кимберлитовых тел проводятся в целях оценки перспективности аномалий, выявленных аэрогеофизическими работами, и выбора мест заложения заверочных буровых скважин, а также на небольших поисковых площадях, где аэрогеофизические работы нецелесообразны по экономическим соображениям.*

*Основной сложившийся в мировой практике комплекс наземных геофизических методов включает магнитную съёмку, электроразведку в различных модификациях и в ряде случаев гравиразведку. Наиболее эффективны при поисках кимберлитов магниторазведка и электроразведка. В сложных поисковых обстановках из электроразведочных методов наиболее информативен метод переходных процессов.*

*Ключевые слова: геофизические методы, магниторазведка, электроразведка, кимберлиты.*

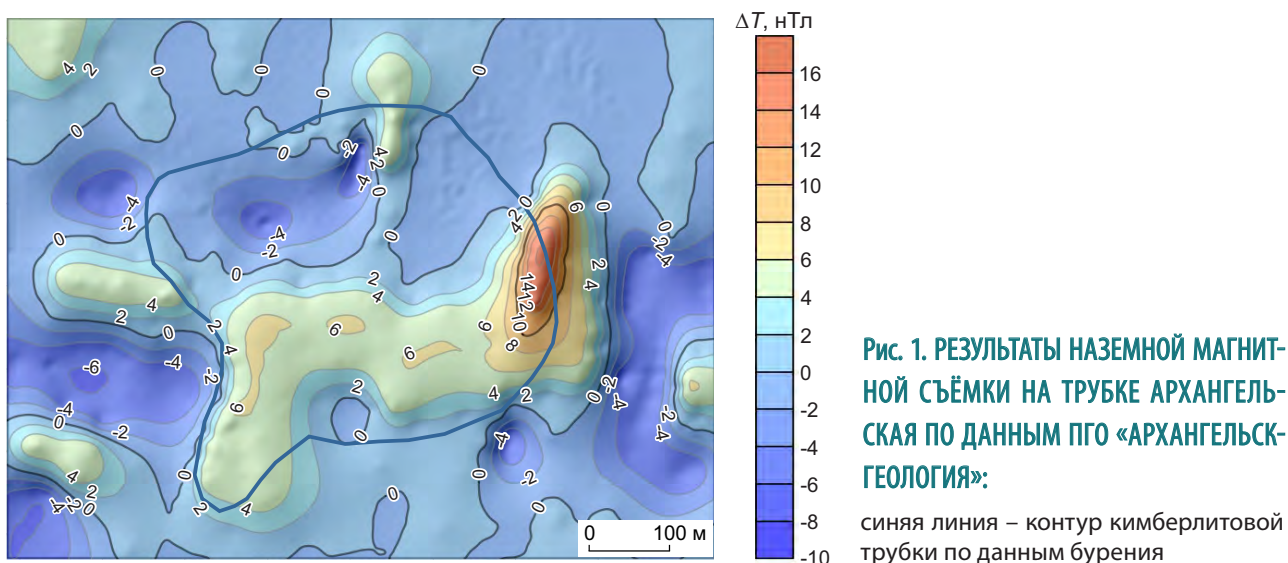
Данные геофизических методов используются на всех стадиях прогноза коренной алмазоносности, от регионального до среднemasштабного, и, конечно, непосредственно при поисках кимберлитовых тел. Современные технологии аэрогеофизической съёмки, применяемые в том числе и при поисках кимберлитов, позволяют обнаруживать малоамплитудные аномалии, а навигационные системы обеспечивают точную привязку точек наблюдений. В связи с этим многие компании утверждают, что выделенные аномалии не требуют заверки наземными геофизическими методами. На наш взгляд, это верно лишь отчасти. Подтверждения самого факта наличия аномалии, как правило, действительно не требуется. Но для выбора точек заложения заверочных буровых скважин данных аэросъёмки в большинстве случаев недостаточно и поэтому проводится наземная геофизика. Помимо заверки (детализации) аэрогеофизических аномалий, наземная геофизическая съёмка осуществляется как самостоятельный вид работ на небольших поисковых площадях, где проведение аэрогеофизики нецелесообразно по экономическим соображениям.

За период проведения алмазопроисковых работ, начиная с середины прошлого века, опробовались, наверное, все имеющиеся геофизические методы, но сложившийся к настоящему времени в мировой практике комплекс наземных геофизических работ в России и на Африканском континенте, где они ведутся наиболее активно, включает три основных метода – магнитную съёмку, электроразведку в различных модификациях и в ряде случаев гравиразведку.

### **Микоев Игорь Иванович**

кандидат геолого-минералогических наук  
ведущий научный сотрудник  
mikoyev@tsnigri.ru

ФГБУ Центральный  
научно-исследовательский  
геологоразведочный институт  
цветных и благородных металлов,  
г. Москва



Ведущим методом считается магниторазведка. Однако при безусловно высоких показателях эффективности последней, особенно на первых стадиях поисков, по мере приобретения опыта работ в различных ситуациях проявились факторы, ограничивающие её возможности:

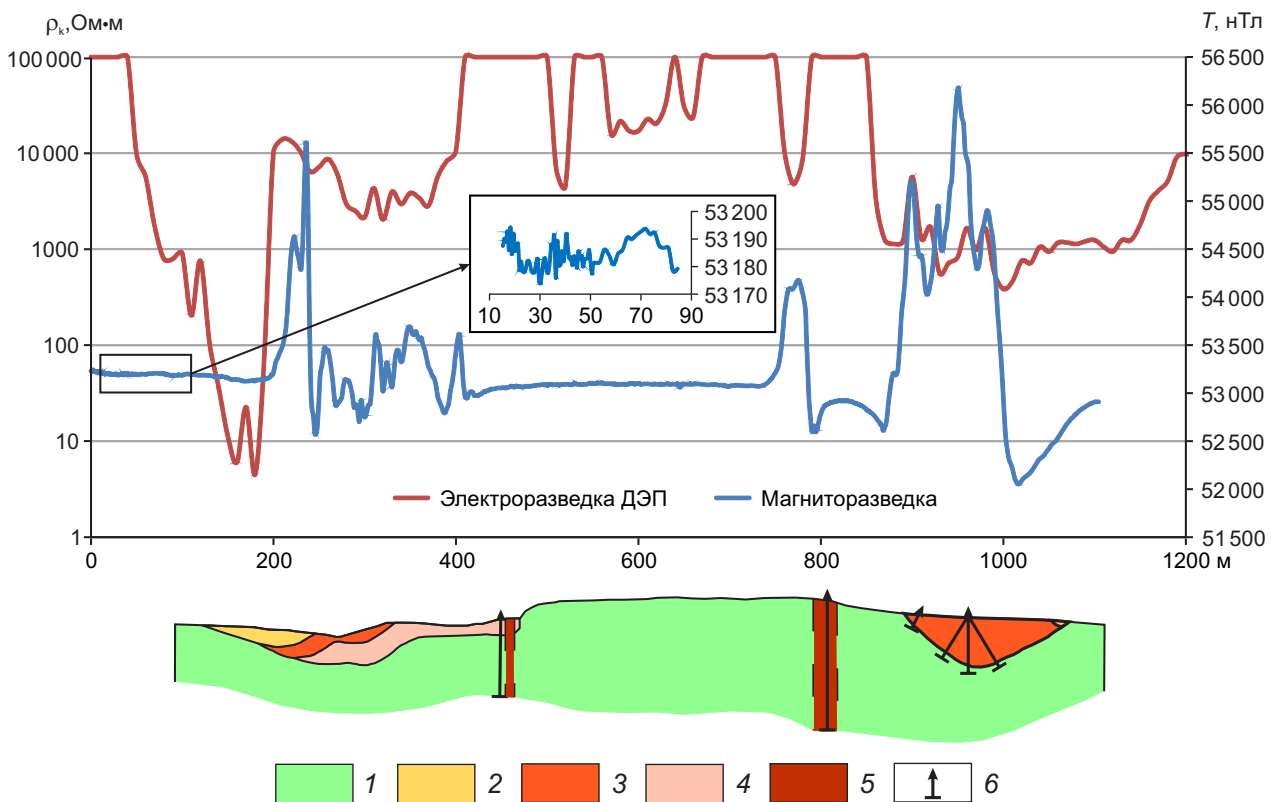
- не все кимберлитовые трубки отражаются в магнитном поле;
- локальными магнитными аномалиями, схожими с так называемыми «трубочными», могут выделяться многочисленные объекты-помехи иной, некимберлитовой, природы;
- в сложном магнитном поле, обусловленном трапповыми образованиями, или в случае площадного распространения обогащённых магнитными минералами терригенных пород выделение перспективных аномалий крайне затруднено или даже невозможно;
- в низких широтах, в частности, на Африканском континенте магнитные аномалии имеют биполярный характер, что нередко приводит к недостоверному определению положения предполагаемого объекта по данным только одной магниторазведки.

Наземная детализация аэромагнитных аномалий, призванная уточнить положение эпицентра, также не всегда даёт положительный результат, а иногда, напротив, только усложняет картину. Например, некоторые кимберлитовые трубки Золотницкого поля (Архангельская область) по данным аэромагнитной съёмки соответствуют положительным аномалиям магнитного поля «трубочно-

го» типа. Однако по результатам наземных работ контуры тела и, соответственно, точки заложения буровых скважин вряд ли могут быть определены (рис. 1). То есть магниторазведка в качестве единственного метода, как для поисков, так и для наземной заверки аномалий, недостаточно. Поэтому при проведении алмазопроисловых работ, в том числе наземных, дополнительно привлекаются другие геофизические методы, главным образом электроразведка. Наземная электроразведка в зависимости от условий может применяться в широком диапазоне методов и технологий.

В простых поисковых обстановках с успехом используются давно известные методы сопротивлений, чаще всего дипольное электрическое профилирование (ДЭП). В Далдынском поле (Якутия) в условиях маломощных перекрывающих отложений с помощью электроразведки методом ДЭП открыты многие кимберлитовые трубки.

При небольшой мощности перекрывающих отложений и контрастных физических свойствах кимберлитов на фоне вмещающих пород электроразведка методом сопротивлений вкуче с наземной магниторазведкой позволяет выделять не только кимберлит как таковой, но и его разновидности. В приведённом примере (рис. 2) (кимберлитовое тело Кимозеро, Карелия) применялась установка ДЭП всего А10В10М10Н, поскольку мощность перекрывающих четвертичных отложений не превышает здесь первых метров. Отметим, что углеродистый кимберлит по данным электроразведки отмечается весьма контрастной аномалией про-



**Рис. 2. РЕЗУЛЬТАТЫ НАЗЕМНЫХ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ РАБОТ НА КИМБЕРЛИТОВОМ ТЕЛЕ КИМОЗЕРО (схематический геологический разрез, по данным В.В.Ушкова, 2005 г.):**

1 – габбродолериты; 2 – углеродистые кимберлиты; 3 – магнетит-серпентин-тремолитовые («магнетитовые») кимберлиты; 4 – флогопит-карбонат-серпентиновые кимберлиты; 5 – диатремовые каналы: флогопит-серпентиновые порфировые слюдяные кимберлиты и кимберлитовые брекчии; 6 – буровые скважины

водимости (ПК 50–200), но по амплитуде магнитного поля он неотличим от долеритов. Однако по частотной характеристике магнитного поля, показанной на врезке, граница долерит-кимберлит отчётливо фиксируется в районе ПК 50. Этот эффект удалось зафиксировать с помощью магнитометра, работающего в квазинепрерывном режиме с цикличностью измерений не менее 1 с, что в среднем соответствует шагу съёмки около 1 м. Подчеркнём, что только комплекс методов позволил выделить все разновидности кимберлитов.

Кроме классической установки ДЭП с заземлением четырёх электродов, существует аппаратура, в которой используются ёмкостные незаземлённые линейные электроды, стелющиеся по земле, что особенно актуально при сложных условиях заземления. При практически идентичных результатах (рис. 3) использование стелющихся электродов даёт возможность вдвое сократить состав элек-

троразведочной бригады. По этой причине применение стелющихся электродов целесообразно и при хороших условиях заземления.

На Африканском континенте (Ботсвана, ЮАР) широкое распространение при алмазопроисловых работах получил метод дипольного индуктивного профилирования (ДИП), основанный на регистрации электромагнитного поля вихревых токов, создаваемого генераторным магнитным диполем в геологической среде. Наиболее известной аппаратурой, используемой для наземных работ методом ДИП, является EM-34-3XL производства Geonics Ltd., Canada. Измерения проводимости среды осуществляются дипольной установкой «генераторная катушка – приёмная катушка» на трёх частотах 0,4, 1,6 и 6,4 кГц и соответствующих им разносах (40, 20 и 10 м). Горизонтальное или вертикальное положение приёмной и генераторной катушек позволяет измерять соответственно вер-



**Рис. 3. ДИПОЛЬНОЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ПРОФИЛИРОВАНИЕ НА КИМБЕРЛИТОВОЙ ТРУБКЕ АМАКИНСКАЯ (ЯКУТИЯ, МИРНИНСКОЕ ПОЛЕ) С ЗАЗЕМЛЁННОЙ УСТАНОВКОЙ И СО СТЕЛЮЩИМИСЯ ЭЛЕКТРОДАМИ. АППАРАТУРА «ЭРА-В-ЗНАК»**

тикальную или горизонтальную компоненты поля. Шкала приёмника оцифрована в значениях кажущейся проводимости  $\sigma$  мСим/м.

По данным производителя, глубина исследований с использованием аппаратуры EM-34-3XL составляет 0,75–1,5 разноса установки, т.е. значительно больше, чем при применении установки ДЭП – от 1/3 до 1/10 разноса в зависимости от условий. Меньшие разносы ДИП обеспечивают более высокое разрешение по горизонтали.

Метод ДИП с аппаратурой EM-34-3XL применяется известными компаниями De Beers и Petra Diamonds в основном при наземной заверке аэромагнитных аномалий или на небольших по площади поисковых участках. Результаты при этом получаются разные – от весьма убедительных до отрицательных, причём и то и другое иногда трудно объяснимо. Так, в открытом поле, когда перекрывающие пески имеют мощность всего 13 м, аномалия проводимости от трубки ожидаемо очень контрастная (рис. 4, а).

Другая трубка, расположенная в пределах того же кимберлитового поля, но перекрытая базальтами мощностью до 100 м и более, теоретически не должна фиксироваться по данным ДИП. Однако на практике аномалия выделяется вполне уве-

ренно (см. рис. 4, б) и даже точнее, чем магнитная съёмка, отображает реальные контуры тела, установленные бурением. Можно предположить, что в данном случае аномалия проводимости обусловлена не собственно кимберлитами, а перекрывающими их переработанными базальтами.

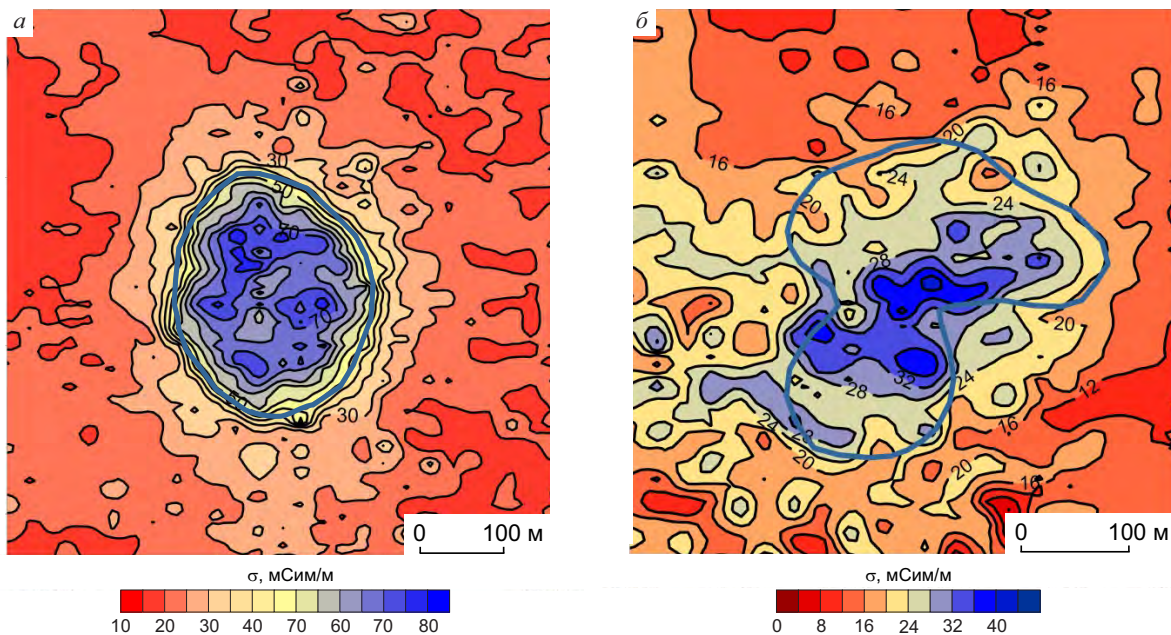
Следующая кимберлитовая трубка, изученная методом ДИП, имеет сложное строение. Выявлены три подводных канала, по неподтверждённым данным объединяющихся ближе к поверхности. В северной части трубка перекрыта базальтами мощностью ~80 м, в центральной – кимберлиты прорывают базальты и перекрыты только песками мощностью 11 м. Тем не менее, даже эта часть трубки по данным ДИП не выделяется (рис. 5, а).

Значительно эффективнее проявил себя в этих условиях метод переходных процессов (МПП): кимберлитовое тело, как открытая его часть, так и перекрытая базальтами, выделяется контрастной аномалией проводимости (см. рис. 5, б). В Анголе он является основным геофизическим методом поисков. Здесь с его помощью открыты десятки кимберлитовых тел. При заверке аэрогеофизических аномалий (комплекс аэрогеофизики включает магнитную съёмку и аэровариант МПП) наземная магнитная съёмка практически не используется – только МПП.

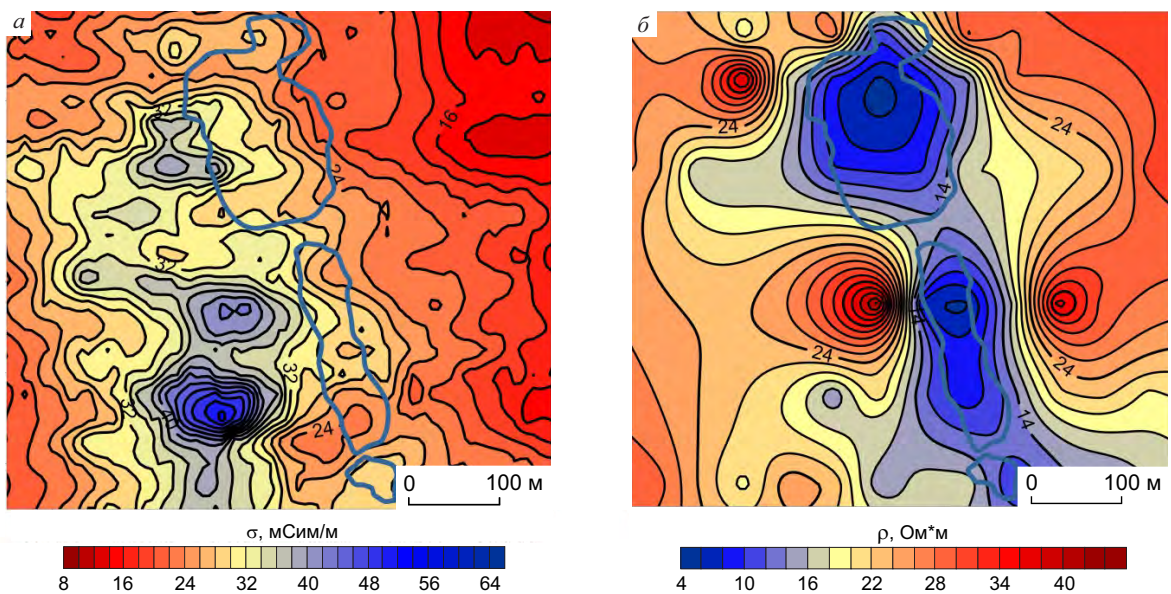
Анализ данных аэро- и наземной геофизики показал, что в условиях Анголы электроразведка МПП по количеству обнаруженных кимберлитовых тел превосходит магниторазведку. Следует отметить, что в Анголе для применения электроразведки существуют весьма благоприятные условия. По Африканскому континенту в целом эффективность магниторазведки и электроразведки МПП близка: примерно одинаковое число трубок выделяется одним из этих методов и не выделяется другим. Конечно, МПП – более затратный метод, чем ДИП, но имеет ряд преимуществ:

- убедительные сравнительные результаты работ (см. рис. 5);
- МПП – это зондирование, позволяющее строить геоэлектрические разрезы (рис. 6);
- разработанные программы качественной и количественной интерпретации;
- глубинность МПП с размером петли 50x50 м достигает 200–250 м.

По поводу глубины исследований необходимо подчеркнуть, что для поисков кимберлитовых тел она – важный, даже необходимый, но не решаю-



**Рис. 4. РЕЗУЛЬТАТЫ ДИПОЛЬНОГО ИНДУКТИВНОГО ПРОФИЛИРОВАНИЯ С АППАРАТУРОЙ GEONICS EM-34-3XL НА ОТКРЫТОЙ (а) И ПЕРЕКРЫТОЙ БАЗАЛЬТАМИ (б) КИМБЕРЛИТОВЫХ ТРУБКАХ (БОТСВАНА)**



**Рис. 5. РЕЗУЛЬТАТЫ ДИПОЛЬНОГО ИНДУКТИВНОГО ПРОФИЛИРОВАНИЯ С АППАРАТУРОЙ GEONICS EM-34-3XL (а) И МЕТОДА ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ С АППАРАТУРОЙ TEM-FAST 48 (б) НА КИМБЕРЛИТОВОЙ ТРУБКЕ, ЧАСТИЧНО ПЕРЕКРЫТОЙ БАЗАЛЬТАМИ (БОТСВАНА)**

щий и далеко не единственный фактор. С одной стороны, существует так называемая область экономической целесообразности, ограниченная глубиной залегания кимберлитов не более 200 м, с другой – геологические (геоэлектрические) факто-

ры. Возможность выделения кимберлитовых тел геофизическими методами определяется, как известно, различием физических свойств кимберлитов и вмещающих пород. Данные геофизических исследований скважин, лабораторных и полевых

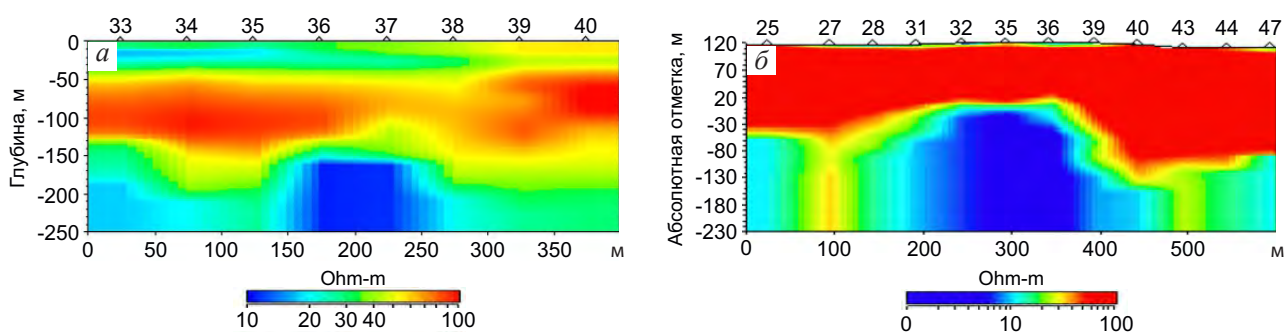


Рис. 6. ГЕОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ РАЗРЕЗЫ КИМБЕРЛИТОВЫХ ТРУБОК ПО ДАННЫМ МПП: АК10, БОТСВАНА (а) И ПИОНЕРСКАЯ, АРХАНГЕЛЬСКАЯ ОБЛАСТЬ (Н.А.Шрамков, 2008 г.) (б)

электроразведочных работ в Якутии, Архангельской области и на Африканском континенте свидетельствуют о том, что электрические свойства кимберлитов и их соотношение с вмещающими породами изменяются на разных горизонтах. Несмотря на различия, имеется и общая для всех регионов закономерность: максимальная контрастность по электрической проводимости между кимберлитами и вмещающими породами наблюдается в верхней части разреза и с глубиной она значительно ослабевает или полностью исчезает (рис. 7).

Кроме того, во всех известных нам районах с глубиной всё сильнее проявляется влияние водоносных горизонтов, что может снизить или полностью нивелировать различия электрических свойств кимберлитов и вмещающих пород. И, наконец, практически все кимберлитовые трубки представляют собой конус, сужающийся с глубиной, или воронку с раструбом у поверхности и тонким подводящим каналом на глубине. Таким образом, на глубоких горизонтах не только слабая контрастность физических свойств кимберлитов на фоне вмещающих пород, но и малые размеры кимберлитовых тел значительно снижают возможности геофизики.

В связи с этим поисковые методы наземной и аэроэлектроразведки не имеет смысла ориентировать на глубины более 200–250 м. Но в интервале от поверхности до этих глубин должны быть обеспечены высокое пространственное разрешение и детальность исследований как по горизонтали, так и по вертикали. Глубина исследований при этом, естественно, должна уверенно превышать мощность перекрывающих отложений.

Данные гравиразведки широко используются при региональных и среднемасштабных работах,

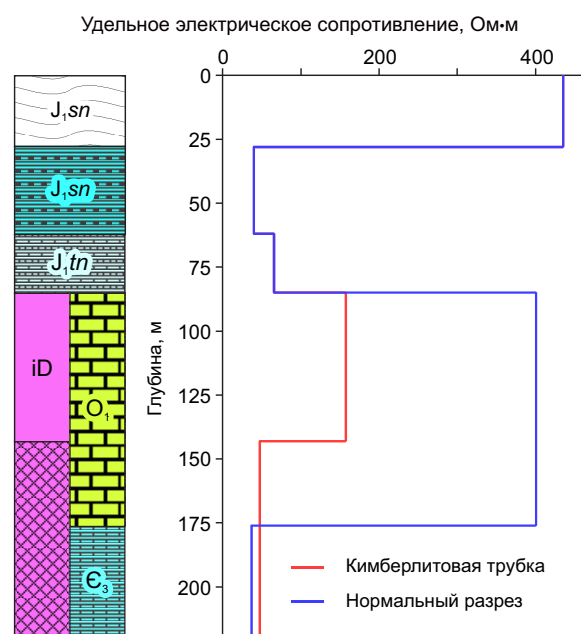


Рис. 7. ТИПИЧНАЯ ГЕОЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ КИМБЕРЛИТОВОЙ ТРУБКИ (iD) И НОРМАЛЬНОГО РАЗРЕЗА НА ПРИМЕРЕ ТРУБКИ БОТУОБИНСКАЯ, НАКЫНСКОЕ ПОЛЕ, ЯКУТИЯ

в том числе при прогнозировании коренной алмазоносности. Были попытки привлечь гравиразведку для детальных работ при поисках кимберлитовых трубок. Опытные работы на известных кимберлитовых трубках показали, что в некоторых случаях такая возможность существует, но в России метод не получил распространения отчасти вследствие трудоёмкости, отчасти из-за не всегда однозначных результатов.

На Африканском континенте, тем не менее, наземная гравиразведка традиционно применяется для разбраковки аэрогеофизических аномалий

компаниями De Beers и Petra Diamonds. Анализ имеющихся результатов показал, что в поле силы тяжести часть кимберлитовых тел отображается классическими отрицательными аномалиями, но нередко встречаются и положительные аномалии или тело в поле силы тяжести вообще не проявляется. Распространены также отрицательные аномалии, сходные по параметрам с аномалиями, соответствующими кимберлитам, но обусловленные иными причинами. То есть по данным наземной гравиразведки сложно сделать выводы о перспективности аномалии, и применение метода для прямых поисков кимберлитовых тел в качестве одного из основных нерационально.

Таким образом, наиболее эффективными геофизическими методами при поисках кимберлитов являются магниторазведка и электроразведка. В

сложных поисковых обстановках наиболее информативна электроразведка методом переходных процессов. При современном уровне аэромагнитной съёмки для наземной заверки выделенных аномалий в ряде случаев магниторазведку можно не проводить и ограничиться только электроразведкой.

Конечно, ряд компаний выполняют работы и другими методами (высокоразрешающая сейсморазведка, георадиолокация), а также многочисленными модификациями электроразведки. Но большинство из них либо находятся в стадии опытно-методических работ, весьма дороги и трудоёмки, либо показывают относительно неплохие результаты только на отдельных локальных площадях или даже на отдельных трубках и потому широкого применения не находят.

## GROUND GEOPHYSICAL SURVEYS IN KIMBERLITE BODIES PROSPECTING: RESULTS AND EFFICIENCY IN VARIOUS PROSPECTING ENVIRONMENTS

I.I. Mikoev

(Central Research Institute of Geological Prospecting for Base and Precious Metals, Moscow)

*Ground geophysical surveys in kimberlite bodies prospecting are carried out to evaluate prospects for anomalies identified by airborne geophysical surveys and select areas for confirmation drilling as well as at minor prospecting areas where airborne geophysical surveys are uneconomic.*

*The main, internationally adopted complex of ground geophysical methods includes magnetic survey, electrical prospecting of various types and, in some cases, gravity prospecting. Magnetic survey and electrical prospecting activities are most efficient in kimberlite prospecting. In complex prospecting environments, transient process method is most informative.*

*Keywords: geophysical methods, magnetic survey, electrical prospecting, kimberlites.*

## ПЕТРОГРАФО-МИНЕРАЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ИНДИКАТОРЫ ЗОЛОТОРУДНЫХ МЕСТО- РОЖДЕНИЙ И ИХ ПОИСКОВО-ОЦЕНОЧНОЕ ЗНАЧЕНИЕ (НА ПРИМЕРЕ НАТАЛКИНСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ, СЕВЕРО-ВОСТОК РОССИИ)

*По результатам анализа околорудных метасоматических, минералогических и геохимических ореолов золоторудного месторождения Наталка построены петрографо-минералого-геохимические модели и на их основе разработаны комплексы поисково-оценочных критериев как для эндогенного уровня (первичные ореолы), так и для зоны гипергенеза (вторичные ореолы и потоки рассеяния).*

*Ключевые слова: рудный объект, петрографо-минералого-геохимическая модель, первичные и вторичные ореолы, потоки рассеяния.*

Комплексное изучение околорудных метасоматических, минералогических и геохимических ореолов в коренном залегании и в зоне гипергенеза (вторичные ореолы и потоки рассеяния) проводилось на золоторудном месторождении Наталка Центрально-Колымского региона [7–9]. Целью исследований было построение эндогенных и экзогенных петрографо-минералого-геохимических моделей ожидаемых в районе рудных объектов. На месторождении прослежены изменения индикаторных минералого-геохимических характеристик в ряду сопряжённой системы: рудное тело+первичный ореол – вторичный ореол – поток рассеяния.

Наталкинское рудное поле расположено в юго-восточной части Яно-Колымского складчатого пояса в пределах Аян-Юряхского антиклинория, характеризующегося преимущественным развитием терригенно-сланцевых толщ пермского и триасового возраста. Рудное поле сложено верхнепермскими отложениями, подразделяемыми на четыре свиты (снизу вверх): тасскую (глинистые и углисто-глинистые сланцы с прослоями песчаников), атканскую (туфогенные сланцы), нерючинскую (глинистые сланцы с примесью туфогенного материала), кулинскую (песчаники, глинистые сланцы). Породы смяты в синклинальную складку, ограниченную продольными разрывами, инъецированы поясами даек спессартитов и диоритовых порфиритов. В размещении оруденения важная роль принадлежит двум рудоконтролирующим разломам северо-западного простирания – Главному и Северо-Восточному [3].

Выделяются следующие структурно-морфологические типы золотого оруденения: зоны метасоматического окварцевания; кварцевые жилы и линзы с чёткими границами; системы параллельных кварцевых жил и прожилков; штокверковые тела.

Формирование минеральных новообразований проходило в два этапа. В дорудный (метаморфогенный) этап образовались



**Миляев**

**Сергей Анатольевич**

кандидат геолого-минералогических наук  
ведущий научный сотрудник  
sermil52@yandex.ru

**Чекваидзе**

**Виктор Борисович**

доктор геолого-минералогических наук  
ведущий научный сотрудник  
chekvaidze@rambler.ru

**Исакович**

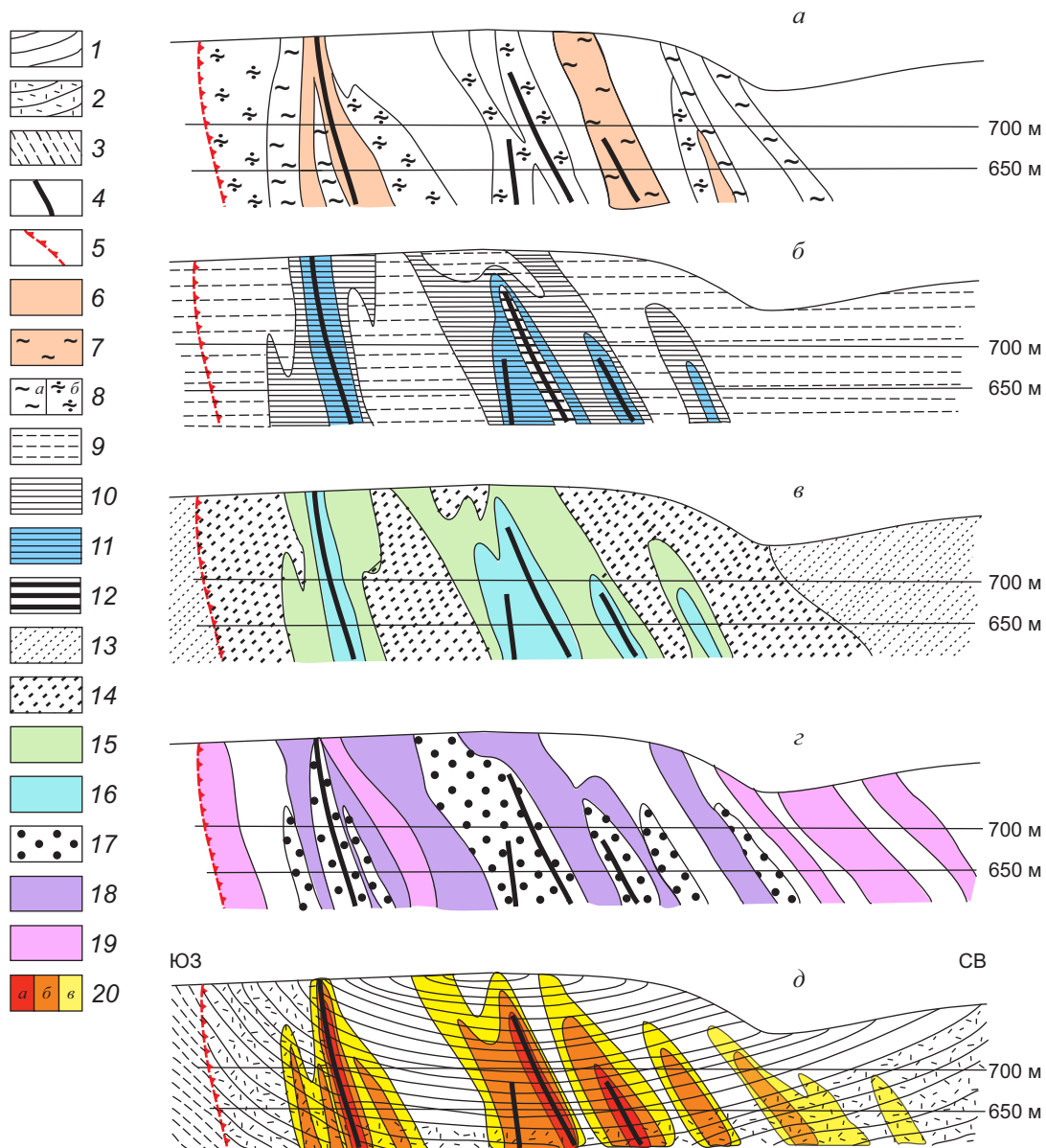
**Ирина Зигмундовна**

кандидат геолого-минералогических наук  
старший научный сотрудник

ФГБУ Центральный  
научно-исследовательский  
геологоразведочный институт  
цветных и благородных металлов,  
г. Москва







**Рис. 1. ЭНДОГЕННЫЕ МИНЕРАЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОРЕОЛЫ В ПОПЕРЕЧНОМ СЕЧЕНИИ НАТАЛКИНСКОГО ЗОЛОТО-КВАРЦЕВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ. РАЗВЕДОЧНАЯ ЛИНИЯ +55:**

*а* – метасоматические ореолы; *б* – ореолы прожилковой нерудной минерализации; *в* – ореолы рудной минерализации; *г* – геохимические ассоциации рудных элементов; *д* – геологический разрез и первичные ореолы золота; 1 – песчано-глинистые сланцы; 2 – туфогенные сланцы; 3 – глинистые и углисто-глинистые сланцы; 4 – рудные тела; 5 – Главный разлом; 6 – карбонат-альбит-кварцевые метасоматиты; 7 – совмещение серицитовых и альбитсодержащих метасоматитов; 8 – зоны повышенной (*а*) и слабой (*б*) серицитизации; 9 – нитевидные прожилки кварц-анкеритового состава (интенсивность развития ~1%); 10 – субпараллельные прожилки кварц-анкеритового состава (интенсивность развития 2–10%); 11 – система субпараллельных прожилков кварц-анкеритового состава (интенсивность развития 10–20%); 12 – штокерк кварцевых жил и прожилков интенсивностью до 50%; 13 – просечки, вкрапленность пирротина; 14 – прожилки пирит-марказита по пирротину (ореолы дисульфидизации пирротина); 15 – рассеянная вкрапленность метакристаллов пирита, игольчатого арсенопирита, сфалерита, халькопирита; 16 – пирит-арсенопиритовая минерализация; поля ассоциаций рудных элементов: 17 – золота, мышьяка, вольфрама, 18 – серебра, свинца, меди, цинка, 19 – ореолы ртути; 20 – первичные ореолы Au с содержаниями >300 (*а*), 30–300 (*б*), 10–30 (*в*), мг/т

две ассоциации, связанные с региональным метаморфизмом, – прогрессивная (биотит, пирротин) и регрессивная (хлорит по биотиту, мусковитовидный серицит, метаморфогенный пирит). В пространственном распределении ассоциаций обнаруживается отчётливая зональность: с приближением к участку месторождения последовательно сменяют друг друга зоны биотита, хлорита и мусковитовидного серицита. Последняя непосредственно переходит в ореол околорудных изменений [8].

Собственно рудный этап подразделяется на четыре стадии:

- прерудного кислотного выщелачивания-осаждения;
- сульфидно-кварцевую;
- полисульфидную (продуктивную);
- пострудную.

Первая стадия характеризует период формирования основной массы околорудных метасоматитов, близких к формации листвениито-березитов. При этом достаточно чётко дифференцируются продукты гипогенного кислотного выщелачивания (серицитизированные породы) и продукты осаждения вынесенных компонентов (в разной степени альбитизированные породы, вплоть до альбититов). Сульфидно-кварцевая стадия определяет появление двух минеральных ассоциаций: пирит-арсенопиритовой (с альбитом, анортоклазом, хлоритом) и существенно кварцевой. Обе ассоциации в незначительном количестве содержат самородное золото. В полисульфидную (продуктивную) стадию возникли золото-арсенопирит-кварц-анкеритовая ассоциация (с галенитом, сфалеритом, халькопиритом, шеелитом, пиритом). Пострудная стадия выразилась в появлении поздних кальцитовых прожилков, содержащих незначительные количества пирита и кварца.

По ландшафтно-геохимическим условиям площадь рудного поля находится в горно-таёжных районах с устойчивой многолетней мерзлотой. Элювио-делювиальные образования (кора выветривания) состоят из грубообломочного материала; доля фракции <1,0 мм не более 25–30%. Мощность элювио-делювия на водоразделах и верхних частях склонов равна 1–2 м, к подножию увеличивается до 4–5 м. Изученные речные долины I–III порядков имеют, как правило, V-образный профиль. Аллювий представлен валунно-галечным, гравийно-песчаным, реже илисто-глинистым материалом.

В коренном залегании околорудные метасоматические ореолы представлены линейными зонами серицитизации терригенных пород, интенсивность проявления которой возрастает в сторону рудных зон от первых процентов до 30% и более (от общего объёма вмещающих пород). В непосредственном обрамлении рудных зон на уровне современного эрозионного среза фиксируются тела альбитовых кварцитов (анкерит-кварц-альбитовых метасоматитов), чередующихся с блоками серицитизированных пород или полностью их вытесняющих (рис. 1, а). В глубинных зонах соотношения серицитизированных и альбитизированных пород носят более сложный характер [6].

В направлении восстания рудоносных структур мелко-среднезернистые разности альбитовых кварцитов сменяются тонкозернистыми, вплоть до скрытокристаллических (в надрудных интервалах). Мощность тел альбитовых кварцитов колеблется от первых сантиметров до 20–30 м.

Минералогические ореолы нерудной прожилковой минерализации [1, 7] во внешних зонах состоят из нитевидных прожилков анкерита (<5% от объёма пород). В сторону рудных зон интенсивность прожилкования возрастает, а в прожилках преобладают кварц, карбонаты (анкерит, железистый кальцит, кальцит). В центральной зоне распространены прожилки кварц-альбит-калишпат-анкеритового состава, содержание которых достигает 20–50% (см. рис. 1, б).

Сульфидная минерализация во внешней зоне представлена дисульфидами железа (пирит, марказит) с многочисленными реликтами пирротина. В центральной зоне развивается рассеянная вкрапленность метакристаллов пирита с зональной структурой агрегатов. Наблюдается эпизодическая вкрапленность арсенопирита, сфалерита и халькопирита (см. рис. 1, в).

Первичные геохимические ореолы характеризуются слабо проявленной латеральной и вертикальной геохимической зональностью. Латеральная зональность выражена в смене ассоциаций химических элементов от «рудной» (Au, As, W) в центральной зоне к «полиметаллической» (Pb, Ag, Cu, Zn, Ba) и ртутной во внешней (см. рис. 1, г). Вертикальная геохимическая зональность месторождения Наталка (снизу вверх): W–Co–Zn–As–Au–Ag–Cu–Mo–Pb–Ba–Hg.

Рудные тела или первичные ореолы, выведенные на уровень денудационного среза, обеспечи-

вают формирование вторичных ореолов рассеяния месторождения в качестве устойчивых геологических образований зоны гипергенеза, подчиняющихся вполне определённым закономерностям. В зоне гипергенеза околорудные метасоматические и минералогические ореолы рассеяния изучались с помощью брикетов-шлифов и брикетов-аншлифов, изготовленных из обломочной фракции (1–3 мм) литохимических проб, отобранных с поверхности элювио-делювия. Некоторые результаты выполненных исследований приведены на рис. 2 в виде сопоставления околорудных метасоматических, минералогических и геохимических ореолов в коренном залегании и во вторичных ореолах рассеяния.

Наиболее информативные параметры *вторичных околорудных метасоматических ореолов* – интенсивность серицитизации и количество обломков альбитсодержащих метасоматитов, характеризующие рудные зоны месторождения (см. рис. 2, а). Бесспорно выявляется близость контуров зон серицитовых и альбит-кварцевых метасоматитов на эндогенном и гипергенном уровнях. Наблюдается некоторое расширение контуров вторичных метасоматических ореолов по отношению к исходным зонам изменения, в ряде случаев теряется чёткость ограничения отдельных зон и при их частой перемежаемости в элювио-делювии фиксируется ореол смешанных обломков и тех и других разновидностей метасоматитов. В целом, рассматриваемые геологические и ландшафтные обстановки отличаются высокой степенью соответствия первичных и вторичных околорудных метасоматических ореолов.

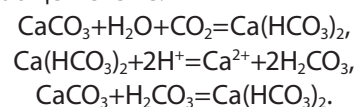
Индикаторная роль *вторичных минералогических ореолов* рассеяния в зоне гипергенеза значительно снижается в связи с разложением большей части карбонатов и сульфидов. В то же время, возможно проводить идентификацию отдельных рудных зон по наличию в обломках ряда минералов, типоморфных для оруденелых участков, или по продуктам их гипергенного разложения. Устойчивое присутствие в обломках серого рудного кварца с пустотами выщелачивания, заполненными скоплениями гидроксидов железа и марганца, является благоприятным признаком наличия оруденения золото-кварцевого типа (см. рис. 2, б). Рудные зоны, выходящие на поверхность или же находящиеся в близком залегании от неё, обнаруживаются в зоне гипергенеза по появлению в облом-

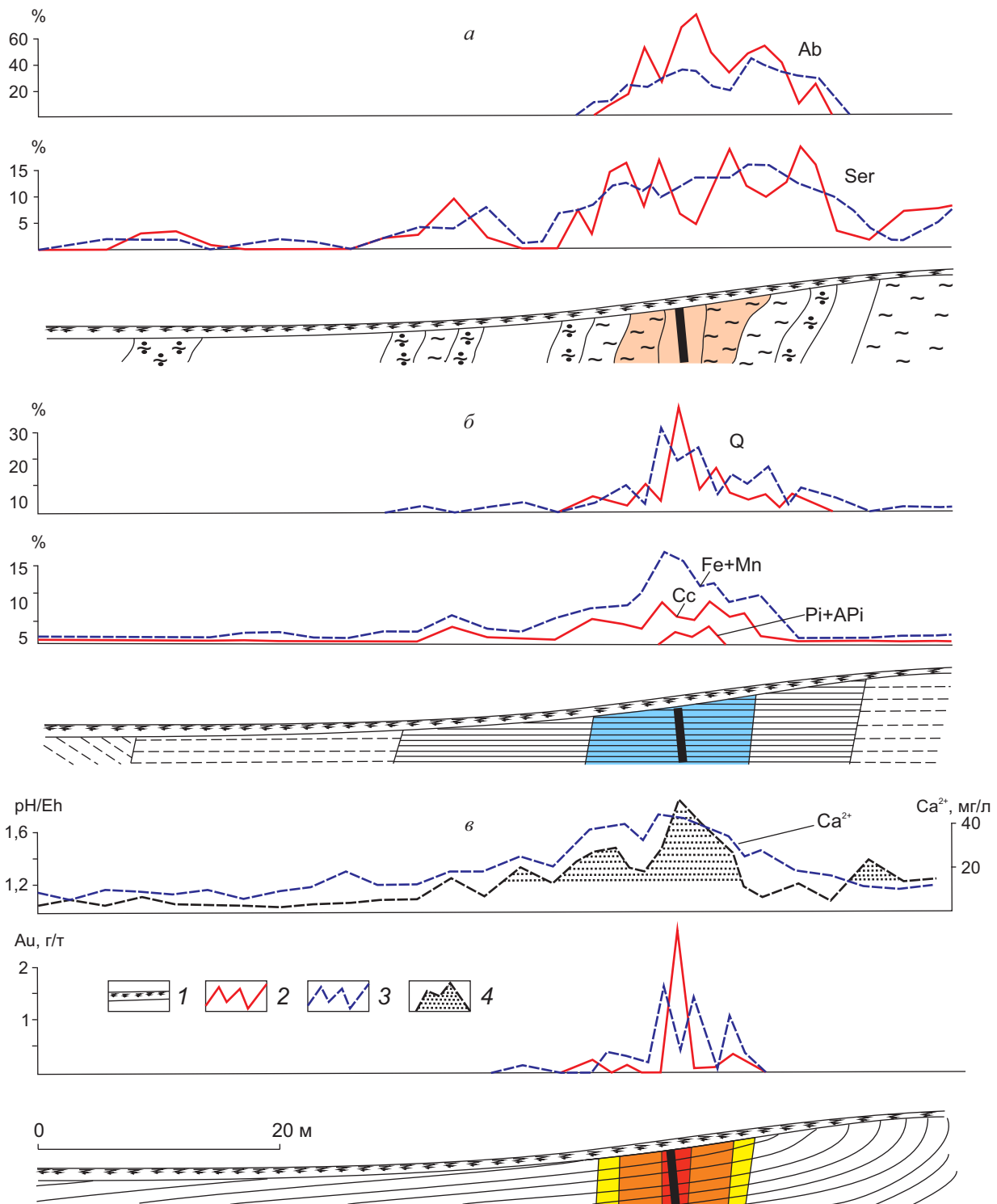
ках кварца вкрапленности арсенопирита, пирита, а также эпизодических включений халькопирита и железистого кальцита.

*Вторичные геохимические ореолы* рассеяния сохраняют высокую контрастность в зоне гипергенеза (см. рис. 2, в). Наиболее протяжённые вторичные ореолы образуют Au, As, W. Элементы-спутники (Ag, Hg, Pb, Zn, Cu), характеризуются невысокими содержаниями в коренном залегании, формируют непротяжённые слабоконтрастные вторичные ореолы. Морфология вторичных ореолов в плане подчиняется строению рудных зон. Результаты исследования геохимического состава вторичных ореолов показали высокую степень сходства с составом коренного оруденения. Незначительное перераспределение химических элементов в процессе гипергенного ореолообразования подтверждается близкими к единице значениями коэффициентов остаточной продуктивности [5], определяемых по отношению количества металла в ореоле рассеяния и в коренном залегании.

Ионно-потенциометрические исследования зон гипергенеза [2] показали наличие в пределах месторождения аномалий ионов  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{I}^-$ ,  $\text{Br}^-$ . Наиболее отчётливо рудные зоны проявлены в полях потенциалов pH и Eh. В пределах рудных зон отмечается увеличение pH до 7,5–8,5 (щелочная реакция среды) при фоновых значениях  $5,6 \pm 0,64$  (слабокислая реакция среды). Окислительно-восстановительный потенциал в области фона имеет величину Eh  $338 \pm 52$  мВ. В элювио-делювии рудных зон Eh понижается до 170–200 мВ.

Эффект протекания реакции окисления в щелочных условиях при более низких значениях Eh, чем в кислых, хорошо известен [4]. Присутствие в почвенных растворах над рудными зонами изученных объектов повышенных концентраций щелочных и щёлочноземельных элементов (Ca, Mg, Na), являющихся сильными восстановителями, приводит к падению Eh растворов с одновременным разложением воды и выделением из неё водорода. В этом случае (например, для карбоната кальция) в почвенных растворах в пределах рудных зон, будет широко представлена буферная система из угольной кислоты и её кальциевой соли – бикарбоната кальция, образование которых протекает по общей схеме:





**Рис. 2. СООТВЕТСТВИЕ ПЕРВИЧНЫХ И ВТОРИЧНЫХ ОКОЛОРУДНЫХ МЕТАСОМАТИЧЕСКИХ (а), МИНЕРАЛОГИЧЕСКИХ (б) И ГЕОХИМИЧЕСКИХ (в) ОРЕОЛОВ ПО ПРОФИЛЮ НА ЮГО-ВОСТОЧНОМ ФЛАНГЕ ИЗУЧАЕМОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ:**

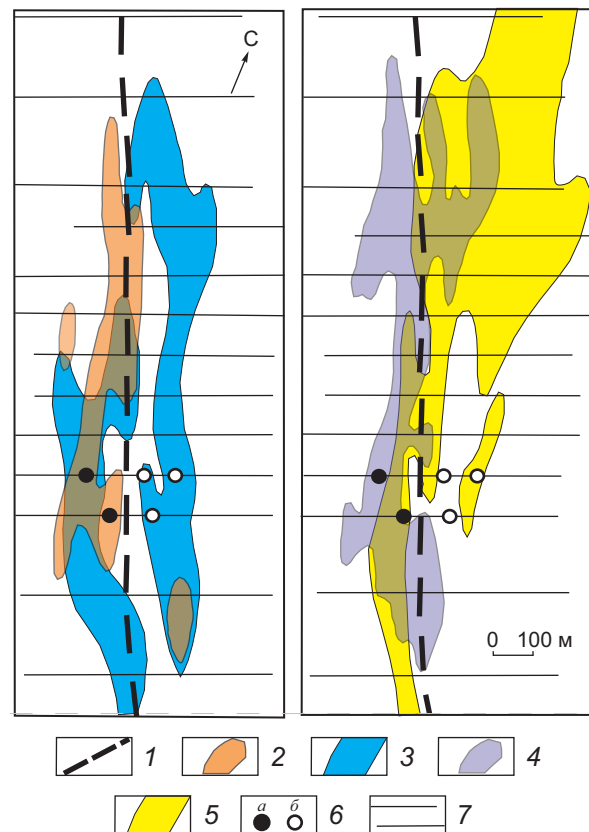
Ab – альбитизация; Ser – серицитизация; Q – жильный кварц; Pi+APi – сульфиды (пирит+арсенопирит); Cc – карбонаты (анкерит+железистый кальцит); Fe+Mn – гидроксиды железа и марганца; 1 – рыхлые образования; графики изменения по профилю: 2 – в коренном залегании, 3 – в элювио-делювии; 4 – поле аномальных значений pH/Eh; остальные усл. обозн. см. рис. 1

Щелочная обстановка конечных продуктов реакции определяется соотношением бикарбоната кальция к его карбонату. Образующаяся угольная кислота ( $H_2CO_3$ ) полностью нейтрализуется  $CaCO_3$ , вследствие чего в почвенных растворах наблюдаются дефицит иона  $H^+$  (повышение pH) и избыток ионов  $Ca^{2+}$ .

В пределах профиля на юго-восточном фланге месторождения (см. рис. 2, в) положительные аномалии образуют показатель pH/Eh и катион  $Ca^{2+}$ . Для усиления полезного сигнала выявляемых над рудными телами аномалий pH и Eh предложено рассчитывать показатель pH/Eh. В целях обеспечения безразмерности показателя и необходимости сопоставления аномалий в различных ландшафтных обстановках значения pH и Eh предварительно нормируются к их локальному фону.

Результаты экспериментов по привлечению модельных характеристик для интерпретации аномалий рассмотрены на примере участка Купольный. Участок протягивается на 0,8–1 км вдоль восточного фланга Наталкинского месторождения, приурочен к зоне разлома северо-западного направления в осадочных толщах позднепермского возраста. Установлен нами в процессе мелкомасштабных рекогносцировочных работ по появлению в единичных пробах с поверхности аномальных содержаний Au, As и W в сочетании с наличием обломков альбитовых метасоматитов [9]. После получения первых результатов на площади была проведена ионно-потенциометрическая съёмка м-ба 1:10 000, по данным которой непосредственно в поле по контуру показателя pH/Eh предварительно определены границы потенциально рудоносной площади (рис. 3). Последующее использование полного комплекса минералого-геохимических методов позволило выявить вторичные ореолы рассеяния Au ( $C_{max}$  3,88 г/т), As, W, Hg. В процессе анализа брикетов-шлифов выделены две зоны альбитовых кварцитов (до 60% в составе обломков), совмещающихся с повышено-серичитизированными породами. Этим зонам в брикетах-аншлифах соответствуют максимумы накопления жильного кварца, гидроксидов железа, марганца, а в отдельных случаях остатков арсенопирита.

На основании петрографо-минералого-геохимической модели коренного оруденения [7, 8] с помощью набора информативных поисково-оценочных критериев представлено обоснование для проведения буровых работ. Вновь пробуренными



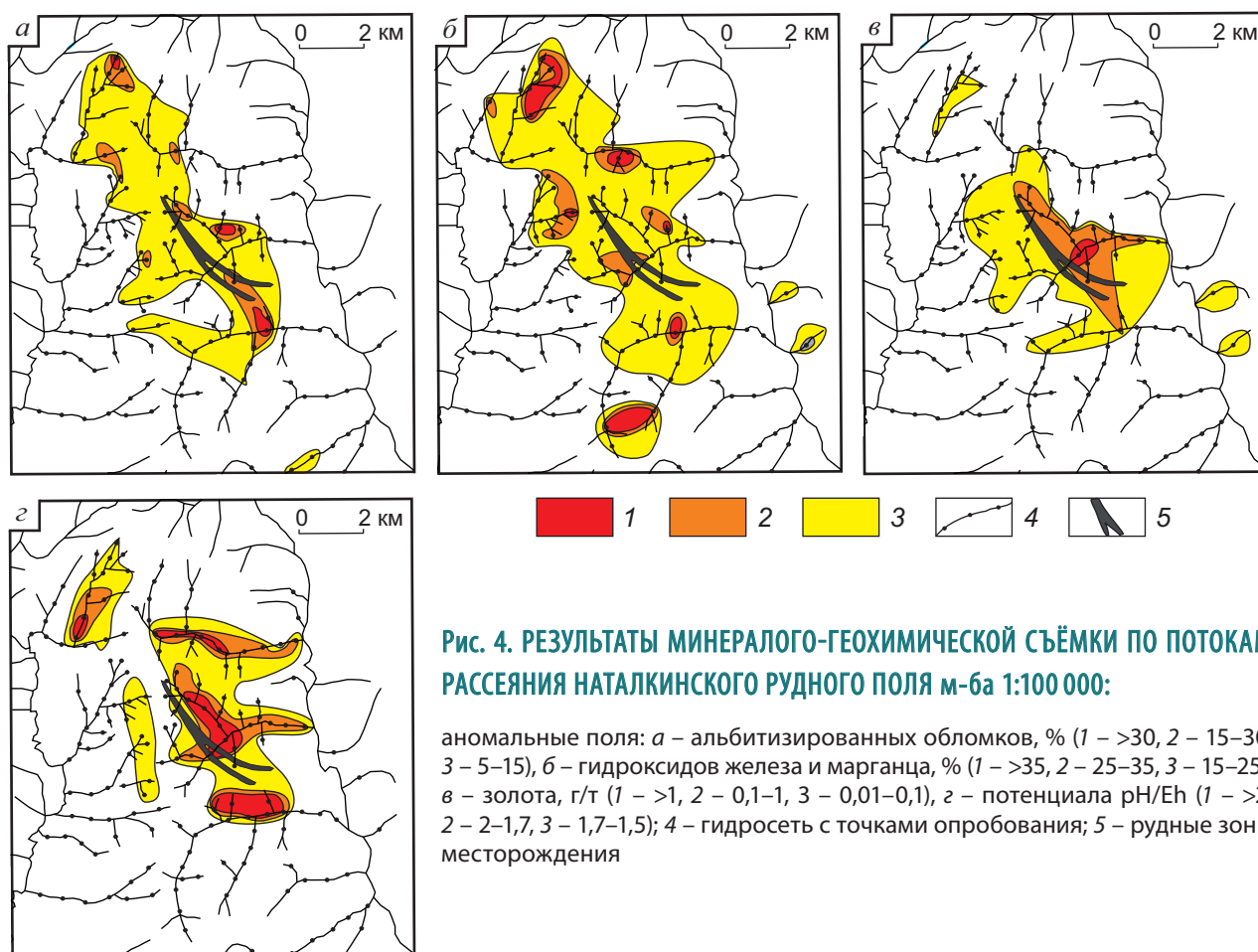
**Рис. 3. ВТОРИЧНЫЕ МИНЕРАЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОРЕОЛЫ РАССЕЯНИЯ УЧАСТКА КУПОЛЬНЫЙ:**

1 – Центральный разлом; аномалии: 2 – потенциометрического показателя pH/Eh >1,5, 3 – обломков альбитовых метасоматитов (10–60%), 4 – ртути (0,02–0,2 г/т), 5 – золота (0,1–1 г/т); 6 – поисковые скважины с промышленными рудными подсечениями (а), эндогенными минералого-геохимическими ореолами (б); 7 – профили минералого-геохимической съёмки

скважинами на участке Купольный были вскрыты промышленные золоторудные тела.

Преобладание механических форм рассеяния минералов и рудных элементов при подчинённой роли гидрохимических процессов особенно отчётливо проявляется при формировании потоков рассеяния большинства рудных месторождений и в большинстве районов. Минералого-геохимические потоки рассеяния месторождения Наталка фиксируются чётко и имеют комплексный состав, отвечающий минеральному и химическому составам коренного оруденения.

В условиях расчленённого рельефа формируются высококонтрастные потоки рассеяния околорудных метасоматитов, среди которых ведущее



значение имеют потоки альбита и серицита – основных минералов околорудных метасоматических ореолов. Аномальное поле потоков рассеяния альбита (рис. 4, а) вытянуто в северо-западном рудоконтролирующем направлении. Максимальные содержания в них обломков альбитизированных пород составляют 40%. Потоки рассеяния серицита с содержаниями до 80% от общего объёма проб отмечаются в руслах рек, непосредственно примыкающих к месторождению. Как и для альбита, протяжённость потоков рассеяния серицита составляет не более 2 км.

Протяжённые минералогические потоки рассеяния отмечаются для гидроксидов железа и марганца, определяемых в брикетах-аншлифах (см. рис. 4, б). Площадь развития аномалий названных компонентов по результатам наблюдений составила 45 км<sup>2</sup>. Максимальные содержания гидроксидов железа и марганца в брикетах-аншлифах достигают 60%, что значительно превышает тако-

вые содержания во вторичных минералогических ореолах рассеяния.

Высококонтрастные геохимические потоки рассеяния формируют основные рудные элементы – Au и As. Протяжённость потоков Au первые километры, максимальные содержания 1 г/т и более (см. рис. 4, в). По протяжённости потоки рассеяния As превосходят потоки золота и составляют 4–6 км, что связано с большей долей солевого рассеяния мышьяка по сравнению с золотом. Максимальные содержания мышьяка в руслах первого порядка 3000 г/т при фоновых значениях 15 г/т. Помимо потоков рассеяния элементов, наблюдаются также потоки рассеяния ионов и потенциалов. Среди последних наиболее контрастные и протяжённые аномалии отмечены для показателя рН/Еh (см. рис. 4, з).

Проведённые работы по изучению потоков рассеяния с привлечением комплекса минералов, химических элементов, ионов и потенциалов –

индикаторов золото-кварцевого оруденения – показали, что кроме элементов (Au, As, W, Ag и др.), полезную информацию о составе оруденения несут окolorудные изменённые породы, рудосопромогающие минералы и потенциалы pH и Eh. По данным ионно-потенциометрии и минералогического анализа (определение гидроксидов Fe и Mn) возможно получение предварительных результатов с определением контуров потенциальных рудных полей непосредственно в поле. С большей достоверностью может быть проведён прогноз ожидаемого типа золотого оруденения. В частности, наталкинский (золото-кварцевый) тип достаточно уверенно диагностируется по аномальным содер-

жаниям альбитизированных и серицитизированных обломков в сочетании с положительными аномалиями pH/Eh, что полностью соответствует минералого-геохимической модели объекта [7, 8].

По комплексным минералого-геохимическим данным возможно более надёжно производить отбраковку ландшафтных и техногенных аномалий, так как для них совершенно не характерно наличие окolorудных метасоматических и минералогических ореолов. Приведённый пример минералого-геохимической съёмки по потокам рассеяния показывает достаточно высокую степень информативности предлагаемого комплекса методов при оценке литохимических аномалий.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Исакович И.З. Ореолы нерудной прожилковой минерализации на полиметаллических и золоторудных месторождениях и их прогнозно-поисковое значение. – М.: Бородино-Е, 2009.
2. Миляев С.А., Чекваидзе В.Б. Применение ионно-потенциометрического метода при поисках золоторудных месторождений в терригенно-сланцевых толщах (на примере Центральной Колымы) // Отечественная геология. 2007. № 4. С. 52–59.
3. Многофакторная модель золоторудного месторождения Наталка / С.Ф.Стружков, М.В.Наталенко, В.Б.Чекваидзе и др. // Руды и металлы. 2006. № 3. С. 34–44.
4. Перельман А.И. Геохимия элементов в зоне гипергенеза. – М.: Недра, 1972.
5. Соловов А.П. Геохимические методы поисков месторождений полезных ископаемых – М.: Недра, 1985.
6. Чекваидзе В.Б. Метасоматическая вертикальная зональность березитов на золоторудных месторождениях // Руды и металлы. 2017. № 3. С. 62–67.
7. Чекваидзе В.Б., Исакович И.З., Миляев С.А. Минералого-геохимические ореолы Наталкинского золоторудного месторождения // Руды и металлы. 1999. № 6. С. 43–50.
8. Чекваидзе В.Б., Миляев С.А., Исакович И.З. Комплексная петрографо-минералого-геохимическая методика поисков золоторудных месторождений. – М.: Бородино-Е, 2004.
9. Чекваидзе В.Б., Миляев С.А., Исакович И.З. Оценка геохимических аномалий золоторудных полей на основе петрографо-минералого-геохимических моделей рудных объектов // Руды и металлы. 2017. № 4. С. 99–101.

## PETROGRAPHIC-MINERALOGICAL AND GEOCHEMICAL INDICATORS OF GOLD DEPOSITS AND THEIR PROSPECTING SIGNIFICANCE (CASE STUDY OF NATALKINSKOE ORE FIELD, NORTHEAST RUSSIA)

S.A.Milyaev, V.B.Chekvaidez, I.Z.Isakovich  
(Central Research Institute of Geological Prospecting for Base and Precious Metals, Moscow)

*According to the results of a systematic analysis of circum-ore metasomatic, mineralogical and geochemical haloes of Natalka gold deposit, petrographic-mineralogical-geochemical models were built and a set of prospecting and evaluation criteria for both endogenous level (primary haloes) and supergene zones (secondary haloes and scattering flows) was developed on their basis.*

*Key words: ore deposit, petrographic-mineralogical and geochemical model, primary and secondary haloes, scattering flows.*

## ПОИСК «СЛЕПЫХ» ЗОЛОТОРУДНЫХ ТЕЛ ЖИЛЬНОГО ТИПА

*Показано, что для четырёх главных экономически важных промышленных типов месторождений золота прогнозирование и поиск «слепых» рудных тел осуществляются исходя из закономерностей размещения оруденения, определённых для верхних разведанных горизонтов. Месторождения, сформировавшиеся на больших глубинах, характеризуются значительным вертикальным размахом оруденения – 3,5 км, позволяющим надёжно вести поиск «слепых» рудных тел. Близкоповерхностные месторождения золото-серебряных и теллуридных руд отличаются малым вертикальным размахом оруденения, составляющим 1,0–1,5 км. Впервые выявлено, что оруденение на участках месторождений, развившихся в породах вулкано-тектонических построек, локализуется на двух вертикальных уровнях, разделённых безрудным пространством. На верхнем уровне оруденение размещается в сотнях метров от палеоповерхности и (при малой эрозии) от современной поверхности, на нижнем – в 600–1000 м от поверхности. «Слепые» золоторудные тела и тех и других месторождений располагаются в пределах структурных ловушек, среди которых установлено шесть–семь наиболее часто наблюдающихся.*

*Ключевые слова: месторождения, золоторудные тела, «слепое» оруденение, руды, минералы, золото, серебро, теллуриды.*

Проблемы поиска «слепых» золоторудных тел обычно возникают на рудниках с существенно истощёнными запасами руд на разведанных уровнях. Эти проблемы наиболее характерны для месторождений с рассредоточенным оруденением и проявленным в виде системы многочисленных разобщённых золоторудных тел, иногда локализованных на нескольких удалённых друг от друга участках. На таких рудниках полная отработка одного рудного тела вызывает необходимость освоения новых участков, строительства новых путей для доставки руды, а нередко и изменения методов обогащения и переработки руд. Поэтому открытие нового рудного тела вблизи или глубже эксплуатируемого может сохранить используемую налаженную методику отработки руд и значительные капвложения. Доразведка глубоких горизонтов и фланговых частей рудоносных участков наиболее рациональна и экономична только при наличии накопленных в процессе геологических работ сведений о признаках и предпосылках обнаружения новых рудных тел.

В начале поисковых работ, нацеленных на выявление «слепых» рудных тел, нужно достоверно определить принадлежность месторождения к объектам глубинного или близкоповерхностного происхождения. Вертикальный размах близкоповерхностных золоторудных месторождений составляет иногда всего первые сотни метров, и поиск руд на глубине 300–500 м от современной поверхности может быть неудачным из-за отсутствия здесь усло-



**Некрасов  
Евгений Михайлович**  
ведущий научный сотрудник  
nekrasov@mineral.ru

ФГУНПП «Аэрогеология»,  
г. Москва





вий для их образования. Возможно, что руды просто не возникали на указанном интервале.

Что касается глубинных объектов, то их руды формируются в интервале до 3 км и более. Например, на месторождении Колар в Дарварской золотоносной провинции Южной Индии они залегают на глубине около 3,5 км от современной поверхности. Причина того, что в настоящее время они не отрабатываются, заключается в нерентабельности их эксплуатации, так как стоимость извлечения и транспортировки с большой глубины превышает стоимость получаемого золота.

Приуроченность золоторудных тел к комплексу благоприятных пород существенно облегчает их обнаружение. Подобные комплексы, как правило, легко картируются и нередко нарушают монотонность, однородность рудовмещающей среды. Некоторые литологические и магматические образования также выступают в качестве локализаторов, концентраторов «слепого» оруденения. Поскольку масштаб образований намного превосходит рудные тела, то, будучи отражёнными на прогнозных разрезах и планах, они сравнительно легко обнаруживаются на глубине и поддаются поисковому бурению. Наличие благоприятных литологических пород и магматических образований служит, таким образом, прямым поисковым признаком. Примером прогнозирования «слепых» золоторудных тел служит Каральвеемское месторождение, где пологопадающие золоторудные тела периодически устанавливаются в выдержанных прослоях триасовых песчаников на всё более глубоких его горизонтах. При этом тела размещаются висячем боку разломов, пересекающих прослои песчаников. Очевидно, при прогнозировании необходимо учитывать рудоконтролирующее значение разломов и рудовмещающую роль ответвляющихся от них боковых трещин, часто расположенных в их висячем боку.

Совершенно иная и более сложная обстановка наблюдается при наличии монотонной и однородной геологической среды. В этом случае поиски может облегчить только детальное изучение пространственных взаимоотношений рудоконтролирующих разломов и менее протяжённых нарушений, а также отделяющихся от них боковых склонов и рудных тел, залечивающих зоны боковых склонов. При этом должен быть широко использован мировой опыт, раскрывающий особенности размещения золоторудных тел. Очевидно, в данной об-

становке при прогнозировании «слепого» оруденения в первую очередь рассматриваются рудно-структурные условия образования руд. Как правило, они должны раскрывать закономерности размещения золоторудных тел, которые существовали и многократно повторялись на ряде месторождений сходного типа и облика. Многократно наблюдаемые повторяющиеся сочетания рудоконтролирующих нарушений с отделяющимися от них боковыми оруденелыми разрывами должны служить прямыми поисковыми признаками «слепых» золоторудных тел на горизонтах месторождений, расположенных ниже разведанных уровней. В работе [18] предложено именовать подобные благоприятные сочетания разрывов и связей рудоконтролирующих и рудовмещающих нарушений и залечивающих их рудных тел структурными ловушками. Ловушки обнаруживаются на участках золоторудных месторождений всех известных геолого-промышленных типов (ГПТ), принадлежащих к эндогенному классу и имеющих как важное геолого-промышленное (четыре типа), так и второстепенное (пять типов) значение [11–14, 16].

Прежде чем прогнозировать и, тем более, производить поиск и разведку глубоких горизонтов месторождения в целях выявления «слепых» золоторудных тел, необходимо, во-первых, определить, выгодно ли добывать и транспортировать руду с этих горизонтов и, во-вторых, достаточно чётко установить принадлежность месторождения к ГПТ.

В связи с этим напомним, что предложенная в своё время систематика золоторудных месторождений с оценкой их промышленного значения [11–14] разработана на основании принципов, намеченных ещё М.М.Константиновым и др. [10]. Согласно последним и [6], ГПТ месторождений наиболее разительно отличаются друг от друга при выдвижении на первый план принципа размещения их в неодинаковой рудовмещающей среде или, как сейчас принято считать, в различных структурно-вещественных комплексах пород (таблица). При этом для каждого выделенного ГПТ было рассчитано его промышленное значение в виде доли в мировой добыче золота в тоннах, что выгодно отличало данную систематику. Отметим, что граница между промышленно важным и второстепенным типами составляет по расчётам не менее 4% мировой добычи. При отличии каждого типа месторождения по набору специфических геологических черт и особенностей промышленная значимость

## РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МИРОВЫХ ЗАПАСОВ И ДОБЫЧИ ЗОЛОТА ПО ВАЖНЕЙШИМ ТИПАМ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЗОЛОТЫХ И ЗОЛОТОСОДЕРЖАЩИХ РУД В 2016 Г. [12, 16]

Геолого-промышленные типы месторождений золота и золотосодержащих руд	Добыча, т		Максимальная глубина распространения руд от поверхности, км	Месторождения-гиганты и крупнейшие месторождения с суммой остаточных запасов и ресурсов золота около и более 1000 и 300 т
	2011 г.	2016 г.		
Группа экономически важных ГПТ эндогенных собственно золоторудных месторождений				
Месторождения близповерхностных золото-серебряных и золото-теллуридных руд в породах вулкано-тектонических построек	420	470	1,0–1,2	Янакоча (Перу), 2000; Лихир (Папуа-Новая Гвинея), 1500; Паскуа-Лама (Чили), 800; Пеньяскито (Мексика), 700; Фрута-дель-Норт (Эквадор), 320; Купол (Россия), ~250
Месторождения в углеродсодержащих песчанико-сланцевых и песчанико-сланцево-сланцево-филлитовых комплексах пород	320	380	2,0–2,3	Мурунтау (Узбекистан), 1500–2000; Наталкинское (Россия), 1600; Сухой Лог (Россия), 1900; Ашанти (Гана), 900; Телфер (Австралия), 700; Нежданнинское (Россия), 650; Рио-Паракуту (Бразилия), 750; Кисладаг (Турция), 400; Дегдекан (Россия), 400
Месторождения в регионально метаморфизованных терригенно-вулканогенных комплексах пород архейских зеленосланцевых поясов	335	370	3,3–3,5	Калгурли (Австралия), 200–300; Боддингтон (Австралия), 500–700; Детур-Лейк (Канада), 550; Киттила (Финляндия), 480; Кибали (ДРК), 450
Месторождения джаспероидных руд пластового и секущего типов в терригенно-карбонатных комплексах пород	225	250	1,2–2,4	Голдстрайк (США), 500; Кортез (США), 650; Ханкрофт (США), 450; Гетчел-Туркойз-Ридж (США), 300; Ливентуд (США), 320; Олимпиадинское (Россия), 350
Месторождения в породах хрупких геологических образований – малых интрузивах, поясах и сериях даек	100	150	2,2–2,3	Донлин-Крик (США), 1210; Линлун-Фушань (Китай), 180; Васильковское (Казахстан), 450; Сукари (Египет), 400; Чармитан (Узбекистан), ~280
Итого	1400	1620		
Пластовые метаморфогенные месторождения в слоях золотосодержащих конгломератов	230*	160		Месторождения Витватерсранда (ЮАР), 15 000; месторождения Парквы (Гана): Тарква, Даманг, Идуаприем, 1000; Жакобина (Бразилия), ~200
Месторождения золотосодержащих медно-порфириновых, медно-колчеданных и медно-никелевых руд	410*	440		Пибл (США, Аляска), ~4000; Грасберг (Индонезия), 3500; Олимпик-Дем (Австралия), 3500; Ую-Толгой (Монголия), 1700; Реко-Дик (Пакистан), 1700
Россыпи золота	170*	130		Китай, 1500; Россия, 1200; Бразилия, ~1800; Венесуэла, Перу, Чили 800–1000; Юго-Восточная Азия, 1200; прочие, ~1000
Группа экономически второстепенных ГПТ месторождений	570*	870		
Мировая добыча, всего	2780	3220		

\* Уточнённые данные.

его, в первую очередь, определяется быстротой и рентабельностью разведки, освоения и извлечением существенных масс золота сравнительно дешёвыми методами. Выяснилось также, что только представители экономически важных ГПТ могут иметь запасы и ресурсы золота, достигающие и превышающие в сумме на месторождениях-гигантах 1000 т металла, а на прочих крупнейших месторождениях – до 300 т золота и более [16].

В группу экономически важных в систематику включены, кроме того, месторождения золотосодержащих руд: медно-порфировые, гидротермальные медно-колчеданные и магматические медно-никелевые, а также метаморфогенного типа – пластовые месторождения золотоносных конгломератов и золотоносные россыпи. Доля добычи золота и тех и других существенно превышает 4% мировой, а запасы их необходимо учитывать при оценке промышленного значения и, соответственно, для выделения приоритетных типов месторождений в целях их разведки и освоения.

К пяти экономически второстепенным типам золоторудных месторождений (с мировой долей добычи <4%) относятся: месторождения золото-скарновых руд – Синюхинское и Новогоднее-Монто в России; месторождения, локализованные в тектонически деформированных эндо- и экзо-контактах интрузивов и гранито-гнейсовых массивов, – Зун-Холбинское и Школьное в России; месторождения, размещающиеся в покровных вулканитах (вне связи с вулcano-тектоническими постройками), – Миндякское и Березниковское, а также Широкинское в России; месторождения с аркообразными и седловидными рудными телами в частых сжатых и подобных складках песчанико-сланцевых толщ, наподобие районов Бендиго в Австралии и Новой Шотландии в Канаде, а также Совиное в России; месторождения в глубокометаморфизованных породах фундамента типа Ренко в Зимбабве и Саза-Резербек в Танзании [14].

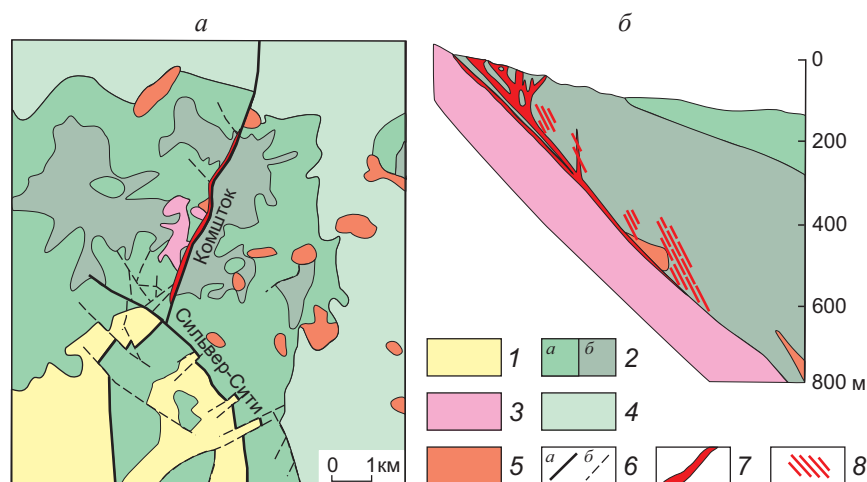
Только месторождения экономически важных типов характеризуются значительным вертикальным размахом оруденения, позволяющим рассчитывать на обнаружение «слепых» золоторудных тел. Прежде всего, это объекты в регионально-метаморфизованных и рассланцованных теригено-вулканогенных комплексах пород архейских зеленосланцевых поясов (см. таблицу), например, – месторождение Колар. Здесь оруденение зафиксировано на глубине ~3,5 км от современной по-

верхности. Несколько меньшие глубины характерны для оруденения однотипных месторождений Холлинджер, Мак-Интайр, Малартик, Йеллоунайф и др. в Канаде, а также Гейта, Буланхулу и др. в поясах Танзании, где они прослежены на глубину 2,2–2,3 км. Примерно на аналогичных глубинах найдены руды на месторождениях, локализованных в хрупких геологических образованиях – малых штоках, поясах и роях даек. В частности, на месторождениях Кёркленд-Лейк (Макасса) в Канаде они распространяются на глубину ~2,4 км от современной поверхности [14]. На меньших глубинах бурением установлено оруденение на месторождениях, локализованных в углеродсодержащих песчаниково-сланцевых толщах фанерозоя и в слюдисто-сланцево-кварцито-филлитовых толщах протерозоя, например, Мурунтау в Узбекистане, Ашанти в Гане, Телфер в Австралии.

Убедившись, что глубинное месторождение принадлежит к промышленно важному ГПТ, можно уверенно строить прогнозные разрезы и, используя представления о структурных ловушках, вести глубокое поисковое бурение или горные выработки для вскрытия «слепых» рудных тел.

Совершенно иная геологическая обстановка отмечается для случая близповерхностных месторождений золото-серебрянных и теллуридных руд в породах вулcano-тектонических построек. Их отличает не только наименьший вертикальный размах оруденения и проявление руд до глубин не более 1,0–1,3 км (в единичных случаях до 1,5 км) от современной поверхности, но и разобщённость скоплений рудных тел в вертикальном разрезе. Они, по мнению автора, по-видимому, образуются на некоторых месторождениях на двух разобщённых вертикальных уровнях: в верхнем, на глубине первых сотен метров от древней дорудной и современной (при умеренной эрозии) поверхности, и нижнем, на глубине 600–1000 м и ниже.

Особенности размещения золото-серебряного оруденения (в том числе теллуридов благородных металлов) наиболее чётко, контрастно и, значит, почти бесспорно, проявляются при наблюдении на разведанном максимально протяжённом вертикальном интервале. Такой интервал оруденения выявлен на участках рудного поля Теллурид-Сильвертон, на месторождениях Крипл-Крик и Комшток в США, Байя-Сприе в Румынии. Оказалось, к примеру, что на месторождении Комшток золото-серебряное оруденение представлено штокверко-



**Рис. 1. ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА МЕСТОРОЖДЕНИЯ КОМШТОК (а) И РАЗРЕЗ ЧЕРЕЗ НЕГО (б), ПО [8]:**

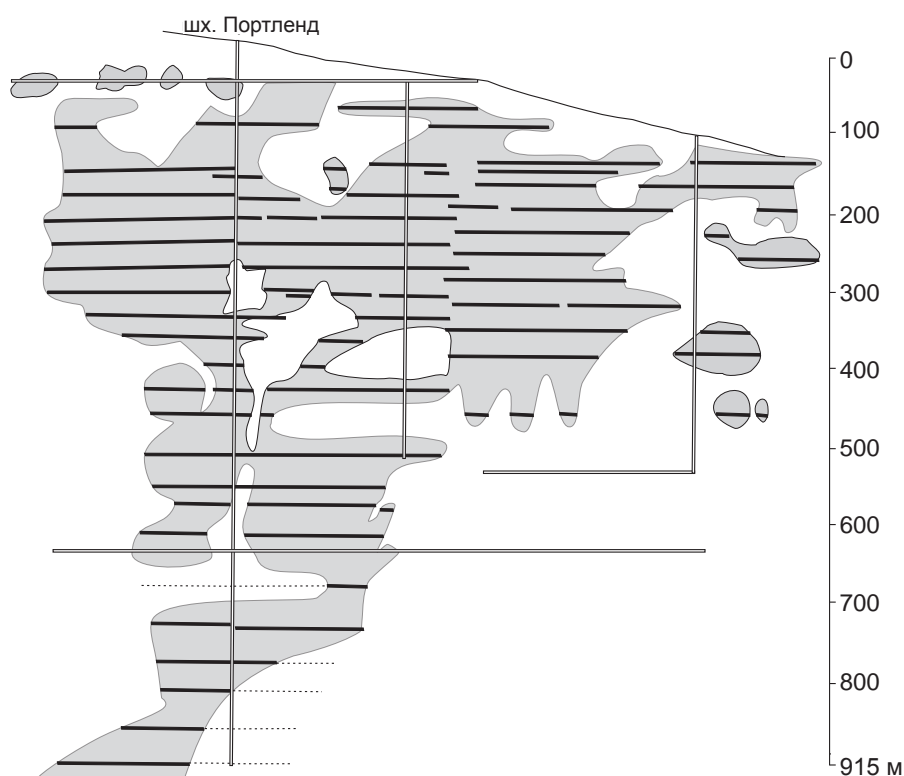
1 – породы основания (риолиты, метаосадки, гранодиориты мезозойского – среднегопалеогенового возраста); 2 – андезиты (а) и их лавобрекчии (б) формации альта (N<sub>3</sub>); 3 – диориты и гранодиориты Дэвидсон (N<sub>1</sub>); 4 – лавы и пирокласты риолит-андезитовой формации Кейт-Пик (N<sub>1</sub>–N<sub>2</sub>); 5 – нежки и субвулканические тела риолитов формации Кейт-Пик (N<sub>2</sub>); 6 – разрывные нарушения (а – рудоносные, б – прочие); 7 – золоторудные сульфидно-карбонат-кварцевые жилы; 8 – золоторудные прожилковые и штокверковые зоны – апофизы

вой зоной субмеридиональных пучков многочисленных маломощных жил и прожилков, начинающихся от поверхности разломов и проникающих до глубины ~250 м. Пучки распространялись в плейстоценовых андезитах от выположенного субмеридионального перегиба рудоносного разлома Комштोक (рис. 1). Затем, с протяжённым перерывом, руды были выявлены в ограниченном вертикальном интервале 480–600 м от поверхности. При их изучении [8] установлено, что на поверхности и вблизи неё оруденение размещается в зоне пропилитизации, в пределах которой выделяются полосы, комковатые скопления и крупные гнёзда глинистых минералов. Они принадлежат преимущественно к группам каолинита и монтмориллонита (отчасти иллита и диккита). Руды месторождения отличались друзовой, крустификационной и ритмично-полосчатой текстурами. Ниже с глубиной боковые породы превращались в кварцитовидные образования, содержащие эпидот, диопсид, пирофиллит и различные хлориты.

В жильной зоне Комштोक на уровне 480–600 м от поверхности руды чрезвычайно богаты – содержание Au достигало местами 500 г/т, а Ag – 1,6%. Золото представлено электрумом, серебро – преимущественно аргентитом и полибазитом. Рудник Комштोक был затоплен горячими (до 75°) водами в 30-х годах XX в.

Описанная обстановка размещения руд повторилась в плоскости глубокопроникающей жилы Портленд на месторождении Крипл-Крик [8]. Здесь в вертикальном интервале от 450–500 до 800 м и более в рудной зоне также имелись интервалы пустых или слаборудоносных пород, разделяющих рудоносные верхний и нижний уровни месторождения. Руды нижнего уровня развиты до глубины >1000 м (рис. 2). Глубокозалегающие руды приурочены к зонам вторичных кварцитов, где, наряду с преобладающими сульфосолями, сульфидами меди, висмута и других цветных металлов, наблюдается пирит в жильном кварце и окварцованных вмещающих фонолитах миоцена, включения, гнёзда и прожилки адуляра, хлорит, эпидот. А также местами встречаются пурпурный и тёмно-фиолетовый флюорит, полосы доломита и анкерита, вкрапленники молибденита, гюбнерита, гематита, теллуриды благородных металлов. Для руд этого уровня характерны брекчиевые, массивные, прожилковые и вкрапленные текстуры. Содержание Au (в теллуридах и рудах) превышало 12–20 г/т.

На близповерхностных месторождениях Крипл-Крик и Янакоча (Перу) на больших глубинах обнаружены пирит-халькопирит-энаргитовые руды, мало отличающиеся от руд глубинных месторождений. Так, на месторождении Янакоча, по данным



**Рис. 2. МЕСТОРОЖДЕНИЕ КРИПЛ-КРИК, ШТАТ КОЛОРАДО, США. РАСПОЛОЖЕНИЕ ОЧИСТНЫХ ВЫРАБОТОК ЗОЛОТОРУДНОЙ ЖИЛЫ ПОРТЛЕНД В ПРОДОЛЬНОЙ ПРОЕКЦИИ КРУТОПОГРУЖАЮЩЕЙСЯ ПЛОСКОСТИ ЖИЛЫ, ПО [8]:**

серым цветом обозначены выработанные пространства жилы

геологической службы рудника, опубликованным в отчётах компании Barrick Gold в 2009–2012 гг. [11], разведочными скважинами на глубинах 400–600 м и более под обрабатываемыми сейчас вблизи поверхности караваяобразными рудными телами сыпучих окисленных руд найдены золото-медьсодержащие руды с халькопиритом, энаргитом, борнитом, блёклыми рудами и другими минералами меди. Считается, что ими сложены крутопогружающиеся штокообразные тела вкрапленных руд с содержанием Au, превышающим, например, в интервале 44 м 17,7 г/т. Руды аналогичного состава разведаны в Румынии на глубине ниже 700–800 м от современной поверхности на близповерхностном месторождении Байя-Сприе. Наконец, в работе [19] приведено свидетельство того, что при глубоком поисковом бурении на флангах близповерхностного золото-серебряного месторождения Карамкен пересечено рудное тело, в сечении которого протяжённостью 3 м содержание Au превышало 40 г/т. Таким образом, можно считать, что на близповерхностных месторождениях золота, раз-

витых в вулcano-тектонических постройках, оруденение локализуется на двух рудоносных уровнях – вблизи палеоповерхности (и современной поверхности при малой эрозии) и на глубине 600–1000 м и ниже. Это позволяет говорить о необходимости доразведки глубоких горизонтов на месторождениях Балеи-Тасеевское, Многовершинное, Купол, Дукатское, Карамкенское, Агинское, Озерновское и др. К сожалению, компании, владеющие перечисленными месторождениями, не спешат с доразведкой.

Поиски «слепых» рудных тел на глубинных и близповерхностных месторождениях золота облегчаются, по представлению авторов работ [1, 3, 4, 18] и многих других исследователей, размещением их в пределах закономерно сочетающихся рудоконтролирующих и рудовмещающих элементов трещинной структуры. В.И.Смирновым последние названы структурными ловушками. В настоящее время выделены шесть (или семь) наиболее часто встречающихся их типов на участках золоторудных месторождений.

1. Одним из таких типов можно назвать структурную связку – рудоконтролирующее нарушение и закономерно отделяющиеся от него на равном расстоянии один от другого (в «шаге размещения») боковые сколы и золоторудные тела, залечивающие зоны таких сколов. «Шаг размещения» составляет от 30–70 до 100–250 м. Эта структурная ловушка детально проанализирована автором [15]. Выяснилось, что подобная ловушка характерна для месторождений, на участках которых проявлены не только непротяжённые локальные рудоконтролирующие нарушения, но и сравнительно мощные разломы, вытягивающиеся на километры. В частности, в работе [5] подобный «шаг размещения» рудных тел приведён на схемах и разрезах глубинных месторождений Дарасунское, Кочкарское, Советское, Итакинское, Школьное, Кючус, Маломырское, Павлик, Салют, Нежданинское на Приморском, Аркачанском, Дразном и других рудных полях. Данная закономерность установлена и на близповерхностных месторождениях Карамкенское, Балей-Тасеевское, Агинское, Озерновское, Мутновское, Дукатское, Джульетта, Аметистовое и др. В природе оруденение обычно охватывает не все, а только некоторые, чаще одну–две, зоны повторяющихся боковых разрывов с образованием промышленных руд. Это, как правило, зоны дробления (брекчирования) значительной мощности с умеренным развитием тектонической глинки трения. Последние, по-видимому, наиболее проницаемы для золотосодержащих растворов.

При сопоставлении месторождений с боковыми золоторудными телами с месторождениями других структурных типов выяснилось, что, по крайней мере, каждое пятое–седьмое подобное месторождение (или 13–20% от всех объектов золоторудного пояса или провинции) локализуется именно в рассматриваемой рудно-структурной связке – ловушке. Наиболее «охотно» оруденение использует зоны боковых разрывов, распространяющиеся вниз по падению и в меньшей степени вверх по восстанию от рудоконтролирующих нарушений. Примеров таких месторождений множество. Среди них крупные и крупнейшие месторождения Мурунтау, Нежданинское, Купол, Кубака, Биркачан и небольшие золоторудные объекты Кузнецкого Ала-Тау – Любавинское, Центральное, Натальевское, а также Березниковское, Быньговское в Уральской провинции. Действительно, при проницаемости пород лежачего бока разломов

наклонные поверхности этих нарушений, вероятно, ведут себя как экранирующие элементы структуры и благоприятны для залечивания рудами отделяющихся от них боковых разрывов.

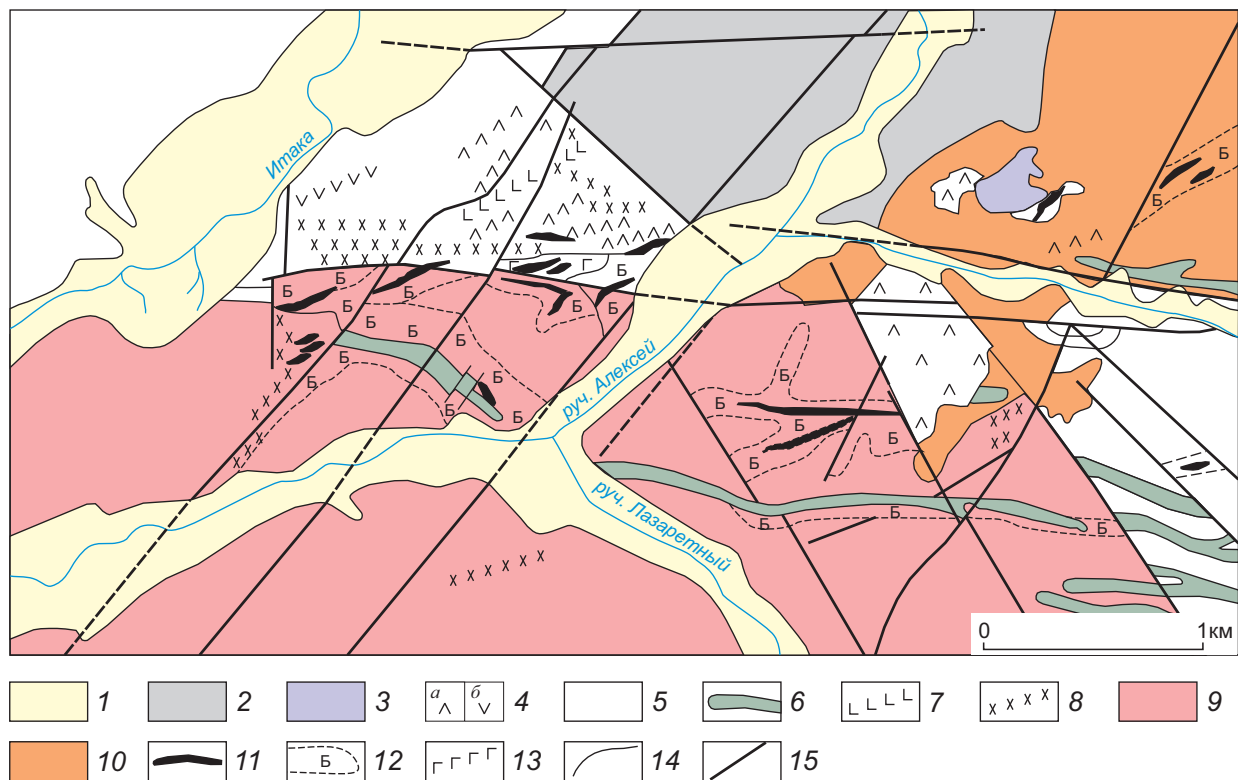
На большинстве месторождений боковые золоторудные тела отделяются от локальных рудоконтролирующих нарушений жильного типа преимущественно на расстояние от 30 до 250 м одно от другого. Такой «шаг размещения» устойчиво сохраняется как на верхних, так и на глубоких уровнях месторождений (например, на глубине ~1000 м на месторождении Кочкарь в Южно-Уральской провинции). В результате это позволяет прогнозировать вдоль рудоконтролирующих разломов и нарушений за известным «последним» рудным телом, выявленным на разведанном горизонте, новое, следующее, тело и вести поиски его и «слепых» тел веером скважин на более глубоких уровнях. Таким образом были выявлены новые и продолжения обнаруженных выше золоторудных тел на Юго-Восточном участке Дарасунского месторождения [20]. Здесь золоторудные тела (жилы Рабочая, Мать, Гурулёвская, Лагуновская и др.) в виде боковых рудных образований северо-восточного направления проявились на равном удалении (в 80–130 м) друг от друга вдоль юго-восточного висячего бока рудоконтролирующей зоны дробления северо-восточного простирания (которая была названа Юго-Восточной). Упомянутые выше золоторудные жилы прослежены на горизонтах, расположенных в 200–500 м ниже первоначально разведанного уровня [15, 20].

Все глубокозалегающие золоторудные тела перчисленных месторождений вскрывались поисковыми скважинами на основании закономерностей размещения рудных тел, установленных на верхних горизонтах. Оруденение, локализуется на перегибах региональных и сопряжённых с ними боковых нарушений 2–4-го порядков и в отделяющихся от них боковых разрывах, которые нередко также залечиваются рудным веществом. Причём зоны рудоносных боковых разломов и залечивающие рудные тела как бы продолжают генеральное направление основного нарушения, присутствующее ему до точки перегиба. При этом оруденение распространяется как в зоне перегиба основного рудоконтролирующего нарушения (которое становится и рудовмещающим), так и в зонах отделяющихся боковых разломов. Все перспективные участки аналогичного типа, обнаруживаемые на оте-

чественных месторождениях, должны проверяться на глубоких горизонтах веером поисковых скважин. Точно так же по изложенной методике выявлялись глубокие уровни золоторудных жил на Итакинском месторождении Восточного Забайкалья (рис. 3). Здесь они выявлялись в структурной ловушке следующего типа – между парными дорудными разломами одинаковой ориентировки.

2. Рудно-структурная связка (структурная ловушка), названная парными разломами, признана большим знатоком золоторудных месторождений Н.И.Бородаевским [1] одной из наиболее часто наблюдаемых на участках золоторудных месторождений. Он считал, что сходно ориентированные разломы и менее протяжённые нарушения, про-

слеживающиеся на небольшом расстоянии друг от друга (десятки – сотни метров), настолько деформируют «зажатую» между ними породу, что в тектонический этап, сопровождающийся оруденением, она неминуемо «разорвётся» трещинами, соединяющими оба субпараллельных разрыва. Попадая в период оруденения в положение оперяющих сколов, соединительные и сопутствующие им трещины залечиваются рудным веществом, наиболее концентрирующимся вблизи смыканий их с парными разломами. Структурная ловушка – парные разломы – может иметь генеральное направление, совпадающее с ориентировкой региональных складчатых построек и разломов. В случае если они отделяются от разломов 2-го порядка или ориенти-



**Рис. 3. СХЕМАТИЧЕСКАЯ ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА ИТАКИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ, ПО [5]:**

1 – современные аллювиальные отложения (галечники, гравий, пески, супеси, суглинки); 2 – нижнемеловые песчаники, алевролиты, аргиллиты, конгломераты; 3 – юрские вулканогенно-осадочные отложения (туфы, туффиты, конгломераты, песчаники, алевролиты); 4 – нижнеюрские субвулканические образования: а – дациты (штоки и дайки), б – липариты (дайки); 5 – архейские метаморфические образования: гранитогнейсы, гнейсы, кристаллические сланцы; 6 – гибридные порфириды (дайки); 7 – габбродиабазы (дайки); 8 – диоритовые порфириды, спессариты (дайки); 9 – раннеюрский амананский интрузивный комплекс (гранодиориты, иногда порфировидные); 10 – раннепалеозойский интрузивный комплекс (граниты, граносиениты, аляскиты); 11 – жильобразные рудные тела с прожилково-вкрапленной сульфидной минерализацией, кварц-сульфидные жилы; 12 – поля развития березитов; 13 – раннепротерозойские габбро, габброамфиболиты; 14 – геологические границы; 15 – разрывные нарушения

руются наподобие таких нарушений, последние в пределах ловушек могут вести себя как блокообразующие нарушения. Они располагаются в 100–300 м друг от друга, заключая породы в линзовидно-пластинчатые тектонические блоки, вытягивающиеся на километры и рассекающиеся системами боковых оруденелых сколов. Подобная обстановка сложилась на участках крупнейших золоторудных месторождений – Наталкинское и Нежданкинское [11]. Рудоносные блоки на этих месторождениях узкие (чаще ~300–700 м) с оруденелыми мощными зонами поперечного или диагонального направления, соединяющими блокообразующие нарушения. Примером за рубежом являются крупнейшие месторождения Холлинджер-Мак-Интайр в Канаде [14].

3. Структурными ловушками парных разломов служат субпараллельные парные боковые разломы, отделяющиеся от региональных нарушений. Подобная обстановка сложилась на Итакинском месторождении (см. рис. 3) в Восточном Забайкалье. Здесь ловушки парных разломов создают субпараллельные близко расположенные друг к другу нарушения двух систем – северо-западного и северо-восточного направлений. Разломы обеих систем сопровождают широтную региональную Итака-Могочинскую зону трещиноватости. В западной части месторождения наиболее чётко проявлена полоса северо-восточных разломов, которые круто погружаются на юго-восток. Именно эти нарушения соединены здесь северо-восточными зонами метасоматического окварцевания в юрских порфиоровидных гранодиоритах. В породах зоны отмечается вкрапленность (обычно 3–5%) золото-содержащего арсенопирита с микронными включениями собственно золота, а также сульфидами цветных металлов. Вблизи разломов, на сочленениях с ними, зоны окварцевания расщепляются на многочисленные ветви. Вкрапленность арсенопирита интенсивно развивается между расщепляющимися ветвями, а содержание золота в рудных телах увеличивается в несколько раз. Оруденение проникает в окварцованные зоны разломов. При этом от крутопадающих зон окварцевания отвечаются пологие апофизы.

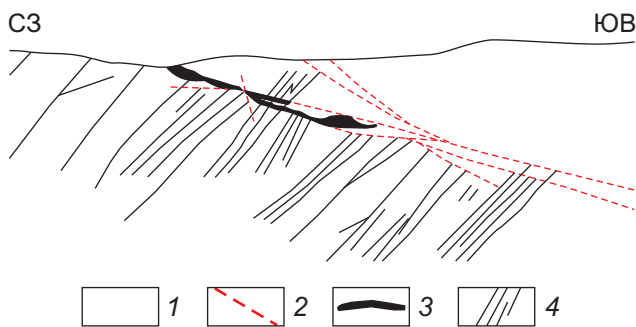
Восточнее между преобладающими субпараллельными разломами, вытягивающимися на северо-запад (при падении на юго-запад), сформировались рудоносные зоны окварцевания широтного и северо-восточного направлений. Поскольку

они чётко проявлены и прослеживаются между окварцованными зонами дробления разломов, прогнозирование их на глубину не представляло особых трудностей. Зоны окварцевания вместе с заключёнными между ними золоторудными телами прослежены на глубине >300, иногда 450 м ниже разведанных горизонтов. Содержание золота в зонах сохранилось на максимальных глубинах на уровне от 3,4 до 5,0–6,6 г/т. Между разломами установлены 36 рудных тел. Месторождение достигло масштаба крупного объекта.

4. Следующая серия структурных ловушек, заключающих золоторудные тела, в том числе «слепые», представлена рудными образованиями, локализующимися под подошвой взбросов (со средними углами падения) и более пологими надвигами и наволоками. Примером рудоносных надвигов уже много лет считается надвиг Старо-Берикульского месторождения в золотоносной провинции Кузнецкого Ала-Тау. Зона надвига вмещает золоторудную залежь жилообразной формы, называемую жилой № 4 (рис. 4). Поверхность надвига напоминает стиральную доску с ложбинами, прогибы и углубления в которых в соответствии с северо-восточным простираем нарушения вытягиваются и полого погружаются в том же направлении. Именно к ним приурочены наиболее мощные (5–7 м) участки жилообразной рудной залежи. Они представлены метасоматически образованным жильным сульфидно-кварцевым веществом (с тонкокристаллической вкрапленностью золотосодержащего арсенопирита, а также халькопирита, блёклых руд, сфалеритом, галенитом, висмутовыми минералами (в сумме до 5–20%) и собственно золотом.

Зона надвига имеет сложное строение. В нескольких метрах выше неё прослеживается полоса смежных менее выдержанных плоскостей аналогичной ориентировки. Некоторые из них выкручиваются, выполняя роль боковых оперяющих сколов (см. рис. 4). Под пологой подошвой рудоносного надвига локализовались пучки оперяющих его боковых сколов субмеридионального – северо-северо-восточного направления, круто (до 65–75°) погружающиеся на западо-северо-запад. Пучки сколов то соединяются, то расщепляются на отдельные нарушения, располагающиеся в первых метрах друг от друга и даже на меньшем расстоянии. Они отделяются и прослеживаются вниз по падению закономерно, на расстоянии «шага раз-





**Рис. 4. ПОПЕРЕЧНЫЙ РАЗРЕЗ СТАРО-БЕРИКУЛЬСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ. СИСТЕМА (ПУЧКИ) СУЛЬФИДНО-КВАРЦЕВЫХ ЖИЛ, СОЧЛЕНЯЮЩИХСЯ С ПОДОШВОЙ НАДВИГА И ПРИУРОЧЕННОЙ К НЕМУ ПОЛОГОПАДАЮЩЕЙ ЖИЛЬНОЙ ЗАЛЕЖЬЮ № 4, ПО [7]:**

1 – порфириты среднего кембрия; 2 – тектонические поверхности пологого рудоносного надвига; 3 – пологие богатые залежи сульфидно-кварцевых руд; 4 – пучки золото-сульфидно-кварцевых жил и прожилков

мещения» друг от друга – 120–130 м [7]. Оперяющие сколы залечены метасоматическими жилами сульфидно-кварцевых руд с неясными границами, постепенно переходящими в кварцевые околорудные метасоматиты вмещающих порфиритов. В 1957 г. были обнаружены также рудоносные пучки оперяющих сколов, вытягивающиеся вверх по восстанию от поверхности рудоносного надвига (названные пучками жил № 17 и № 30). Они состоят (в сумме) из 15 промышленно обрабатываемых рудных тел.

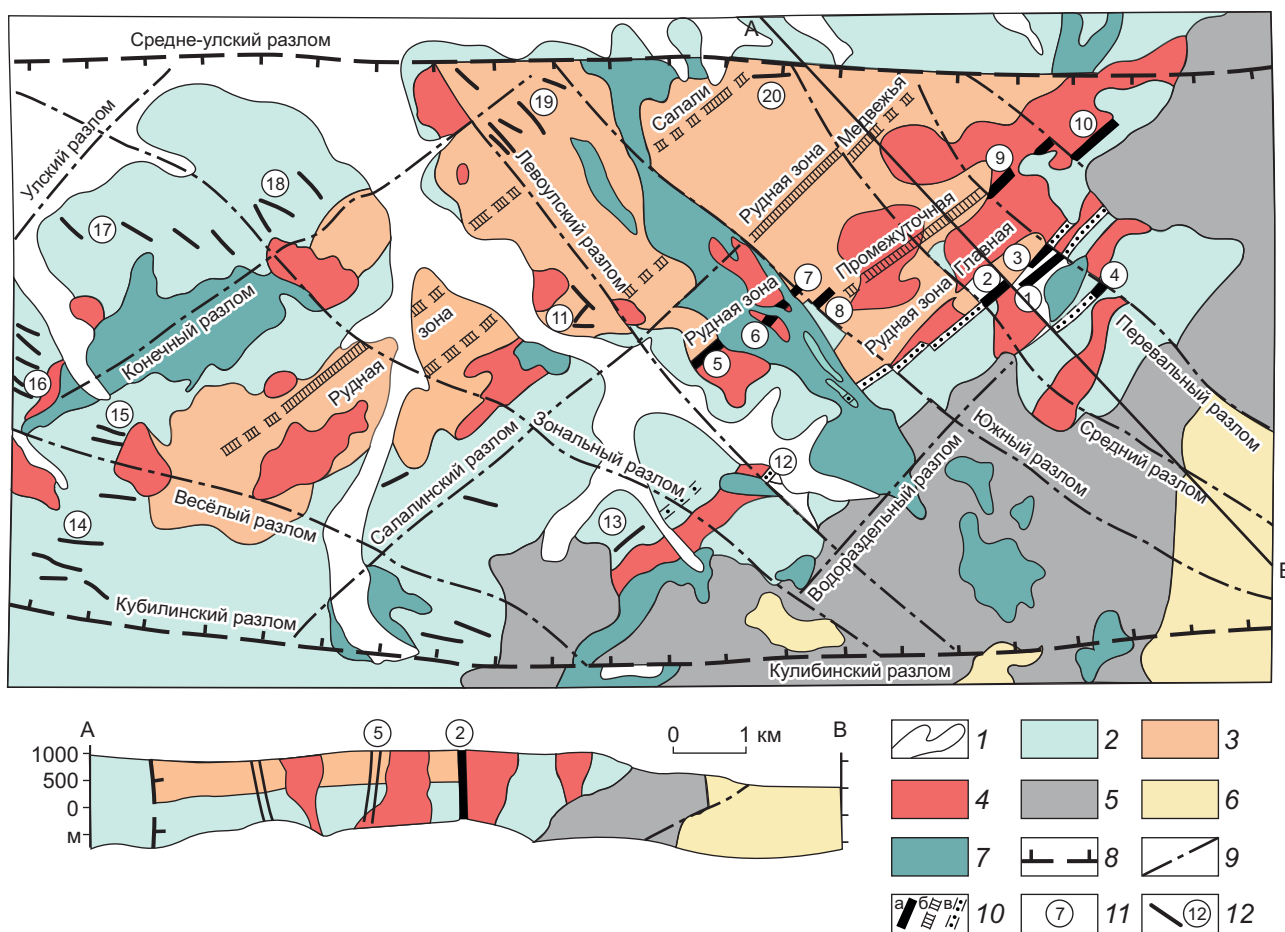
Каждая четвертая жила в пучках, погружающихся вниз от подошвы надвига, является промышленной с содержанием Au >5–8 г/т [7]. На глубине ~150–250 м от подошвы надвига и жилы № 4 в восточном и юго-восточном направлениях между «хвостами» рудоносных крутопадающих сколов иногда отмечаются новые крутопадающие метасоматические жилы, близкого к меридиональному направления. Это наводит на мысль о существовании следующего, расположенного ниже и, возможно, также рудоносного надвига (т. е. о проявлении структуры типа «слоёного пирога») и необходимости доразведки глубоких горизонтов Старо-Бериккульского месторождения на участке в пределах жилы № 4.

На месторождении Многовершинное в Сихотэ-Алинской золотоносной провинции [5] оруденение

в золотоносных зонах северо-восточного простирания развилось в пределах отдельных участков, заключённых между поперечными дорудными сдвиго-взбросами северо-западного направления. Подобные оруденелые участки Главной рудной зоны прослеживаются между одной парой взбросов то на протяжении 500 м, то >1 км. При этом вдоль поперечных взбросов, погружающихся на северо-восток под углом 40–50°, рудоносные блоки пород в их лежачем боку опущены на 150–200 м и глубже. Они содержат ещё слабо разведанные руды в андезитах и их лавобрекчиях. Возможно, здесь будут найдены руды на границе андезитов и подстилающих аргиллитов. Оруденение в тектонических блоках висячего (северо-восточного бока), наоборот, взброшено и в настоящее время, по данным В.М.Крейтера [6], полностью эродировано.

Вместе с тем, в свете изложенного, наиболее продуктивны и перспективны для поиска и обнаружения «слепых» руд на месторождении Многовершинное две блок-пластины андезитов и их лавобрекчий. Они заключены между дорудными сдвиго-взбросами (падающими под средними углами на северо-восток) – Перевальным и Средним, Средним и Южным нарушениями (рис. 5). Наиболее перспективны поиски вдоль Средне-Ульского разлома, в его южном, по-видимому, висячем боку. Чрезвычайно ошибочным является отказ от доразведки месторождения и рудоносной зоны Медвежья, особенно её участков, расположенных в андезитах, вблизи Средне-Ульского разлома.

На месторождении Нежданинское Главная золоторудная зона (зона № 1) на верхних горизонтах также прослеживается между разломами, заключающими вмещающие нижнепермские глинистые сланцы и песчаники в линзовидных тектонических блок-пластинах. Последние протягиваются в висячем боку регионального Сунтарского разлома [11] в северо-восточном направлении на расстояние от нескольких до десяти километров и более при ширине блоков ~0,7–1 км. Блоки как бы зажаты между разломами – сдвиго-взбросами, падающими на северо-запад под углом ~60–70°. В центральных частях каждого из них прослеживается рудная зона (Главная зона № 1), оконтуриваемая как единое рудное тело мощностью от первых метров до 20–30 м. Достигнув очередного поперечного взброса, оруденение зоны распространяется в нём вправо по ходу наблюдения на 40–60 м, местами на 100 м и более. Затем оно проникает в



**Рис. 5. ГЕОЛОГО-СТРУКТУРНАЯ СХЕМА МНОГОВЕРШИННОГО РУДНОГО ПОЛЯ, ПО [5]:**

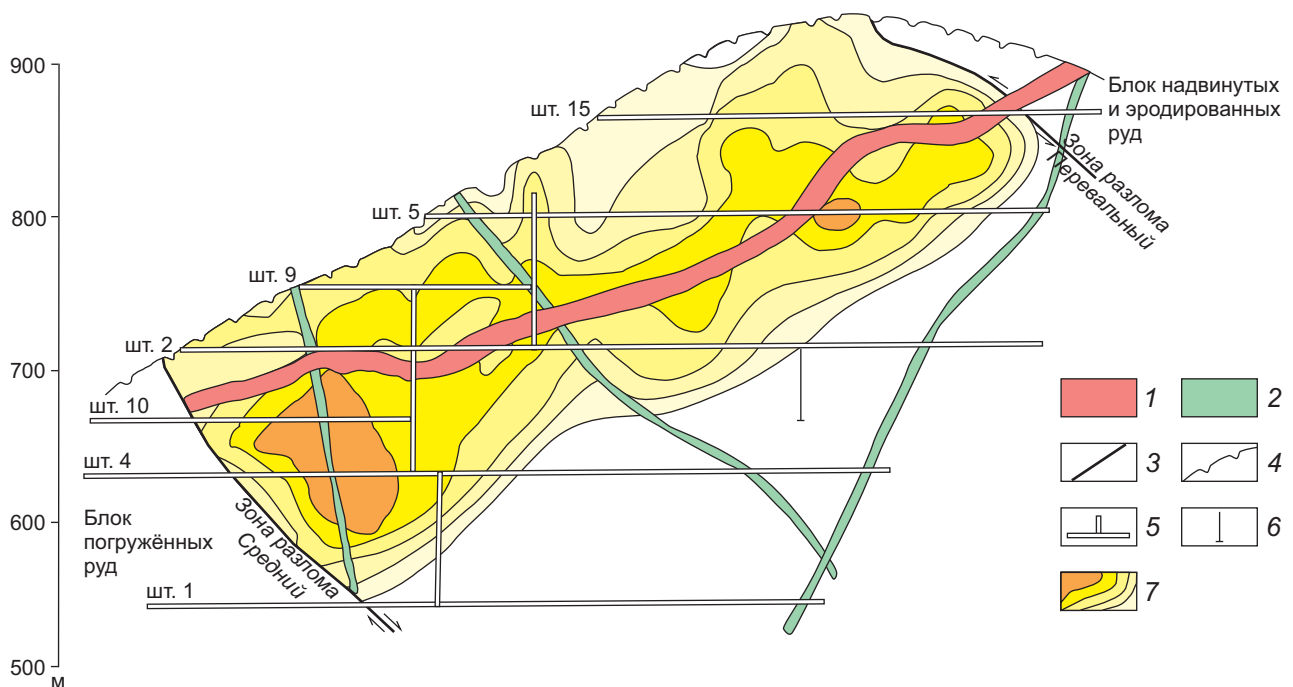
1 – рыхлые аллювиальные отложения; 2 – верхнеюрские – нижнемеловые алевролиты, аргиллиты и песчаники фундамента; 3 – нижнепалеогеновые покровные вулканиты среднего состава; 4 – жерловые и субвулканические породы; 5 – среднепалеогеновые гранодиориты, предположительно послерудные; 6 – среднепалеогеновые лейкокрасовые граниты; 7 – среднепалеогеновые гранодиорит-порфиры; 8 – региональные разломы (штрих направлен в сторону падения); 9 – прочие разломы; 10 – рудные тела (а – выходящие на поверхность, б – со «слепым» оруденением, в – считающиеся эродированными); 11 – оконтуренные рудные тела Восточной (1 – Верхнее, 2 – Центральное, 3 – Олень, 4 – Водораздельное) и Западной (5 – Промежуточное, 6 – Южное, 7 – Фланговое, 8 – Северное, 9 – Тихое, 10 – Валунистое) рудных зон; 12 – рудопроявления (11 – Медвежье, 12 – Бирсалали, 13 – Кварцевая Сопка, 14 – Кулибинское, 15 – Эватак, 16 – Увальное, 17 – Зональное, 18 – Конечное, 19 – Озёрное, 20 – Ким)

новую поперечную рудную зону, как бы в продолжение её, развившееся, по представлению М.М.Константинова [5], в каждом следующем восточном тектоническом блоке [11]. При этом параллельно выявленной рудной зоне, фиксируются новые рудоносные зоны, также «зажатые» между сдвиго-взбросами. Они располагаются в 300–400 м юго-западнее зоны № 1.

Поиски на месторождении Нежданинское продолжений Главной зоны № 1 и новых субпараллельных зон в центральной части каждого тектонического блока, расположенного восточнее, а затем

разведка их на глубину до 400–500 м и более полностью оправдались при разведочных работах в середине и конце прошлого века. В результате запасы золота на месторождении достигли 630 т при содержании металла ~5 г/т. Понятно, что при прогнозировании руд на глубину главным фактором являлись блокообразующие северо-восточные разломы.

Нередко оруденение между сочленяющимися взбросами и сдвиго-взбросами локализуется в узлах их смыкания. Здесь возникает густая сеть рудоносных разрывов, соединяющих оба смыкаю-



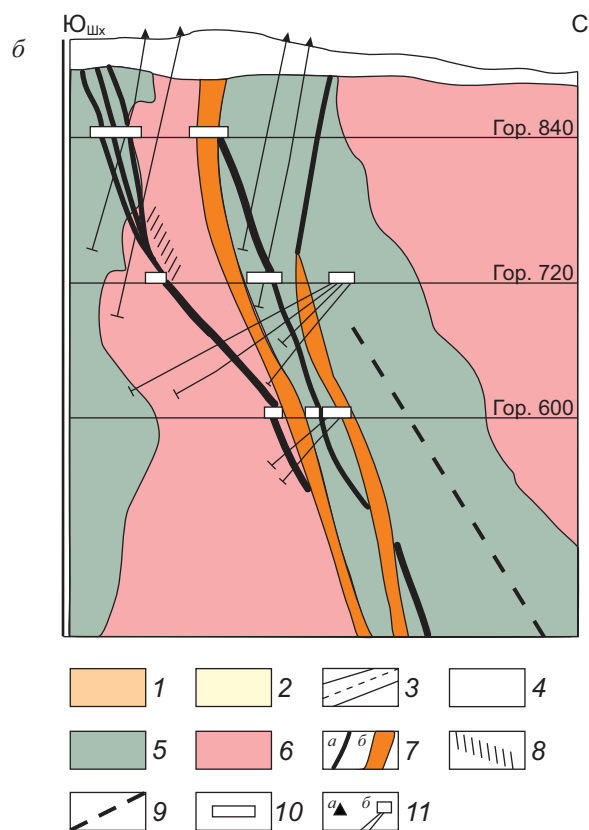
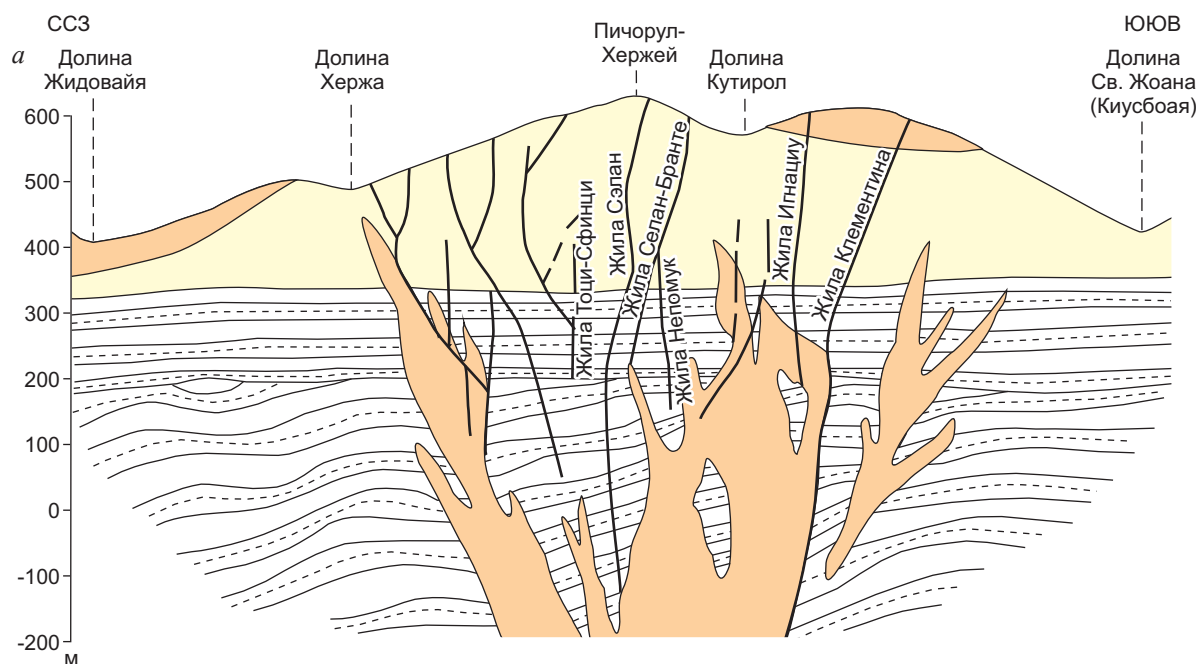
**Рис. 6. МЕСТОРОЖДЕНИЕ МНОГОВЕРШИННОЕ. РУДНОЕ ТЕЛО ВЕРХНЕЕ, ЗАКЛЮЧЁННОЕ МЕЖДУ ПОПЕРЕЧНЫМИ РУДОКОНТРОЛИРУЮЩИМИ РАЗЛОМАМИ – СДВИГО-ВЗБРОСАМИ (ПЕРЕВАЛЬНЫЙ И СРЕДНИЙ), ПАДАЮЩИМИ НА СЕВЕРО-ВОСТОК, ПО [5] (продольная проекция распределения золота на крутопадающей (на северо-запад) плоскости рудного тела составлена С.И.Косовым):**

1 – гранит-порфиры; 2 – диоритовые порфириты; 3 – зоны дробления поперечных рудоконтролирующих сдвиго-взбросов; 4 – разведочные каналы на поверхности; 5 – штольни и другие подземные выработки; 6 – скважины из подземных выработок; 7 – поля проявления золота, г/т (слева направо >10...<2); стрелками показаны направления перемещений тектонических блоков пород вдоль разломов

щихся нарушения. Наиболее впечатляющая подобная обстановка давно иллюстрируется примером месторождений, сформировавшихся на крупнейшем золоторудном поле Йеллоунаиф в Канаде, в деталях изученном в [21]. Основное рудоконтролирующее значение здесь имеют региональный северо-западный разлом Вест-Бей и отделяющиеся от него боковые взбросо-сдвиги Акаичо и Таун-Сайд. В узлах смыкания взбросо-сдвигов с разломом Вест-Бей развились зоны многочисленных оруденелых сколов субмеридионального направления. Основные из них проявились на расстоянии от 70 до 100–250 м друг от друга, т. е. также на расстоянии «шага размещения». Узлы смыкания боковых разломов с нарушением Вест-Бей, полого склоняющиеся на северо-северо-запад, чётко пересекались разведочными буровыми скважинами на глубинах 150–500 м ниже разведанных верхних горизонтов. Максимальная концентрация субмери-

диональных золоторудных жил отмечалась вблизи смыкания нарушений, где существенно возрастало количество рудоносных трещин и дробление развитых между ними вмещающих архейских базальтов и их туфов [14]. Последние интенсивно расланцованы и преобразованы в сланцы. Несмотря на более чем столетнюю эксплуатацию месторождений, запасы золота на них всё ещё составляют ~250–300 т и пополняются за счёт доразведки золоторудных тел, размещающихся на всё более глубоких горизонтах.

5. Следует отметить значение тектонически осложнённых и нередко нависающих контактов пород, что наблюдается сравнительно часто на участках близповерхностных месторождений золото-серебряных руд. Здесь в рудоносных зонах нередко проявляются тектонически осложнённые субвулканические тела – штоки, жерла, трубки эксплозивных брекчий (месторождения Багио на Фи-



**Рис. 7. ПРИУРОЧЕННОСТЬ ЗОЛОТОРУДНЫХ ЖИЛ К КОНТАКТАМ ДАЕК, НА КОТОРЫЕ РАСЩЕПЛЯЮТСЯ ВВЕРХ ПО РАЗРЕЗУ СУБВУЛКАНИЧЕСКИЕ ШТОКИ:**

*а* – близповерхностное месторождение Хержа (складчатая зона Восточных Карпат [9]), *б* – развитие «слепых» золоторудных жил под нависающими тектонически осложнёнными контактами интрузивов – глубинное месторождение Чармитан, Узбекистан, по В.А.Хренову, В.А.Хорвату [17], складчатая зона Западного Тянь-Шаня; 1 – пироксеновые андезиты палеогена; 2 – палеогеновые лавы, брекчии, агломераты андезитов; 3 – прослой и горизонты песчаников и алевропесчаников в толще палеогеновых аргиллитов и глинистых сланцев, прослой аргиллитовых сланцев в толще палеогеновых алевролитов и глинистых сланцев; 4 – современные аллювиально-делювиальные отложения; 5 – нижнесилурийская толща песчаников, туфопесчаников, туфов, глинистых туфосланцев; 6 – граносиениты позднего палеозоя; 7 – золоторудные жилы (*а*), развитые местами рудоносные зоны дробления (*б*); 8 – кварцевые жилы, зоны окварцевания; 9 – «слепые» и предполагаемые золоторудные жилы под нависающей кровлей интрузивов; 10 – подземные горные выработки; 11 – разведочные буровые скважины наземного (*а*) и подземного (*б*) бурения

липпинах и Хержа в Румынии, рис. 7, *а*). На месторождении Хержа субвулканический шток андезитовых порфиритов неогена мощностью ~400 м расщепился вверх по восстанию на серию ветвей-апофиз, к контактам которых приурочены >15 зо-

лото-серебряных жил. Жилы, проникающие в субвулканический шток, прослежены на глубину до 700 м.

Штоки, а также дайки с тектонически нарушенными и оруденелыми контактами изредка встре-

чаются и на глубинных месторождениях. Примером служит Чармитанское месторождение в Узбекистане (см. рис. 7, б). Здесь в лежащем боку нависающего сиенитового интрузива локализованы золоторудные жилы, часть которых распространяется по контакту, а часть, продолжая направление золотоносных зон, развивается во вмещающих алевролитах, сланцах и песчаниках раннего палеозоя. На месторождении они ориентированы почти поперечно к нависающему контакту рудовмещающих и прорывающих сланцевую толщу позднепалеозойских сиенитов. Золоторудные сульфидно-кварцевые жильные тела в приконтактной зоне прослежены на глубину почти 700–800 м от современной поверхности – до абсолютной отметки 1050 м. На этих глубинах, наряду с «корнями» известных золоторудных тел, обнаруживаются «слепые» субсогласные с прослеживающимися рудные тела [17]. Запасы золота в них и на других участках месторождения достигли многих десятков тонн (в сумме ~280 т металла, содержание Au 8,5–9,5 г/т) и в настоящее время продолжают наращиваться.

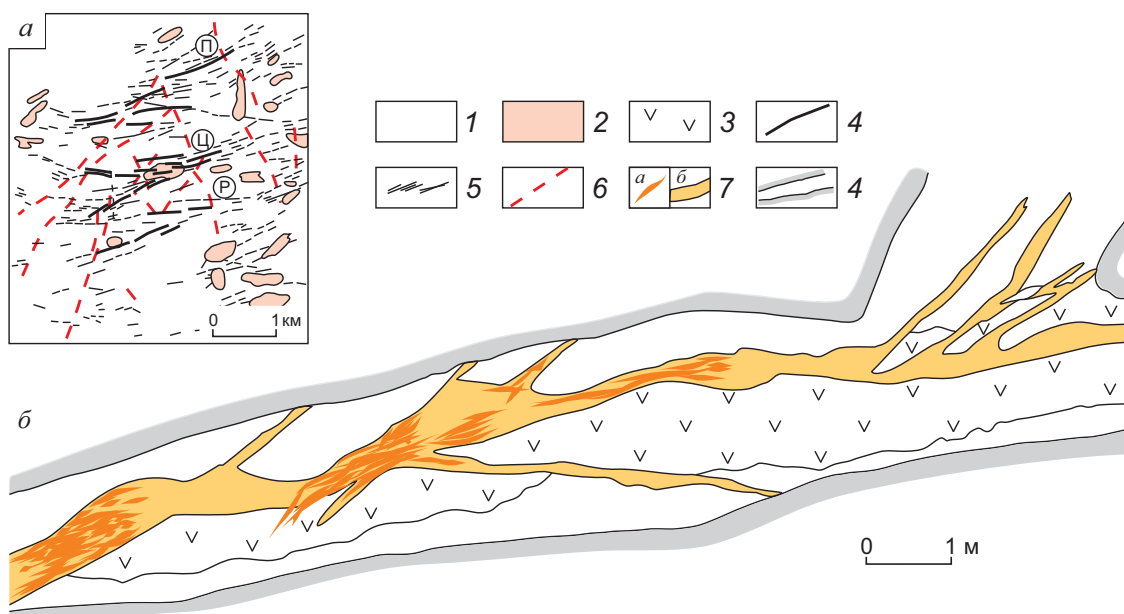
б. К структурным ловушкам можно отнести пучки и отдельные золоторудные жилы и жильные тела, локализующиеся в виде зон, расщепляющихся на полосы многочисленных основных и оперяющих прожилков-апофиз при проникновении их в дайки, мелкие магматические штоки разнообразной, самой прихотливой морфологической формы, субвулканические некки, жерла, трубки эруптивных и взрывных брекчий. Примером проявления «слепых» рудных тел в поясах и роях даек считается месторождение Кочкарь. Оно приурочено к так называемому Пластовскому интрузиву плагиогранитов и гранодиоритов (D<sub>3</sub>-C<sub>1</sub>) размером (4–4,5)х5 км. С запада и востока он заключён между региональными разломами меридионального и северо-западного направлений.

Выделяют Северный, основной, участок месторождения и Южный. Северный пересечён полосой разломов востоко-северо-восточного направления, круто (~70°) падающих на юго-восток. С севера на юг выявлены Покровский, Главный, Центральный и Рождественский разломы, протягивающиеся субпараллельно в 0,5–0,8 км друг от друга (т. е. по сути, оруденение развито в структурной ловушке парных разломов). В лежащем, существенно реже в висячем боках каждого из них проявились пояса и рои даек лампрофиров (главным

образом диабазовых и диоритовых порфиритов, а также габбродиабазов), завершивших формирование массива (рис. 8, а). Дайки также прослеживаются в востоко-северо-восточном и широтном направлениях, но погружаются преимущественно круто на север. Чаще они представлены плитообразными субпараллельными телами мощностью от долей метра до максимальных 5–6 м в раздвухах и слияниях с довольно многочисленными широтными апофизами. Каждая из даек протягивается на 100–500 м, размещаясь нередко на расстоянии нескольких метров друг от друга. Изредка они соединяются в короткие штокообразные тела с многочисленными непротяжёнными ветвями-апофизами. Плотность даек в массиве чрезвычайно высокая, достигающая в сумме 14% от площади массива [2]. Дайки глубоко метаморфизованы, превращены в меланократовые тёмные образования, состоящие из биотита, амфибола, полевых шпатов, эпидота, кварца, карбонатов. На месторождении они получили название «табашки». Золоторудные жилы чаще используют контакты табашек, а проникая в них, трансформируются в полосы прожилков, мощных (до 1–3 м) гнезд-скоплений и мелких боковых апофиз (см. рис. 8, б). В жилах непротяжённые их участки с невысоким содержанием золота чередуются с промышленными интервалами, в которых концентрация золота, по данным [2, 5], возрастает до 15–17 г/т. Наиболее промышленно важны скопления сравнительно мощных табашек с контактными и внутридайковыми жилами и прожилками, которые могут обрабатываться совместно как единое рудное тело.

На месторождении Кочкарь выделяют три субширотных полосы – зоны (см. рис. 8, а), наиболее насыщенные рудоносными дайками-табашками со сгущениями в них рудоносных жил и прожилков [4]. Зоны пространственно связаны с Покровским (северным), Центральным и Рождественским (наиболее южным) разломами. В свою очередь, в каждой зоне максимальный промышленный интерес представляют золотоносные табашки на их западных флангах, в пределах которых рудные тела чаще характеризуются наличием контактовых жил большей мощности с повышенными содержаниями благородного металла. Возможно, это связано с тем, что Региональный разлом (на западном фланге месторождения) являлся рудоподводящим каналом.

Руды Северного участка существенно пирит-кварцевые с халькопиритом, блёклыми рудами,



**Рис. 8. СХЕМА КОЧКАРСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (СЕВЕРНЫЙ УЧАСТОК), ПО [4] (а), ЗАРИСОВКА ЗОЛОТОРУДНОЙ ЖИЛЫ НА КОНТАКТЕ И ВНУТРИ ДАЙКИ-ТАБАШКИ (ДИАБАЗОВЫХ ИЛИ ДИОРИТОВЫХ ПОРФИРИТОВ) (б):**

разломы и пространственно связанные с ними пояса рудоносных даек-табашек: П – Покровская, Ц – Центральная, Р – Рождественская зоны даек; 1 – плагиограниты и гранодиориты Пластовского массива (D<sub>3</sub>–C<sub>1</sub>); 2 – лейкократовые граниты; 3 – диабазовые и диоритовые порфириты; 4 – рудоносные пояса даек-табашек; 5 – прочие нерудоносные дайки порфиритов; 6 – разрывные нарушения; – гнезда промышленных руд в жилах (а), слаборудоносные участки жил (б); 8 – границы подземных горных выработок

сульфидами цветных металлов и висмутовыми минералами. Содержание золота в жилах на горизонтах около 1000 м, как правило, составляет ~15–17 г/т. Руды Южного участка, где преобладают широтные рудоносные табашки, преимущественно арсенипирит-кварцевые.

В заключение можно отметить следующее.

1. Приведённый фактический материал подтвердил, что «слепые» золоторудные тела размещаются на значительных глубинах в структурных условиях, аналогичных таковым для рудных тел верхних разведанных горизонтов. В результате поиск «слепого» оруденения осуществляется по аналогии с уже выявленными на каждом конкретном месторождении пространственными взаимоотношениями рудных тел с литологическими и магматическими особенностями рудовмещающих пород, а также с рудоконтролирующими разрывами различных порядков, в том числе с непотряжёнными трещинными нарушениями локального значения.

2. Предваряя поиск, необходимо тщательно и надёжно установить принадлежность месторож-

дения к одному из выделенных четырёх или пяти ГПТ месторождений, имеющих соответственно экономически важное или экономически второстепенное значение. Наиболее перспективны и надёжны поиски на участках глубинных месторождений экономически важных типов с протяжённым вертикальным размахом оруденения от 2 до 3 км и более.

3. Можно считать подтверждённым, что на участках близповерхностных месторождений золота с непотряжённым вертикальным размахом оруденения (максимально до 1,5 км) последнее проявляется на двух уровнях:

- верхнем, где оно обычно разрабатывается, в нескольких сотнях метров от древней палеоповерхности и (при сравнительно умеренной эрозии) в сотнях метров ниже современной поверхности, в пропилитах и каолиновых зонах с крустификационными, друзовыми и ритмично-полосчатыми текстурами;
- нижнем с перерывом в сотни метров на глубине ~600–1000 м от современной поверхности. Руды – золото-медьсодержащие и теллурид-

ные, разведываются очень редко. Проявляются в зонах вторичных кварцитов, содержащих эпидот, хлориты, пиррофиллит, диопсид, адуляр и рудные минералы, включая медьсодержащие и сопутствующие золоту. Руды ничем не отличаются от руд глубинного генезиса.

4. В сравнительно однородной рудовмещающей среде или среде, слабо осложнённой компетентными прослоями и магматическими образованиями, основную рудоконтролирующую роль играет структурная обстановка размещения золоторудных тел, аналогичная верхним разведанным горизонтам. При этом учением об особенностях геологии и структуры крупнейших месторождений золота установлено, что оруденение как рядовых, так и крупнейших месторождений золота прямо зависит от масштаба рудовмещающих нарушений, развитых в литолого-магматически-структурных ловушках, а в однородной среде – исключительно в структурных ловушках.

5. Среди структурных ловушек выявлены шесть или семь наиболее часто встречающихся типов.

Первая группа (1–3 типы) представлена благоприятным сочетанием рудоконтролирующих нарушений различных порядков и отделяющихся от них боковых сколов и рудных тел, залечивающих их зоны. Вторая группа (4, 5 типы) – пучки и серии золоторудных тел, отделяющиеся вниз по падению от поверхностей крутопадающих разрывов и подошвы нависающих надвигов и наволоков. Третья группа (6, 7 типы) – контактовые и близконтактные рудоносные нарушения, которые на контактах и вблизи магматических тел, а также при проникновении в мелкие магматические штоки, дайки, жерла, неки и трубки эруптивных и эксплозивных брекчий расщепляются на мощные пучки и сгущения золоторудных жил, прожилков и штокверковые зоны нередко с высокими содержаниями золота.

Как правило, появление золоторудных тел, в том числе «слепых», обусловлено одновременным влиянием структурных ловушек сразу нескольких типов, одна из которых признаётся главной рудоконтролирующей и рудовмещающей.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Бородаевский Н.И.* Материалы по методам изучения структур и геологической перспективной оценки месторождений золота // Тр. ЦНИГРИ. М., 1960. Вып. 35.
2. *Бородаевский Н.И., Черемисин А.А., Покусаев В.И., Яновский В.М.* Кочкарское золоторудное месторождение // Геология золоторудных месторождений СССР. М., 1984. Т. 1. С. 59–95.
3. *Вольфсон Ф.И.* Структуры эндогенных рудных месторождений // Основные проблемы в учении о магматогенных рудных месторождениях. М., 1955. С. 521–616.
4. *Вольфсон Ф.И., Дружинин А.В.* Месторождения золота // Главнейшие типы рудных месторождений. М., 1975. С. 268–299.
5. Золоторудные месторождения России / Отв. ред. М.М.Константинов. – М.: ООО «Акварель», 2010.
6. *Крейтер В.М.* Поиски и разведка месторождений полезных ископаемых. – М.: Госгеолтехиздат, 1960.
7. *Кучин А.И.* Геолого-структурные особенности Бериккульского золоторудного месторождения // Геология золоторудных месторождений Сибири. М., 1975. С. 100–104.
8. *Линдгрэн В.* Эпитермальные месторождения // Минеральные месторождения. М.-Л., 1935. С. 1–61.
9. *Минеральные месторождения Европы. Юго-Восточная Европа. Румыния* / В.Э.Петрашек, Г.Мырвай, В.Янович и др. – М.: Мир, 1984. Т. 2. С. 84–192.
10. *Многовершинное месторождение* / М.М.Константинов, Н.П.Варгунина, Т.Н.Косолец и др. // Золото-серебряные месторождения. М., 2000. С. 52–67.
11. *Некрасов Е.М.* Возможное проявление слепого оруденения на нижних уровнях месторождения Балеи и механизм формирования богатых руд на близповерхностных месторождениях золота и серебра // Изв. вузов. Геология и разведка. 2018. № 2. С. 40–50.
12. *Некрасов Е.М.* Ещё раз о значении учения В.М.Крейтера о геолого-промышленных типах рудных месторождений // Изв. вузов. Геология и разведка. 2006. № 3. С. 32–35.
13. *Некрасов Е.М.* Запасы и добыча золота в начале XXI в. из месторождений геолого-промышленных типов // Изв. вузов. Геология и разведка. 2013. № 6. С. 45–56.
14. *Некрасов Е.М.* Зарубежные эндогенные месторождения золота. – М.: Недра, 1988.
15. *Некрасов Е.М.* О «шаге размещения» и прогнозирования золоторудных тел жильного типа // Изв. вузов. Геология и разведка. 2018. № 3. С. 40–50.
16. *Некрасов Е.М., Дорожкина Л.А., Дудкин Н.В.* Особенности геологии и структуры крупнейших золоторудных месторождений эндогенного класса. – М.: Астрей-центр, 2015.
17. *Рудные месторождения Узбекистана* / Отв. ред. Т.Ш.Шалкубов // Золоторудные месторождения. Чармитанское месторождение. Ташкент, 2002. С. 202–211.

18. Смирнов В.И. Гидротермальные месторождения // Геология месторождений полезных ископаемых. М., 1976. С. 234–345.
19. Стружков С.Ф., Константинов М.М. Металлогения золота и серебра Охотско-Чукотского вулканогенного пояса. – М.: Научный мир, 2005.
20. Тимофеевский Д.А. Геология и минералогия Дарасунского месторождения. – М.: Недра, 1972.
21. Boyle R.W. Structural localization of gold ore bodies of the Yellowknife greenstone belt // Canadian Mining Journal. 1954. Vol. 75. № 12. P. 71–76.

## PROSPECTING FOR LODGE-TYPE BLIND GOLD OREBODIES

E.M.Nekrasov  
(FGUNPP Aerogeologiya, Moscow)

*It is shown that for gold deposits of four primary economic types, forecasting and research of blind orebodies is accomplished by analyzing the regularities of ore distribution on the upper explored horizons of deposits. Deep-seated deposits are characterized by a major vertical extent of mineralization totaling 3,5 km. Near-surface Au-Ag and telluride deposits are distinguished by a minor vertical extent divided by ore-free space. On the upper level, the ore is localized in hundreds of meters from ancient paleosurface and, in case of weak erosion, from the contemporary surface. On the lower level, the ore is localized in 600–1000 m from the contemporary surface. Blind ore bodies of deep-seated and near-surface deposits are localized within structural traps. Six types of such traps have been found.*

*Keywords: deposits, gold orebodies, blind ore, ores, minerals, gold, silver, tellurides.*



## ПРИГЛАШАЕМ К СОТРУДНИЧЕСТВУ

Журнал «Руды и металлы» приглашает к сотрудничеству представителей геологических, горно-геологических, горнодобывающих организаций и предприятий, отраслевых научно-исследовательских, академических и образовательных институтов

По вопросам размещения рекламы или издания целевого номера, посвящённого вашему предприятию, организации, её продукции и услугам обращаться по телефону 8 (495) 315-28-47 или электронной почте [rudandmet@tsnigri.ru](mailto:rudandmet@tsnigri.ru)

Реклама по заказам отраслевых организаций и высших учебных заведений выполняется по льготным расценкам





## ИНФОРМАЦИОННЫЕ РЕСУРСЫ ГЕОЛОГО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКОГО МУЗЕЯ ЦНИГРИ

16 апреля 2018 г. состоялось торжественное открытие новой, расширенной, экспозиции геолого-минералогического музея ЦНИГРИ «Руды благородных, цветных металлов и алмазов». В мире существует всего несколько музеев, обладающих систематизированными коллекциями рудных полезных ископаемых. Музей в значительной мере является уникальным, так как располагает крупной, не имеющей аналогов, коллекцией пород, руд и минералов более 500 рудных месторождений Российской Федерации, ближнего и дальнего зарубежья, а также рудопроявлений Мирового океана.

История музея тесно связана с историей института, образованного в начале 1935 г. 28 марта 1935 г. был подписан приказ Народного Комиссариата тяжёлой промышленности СССР о создании «в институте геологического музея золотоносных пород и руд предприятий золотой промышленности...». Первые экспонаты музея получены в первой половине 1935 г. Систематическую коллекцию руд благородных металлов начали создавать в 1937 г. в связи с подготовкой к XVII Международному геологическому конгрессу, который состоялся в СССР. Первая музейная экспозиция, включавшая образцы руд и пород из месторождений золота Дальнего Востока, Западной Сибири, Якутии, Урала, Алтая и других районов страны, существовала до 1956 г., затем, по организационным причинам, была законсервирована и помещена в архив. Работы по формированию музея возобновились в 1989 г. и способствовали значительному его расширению.





С.А.Аксёнов (заместитель руководителя Роснедра), В.П.Орлов (президент РОСГЕО), А.И.Иванов (генеральный директор ФГБУ ЦНИГРИ), Т.П.Кузнецова (заведующая музеем) открывают экспозицию

Основу музейного фонда составляет каменный материал – образцы, штуфы пород и руд, отражающие важнейшие рудно-минералогические характеристики месторождений ведущих геолого-промышленных типов. Уникальна специализированная коллекция рудного и россыпного золота, представляющая важнейшие золотоносные провинции России. Музейные образцы – часто единственный источник информации о полностью отработанных к настоящему времени месторождениях. Коллекционный материал отражает все направления работ, проводимых институтом, и служит основой для специализированных и тематических выставок. Каменный материал сопровождается информацией по обстановкам нахож-

дения месторождений, составу рудовмещающих и рудоносных формаций, морфологии рудных тел, освоенности месторождений, степени участия ЦНИГРИ в их изучении. Эта информация служит наглядной иллюстрацией к составленной в ЦНИГРИ карте месторождений алмазов, цветных и благородных металлов России и сопредельных государств.

В соответствии со статусом музея как структурного подразделения ЦНИГРИ основной задачей его деятельности является сбор, обработка, систематизация и хранение образцов и коллекций руд по профильным месторождениям в целях их использования в следующих направлениях:

- *рекламно-маркетинговое* – пропаганда достижений института в области изучения, прогноза, поисков и оценки рудных месторождений; организация выставок; создание плакатов и буклетов. Экспонаты неоднократно демонстрировались на российских и международных конференциях и выставках. Музей развивает и поддерживает научные связи с другими музеями, а также геологическими организациями. Проводятся презентации музея на российских и международных конференциях;
- *научно-методическое* – музейные коллекции являются богатейшим материалом для многопланового изучения и сравнительного анализа месторождений, широко используются в комплексных исследованиях, проводимых институтом. Существенную помощь музей оказывает молодым учёным, предоставляя материалы для исследований;
- *просветительское* – популяризация достижений современной геологии в разработке теоретических основ учения о рудных месторож-



дениях, пропаганда привлекательности науки среди молодёжи, общей и научной профориентации, а также значимости геологии и науки металлогении в социально-экономическом и общекультурном развитии общества. Проводятся общие и тематические экскурсии для сотрудников различных организаций, иностранных делегаций, студентов, участников проводимых в ЦНИГРИ конференций, учащихся московских школ. В музее периодически устраиваются выставки по прикладной и художественной тематике, проводятся встречи с деятелями науки и искусства. Работают постоянно действующие выставки произведений из камня лауреата художественных выставок А.К.Степанова, заслуженного деятеля искусств профессора С.П.Серовой;

- *информационно-фондовое* – создание экспозиционного и резервного фондов, минералого-геохимическое исследование коллекций, межмузейный обмен образцами и коллекциями.

Представленная в настоящее время в залах музея экспозиция состоит из трёх основных разделов: месторождения благородных металлов, месторождения цветных металлов, месторождения алмазов.

В разделе «**Месторождения благородных металлов**» демонстрируется каменный материал, характеризующий золоторудные и золото-серебряные месторождения, локализованные в различных геотектонических обстановках.

Месторождения в вулканических и вулканоплутонических поясах: Дукатское, Агинское, Ку-

бака, Тас-Юрях, Куранах, Тасеевское, Карамкен, Кочбулак, Зодское, Многовершинное, Аметистовое и др. Наиболее характерные образцы представлены золотоносными кварцевыми и кварц-адуляровыми жилами фестончато-полосчатой, кокардово-полосчатой, колломорфно-полосчатой, брекчиевидной-полосчатой текстур. Продуктивные минеральные ассоциации – кварц-адуляр-гидро-слюдистая, кварц-пиритовая, золото-теллуридная, золото-халькопирит-блеклорудная.

Месторождения в вулканогенно-осадочных толщах и гранитоидах подвижных поясов, зеленокаменных трогов и вулканических грабенов: Дарасун, Берёзовское, Ключевское, Кочкарь, Бестюбе, Саралинское и др. Типичные рудные образования – золотоносные кварцевые и карбонат-кварцевые жилы и прожилки в березитах, гранодиоритах, гранодиорит-порфирах, плагиогранит-порфирах. Сульфидные минералы в жилах представлены пиритом, арсенопиритом, галенитом, халькопиритом, блеклыми рудами и др. Характерно многообразие парагенезисов золота: золото-висмутный, золото-медный, золото-теллуридовый.

Месторождения в терригенных и терригенно-карбонатных толщах зон шельфа и континентального склона – Наталкинское, Советское, Эльдорадо, Неждановское, Юрское, Токур, Мурунтау, Кумтор, Васильковское, Сухой Лог и др. Оруденение представлено сульфидно-кварцевыми жилами и минерализованными зонами, зонами прожилково-вкрапленных золото-сульфидных руд, штокверками и зонами существенно кварцевых легко обогатимых руд. Продуктивные минераль-



А.И.Иванов, Т.П.Кузнецова, академик Жао Пенгда (КНР)



Представители китайской делегации



ные ассоциации: пирит-арсенопиритовая с тонкодисперсным золотом, золото-кварц-пиритовая, золото-арсенопирит-полиметаллическая с кварцем, анкеритом, альбитом.

В разделе «**Месторождения цветных металлов**» особенно интересны минеральные и текстурные разновидности руд месторождений колчеданного семейства малокавказского, уральского, филизчайского, рудноалтайского геолого-промышленных типов, в том числе уникальных по запасам и содержаниям полезных компонентов объектов (Холоднинское, Броккен-Хилл, Маунт-Айза и др.).

Медно-цинково-колчеданные руды месторождений уральского типа представлены образцами руд из месторождений, локализованных в вулканитах контрастной (Юбилейное, Сибайское, Учалинское и др.) или непрерывной (Гайское, Узельгинское, Молодёжное и др.) формаций. В отдельных случаях, например на Джусинском месторождении (Южный Урал), среди главных рудных минералов отмечается и галенит, так что содержания свинца достигают в рудах промышленных концентраций.

Промышленные руды колчеданных месторождений рудноалтайского типа, сформированных в вулканитах риолитоидных формаций на сиалической коре, представлены галенит-сфалерит-баритовым (Змеиногорское, Зареченское, Лениногорское), халькопирит-галенит-сфалерит-пиритовым (Золотушинское, Юбилейное, Корбалихинское), сидерит-галенит-сфалерит-пиритовым (Озёрное, Назаровское, Ульдзуйтуй в Читинской области) минеральными типами.

Месторождения малокавказского типа, формирование которых связано с непрерывной базальт-андезит-дацит-риолитовой формацией, представлены сфалерит-халькопирит-пиритовым мине-

ральным типом (Маднеули и др.). Месторождения этого типа отличаются повышенной серебронасностью, а средние соотношения свинца, цинка и меди составляют 0,2:1:2.

Месторождения филизчайского типа, локализованные в породах терригенных формаций, наиболее изменчивы по геохимическому и минеральному составу руд. Коллекционный материал состоит из образцов руд (халькопирит)-галенит-сфалерит-пиритового (Холоднинское, Филизчайское, Текели), сфалерит-халькопирит-пиритового (Катехское, Кацдагское, Кизыл-Дере и др.), пирротин-сидерит-галенит-сфалерит-пиритового (Горевское, Картичное) минеральных типов. Для руд месторождений в черносланцевых толщах типична примесь  $C_{орг}$  в виде углистого вещества или графита, часто в сростаниях с сульфидами продуктивных ассоциаций. В коллекциях музея имеются образцы как с широко распространёнными на месторождениях цветных металлов текстурами минеральных сростаний, так и с относительно редкими. Среди них, в частности, отмечаются: колчеданно-полиметаллические руды крупнообломочной текстуры с ярко выраженной градиционной слоистостью; седиментационные рудные брекчии с обломками известняков, туффитов, сидеритовых и колчеданных руд; рудные конгломераты, в которых обломки массивных пиритовых и халькопи-



ритовых руд цементируются сульфидизированными алевропелитами и др.

Музей располагает также обширной коллекцией руд и вмещающих пород уникальных по запасам и содержаниям полезных компонентов свинцово-цинковых месторождений в метаморфических комплексах докембрия. Породы и руды месторождений, метаморфизованных в условиях гранулитовой фации, представлены образцами из месторождения Броккен-Хилл. Наряду с большими запасами, оно характеризуется уникально высокими суммарными содержаниями свинца и цинка (25%), сложным минеральным составом руд, обилием в них карбонатов, флюорита, фторапатита, тесной ассоциацией рудных и высокотемпературных метаморфических минералов.

Свинцово-цинковые руды месторождений, метаморфизованных в условиях зеленосланцевой фации, иллюстрируются образцами из месторождений Мак-Артур и Маунт-Айза. Они приурочены к пиритовым углистым доломитовым сланцам, разделённым горизонтами туффитов (Маунт-Айза), или локализованы в толще пиритовых сланцев с повышенными содержаниями битумоидов и калиевых кристаллокластических туфов (Мак-Артур). Руды имеют относительно простой минеральный состав с обычными для данного типа месторождений главными и второстепенными минералами. Суммарное содержание свинца и цинка в рудах

достигает 13%. Характерны тонкослоистые текстуры, осложнённые седиментационной и тектонической складчатостью.

Колчеданно-свинцово-цинковые рудные залежи Холоднинского месторождения, локализованные в толще углеродистых метапелитов, метаморфизованы в условиях эпидот-амфиболитовой фации. Основную промышленную ценность руд, как и на других месторождениях этого семейства, представляют галенит и сфалерит. Незначительная часть свинца и цинка рассеяна в спорадически встречающихся сульфосолях и нерудных минералах – ганите, ставролите, плагиоклазе. Для руд характерны тесные сростания сульфидов с графитом и широкое развитие структур и текстур, образованных в условиях высоких температур и давлений.

В разделе экспонируются также образцы руд медно-порфировых месторождений (Песчанка, Чатыркуль, Бингхем и др.) и медистых песчаников (Удокан, Джезказган). Месторождения цветных и благородных металлов, локализованные в основных и ультраосновных породах, представлены образцами и штуфами руд из крупнейших объектов этого типа: Бушвельдский ультраосновной массив, комплекс Стиллуотер, месторождения Талнахское, Аллареченское, Печенга и др.

Раздел «Месторождения алмазов» характеризует основные промышленно-генетические ти-



пы месторождений важнейших алмазоносных провинций России, расположенных в Якутии, Архангельской области, Приазовье. Представлены кимберлиты и другие алмазоносные породы, минералы-спутники алмазов, а также постмагматические минералы кимберлитов.

По 23 крупным месторождениям золота, серебра, меди, никеля, свинца, цинка и алмазов созданы эталонные коллекции типовых образцов руд и вмещающих пород, характеризующие различные части рудного и околорудного пространства. Коллекции иллюстрируются геологическими планами, разрезами, наборами прозрачных и полированных шлифов, текстурными материалами по геологическому строению месторождений и вещественному составу руд. Эти материалы отражают все главные минеральные и промышленные типы руд, их структурно-текстурные и генетические особенности, черты строения рудных тел, зональность месторождений и метасоматические изменения вмещающих пород. Среди наиболее интересных образцов – комковидное серебро из месторождений Якутии, спутанно-волокнистое самородное серебро, выделения самородного золота различной морфологии, «рудные пегматиты» – крупно- и гигантокристаллические сульфидные сростания в ультраосновных породах, зональные полисульфидные гнезда в габбродолеритах из месторождений Норильского района и Кольского полуострова. Эталонные коллекции иллюстрируются стендом по золото-серебряному месторождению Дукаат. Среди экспонируемых образцов – сростки кристаллов самородного серебра с тонкими плёнками гипергенного акантина, гипергенное проволоковидное самородное серебро, богатые родонит-кварцевые руды вкрапленной и ритмично-полосчатой текстур, полевошпат-кварцевые и хлорит-адуляр-кварцевые руды полосчатой и колломорфно-полосчатой текстур.

В 2002 г. музей присоединился к международному движению «Минеральное разнообразие – исследование и сохранение» (Софийская инициатива, 2000), что во многом определило пути его

дальнейшего развития (Т.П.Кuznetsova, 2005). Это движение – первая попытка привлечь внимание мировой общественности к необходимости сохранения минерального разнообразия в соответствии с принципами Доктрины устойчивого развития. Устойчивое развитие есть «развитие, которое обеспечивает удовлетворение разумных потребностей нынешних поколений людей с сохранением возможности аналогичного удовлетворения разумных потребностей будущих поколений». Устойчивое общество увеличивает благосостояние человека, одновременно сводит экологическую нагрузку к минимально возможной и в результате остаётся в пределах устойчивости экосистемы сколь угодно долго. Многогранность сторон концепции устойчивого развития, содержащихся в плане действий на XXI век, не ставит минеральное разнообразие в один ряд с вопросами питьевой воды, климата, бедности, истощения возобновляемых ресурсов. В то же время, необходимо обратить внимание на то, что каждый год безвозвратно отрабатываются сотни месторождений и теряются бесценные научные коллекции. В этой связи, как отмечает один из основоположников движения, «забота о воспроизводстве научного минералогического знания путём сохранения коллекций, на которых оно было получено, также важно, как и ответственность перед следующими поколениями в отношении воздуха, воды, минеральных ресурсов» (М.Н.Малеев, 2007). Следует также учитывать, что история взаимоотношений человека и природы, в том числе результаты работ учёных-геологов, сами по себе являются частью общекультурного наследия. В рамках Софийской инициативы при формировании тематических коллекций особое внимание уделяется максимально полной характеристике минеральных сростаний в рудах месторождений ведущих геолого-промышленных типов. Одним из новых направлений деятельности музея является исследование и сохранение архивов и минералогических коллекций геологов и минералогов – сотрудников ЦНИГРИ.

*Т.П.Кузнецова  
кандидат геолого-минералогических наук  
заведующая музеем  
«Руды благородных, цветных металлов  
и алмазов»*

## ИВАН СЕРГЕЕВИЧ РОЖКОВ – ОРГАНИЗАТОР ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СЛУЖБЫ СТРАНЫ (к 110-летию со дня рождения)



(1908–1971)

2 сентября 2018 года исполнилось 110 лет со дня рождения выдающегося учёного, крупнейшего специалиста в области геологии золотых, платиновых и алмазных месторождений, доктора геолого-минералогических наук, члена-корреспондента АН ССР **Ивана Сергеевича Рожкова**.

И.С.Рожков родился в 1908 г. в селе Ивонино Калужской области. Окончив в 1933 г. Ленинградский горный институт, начал свою производственную деятельность на Урале. Здесь он занимался изучением и поисками коренных и россыпных месторождений золота, работая на комбинате «Миассзолото» начальником геолого-поисковой партии на Васильевском золоторудном месторождении, затем геологом на Мелентьевском руднике, начальником партии треста «Уралзолото» в Богословском, Серовском и Ивдельском золотодобывающих районах.

В 1939 г. И.С.Рожков назначается главным геологом треста «Уралзолото». Им были организованы поиски месторождений золота и платины на Среднем и Северном Урале, приведшие к значительному увеличению разведанных запасов и обеспечившие на длительный срок устойчивую эксплуатацию многих действующих рудников и строительство новых предприятий по добыче ценных металлов. Военная обстановка, поставившая новые задачи перед золото-платиновой

промышленностью, потребовала организации добычи осмистого иридия и циркона; эти задачи были успешно выполнены во многом благодаря энергии и инициативе Ивана Сергеевича. В это же время он провёл работу особой важности, наладив промышленную добычу алмазов из уральских россыпей, являвшихся тогда единственным источником полезного ископаемого в стране.

В годы работы на Урале ярко проявились организаторские способности И.С.Рожкова, его настойчивость, энергия и смелость в решении сложных технических и хозяйственных вопросов. Эти качества в сочетании с глубокой научной эрудицией позволили руководству Министерства цветной металлургии СССР в 1945 г. выдвинуть его на должность главного геолога и заместителя начальника «Главзолото». Курируя все геологоразведочные работы на золото и платину, Иван Сергеевич организовал проведение широкого комплекса съёмочных, поисковых и разведочных работ в золотодобывающих районах. За короткий срок геологическая служба «Главзолото» стала одной из передовых геологических организаций страны, а золотодобывающая промышленность была обеспечена устойчивой сырьевой базой.

Особенность творческой деятельности И.С.Рожкова – умение сочетать производственную работу с серьёзными научными исследованиями. В начальный период работы на Урале он изучал коренные месторождения золота Васильевское, Кащеевское, Мелентьевское, Северо-Кузнецкое. В результате было установлено, что два последних месторождения принадлежат к новому для региона типу – золото-колчеданно-полиметаллическому. Для колчеданных руд месторождений данного типа И.С.Рожков выявил парагенетическую ассоциацию самородного золота не только с пиритом, как считалось раньше, но и с халькопиритом, галенитом, сфалеритом. Это открыло новые перспективы при оценке золотодобываемости колчеданно-полиметаллических руд.

В этот период под руководством И.С.Рожкова большим коллективом учёных была составлена карта золотодобываемости и платиноносности СССР м-ба 1:1 000 000, раскрыты закономерности размещения рудных районов и провинций, выделе-

ны основные золотоносные эпохи и наиболее перспективные области. Эта масштабная работа была удостоена Государственной премии.

В дальнейшем Иван Сергеевич занялся изучением уральских россыпей золота и платины. Им была доказана продуктивная металлоносность россыпей мезозойского возраста, определены закономерности их размещения и зависимость пространства от геоморфологических факторов и характера коренных источников. В итоге была разработана классификация россыпных месторождений благородных металлов по геологическому возрасту и генетическим типам. Всё это нашло отражение в монографии «Геология россыпей золота и платины Северного и Среднего Урала и закономерности их размещения», за которую в 1952 г. ему была присвоена учёная степень доктора геолого-минералогических наук.

В 1957 г. И.С.Рожков перешёл на работу в Академию наук СССР и был избран Председателем Президиума Якутского филиала Сибирского отделения. На этом посту он провёл огромную работу по созданию крупного научного центра в Якутии. По его инициативе был организован ряд новых научных подразделений – Институт космофизических исследований, отдел энергетики, отдел экономики, Ботанический сад и Институт геологии, который он впоследствии возглавил.

Особенно много труда и энергии И.С.Рожков отдал организации научных исследований в Институте геологии ЯФ СО АН. При его участии в 1958–1961 гг. изучена платиноносность Алданского щита, выявлен новый тип эндогенных место-



рождений платины. В 1959 г. под его руководством была поставлена актуальная тема по разработке геохимических методов поисков труднообнаруживаемых золотых месторождений в корях выветривания. Необходимость оценки в Индигирском промышленном районе ЯАССР обусловила в 1959–1963 гг. постановку комплексных исследований, которые завершились ценными практическими рекомендациями и интересными научными выводами.

Крупные исследования выполнены И.С.Рожковым в области изучения алмазоносных россыпей в Уральской и Якутской алмазоносных провинциях. Историко-геологический подход к этой проблеме позволил ему выделить в указанных провинциях разновозрастные россыпи, начиная от палеозоя и до современных. Для россыпей каждой возрастной группы были выявлены генетические и морфологические типы, дана их промышленная оценка. Особое внимание автор уделил мезозойским алмазоносным россыпям, среди которых им впервые для Якутии выделен пролювиальный тип, давший промышленные алмазы. Под руководством И.С.Рожкова создана минерагеническая карта территории Якутской АССР (1962), служащая примером комплексных минерагенических исследований.

Возглавив в 1964 г. ЦНИГРИ, И.С.Рожков определил в качестве основных направлений деятельности института проведение средне- и крупномасштабного прогнозирования по главнейшим золотоносным регионам и разработку научных основ прогноза применительно к различным геологическим обстановкам. Ему принадлежит инициатива разработки институтом теоретических обобщений по проблемам связи золотого оруденения с магматизмом, типизации золоторудных месторождений по вещественному составу руд и околорудным изменениям. Под руководством И.С.Рожкова существенно расширены и укреплены аналитическая и экспериментальная базы ЦНИГРИ, усилены методические работы по поискам, разведке и опробованию. Созданы новые научные подразделения, такие как сектор алмазов и сектор цветных металлов в г. Москве, алмазная лаборатория в г. Мирном, отделение экспериментальных исследований в г. Туле. Институт получил право приёма к защите кандидатских диссертаций на соискание учёных степеней по геолого-минералогическим наукам. При непосредственном



участии Ивана Сергеевича в ЦНИГРИ разработаны и изданы методические руководства по разведке и оценке месторождений золота и алмазов, выполнены исследования по оценке минерально-сырьевой базы золотой и алмазодобывающей промышленности.

Важная сторона деятельности И.С.Рожкова – проведение экспертиз золотых, платиновых и алмазных месторождений как в нашей стране, так и за рубежом. Не было практически ни одного крупного месторождения, требовавшего оценки и промышленного заключения, на котором он бы не побывал, в оценке которого не принимал бы участия. Им оценивались месторождения Мурунтау, Нежданинское, Маракан, Балей, Куранах, а также Куларский район, Енисейский кряж и др. Он посетил ряд золоторудных месторождений в Гане, Мали, Чехословакии, Индии.

Результаты научных изысканий И.С.Рожкова отражены более чем в 150 работах, главные из которых – монографии «Платина Алданского щита» (1962), «Геология россыпей Якутии» (1964), «Геохимия золота в коре выветривания и биосфере золоторудных месторождений куранахского типа» (1966), «Алмазоносные россыпи Западной Якутии» (1967), «Алмазы на службе человека» (1967), «Геологические основы и методика поисков и разведки месторождений алмазов» (1970), «Позднемезозойский магматизм и золотое оруденение Верхне-Индибирского района» (1971).

В 1959 г. И.С.Рожкову присвоено звание профессора, в 1962 г. – почётное звание заслуженного деятеля науки и техники ЯАССР. В 1960 г. избран членом-корреспондентом АН СССР по специальности «Геология». Входил в состав редколлегий журналов «Советская геология», «Геология рудных месторождений», «Геология и геофизика». Был членом Президиума Верховного Совета Якутской Республики, председателем Межведомственного научного совета по геологии алмазных

месторождений, председателем секции россыпей Научного совета по рудообразованию при Отделении наук о Земле АН СССР, главным консультантом Министерства геологии СССР по месторождениям золота и алмазов, делегатом XXI–XXIII сессий Международного геологического конгресса.

За огромный вклад в науку И.С.Рожков награждён орденами Красной Звезды, Ленина, Трудового Красного Знамени, медалями и грамотами, дважды удостоен Государственной премии. Его именем назван минерал рожковит.

#### ПЕЧАТАЕТСЯ ПО МАТЕРИАЛАМ

- *Архивы* Российской академии наук. [Электронный ресурс] URL: <http://isaran.ru>.
- *Баранников А.Г., Шуб И.З.* Вклад И.С.Рожкова в изучение геологии уральских золото-платиновых россыпей // *Руды и металлы*. 1999. № 5. С. 12–14.
- *Вопросы* формирования и закономерности размещения месторождений золота и платины (Посвящается 60-летию со дня рождения чл.-корр. АН СССР И.С.Рожкова) / Науч. ред. М.Б.Бородаевская // *Тр. ЦНИГРИ*. 1970. Вып. 87.
- *Избеков Э.Д.* И.С.Рожков – реформатор изучения россыпей // *Руды и металлы*. 1999. № 5. С. 9–11.
- *Ненашев Н.И.* И.С.Рожков как организатор науки // *Руды и металлы*. 1999. № 5. С. 6–8.
- *Разин Л.В.* Воспоминания об И.С.Рожкове // *Россыпи, источники, их генезис и перспективы*. Якутск, 2000. С. 10–12.
- *Разин Л.В., Метелкина М.П.* Член-корреспондент АН СССР Иван Сергеевич Рожков (к 60-летию со дня рождения) // *Геология и геофизика*. 1969. № 4. С. 151–153.
- *Учёные* Якутского института геологии. 50 лет. Справочное издание / Отв. ред. О.В.Королева. – Якутск: Сахаполиграфиздат, 2007.
- *Фотоархив* Сибирского отделения Российской академии наук. [Электронный ресурс] URL: <http://www.soran1957.ru>.



## «ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ЖИЗНЬ» СЕРГЕЯ ДМИТРИЕВИЧА ШЕРА (к 100-летию со дня рождения)



(1918–1986)

5 октября 2018 г. исполняется 100 лет со дня рождения видного учёного, одного из крупнейших специалистов в области геологии золоторудных месторождений, доктора геолого-минералогических наук Сергея Дмитриевича Шера. Вся геологическая жизнь и творческая деятельность Сергея Дмитриевича была связана с ЦНИГРИ (ранее НИГРИЗолото).

### Из воспоминаний старшего научного сотрудника Евгении Александровны Зверевой

С.Д.Шер учился в Московском геологоразведочном институте. В 1940 г. он проходил преддипломную практику под руководством Д.А.Тимофеевского на Ольховском и Константиновском золоторудных месторождениях в Красноярском крае, после чего, одновременно с подготовкой диплома, работал коллектором в НИГРИЗолото. Дипломную работу защитил за четыре дня до начала Великой Отечественной войны и был распределён в Иркутское Геологическое Управление. Но вместо этого в июле 1941 г. Сергей Дмитриевич пошёл добровольцем на фронт. Немного поучившись на военных курсах, он начал войну сапёром-подрывником, лейтенантом, а закончил её в 1945 г. капитаном, начальником штаба батальона инженерно-сапёрных войск. За годы войны был дважды награждён орденом Отечественной войны II степени, орденом Красной Звезды, медалями.

С декабря 1945 г. С.Д.Шер был принят на работу в НИГРИЗолото и вместе с Н.И.Бородаевским занимался изучением золотых месторождений на Южном Урале. Это были детальные работы, направленные на геолого-экономическую оценку месторождений Мелентьевское и Кочкарь. Полевые наблюдения проводились в старых подземных выработках, где приходилось местами ползать по-пластунски, толкая перед собой карбидку, полевую сумку, рюкзак и молоток, спускаться и подниматься по шатким лестницам или в бадье. Далее следовали весьма трудоёмкие построения геологических разрезов.

Исследования проводились три года, после чего весной 1949 г. С.Д.Шер, резко переменяя направление своих работ, начал изучение Баргузинской тайги. Задачей, стоящей перед ним, было выявление источников золотоносных россыпей, а сам он впоследствии писал об этом так: *«Мне нужно было как можно больше узнать о геологии района, обо всех проявлениях золотого оруденения и оценить, насколько позволяло это знакомство, золотоносность района в целом и отдельных его участков. Оба полевых сезона в Баргузинской тайге у меня были порядка по полгоду»\**.

Возглавляла эти работы С.Г.Мирчинк. Она изучала россыпи, а Сергею Дмитриевичу была предоставлена полная самостоятельность в решении поставленной перед ним проблемы. Это была тяжёлая работа на огромной территории, посильная только для выносливого и целеустремлённого геолога, и проводил её Сергей Дмитриевич практически в одиночку. Результаты исследований вылились в кандидатскую диссертацию, которую С.Д.Шер написал работая уже в Верхне-Селенджинском районе (Дальний Восток).

Это был следующий этап его геологической жизни (1951–1953 гг.). Здесь главной задачей исследования было поддержать запасы золота как на месторождении Токур, так и в районе. Для этого надо было изучить Токурское месторождение (с составлением погоризонтных планов), составить карту ближайших окрестностей Токура (1:10 000)

\* Здесь и далее курсивом приведены цитаты из книги С.Д.Шера «Моя геологическая жизнь». – М.: ЦНИГРИ, 1983.

и, наконец, карту центральной части Верхне-Селемджинского района (1:50 000). И опять – подземка и большие сложные маршруты. «Ходить здесь в маршрут, пожалуй, ещё труднее, чем в Баргузине: склоны невероятно крутые, заросшие мхом, кустами и деревьями, заваленные буреломом. И самое печальное, что подо всем этим очень плохо видна геология, да и породы крайне однообразны». Постепенно из кажущегося однообразия вырисовывалось размещение даек, цепочек мелких диоритовых интрузий и кварцевых жил, а в местах их пересечения намечались золотоносные узлы.

В 1954 г. началось изучение Ленского золотоносного района, которому Сергей Дмитриевич посвятил много лет – до 1962 г. Здесь он работал в составе большой Ленской экспедиции, начавшей исследования ещё в довоенное время. Задачей было дать заключение по спорному и многократно рассматривавшемуся разными геологами вопросу о том, какие источники являлись коренными для богатейших Ленских россыпей.

Постепенно, после детального изучения и оценки золотоносных кварцевых жил на Артёмовском прииске и гольце Кавказ (прииск Васильевский), Сергей Дмитриевич пришёл к печальному, но вместе с тем и очень важному выводу – «богатейшие россыпи р. Бодайбо произошли за счёт рассредоточенных кварцевых жил, которые сами промышленного месторождения не представляют». С накоплением фактического материала по кварцевым жилам в других участках, в том числе в районе ключей Сухой Лог и Верный, был сделан более твёрдый вывод о том, что «кварцевые жилы

на Лене промышленного значения в качестве месторождения иметь не будут».

Параллельно с детальными исследованиями С.Д.Шер участвовал в геолого-съёмочных работах. Институт в это время занимался составлением государственных геологических карт масштабов 1:100 000 и 1:200 000 на огромной территории Ленского района.

Вспоминая о ленских работах, Сергей Дмитриевич писал: «Главное, что ленский материал побудил меня к обобщению золотоносности всего Земного шара. Вначале родилась статья о соотношениях масштабов россыпных и коренных золотых районов – оказалось, что они далеко не всегда соответствуют друг другу. Потом оказалось интересным узнать, что же делается в золотоносных областях древних провинций мира (вначале Канадского щита). Поразило слабое освещение этого материала в русской и иностранной литературе. Так постепенно мысли о перспективах Ленского района явились толчком для обобщений по золотоносности всего Земного шара».

По сути, Сергей Дмитриевич не прекращал работ на «золотой Лене», хотя после 1963 г. львиную долю его умственных и физических сил поглощали Кызылкумы. Между тем, на Лене продолжались исследования силами иркутских геологов и ЦНИГРИ, накапливался материал, позволяющий ближе подойти к вопросу о возможных коренных месторождениях золота.

Во время первого «Ленского периода» в качестве коренных месторождений золота в этом районе и в других предполагались месторождения кварцево-жильного типа. На их поиски и были направлены геологические исследования. Из-за такого подхода при детальных работах по оценке кварцевых жил гольца Сухой Лог в 1957–1958 гг. было пропущено золото-сульфидно-вкрапленное месторождение. В многочисленных кварцевых жилах этого участка повышенные содержания золота обнаруживались только в единичных, разрозненных пробах, а аномальной золотоносности пустых на вид чёрных сланцев, обнаруженной геохимической съёмкой А.В.Горельшева, не было придано значения. «И мне, как и другим геологам, тогда даже в голову не приходило, что мы ходим по золотому месторождению, но не привычному кварцево-жильного типа, а рассеянному в чёрных сланцах с тонко вкрапленным в них пиритом определённого типа», – вспоминал об этом С.Д.Шер.



Позже, в 1965 г., с накоплением знаний по золоторудным месторождениям России и мира И.С.Рожков и С.Д.Шер в заключении о направлении работ по поискам и разведке коренных месторождений золота в Ленском районе отметили, что, в отличие от кварцевых жил, зоны сульфидной вкрапленности могут представлять интерес как объекты для создания золоторудной базы. В этом новом качестве Сухоложская зона была выделена как перспективная, после чего вскоре на ней силами Иркутского Геологического Управления были поставлены геологоразведочные работы. ЦНИГРИ включился в детальное изучение нового месторождения Сухой Лог с 1970 г., а Сергей Дмитриевич стал руководителем работ с 1972 г.

После длительной работы в Ленском золотоносном районе, во время которой Сергей Дмитриевич, по его собственной оценке, приобрёл большой опыт и качественно изменился как геолог-исследователь, в его геологической жизни начался принципиально новый период, когда значительно многообразней стали задачи, которые приходилось решать, места, где приходилось бывать, и количество людей, с которыми приходилось общаться и работать.

*«Большинство геологов раз и навсегда выбирают себе определённый профиль работы. Одни специализируются по детальным поискам на месторождениях, другие – на региональном изучении больших площадей. Я совмещал и то и другое, и считаю это для себя очень удачным»,* – вспоминал он потом. Такое совмещение продолжалось и на новом этапе работ, который начался в 1964 г. Это было изучение Кызылкумов, где к тому времени было открыто месторождение Мурунтау.

С каждым годом геологические исследования ЦНИГРИ в Кызылкумах расширялись, все они велись под научным руководством С.Д.Шера – детальные исследования месторождений Кокпатас, Каракутан, Чармитан, региональные работы по изучению золотоносности Кызылкумов. Помимо этого, Сергей Дмитриевич, который уже стал ведущим сектором, посещал с консультациями многие другие объекты, в частности, в Мариинской тайге.

Одновременно под его руководством шли работы по обобщению данных об изменениях пород в околорудных ореолах месторождений золота (1967–1970 гг.). Кроме исполнителей из ЦНИГРИ, привлекались и были соавторами геологи раз-

личных институтов и производственных организаций по всей стране (число соавторов достигало 35–40). В связи со всеми этими исследованиями Сергей Дмитриевич посещал много золоторудных месторождений и проявлений. Так, в 1969 г. его «путешествия» охватили Казахстан (Бестюбе, Бакырчик), Узбекистан (много точек в Кызылкумах, Нурате), Азербайджан (Пъезбаши, Зод) И всё это за какие-то два месяца. А во время коротких остановок на перепутье и в транспорте – составление бесконечных рефератов и обобщения по золотоносности Австралии.

Позже, в 1971–1974 гг., в связи с постановкой следующей обобщающей темы «Проблемы связи золотого оруденения с магматизмом» ко всем названным выше объектам изучения добавились ещё Тарор и Гиждарва в Таджикистане. В 1975–1976 гг. в качестве куратора по золоту Сергей Дмитриевич посетил ряд высокогорных месторождений Таджикистана и Киргизии (Макмал, Пакрум, Чоре, Джеруй), а в Кызылкумах новым объектом изучения стал Даугыз.

Во время этих работ С.Д.Шер не забывал и о Ленском районе. В 1966 г. при его участии был закончен многотомный отчёт, в 1971 г. вышла коллективная монография «Ленский золотоносный район» и в том же году – лист государственной геологической карты (снятый С.Д.Шером в соавторстве с А.А.Кондратенко и Н.А.Вашко).

С каждым годом, особенно в 1975–1976 гг., всё больший размах приобретали разведочные работы на Сухом Логу, а в 1977 г. был сделан подсчёт запасов.

Помимо руководства многочисленными темами по изучению месторождений Средней Азии и Ленского золотоносного района, Сергей Дмитриевич как большой знаток золоторудных месторождений много работал в составе разных комиссий, участвовал в крупных совещаниях союзного масштаба. Чтобы представить себе размах этих работ, достаточно назвать главные: 1968 г. – семинар по месторождениям золота Казахстана, Средней Азии и Кавказа (г. Алма-Ата); 1971 г. – экспертная комиссия по оценке и уточнению направления геологоразведочных работ на Дальнем Востоке (с посещением месторождений Многовершинное, Токур); 1974 г. – поездка в Болгарию с целью консультации по составлению очередного плана геологоразведочных работ и оценке сырьевой базы золота; 1977 г. – участие в комис-

сии по оценке и изысканию резервов Карамкенского месторождения (г. Магадан); обсуждение направления работ по поискам и разведке месторождений золота в Карелии (г. Петрозаводск); 1978 г. – участие во Всесоюзном совещании по золоту (г. Иркутск).

За заслуги в области геологии С.Д.Шер был награждён орденами «Знак Почёта», Трудового Красного Знамени, медалью «За заслуги в разведке недр», многочисленными грамотами.

#### Из воспоминаний старшего научного сотрудника Бориса Яковлевича Вихтера

Обобщающие сводки по золоторудным месторождениям широко публиковались зарубежными и отечественными исследователями с начала XIX века. Однако именно С.Д.Шер начал выявлять общеглобальные закономерности размещения золотых месторождений в геотектонических областях материков. В 1965 г. им впервые проведено металлогеническое районирование Земли по золоту с выделением 27 золотоносных провинций. С разной степенью детальности для каждой провинции или группы однотипных провинций им были рассмотрены распространённые или преобладающие типы золоторудных месторождений, их положение в литолого-стратиграфическом разрезе, соотношение с магматическими образованиями и тектоническими элементами, подчеркнуты особенности геологической обстановки лока-

лизации и минералого-геохимическая специфика месторождений. Была сделана количественная оценка золотоносности провинций с применением показателя «плотность добытого золота», выражаемого через отношение добытого золота к площади провинции, и показателя «интенсивность золотоносности», выражаемого через отношение плотности золотоносности к интервалу времени.

Со временем (1970 г.) детальный анализ материалов о золоторудной минерализации и геологическом строении каждой золоторудной провинции привёл С.Д.Шера к выводу о направленности металлогенического развития земной коры. Этот вывод убедительно демонстрировался эволюцией типов и условий формирования месторождений золота в геологической истории. Сергеем Дмитриевичем было выделено пять металлогенических золотоносных эпох, каждая из которых имеет отчётливую специфику золотой минерализации по условиям формирования и преобладания определённых типов месторождений.

Свободно читая на английском, французском и немецком языках, С.Д.Шер проработал огромный литературный материал по геологии золоторудных месторождений. В своих обобщающих статьях и глобальных металлогенических разработках он оперировал данными примерно по 1000 месторождений. Поистине энциклопедические знания позволили ему создать непревзойдённую двухтомную монографию «Металлогения золота», вышедшую в 1972 и 1974 гг. Эта книга, как и прочие труды С.Д.Шера, – достойный памятник крупному учёному, вклад которого в изучение глобальной металлогении золота поистине трудно переоценить.

#### Из воспоминаний старших научных сотрудников Евгении Александровны Зверевой и Николая Яковлевича Гурейкина

Наряду с огромной научной геологической деятельностью, являвшейся неотъемлемой частью тематических работ ЦНИГРИ, С.Д.Шер создал немало научно-популярных очерков, преимущественно для детей школьного возраста.

Самый первый его очерк «Камни под микроскопом» (1946–1947) был напечатан в одном из популярных журналов. Затем последовала серия коротких заметок под специальной рубрикой



«Знаешь ли ты?» для передачи по радио в «Пионерской зорьке». Были и более крупные очерки для радио: «Карстовая пещера», «Карта мирного наступления», «Коллекции камней», «В подземном царстве». Наиболее серьёзной Сергей Дмитриевич считал серию передач по радио «Путешествие по геологической карте», в которых рассказывалось о геологии и полезных ископаемых отдельных районов нашей страны. Позднее эти очерки были объединены в книгу «По страницам каменных летописей».

Сергей Дмитриевич обладал огромным даром – не только чётко и ясно выразить свои мысли, но и редактировать любые тексты, делать их доступными для чтения, подчёркивая в них главное. Делал он это с лёгкостью и изяществом и нисколько не искажал при этом смысла того, что хотел сказать автор. Мы не переставали удивляться, видя как после замены нескольких слов, перестановки фраз и абзацев текст из «гадкого утёнка» превращался в «прекрасного лебедя».

Сколько он отредактировал наших статей, отчётов, диссертаций! Это делалось быстро и как будто незаметно. В деле редактирования, при всей своей мягкости, он был неумолим и последователен. Это касалось всей рукописной «продукции», попадавшей на его стол, но в первую очередь тех диссертационных работ, которыми он руководил. Его совершенно не смущала трудоёмкость процесса – работа переделывалась столько раз, сколько требовалось. Из обыкновенного подobia геологическому отчёту она в конце концов превращалась в лаконичное изложение, текст которого был тесно согласован с тезисами самой работы и доносил до читателя всё главное, что в ней было.

С.Д.Шер был научным редактором восьми сборников «Труды ЦНИГРИ», а также большинства статей в пятитомном издании «Золоторудные месторождения». Кроме того, он осуществлял большую редакционную работу, будучи членом редакционных коллегий геологической секции Учёного совета ЦНИГРИ, секции «Геология, методы поисков и разведки месторождений металлических полезных ископаемых» ВИЭМС и одной из редакций издательства «Недра». Сергей Дмитриевич много лет был членом редколлегии институтской стенгазеты, тщательно шлифуя публикуемые в ней статьи и частью являясь автором рефератов.

Когда Сергей Дмитриевич стал серьёзно заниматься обобщениями по золоту мира, его популяризаторская деятельность переросла в лекционно-преподавательскую. Он читал лекции на курсах повышения квалификации при Мингео РСФСР, в группах по повышению квалификации главных геологов при МГРИ и МГУ, руководил аспирантами из ЦНИГРИ и производственных организаций. В начале 1960-х годов, когда в школах было введено производственное обучение, возглавил работу со школьниками в ЦНИГРИ. Он составлял программы теоретических и практических работ, подбирал сотрудников института для обучения ребят, принимал экзамены.

Завершением творческой деятельности Сергея Дмитриевича Шера стала книга «Моя геологическая жизнь», написанная им в его последние годы. Вся его нелёгкая, но интересная жизнь геолога-труженика, просто и без прикрас показанная в книге, может послужить прекрасным примером для многих поколений геологов.



3 августа 2018 г. исполнилось 85 лет академику РАЕН, доктору геолого-минералогических наук, ведущему научному сотруднику отдела благородных металлов ЦНИГРИ **Виктору Борисовичу Чекваидзе**.

В.Б.Чекваидзе – известный в нашей стране и за рубежом учёный-геолог, специалист в области петрографии и геохимии. Главные направления его научной деятельности – изучение месторождений благородных и цветных металлов, разработка методов их прогноза и поисков (околорудный метасоматизм, прикладная геохимия, комплексирование петрографических, минералогических и геохимических поисковых методов).

В.Б.Чекваидзе родился в 1933 г. в г. Харькове. В 1955 г. с отличием окончил Харьковский университет. С 1965 г. работает в ЦНИГРИ. Многие годы осуществлял работы на колчеданно-полиметаллических месторождениях Рудного Алтая в Змеиногорском, Золотушинском, Рубцовском, Лениногорском и Зыряновском рудных районах, результатом чего явилась формационная классификация околорудных метасоматитов, успешно применяемая и в наши дни. В Зыряновском районе участвовал в прогнозно-металлогенических исследованиях, которые привели к открытию Малеевского и Майского месторождений. Позже он возглавил минералого-геохимическую лабораторию, проводившую работы на рудное золото в ряде регионов бывшего Советского Союза (Северный и Восточный Казахстан, Закарпатье, Узбекистан, Северо-Восток России). В.Б.Чекваидзе усовершенствовал комплекс минералого-геохимических методов поисков золоторудных месторождений. Выдвинутое им положение о закономерно повторяющихся вещественных триадах (породно-минерально-элементных ассоциациях) подтверждено на месторождениях разных формационных типов. Он обосновал и внедрил в практику поисковых работ комплексную петрографо-минералого-геохимическую методику поисков золоторудных месторождений. В.Б.Чекваидзе – инициатор и автор разработки ионно-потенциометрического метода поисков золоторудных объектов, с помощью которого на фланге месторождения Наталка была выявлена новая рудная зона.

В последнее время В.Б.Чекваидзе выполнял работы по оценке перспектив золотоносности магматических и метаморфических комплексов Востока России, участвовал в работах по научному сопровождению ГРП, направленных на поиски месторождений золота в пределах Республики Карелия, Мурманской и Архангельской областей.

В.Б.Чекваидзе – автор более 250 печатных трудов, включая семь монографий. Он – член диссертационного совета ЦНИГРИ, лауреат премии им. М.Б. и Н.И.Бородаевских. Его научная деятельность отмечена знаком «Отличник разведки недр», юбилейным знаком «300 лет горно-геологической службы России», почётными грамотами Мингео СССР, МПР России, ЦНИГРИ.

Поздравляем Виктора Борисовича Чекваидзе с юбилеем, желаем крепкого здоровья, счастья, новых научных достижений.

*Дирекция ЦНИГРИ  
Учёный совет ЦНИГРИ  
Редколлегия журнала*



**Нина Алексеевна Розанова** родилась 11 августа 1917 года в Полтавской губернии. В 1941 г. окончила Московский геологоразведочный институт (МГРИ) и в годы Великой Отечественной войны в должности младшего научного сотрудника по заданиям командования Красной Армии составляла геологические сводки о ресурсах природных строительных материалов и красок в западных районах СССР для нужд фронта. Одновременно трудилась в должности ассистента МГРИ до 1947 г. Удостоена медали «За доблестный труд в 1941–1945 гг.». В 1947–1950 гг. она в должности старшего геолога выполняла крупномасштабные геологосъёмочные работы рудных полей Чехославакии.

В 1950–1957 гг. в должности старшего инженера Специального главного управления «Главцветмет» МВД СССР, а позднее «Главзолото», была куратором по ревизионным поискам урана, редких и рассеянных элементов в месторождениях золота. За плодотворную работу в 1953 г. награждена знаком «Отличник золото-платиновой промышленности». После обучения в аспиранту-

ре (1957–1961 гг.) защитила кандидатскую диссертацию «Структурные особенности локализации золотого оруденения на Центральном месторождении (Кузнецкий Алатау)».

С марта 1961 г. по сентябрь 1987 г. Нина Алексеевна трудилась в ЦНИГРИ, сначала в должности старшего научного сотрудника, а затем – учёного секретаря (1966–1975 гг.). В 1970 г. награждена юбилейной медалью «За доблестный труд. В ознаменование 100-летия со дня рождения В.И.Ленина» и знаком «Отличник разведки недр». С 1975 по 1980 гг. возглавляла научно-организационный отдел с исполнением обязанностей учёного секретаря. На этой работе она способствовала рациональному планированию НИР, осуществляла контроль за своевременным и качественным выполнением отчётов Тематического плана, оказывала помощь в подготовке и росте квалификации научных кадров. Награждена медалью «Ветеран труда». С 1980 г. работала в должности старшего научного сотрудника сектора Геолого-экономической оценки и прогнозирования сырьевой базы благородных металлов. За время своей научной деятельности она опубликовала 20 статей и около 50 производственных отчётов.

После ухода на пенсию в 1987 г. Ниной Алексеевной совершён ещё один трудовой подвиг: она на протяжении 20 лет, до достижения 90-летия, проработала в Государственном музее А.С.Пушкина, способствуя приобщению к прекрасному наших современников из России и зарубежных стран.

#### **По материалам, опубликованным на сайте Государственного музея А.С.Пушкина**

«Нина Алексеевна прослужила в музее более 20 лет, а пришла работать на Пречистенку, когда ей было уже под 70! По профессии она – геолог-разведчик, кандидат геолого-минералогических наук, имеет более 60 научных трудов, около полувека проработала по специальности. А в музей пришла потому, что после ухода на пенсию просто не могла сидеть без дела и, конечно, из любви к Пушкину и русской литературе. Сначала работала обычным смотрителем в залах экспозиции, а потом перешла – благо, образование и широкий кругозор позволяли это – в отдел книжных фондов, где занималась учётом. Нина Алексеевна стала и одним из дарителей музея, передав в фонды некоторые семейные реликвии и портреты.

Судьба Нины Алексеевны Розановой из тех, о ком можно писать романы. Впрочем, как многих людей тех поколений, чья жизнь пришлось на бурный и полный испытаний XX век.



Нина Алексеевна принадлежит к роду знаменитых Розановых. Василию Васильевичу Розанову, известному религиозному философу и публицисту, она приходится внучатой племянницей. Её отец, Алексей Николаевич Розанов, – сын старшего брата В.В.Розанова Николая.

Нина Алексеевна родилась в 1917 году. Время лихое, круто менялась жизнь – сначала февральская революция, потом октябрьская. Своё детство Нина Алексеевна вспоминает, как очень счастливое. Любящие родители, живая, творческая атмосфера дома, интересные гости. Отец её был геологом, но при этом очень разносторонне одарённым человеком. Алексей Николаевич Розанов – один из создателей Московского отделения Геолкома, затем его вице-директор, первооткрыватель восточных флангов Норильского месторождения (рудник «Медвежий Ручей»), профессор Московской горной академии, заведующий кафедрой геологии СССР в Московском нефтяном институте. Счастливая жизнь семьи и безмятежное детство Нины закончилась в 33-м, когда по обвинению в идеологической измене отец вместе с группой московских геологов был арестован и сослан на работы в Норильск. Последние годы школьной жизни Нине Алексеевне пришлось жить с клеймом «дочь врага народа». О том, что она из рода Розановых, говорить было не только не принято, но и опасно.

Закончила школу Нина в 1936-м. Куда поступать сомнений не было – пошла по стопам отца, в геологоразведочный институт.

«Жилось очень трудно – рассказывает Нина Алексеевна. – Выпускные экзамены и защита диплома пришлось на 1941 год. Я на последнем курсе замуж вышла и ребёнка ждала. Поэтому защиту мне переложили на осень. А муж – он тоже был связан с геологией – по распределению был отправлен в Магадан. 19 июля я родила мальчика, а 22 на Москву упали первые бомбы. И представляете, в первый же день одна из них упала в палисадник роддома (им. Клары Цеткин), где я лежала. Но не взорвалась! Нам потом рассказали, что снаряд без запала оказался, и записку в нём нашли «Эта не взорвётся, мы с вами!». Так вот, антифашисты на немецком заводе нам тогда, возможно, жизнь спасли.

Я всю войну в Москве прожила. Когда отцовское ведомство уезжало в эвакуацию, мне предложили попробовать втиснуться в переполненные вагоны, но я отказалась. Ну, куда я, без диплома? Как потом буду жить? В Москве остались 2–3 кафедры в институте, надо мной сжалились, взяли лаборантом и предложили защищаться. Последние месяцы осени 41-го были очень тяжёлыми и голодными. Дома – ни газа, ни тепла. В декабре брат вернулся из ополчения, тоже был растерян – кому он, геолог, сейчас нужен? Но вдруг всё образовалось! При Академии наук по инициативе учёных была создана Комиссия





по геолого-географическому обслуживанию Красной Армии. Оказалось, геологические специальности ещё как нужны были, и для фронта, и для тыла. Комиссию возглавил Александр Ферсман, известный учёный, геолог-минеролог. Он хорошо знал и уважал отца и взял нас с братом в новое ведомство. Мы были приравнены к военнослужащим, со всеми полагающимися привилегиями.

В ведении нашей комиссии были все вопросы, связанные с геологоразведкой почвы, в тех местах, где шли бои или строили оборонительные укрепления. Каждые две недели мы составляли сводки и справки по геологоразведке оборонительных линий фронта. Перед тем, как рыть окопы, например, на передовые командировались отряды геологов, которые проводили анализ почвы, определяли возможности для строительства укреплений. Ведь нет же смысла тратить силы и средства, чтобы рыть окопы там, где под слоем земли – гранит. Геологи определяли нахождение карстовых пещер, новые источники воды...

Нас, женщин, на передовую старались не отправлять, но всё же несколько раз и я выезжала на фронт. Хочу особо отметить, что очень важным для нас был настрой. Ферсман, председатель комитета, намеренно создавал и берёг в нашем коллективе атмосферу оптимизма и надёжности. Вера и надежды давали нам большие силы...»

Конечно, мы спросили Нину Алексеевну, каким помнит она тот майский день, когда объявили победу? Помнит ли восторг, танцевала ли на улицах, смотрела ли салют? Нина Алексеевна покачала головой: «Поверите ли, не помню этого дня почти. У меня маленький ребёнок был, все мысли и заботы о нём. Мы, конечно, уже чувствовали, что скоро настанет долгожданный мир, но продолжали жить, как многие дни в войну... Но главное, что мы Победы дождались! А 9 мая стал для меня на всю жизнь одним из главных праздников. Могла ли я думать, что буду встречать аж, 70-летие Победы?»

14 августа 2018 г. член президиума Общероссийской общественной организации «Ветеран геологоразведчик» В.О.Коньшев и заместитель главного редактора журнала «Руды и металлы» В.С.Жаркова навестили Нину Алексеевну и поздравили с 101-м днём рождения. Нина Алексеевна тепло встретила гостей, делилась воспоминаниями о жизни ЦНИГРИ, в котором проработала более 25 лет, интересовалась его нынешней деятельностью.

Желаем ветерану доброго здоровья, радости, тепла, заботы, любви, уважения родных и друзей!

*Дирекция,  
Совет ветеранов,  
Профком ЦНИГРИ*





23 августа 2018 г. исполнилось 80 лет доктору геолого-минералогических наук, ведущему научному сотруднику отдела цветных металлов ЦНИГРИ **Александру Ивановичу Донцу**.

А.И.Донец более 55 лет трудится в геологической отрасли, из них более 50 – в ЦНИГРИ. После окончания в 1961 г. Московского института цветных металлов им. М.И.Калинина был геологом и старшим геологом в экспедициях Сахалинского геологического управления, где занимался геолого-съёмочными работами м-ба 1:50 000 на хромиты, золото и редкие элементы.

В 1966 г. А.И.Донец поступил на работу в ЦНИГРИ. Изучал закономерности размещения свинцово-цинковых руд, структуры рудных полей и месторождений, проводя минералого-геохимические и структурные исследования на ряде объектов Озёрнинского рудного узла (Бурятия) и Хандинзинского рудного поля (Южный Узбекистан).

В дальнейшем, специализируясь на изучении свинцово-цинковых месторождений, разрабатывал методы и методики прогнозирования и поисков (прогнозно-поисковые комплексы) месторождений свинца и цинка в карбонатных и вулканогенно-карбонатных формациях Якутии, Средней Азии, Казахстана. В этот же период участвовал в работах по созданию многофакторных моделей месторождений цветных металлов, а также в разработке принципов прогноза месторождений с учётом их ассоциаций с другими типами месторождений. Особенно плодотворными были исследования по проблеме парагенезиса свинцово-цинковых месторождений и нефти в осадочных бассейнах. В результате А.И.Донцом вместе с коллегами на основе систематизации обширной информации по отечественным и зарубежным объектам создана система моделей стратиформных свинцово-цинковых месторождений в карбонатных толщах – геолого-промышленных количественных, прогнозно-поисковых, параметрических, морфометрических, концентрационных, а также геолого-генетических, в которых месторождения рассматриваются как производные термальных хлоридных рассолов. Эти исследования составили основу его докторской диссертации «Стратиформные свинцово-цинковые месторождения в карбонатных толщах – типизация и основы прогноза» (2003 г.).

Вся деятельность Александра Ивановича увязана с запросами практики, что привело к обнаружению новых рудоносных площадей. В качестве технического руководителя по цветным и благородным металлам он неоднократно оказывал помощь геологическим службам Судана и Болгарии, участвуя в ревизионно-оценочных работах.

В последнее время А.И.Донец участвует в НИР по апробации площадей, выделенных для постановки прогнозно-поисковых работ на цветные и благородные металлы в пределах Алтае-Саяно-Енисейской минерагенической области.

Результаты исследований А.И.Донца отражены в многочисленных производственных отчётах и печатных трудах, в том числе в пяти монографиях.

А.И.Донец – член Учёного совета и диссертационного совета ЦНИГРИ. Его научная деятельность отмечена знаками «Почётный разведчик недр», «Отличник разведки недр», медалью «Ветеран труда», Почётной грамотой Роснедра, грамотами ЦНИГРИ.

Поздравляем Александра Ивановича с юбилеем, желаем крепкого здоровья, благополучия, новых творческих успехов.

*Дирекция ЦНИГРИ  
Учёный совет ЦНИГРИ  
Редколлегия журнала*



29 сентября 2018 г. исполнилось 80 лет старшему научному сотруднику отдела цветных металлов ЦНИГРИ, кандидату геолого-минералогических наук **Нелли Георгиевне Кудрявцевой**.

Н.Г.Кудрявцева в 1961 г. окончила Московский геологоразведочный институт им. С.Орджоникидзе. В 1968 г. после защиты диссертации, посвящённой детальному изучению полиметаллических месторождений Приаргунья, поступила на работу в ЦНИГРИ.

Нелли Георгиевна – известный российский специалист в области геологии, петрографии и прогноза свинцово-цинковых месторождений. Особенно полно её талант раскрылся во время работ на Рудном Алтае, где она занималась изучением геологии и околорудных изменений колчеданно-полиметаллических месторождений Зыряновского, Змеиногорского, Рубцовского и Прииртышского рудных районов. При её участии для этих районов составлены прогнозно-металлогенические карты м-бов 1:200 000 и 1:25 000. Работы в Зыряновском рудном районе, которые велись под руководством профессора Д.И.Горжевского, позволили значительно увеличить запасы известных месторождений и выявить новые промышленные объекты (Майское месторождение).

Н.Г.Кудрявцевой составлены прогнозно-поисковые модели для основных формационных типов колчеданно-полиметаллических месторождений Рудного Алтая, получены новые данные о составе, зональности, формационной принадлежности околорудных метасоматитов и их использовании в качестве поискового признака на колчеданно-полиметаллическое оруденение.

В настоящее время основное внимание Н.Г.Кудрявцевой сосредоточено на изучении геологии, металлогении и прогнозе месторождений цветных металлов Рудного Алтая, Забайкалья, Енисейского края. Результаты этих работ отражены в десятке научно-производственных отчётов.

Н.Г.Кудрявцева – автор более 100 научных публикаций в периодических изданиях, в том числе трёх монографий. Она – член научно-методического совета отдела цветных металлов. Её деятельность отмечена знаком «Отличник разведки недр», почётными грамотами Министерства геологии СССР, Роснедра, ЦНИГРИ, медалью «Ветеран труда».

Коллеги и сотрудники ЦНИГРИ знают и уважают Н.Г.Кудрявцеву как исключительно доброго и отзывчивого человека, пользующегося высоким авторитетом в коллективе.

Сердечно поздравляем Нелли Георгиевну с юбилеем, от всей души желаем активного творческого долголетия, отличного настроения, крепкого здоровья.

*Дирекция ЦНИГРИ  
Учёный совет ЦНИГРИ  
Редколлегия журнала*

Редакция: *Г.В.Вавилова, В.С.Жаркова*  
Вёрстка и оригинал-макет: *А.С.Рязанцева*  
Фото на обложке (халькопирит в доломите): <http://mineral-book.ru>

Подписано в печать 31.08.18 г. Формат 30×42 1/2. Бумага листовая. Печать цифровая  
Отпечатано в ФГБУ ЦНИГРИ: 117545, г. Москва, Варшавское шоссе, 129, корп. 1

Адрес редакции:  
117545, г. Москва, Варшавское шоссе, 129, корп. 1, ФГБУ ЦНИГРИ  
Телефон: 8 (495) 315-28-47  
Факс: 8 (495) 315-43-47  
E-mail: [rudandmet@tsnigri.ru](mailto:rudandmet@tsnigri.ru), [rudandmet@yandex.ru](mailto:rudandmet@yandex.ru)  
Сайт: [www.tsnigri.ru/rudy\\_metally](http://www.tsnigri.ru/rudy_metally)

Подписной индекс в Каталоге Агентства Роспечать 47218

© «Руды и металлы», 2018