

# Горно- геологический журнал

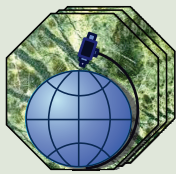
научно-технический и производственный журнал



2015. №3-4 (43-44)

ISBN 9965-431-42-7





# ТОО «АСБЕСТОВОЕ ГРП»



Н. Н. Джафаров,  
главный редактор



Ф. Н. Джафаров,  
зам. главного редактора



Т. М. Каскевич,  
ответственный секретарь



Е. В. Альперович-Ландо,  
ученый секретарь



И. Я. Хафизов,  
дизайн



Ю. В. Ярыш,  
верстка журнала

- Изучение геологического строения месторождения, горно-геологических и инженерно-геологических условий, гидрогеологических характеристик
- Проектирование горных выработок, геологическое трехмерное моделирование, прогноз и оценка запасов в программе Micromine
- Разработка ТЭО кондиций, пересмотр и утверждение локальных технических проектов по горным работам
- Буровые работы на все виды полезных ископаемых
- Геолого-маркшейдерское обслуживание при пользовании недрами
- Инженерно-геодезические и инженерно-геологические изыскания
- Проектные и строительно-монтажные работы
- Бурение гидрогеологических скважин
- Контакты: телефакс 8 (714 35) 2-22-72; телефон 2-35-60.
- E-mail: nizamid@mail.ru; agrpgeol@mail.ru

## К СВЕДЕНИЮ АВТОРОВ

1. Статьи в «Горно-геологический журнал» принимаются набранными в текстовом и электронном вариантах MS Word-97/2003 на русском языке.
2. Статьи должны сопровождаться аннотациями, содержащими не более 10 строк. Название статей и аннотаций к ним следует давать на государственном, русском и английском языках.
3. В верхней части статьи по центру строчными буквами жирным шрифтом без переноса - название статьи, на следующей строке полужирным шрифтом - инициалы и фамилии авторов, ученая степень, на следующей строке - полное название организации, где выполнена работа, город, страна.
4. Максимальный объем материала 7 страниц формата А4. Материал печатается через 1,5 интервала, шрифт №12, Times New Roman, выравнивание по ширине, красная строка 0,7 см. Поля - верхнее, нижнее, справа и слева - 2,5 см. Страницы статьи обязательно нумеруются.
5. Рукопись должна иметь индекс УДК.
6. В конце рукописи приводится список литературы, в тексте указываются номера ссылок в порядке цитирования. Таблицы (Word, Excel) и графические материалы (Jpg, Tiff) располагаются по тексту статьи. Графические материалы представляются в черно-белом варианте с условными обозначениями (крап). Цветные иллюстрации печатаются за отдельную плату.
7. Сданные в редакцию статьи авторам не возвращаются.
8. Для публикации статей в журнале представить фото всех авторов в цветном варианте.

## Уважаемые читатели!

Годовая подписка на горно-геологический журнал составляет 6 тыс. тенге. Для оформления подписки на «Горно-геологический журнал» необходимо перечислить на расчетный счет №KZ41319M010000392612 в АО «БТА Банк» БИК АВКЗ КЗ КХ КБе 17 необходимую сумму и прислать в адрес редакции копию платежного поручения с указанием почтового адреса и телефона.

**Наш адрес:** 110700 г. Житикара, Республика Казахстан, Костанайская область, 4 мкрн., д. 5а, ТОО «Асбестовое ГРП» Редакция Горно-геологического журнала  
**E-mail:** nizamid@mail.ru.

**Наш сайт в интернете:** www.nizamid.ru

**Контактные телефоны:** 8 (714 35) 2-22-72; 2-35-60. Факс 8 (714 35) 2-22-72.



**Главный редактор**

**Н. Н. Джафаров**, доктор  
геол.-мин. наук,  
академик МИА и НИА РК

**Зам. главного редактора**

**Ф. Н. Джафаров**, канд. геол.-мин. наук,  
член-корреспондент МАМР и АМР РК

**Ответственный секретарь**

**Т. М. Каскевич**

**Ученый секретарь**

**Е. В. Альперович-Ландо**,  
академик МАИ

**Редакционная коллегия:**

**А. Б. Бегалинов**, докт. техн. наук, профессор,  
член-кор. НИА РК

**О. Б. Бейсеев**, докт. геол.-мин. наук, профессор,  
академик Каз. НАЕН

**С. Ж. Галиев**, докт. техн. наук, профессор, член-  
кор. НАН РК

**К. К. Жусупов**, докт. техн. наук, академик МАИН  
**Ю. А. Поленов**, докт. геол.-мин. наук (Российская  
Федерация)

**Ч. М. Халифа-заде**, докт. геол.-мин. наук,  
профессор, академик РАЕН (Республика  
Азербайджан)

**Учредитель ТОО «Асбестовое  
геологоразведочное предприятие»**

*Журнал зарегистрирован Министерством  
культуры и информации РК 22.02.2007 г.  
Свидетельство о регистрации № 8109-Ж.  
Первичное свидетельство о постановке на учет  
№ 3561-Ж от 04.02.2003 г.*

**Адрес редакции:**

110700, г. Житикара, 4 мкр. 5«А»  
Тел./факс: 8(71435) 2-22-72  
E-mail: nizamid@mail.ru

**Литературная обработка**

**М. К. Прокофьева**

**Дизайн**

**И. Я. Хафизов**

**Переводчик**

**С. К. Алави**

**Компьютерная обработка**

**Ю. В. Ярыш**

Подписано в печать 01. 12. 2015  
Формат 84X108.1/8 Бум. офсетная.  
Уч.-изд. л. 4,8. Тираж 500 экз.

ISBN 9965-431-42-7

© ТОО «Асбестовое геологоразведочное  
предприятие», 2015  
Отпечатано в ТОО «Костанайполиграфия»,  
г. Костанай, ул. Мауленова, 16

Республика Казахстан

*Н. Н. ДЖАФАРОВ*

**ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫЕ РАБОТЫ КАК ВАЖНЫЙ  
ФАКТОР ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ  
НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ** ..... 3

Республика Кыргызстан

*Е. А. АЛЬПИЕВ, М. Е. АЛЬПИЕВ*

**НОВЫЕ ДАННЫЕ ПО МИНЕРАЛОГИЧЕСКОМУ  
СОСТАВУ СЕРПЕНТИНИТОВЫХ РУД  
МЕДНОСКАРНОВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ  
БОЗЫМЧАК** ..... 5

Китайская Народная Республика

*ЧЖАН ГУЙДА, ЧЖАО ГУАНЦЗЯН, ЛИ ЮЧЖУ*

**ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЖЕЛЕЗО-  
МЕДНОРУДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ САНЬКУАНГОУ  
УЕЗДА НЭНЬЦЗЯН ПРОВИНЦИИ ХЭЙЛУНЦЗЯН  
(КИТАЙ)** ..... 18

Российская Федерация

*В. А. ЗЫРЯНОВ*

**МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ  
ОСОБЕННОСТИ ЛОМКОЙ АСБЕСТИЗАЦИИ  
НА БАЖЕНОВСКОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ** ..... 24

Республика Казахстан

*Е. В. АЛЬПЕРОВИЧ-ЛАНДО, М. А. БЕЛЯКИН*

**ГЕОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ КАРТЫ –  
НОВЫЙ СОВРЕМЕННЫЙ ПРОДУКТ  
ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ** ..... 31

Республика Азербайджан

*Э. С. НОВРУЗОВ, Р. Х. ПИРИЕВ*

**ЭФФЕКТИВНОСТЬ МАГНИТОТЕЛЛУРИЧЕСКОГО  
МОНИТОРИНГА ПРИ ИЗУЧЕНИИ  
ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ** ..... 36

Российская Федерация

*А. Ю. КИСИН, Ю. А. ПОЛЕНОВ,*

*В. Н. ОГОРОДНИКОВ, А. В. ТОМИЛИНА*

**БЛАГОРОДНАЯ ШПИНЕЛЬ И ФОРСТЕРИТ  
НА СВЕТЛИНСКОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ ГОРНОГО  
ХРУСТАЛЯ (ЮЖНЫЙ УРАЛ)** ..... 40

Китайская Народная Республика

*ЛИНЬ ЦЗЭФУ, ШИ ЦЗЯНЬМИНЬ,*

*ДИН ЦЗИШУАН, ЛИ ЮЧЖУ*

**ХАРАКТЕРИСТИКИ АЭРОМАГНИТНЫХ АНОМАЛИЙ  
РЕГИОНА ХРЕБТА М. ХИНГАН – ХРЕБТА  
ЧЖАНГУАНЦАЙ ПРОВИНЦИИ ХЭЙЛУНЦЗЯН  
(КИТАЙ) И ПОИСКОВЫЙ ЭФФЕКТ** ..... 46

Республика Узбекистан

*М. С. КАРАБАЕВ*

**ТИПОМОРФНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ГЛАВНЕЙШИХ  
МИНЕРАЛОВ ЗОЛОТОГО ОРУДЕНЕНИЯ  
КАРАБУГУТСКОЙ ПЛОЩАДИ ГОР АУМИНЗАТАУ  
(ЦЕНТРАЛЬНЫЕ КЫЗЫЛКУМЫ) И ИХ ЗНАЧЕНИЕ  
ДЛЯ ПРОГНОЗА** ..... 55

Республика Узбекистан

*Л. Р. САДЫКОВА*

**КАЛЕДОНСКИЙ КОНТИНЕНТАЛЬНО-  
КОЛЛИЗИОННЫЙ ОРОГЕНЕЗ СРЕДИННОГО ТЯНЬ-  
ШАНЯ (ЧАТКАЛО-КУРАМИНСКИЙ РЕГИОН)** ..... 60

Российская Федерация, Соединенные Штаты Америки,

Федеративная Республика Германия

*В. Н. САМАРОВ, В. З. НЕПОМНЯЩИЙ, Е. В. КОМЛЕВА*

**ЭВОЛЮЦИЯ КОНЦЕПЦИЙ ПОДЗЕМНОГО  
ХРАНЕНИЯ/ЗАХОРОНЕНИЯ ОЯТ/РАО** ..... 65

**НОВОСТИ ГЕОЛОГИИ** ..... 74



**Editor**

**N. N. Jafarov**, dr. of geological sciences,  
academician NAE RK and IAE

**Co-editor**

**F. N. Jafarov**, candidate of geological sciences,

**Secretary**

**T. M. Kaskevich**

**Secretary of sciences**

**E. V. Alperovitch-Lando**, academician IAI

**EDITORIAL BOARD:**

**A. B. Begalinov**, dr. of technical sciences, professor

**O. B. Beiseyev**, dr. of geological sciences, professor,  
academician Kaz. NANS

**S. G. Caliev**, dr. of technical sciences, professor

**K. K. Zhusupov**, dr. of technical sciences,  
academician IAIS

**Yu. A. Polenov**, dr. of geological sciences

**Ch. M. Khalifa-zaden**, dr. of geological sciences,  
professor

*The magazine is registered in the  
Ministry of Culture, Information and  
Publik Consent of the Republik of Kazakhstan.*

*Certificate of registration  
№ 8109-Ж dated 22.11.2007*

*Address of editorial office:  
5 "A" house, microdistrict 4  
Zhitikara Kostanai Region, 110700  
Republik of Kazakhstan  
Tel./fax:8(71435) 2-22-72  
E-mail: nizamid@mail.ru*

Literature processing  
**M. K. Prokofyeva**

Design **I. Y. Hafizov**

Translator  
**S.K.Alavi**

Computer processing  
**Yu. V. Yarysh**

ISBN 9965-431-42-7

© "Asbestos Geological prospecting  
enterprise" LTD, 2015

*N. N. JAFAROV*

**GEOLOGICAL EXPLORATION AS AN IMPORTANT  
FACTOR OF IMPROVEMENT OF SUBSURFACE USE  
EFFICIENCY** ..... 3

*E. A. ALPIYEV, M. E. ALPIYEV*

**NEW DATA ON THE MINERALOGICAL COMPOSITION  
OF SERPENTINITE ORE OF COPPER-SKARN DEPOSIT  
BOZYMCHAK** ..... 5

*ZHANG GUIDA, ZHAO GUANJIAN, LI UCHZHU*

**GEOLOGICAL CHARACTERISTICS OF SANKUANGOU  
IRON-COPPER ORE DEPOSIT OF NENJIANG  
COUNTY, HEILONGJIANG PROVINCE (CHINA)** ..... 18

*V. A. ZYRYANOV*

**MINERALOGICAL AND PHYSICOCHEMICAL  
PECULIARITIES OF BRITTLE ASBESTOSIZATION AT  
BAZENOVSKOYE DEPOSIT** ..... 24

*YE. V. ALPEROVICH-LANDO, M. A. BELYAKIN*

**GEOLOGICAL AND ECONOMIC MAPS – A NEW  
MODERN PRODUCT OF GEOLOGICAL  
EXPLORATION WORKS** ..... 31

*E. S. NOVRUZOV, R. KH. PIRIYEV*

**EFFICIENCY OF MAGNETOTELLURIC MONITORING  
WHEN STUDYING GEODYNAMIC PROCESSES** ..... 36

*A. YU. KISIN, YU. A. POLENOV,  
V. N. OGORODNIKOV, A. V. TOMILINA*

**NOBLE SPINEL AND FORSTERITE ON  
SVETLINSKOYE ROCK CHRYSAL DEPOSIT  
(SOUTH URAL)** ..... 40

*LING JEFU, SHI JIANMIN, DING JISHUANG, LEE UCHZHU*

**SPECIFICATIONS OF AERO MAGNETIC ANOMALIES  
IN THE REGION M. KHINGAN RIDGE -  
CHZHANGUANTSAY RIDGE OF HEILONGJIANG  
PROVINCE (CHINA) AND SEARCHING EFFECT** ..... 46

*M. S. KARABAEV*

**TYPOMORPHIC FEATURES OF THE MAJOR  
MINERALS OF GOLD MINERALIZATION OF THE  
KARABUGUT AREA OF AUMINZATAU MOUNTAINS  
(CENTRAL KYZYLKUMS) AND THEIR  
SIGNIFICANCE FOR PROGNOSIS** ..... 55

*L. P. SADYKOVA*

**CALEDONIAN CONTINENTAL COLLISIONAL  
OROGENESIS OF THE MIDDLE TIEN SHAN  
(CHATKAL-KURAMA AREA)** ..... 60

*V. N. SAMAROV, V. Z. NEPOMNUTSHY, E. V. KOMLEVA*

**EVOLUTION OF CONCEPTS FOR  
UNDERGROUND STORAGE/BURIAL OF SPENT  
NUCLEAR FUEL/RADIOACTIVE WASTE** ..... 65

**NEWS OF GEOLOGY** ..... 74





## ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫЕ РАБОТЫ КАК ВАЖНЫЙ ФАКТОР ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ

**Н. Н. ДЖАФАРОВ,**

*доктор геол.-мин. наук, академик НИИ РК и МИА,  
Главный редактор «Горно-геологического журнала»  
г. Житикара, Республика Казахстан*

Келісімшарттық аумақтарда геологиялық барлау жұмыстарды өткізуге байланысты кейбір мәселелер мақалада белгіленген.

В статье выделены некоторые вопросы, связанные с проведением геологоразведочных работ на контрактных территориях.

The article highlights some of the issues related to the exploration works on the contract territories.

Недра земли хранят много тайн и являются богатейшей сокровищницей полезных ископаемых. Человек с давних времен начал осваивать недра, и парадоксально то, что, несмотря на выявление и освоение многочисленных месторождений, этих тайн меньше не стало, как будто мать-природа еще тщательнее стала скрывать свои богатства от «чужих» глаз. В настоящее время практически не осталось легкодоступных руд полезных ископаемых. Для обнаружения новых месторождений требуется комплексный подход к поисковым работам, в процессе которых необходимо учитывать результаты различных методов исследований, особенности распространения полезных ископаемых и найти «ключ» к разгадке тайн природы. Чем качественнее (грамотнее) ведется геологоразведочные работы, тем щедрее недра раскрывают свои богатства.

Применение высоких технологий в недропользовании позволяет сократить сроки выполнения поисково-разведочных работ на контрактных территориях. Если раньше период времени от обнаружения и до подготовки месторождения к промышленному освоению измерялся десятилетиями, то сейчас он занимает сравнительно небольшой отрезок. Это важный фактор для привлечения инвестиций в недропользование, который так же позволяет отрасли оперативно реагировать

на потребности мирового рынка, на то или иное полезное ископаемое и т. д. Однако не всегда ускоренные темпы геологоразведочных работ дают желаемые результаты, особенно на этапе поисков. Дело в том, что часто для ускорения работ многие виды и стадии геологоразведочных работ или совмещаются, или вовсе упускаются, что приводит к нарушению основных принципов разведки месторождений - *полноты исследований, последовательных приближений, равномерности, наименьших затрат средств и времени* и т. д. [1]. Выполнение этих принципов с учетом исторических данных в конечном итоге позволяет в оптимальные сроки с наименьшими затратами максимально полно изучить геологическое строение контрактной территории, определиться с перспективами на предмет распространения полезных ископаемых, обнаружить места концентрации основных и попутных полезных компонентов и т. д.

Казахстан, обладая огромными природными ресурсами, занимает лидирующие позиции по многим видам полезных ископаемых, и освоение недр является одним из приоритетных направлений экономического благополучия страны.

Для повышения инвестиционной привлекательности в стране в последние годы

приняты конкретные шаги по упрощению процедур, связанных с получением прав недропользования. Однако, получая право на недропользование, многие инвесторы сталкиваются с различными проблемами – технологическими, экологическими, финансовыми, информационными, правовыми и др., для решения которых приходится тратить много времени и финансовых средств. Если учесть, что на большей части страны выполнение полевых работ в зимнее время из-за сурового климата проблематично, то в конечном итоге на геологическое изучение контрактной территории остается минимальное количество времени и финансов, а спешное выполнение геологоразведочных работ отражается на качестве, полноте и достоверности результатов.

Завершающий этап геологоразведочных работ – геологические отчеты, должны опираться именно на достаточный и достоверный фактический материал. К сожалению, стало частой практикой, когда в подготовке отчетов непосредственные участники разведки не принимают участие, результирующие выводы делают геологи других компаний, которые не были знакомы с особенностями месторождений, а порой даже не знали об их существовании. Естественно, по таким бюрократическим накладкам результаты обработки и интерпретации полевых материалов не всегда отражают истинное положение дел и не позволяют оценить перспективы территории, иначе ставится под сомнение целесообразность дальнейших инвестиций в проект. К сожалению, имеются примеры, когда уже на стадии опытной добычи обнаруживается неподтверждение параметров оруденения и т. д.

Большинство недропользователей для ускорения освоения месторождений геологоразведочные работы в основном сосредотачивают на уже известных участках контрактных территорий, а остальные площади, как правило, возвращают государству недостаточно изученные. Такой подход к проведению геологоразведочных работ снижает качество и

степень изученности контрактных территорий и не дает достоверно оценить перспективы распространения полезных ископаемых.

В последнее время к недропользованию чаще стали привлекать менее изученные территории, на некоторых из них практически отсутствуют исторически известные участки и требуется выполнение работ, как говорится с «чистого листа», и, естественно, на этих территориях риски инвестиций достаточно высокие, и именно от результатов геологоразведочных работ зависит их перспективность на объект недропользования.

Методические вопросы проведения геологоразведочных работ всегда являлись важными факторами эффективности конечных результатов [2], и сегодня, по нашему мнению, обретают особое значение. Правильно выбранная методика и высокая достоверность исследований на всех этапах и стадиях позволяют повысить эффективность результатов и снизить риски инвесторов, т. е. инвесторы напрямую заинтересованы в полном и качественном изучении территории. Как известно, в Казахстане начинается внедрение международных стандартов отчетности по ресурсам и запасам полезных ископаемых, и, естественно, требования к количеству и качеству фактических материалов изменятся. Применение современных компьютерных программ для оценки запасов и ресурсов также потребует больше геологической информации, что напрямую связано с объемами и видами геологических исследований. Надеемся, что эти обстоятельства приведут к увеличению финансирования геологоразведочных работ, которое, к сожалению, в последнее время год за годом снижается.

Редакция «Горно-геологического журнала» намерена в ближайших номерах опубликовать материалы по методическим аспектам ведения поисков и разведки месторождений полезных ископаемых в современных условиях, и мы надеемся, что у отечественных и зарубежных специалистов есть чем поделиться с читателями нашего издания.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Крейтер В. М.* Поиски и разведка месторождений полезных ископаемых (часть 2). М.: Госгеолтехиздат, 1961. 391 с.
2. *Прокофьев А. П.* Основы поисков и разведки месторождений твердых полезных ископаемых. М.: Недра, 1973. 320 с.



## НОВЫЕ ДАННЫЕ ПО МИНЕРАЛОГИЧЕСКОМУ СОСТАВУ СЕРПЕНТИНИТОВЫХ РУД МЕДНОСКАРНОВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ БОЗЫМЧАК



**Е. А. АЛЬПИЕВ,**  
канд. геол.-мин. наук,  
Технический директор  
ОсОО «Казахмыс  
Голд Кыргызстан»,  
Республика Кыргызстан



**М. Е. АЛЬПИЕВ,**  
старший геолог  
рудника Бозымчак  
ОсОО «Казахмыс  
Голд Кыргызстан»,  
Республика Кыргызстан

Мақалада мысскарнды Бозымчак кен орны рудаларының қалыптасу сатыларын және оларды алтынның таралу ерекшелктерін анықтау үшін жүргізілген техноминералогиялық зерттеулер нәтижесінде алынған деректерді жана критерийлер ретінде пайдалана отырып бозымчак тіптес скарн объектілерін Чаткал металлогениялық аумағынаң болжау мүмкінділігі баяндалады.

В статье излагаются результаты работ, полученные при технолого-минералогическом изучении стадийности формирования и особенностей распределения золота в рудах медноскарнового месторождения Бозымчак, которые позволили разработать принципиально новые критерии прогнозирования однотипных скарновых объектов в пределах Чаткальской металлогенической области.

The article presents the results obtained during technological and mineralogical study of the stages of formation and characteristics of gold distribution in ores of the Bozymchak copper-skarn deposit, which allowed developing radically new criteria for prediction of single-type skarn objects within Chatkal metallogenic area.

Выявление закономерностей распределения золота и сопутствующих ему элементов в гидротермальных и контактово-метасоматических породах имеет прямое отношение к перспективной оценке изучаемых объектов. Кроме того, они позволяют глубже понять геохимию не только отдельных элементов, но и в целом металлогению района и рудообразующего процесса.

В данной статье мы приводим новые данные о вещественном составе и минералогии труднообогатимых серпентинитовых руд медноскарнового месторождения Бозымчак. По ранним подсчетам предполагалось, что

запасы серпентинитовых руд на месторождении Бозымчак равны 46,8 % от общего объема. Доминирующей рудой являлись легкообогатимые золотомедные руды гранатовластонитового состава. Однако по проведенным геологоразведочным работам в 2011-13 гг. были обнаружены новые запасы руд на глубоких горизонтах, сложенные золото-медь содержащими серпентинитовыми рудами, и доля серпентинитовых руд в общем объеме месторождения составила 70 %. В связи с этим исследования вещественного состава и минералогии серпентинитовых руд, которые повлияют на его обогатимость, являются на

сегодняшний день актуальными.

Для выявления минералогического состава руд и особенностей распространения в них золота было изготовлено и проанализировано значительное количество аншлифов для выяснения текстурно-структурных особенностей руд и природных ассоциаций минералов и шлифы для диагностики вмещающих пород и уточнения взаимоотношений нерудных минералов с рудными, которые позволили выявить закономерности распределения золота в изученных типах руд и его связи с определенными минеральными ассоциациями, частоты встречаемости в них золота. Установлены основные парагенезисы и типоморфные признаки золотоносных минералов, позволяющие использовать выявленную закономерность в качестве поисково-оценочных критериев для прогнозирования золотого оруденения бозымчакского типа и на других участках и регионах Чаткальской металлогенической области.

Руда представлена обломками метасоматически измененных пород хлорит-кварц-карбонатного, тальк-карбонатного и кварц-карбонатного состава с пятнистой, прожилковой текстурой и неравнозернистой, гетеробластовой структурой.

Хлорит-кварц-карбонатные и кварц-карбонатные породы представлены неравномерным, пятнистым агрегатом тонко-мелкозернистого кварца, карбоната и хлорита. В минеральном составе преобладают кальцит и кварц, подчиненное значение имеют хлорит, слюда (флогопит), акцессорные титанит, циркон. Встречаются сульфиды (пирит, халькопирит) и гематит. В хлорит-кварц-карбонатном метасоматите угадываются «тени» от темноцветных минералов, но первичные структуры и реликты минералов не сохранились. В хлорите заключены тонкие включения серпентина. В карбонатных агрегатах иногда встречаются включения идиоморфного титанита. Кварц характеризуется типичными для метасоматических пород лапчатыми очертаниями зерен, в прожилках кварц более крупнозернистый. Прожилки среднезернистого, иногда – параллельно-шестоватого кальцита, рассекают тонкозернистую массу. К контактам этих прожилков приурочено повышенное

содержание рассеянных непрозрачных рудных минералов (рис. 1). Непрозрачные рудные минералы представлены реликтами идиоморфных зерен пирита и ксеноморфными зернами халькопирита, вокруг которых участками наблюдаются каймы и «тени» тонкого глобулярного гематита (рис. 1). Гематитизация связана с зонами поздних кварц-карбонатных изменений [1].

Тальк-карбонатные метасоматиты с реликтами диопсида обладают пятнистой, прожилковой текстурой и неравнозернистой, гетеробластовой, реликтовой – гранобластовой, среднезернистой структурой. В минеральном составе преобладает тальк, карбонат (кальцит), клинопироксен (диопсид), кварц, в подчиненном количестве содержатся серпентин, хлорит, непрозрачный рудный минерал. Основу породы составляет среднезернистый гранобластовый агрегат диопсида, в различной степени замещенный комплексом (хлорит-серпентин) + тальк + карбонат (рис. 1). Наложённые прожилки кварца имеют мелкозернистую лапчатую структуру (рис. 1). Рудные минералы рассеяны в породе [2].

Рудная минерализация представлена рассеянной и прожилковой вкрапленностью халькопирита и пирита в метасоматитах. Интенсивность вкрапленности составляет 1 – 2 об. %. Главными рудными минералами в пробе являются халькопирит и пирит в соотношении 2:1, второстепенными – марказит, борнит, гематит, магнетит. Среди редких установлены арсенопирит, пирротин, галенит, сфалерит, халькозин, молибденит. Широко распространены минералы висмута: висмут самородный, сульфасоль Bi и Cu – виттихенит, сульфасоль Bi, Pb и Cu – айкинит; теллуриды Ag (гессит) и Bi (тетрадимит); селенид Pb – клаусталит; минерал Co и Ni – герсдорфит (?); самородные – золото (электрум), серебро и медь [3]. Отмечены гетит, малахит. Нерудная часть представлена преимущественно кварцем, карбонатом, пироксеном (диопсидом), подчиненное значение имеют хлорит, серпентин, слюда (флогопит). Среди редких и акцессорных встречаются гранат (андрадит), эпидот, рутил, актинолит (?). Минеральный состав пробы приведен в табл. 1.



Таблица 1. Минеральный состав серпентинитовой руды месторождения Бозымчак (мас. %)

Нерудные минералы		Рудные минералы (0,57 %)		
Главные	Акцессорные	Главные	Второстепенные	Редкие
Кварц 33,0, карбонат 28,4, клинопироксен (диопсид) 23,3, хлорит+серпентин 6,8, слюда 4,5	Гранат (андрадит) <1, эпидот, рутил, актинолит	Халькопирит, пирит	Марказит, борнит, гематит, магнетит	Арсенопирит, пирротин, галенит, сфалерит, халькозин, молибденит, виттихенит, айкинит, герсдорфит (×), гессит, тетрадимит, теллуrowисмутит (×), клаусталит, электрум, серебро, медь и висмут самородные, гетит

**Халькопирит** образует рассеянную вкрапленность ксеноморфных зерен в метасоматите, заполняет интерстиции между нерудными минералами, развивается по трещинам спайности пироксена (рис. 2). В брикете представлен преимущественно свободными зернами, реже сростками с тонкозернистым и ксеноморфным пиритом (рис. 2 А), марказитом, борнитом, галенитом, гематитом (рис. 2 Б) и магнетитом. В халькопирите наблюдаются включения борнита, галенита, гематита, сульфосолей Bi, Cu и Pb – виттихенита и айкинита, теллуридов – гессита и тетрадимита. Халькопирит также содержит тонкие (< 1 – 2 мкм) включения электрума и самородного висмута. Халькопирит нередко окаймлен халькозином и сам образует тонкие (5 – 10 мкм) включения в борните. Размер сечений выделений халькопирита варьирует от 10 мкм до 0,8 мм по удлинению. Размер включений в халькопирите не превышает 25 мкм.

**Пирит** образует рассеянную вкрапленность в метасоматите, заполняет трещины на контакте двух минеральных типов метасоматитов. Пирит ксеноморфный, тонкозернистый, встречается в виде коломорфных, конкреционных (рис. 3 А), концентрически-зональных агрегатов и иногда с субграфической структурой (рис. 3 Б), одновременно может сростаться с марказитом. Тонкозернистый пирит образует полные псевдоморфозы по пирротину в виде структур «птичьего глаза» (рис. 3 В).

Коломорфный пирит часто окружен параллельно-шестоватым агрегатом марказита (рис. 3 Г). Пирит часто трещиноватый, пористый, сростается с халькопиритом, галенитом, реже – с гематитом и содержит многочисленные включения нерудных минералов, редко – халькопирита, галенита. Трещины в пирите залечены халькопиритом. Размер сечений включений в пирите составляет 5 – 10 мкм [4].

**Марказит** заполняет интерстиции между нерудными минералами, образует конкреции, тонкозернистые и коломорфные агрегаты совместно с пиритом, вероятно частично связан с дисульфидизацией пирротина (рис. 4). Марказит трещиноват, трещины залечены халькопиритом. Может сростаться с ксеноморфными зернами пирита. В брикете представлен свободными зернами, образует сростки с пиритом, халькопиритом, редко с галенитом. В виде конкреционного или радиально-лучистого, параллельно-шестоватого агрегата образует каймы вокруг коломорфного пирита (рис. 4 А). В марказите наблюдаются включения арсенопирита (рис. 5) и халькопирита [5].

**Арсенопирит** образует субгидральные кристаллы, сростки с халькопиритом, галенитом и марказитом (рис. 5 А), образует включения в марказитовых конкрециях (рис. 5 Б), также встречается в виде свободных зерен и сростков с пиритом [6]. В составе арсенопирита наблюдается незначительный избыток железа (табл. 2).

Таблица 2. Состав арсенопирита (мас. %)

N п/п	N лаб.	S	Fe	As	Сумма	Формула
1	15193а	19,91	34,86	46,2	100,97	Fe <sub>1,01</sub> As <sub>1,0</sub> S <sub>1,0</sub>
2	15193с	19,74	34,73	45,76	100,23	Fe <sub>1,01</sub> As <sub>1,0</sub> S <sub>1,0</sub>

\*Примечание. Формулы рассчитаны на сумму анионов (As+S)/2. СЭМ.

**Борнит** встречается в виде свободных зерен, сростков с нерудными минералами (рис. 6 А), халькопиритом (рис. 6 Б), гематитом и магнетитом. Борнит нередко окаймлен халькозином и содержит включения халькопирита, галенита, виттихенита (рис. 6 В) и эмульсионную вкрапленность сульфоарсенида Co, Ni и Fe (герсдорфита (?)) и селенида Pb (клаусталита) (рис. 6), сам образует включения в нерудных минералах. Состав борнита незначительно варьирует (табл. 3) [7].

**Пирротин** представлен тонкозернистыми агрегатами, почти полностью замещенными пиритом (рис. 3), а также свободными зернами и включениями в пирите. Пирротин содержит единичные включения магнетита.

**Сфалерит** с халькопиритовой «болезнью» образует вроски в нерудных минералах, включения в пирите, в крупной фракции (+1 мм) представлен крупными обломками и сростками с нерудными минералами. Во включениях в пирите сфалерит может сростаться с теллуридом серебра (гесситом).

**Галенит** – свободные зерна с квадратным сечением и треугольниками выкрашивания, также образует включения в пирите, халькопирите, борните и в нерудных минералах.

Галенит отмечен в сростках с нерудными минералами, пиритом, борнитом, халькопиритом, содержит включения электрума и точно не определенного желтоватого минерала с высоким отражением (теллурида?). Размер галенита во включениях составляет 10 – 50 мкм, в нерудных минералах – до 0,1 мм. Состав соответствует формуле (табл. 4) [8].

**Халькозин** развивается в виде кайм по периферии халькопирита, иногда образует включения в нерудных минералах.

**Молибденит** (рис. 7) образует пластинчатые кристаллы, редко с элементами огранки, чешуйки. В брикете – единичные свободные чешуйки без включений. Состав соответствует формуле (табл. 5).

**Виттихенит и айкинит** встречаются в виде включений в халькопирите и образуют сложные сростания с самородным висмутом, серебристым золотом (электрумом) и теллуридами серебра (гессит), и висмута (рис. 8), редко встречаются в сростаниях с борнитом и селенидом свинца клаусталитом. Во включениях размер сечений выделений виттихенита и айкинита составляет 5 – 25 мкм. Состав виттихенита незначительно варьирует, в составе айкинита наблюдается небольшая примесь селена (табл. 6).

Таблица 3. Состав борнита (мас. %)

N п/п	N лаб.	S	Fe	Cu	Сумма	Формула
1	15193d	26,52	11,71	62,6	100,82	$Cu_{4,76}Fe_{1,01}S_4$
2	15193f	26,17	11,53	62,93	100,64	$Cu_{4,85}Fe_{1,01}S_4$

\*Примечание. Формулы рассчитаны на S4. СЭМ.

Таблица 4. Состав галенита (мас. %)

N лаб.	S	Pb	Сумма	Формула
15194b	13,37	86,63	100	$Pb_{1,0}S$

Таблица 5. Состав молибденита (мас. %)

N лаб.	S	Mo	Сумма	Формула
15194a	39,51	60,49	100	$Mo_{1,02}S_2$

Таблица 6. Состав сульфасолей (мас. %)

N п/п	N лаб.	S	Fe	Cu	Bi	Ag	Pb	Se	Сумма	Формула
1	15193e	20		40,9	39,75				100,65	$Cu_{3,16}Bi_{0,93}S_{3,07}$
2	15193g	20,1	0,28	38,58	40,06	1,03			100,05	$(Cu_{2,97}Ag_{0,05})_{3,02}Bi_{0,94}S_{3,06}$
3	15196c	19,31	1,28	39,04	40,42	0,78			100,83	$(Cu_{3,09}Ag_{0,04})_{3,13}Bi_{0,97}S_{3,03}$
4	15196j	19,88	1,83	39,41	38,73				99,84	$Cu_{3,08}Bi_{0,92}S_{3,08}$
5	15196i	13,83	1,42	11,63	31,75		38,58	2,79	100	$Cu_{1,18}Pb_{1,2}Bi_{0,98}(S_{2,96}Se_{0,23})_{3,02}$

\*Примечание. 1 – 4 – виттихенит, 5 – айкинит. Формулы рассчитаны на сумму анионов (Bi+S)/4. СЭМ.



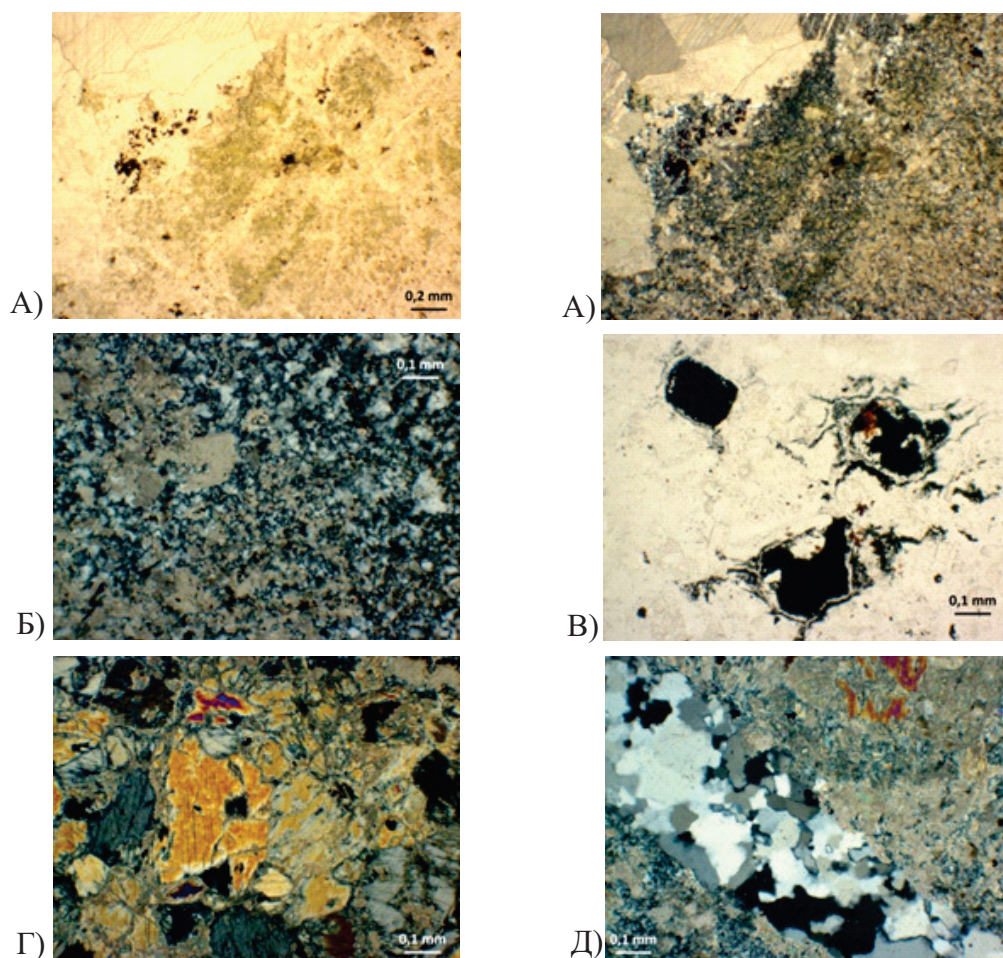


Рис. 1. Текстурно-структурные особенности вмещающих пород: А – Контакт прожилка среднезернистого кальцита и вмещающей мелкозернистой карбонат-кварц-слюдисто-хлоритовой массы с рассеянной вкрапленностью рудных минералов. Николи слева ||, справа Х. Шл. SA074-2; Б – Кварц-карбонатный метасоматит с рассеянной вкрапленностью рудных минералов. Николи Х. Шл. SA074-4; В – Реликты сульфидов (пирита и халькопирита) в мелкозернистой кварц-карбонатной массе с гематитовыми наложенными изменениями. Николи ||, Шл. SA074-4; Г – Реликты диопсида с карбонат-талковыми изменениями. Николи Х. Шл. SA074-3; Д – Секущий прожилок кварца в тальк-карбонатной массе с реликтами диопсида. Николи Х. Шл. SA074-3

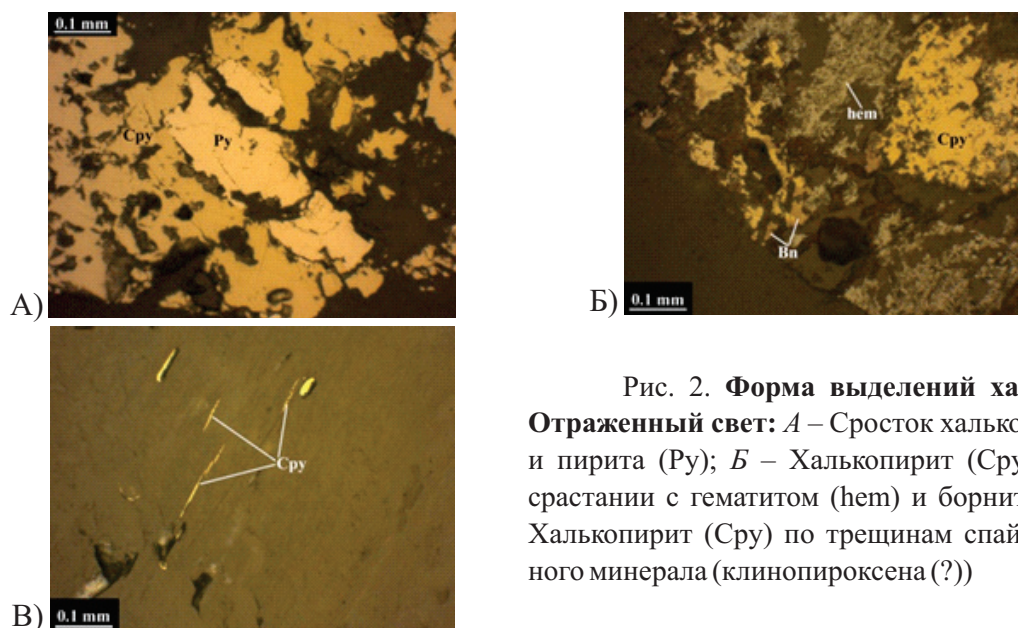


Рис. 2. Форма выделений халькопирита. Отраженный свет: А – Сросток халькопирита (Сру) и пирита (Ру); Б – Халькопирит (Сру) в сложном сростании с гематитом (hem) и борнитом (Вн); В – Халькопирит (Сру) по трещинам спайности нерудного минерала (клинопироксена (?))



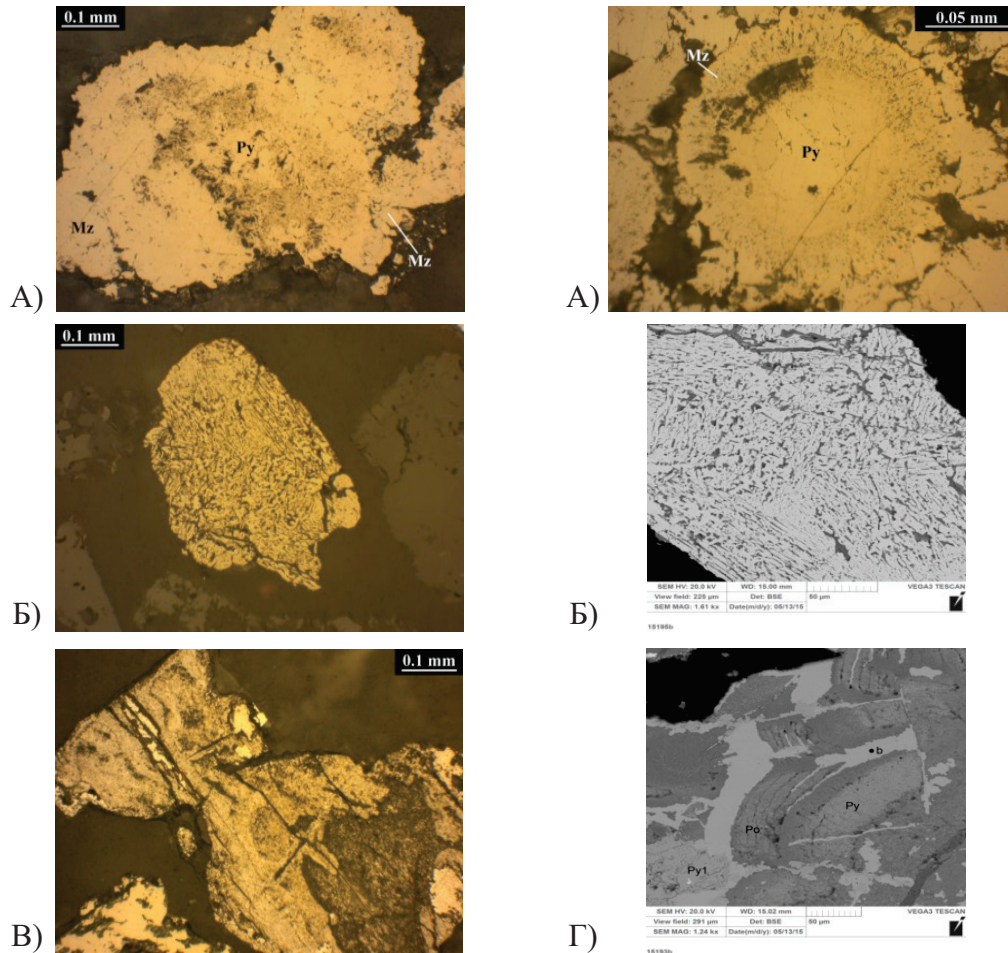


Рис. 3. **Форма выделений пирита:** *А* – Ксеноморфные (слева) и конкреционные (справа) выделения пирита (Py) с каймой марказита (Mz). Отраженный свет; *Б* – Пирит с графической структурой. Слева – отраженный свет. Справа – СЭМ VEGA3 TESCAN, аналитик И. А. Блинов; *В* – Тонкозернистый агрегат пирита, образующий полную псевдоморфозу по пирротину. Отраженный свет; *Г* – Тонкозернистый агрегат пирита (Py) и пирротина (Po) в сростке с халькопиритом (точка b) и марказитом (Py1). СЭМ

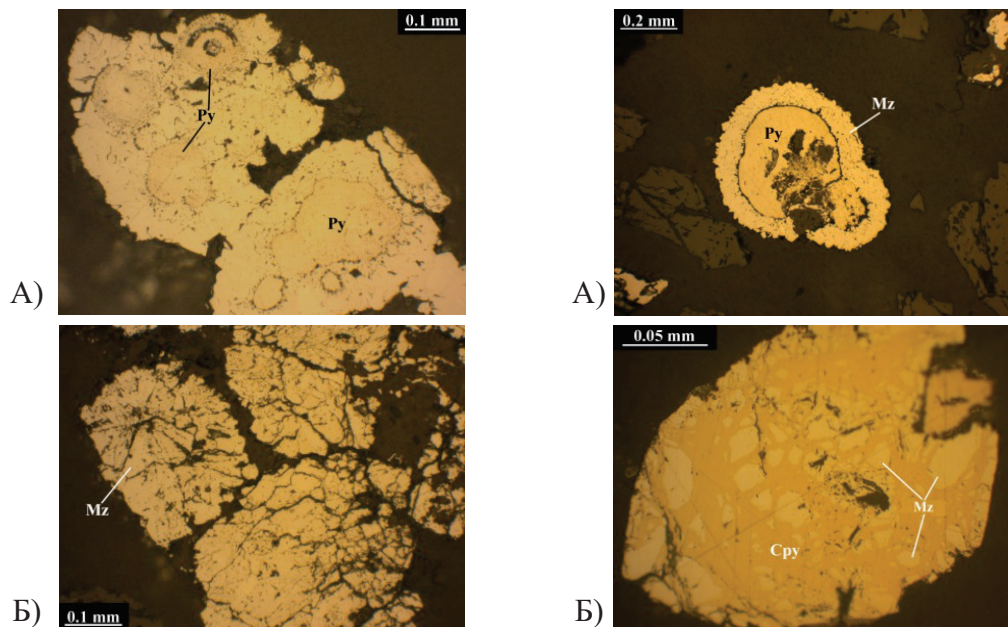


Рис. 4. **Форма выделений марказита:** *А* – Марказит (Mz) обрастает вокруг коломорфного пирита (Py); *Б* – Слева – марказитовые (Mz) микроконкреции. Справа – марказит (Mz), брекчированный халькопиритом (Cpy)

**Теллуриды** представлены **теллуридом серебра – гесситом** и **теллуридами висмута – тетрадимитом и теллуrowисмутитом (?)**. Гессит образует включения в пирите и халькопирите. Во включениях в халькопирите гессит сростается с виттихенитом, серебристым золотом и самородным висмутом, в пирите – с халькопиритом, сфалеритом и содержит включения галенита и самородного висмута (рис. 9 А). Тетрадимит обнаружен в виде включения в халькопирите, при этом окаймлен виттихенитом (рис. 9 Б). Размер сечений выделений теллуридов варьирует от 3 до 35 мкм [9]. В составе тетрадимита наблюдается небольшая примесь селена, состав гессита незначительно варьирует (табл. 7).

**Герсдорфит (?)** – вкрапленность в карбонате и включения в борните (рис. 10). Размер выделений в нерудных минералах варьирует от нескольких до 30 мкм по удлинению, в борните составляет < 1 – 10 мкм.

**Селениды** наблюдаются в виде эмульсионной вкрапленности в борните и единичных сложных включений с виттихенитом (рис. 10 А) и серебристым золотом в халькопирите (рис. 10 Б). Размер сечений

выделений селенидов составляет < 1 – 1 мкм.

**Висмут самородный** имеет широкое распространение, встречается в виде включений в халькопирите, галените и гессите. Во включениях в халькопирите обычно образует сложные сростки с виттихенитом, айкинитом и гесситом (рис. 8), участками – с борнитом (рис. 11) и серебристым золотом (рис. 12), в галените – с самородным серебром (рис. 12). Размер сечений выделений висмута варьирует от 2 – 8 мкм в халькопирите до 30 мкм – в галените. Висмут не содержит примесей (табл. 8).

**Золото** образует тонкие (до 5 мкм) включения в халькопирите и борните. Во включениях в халькопирите золото сростается с виттихенитом, гесситом и самородным висмутом (рис. 13), иногда с селенидом свинца (клаусталитом) (рис. 11), в борните – единичные включения золота размером 0,5 мкм. По составу золото серебристое, относится к электруму (табл. 9) [10].

**Серебро** совместно с самородным висмутом образует включения в галените (рис. 13). Размер выделений серебра – до 8 мкм. Серебро содержит примесь золота и ртути (табл. 9).

Таблица 7. Состав теллуридов (мас. %)

N п/п	N лаб.	S	Cu	Se	Bi	Te	Ag	Сумма	Формула
1	15193h	4,13	0,68	1,7	55,31	38,18		100	$Bi_{1,77}Te_{2,1}(S_{0,86}Se_{0,14})_{1,0}$
2	15196b		1,02			37,06	61,42	99,49	$Ag_{1,96}Te$
3	15196f		1,7			36,47	61,83	100	$Ag_{2,01}Te$

\*Примечание. 1 – тетрадимит, 2 – 3 – гессит. Формула тетрадимита рассчитана на сумму анионов  $(Te+S+Se)/3$ , гессита – на  $Te_1$ , СЭМ.

Таблица 8. Состав висмута (мас. %)

N лаб.	Bi	Сумма	Формула
15194d	99,56	99,56	$Bi_{1,0}$

Таблица 9. Состав золота и серебра (мас. %)

N п/п	N лаб.	Ag	Au	Cu	Сумма	Формула
1	15196a	35,4	62,71	1,89	100	$Au_{0,47}Ag_{0,49}Cu_{0,04}$
2	15196d	34,61	65,39		100	$Au_{0,51}Ag_{0,49}$
3	15196e	38,54	61,46		100	$Au_{0,47}Ag_{0,53}$
4	15196g	33,07	63,57	2,67	99,31	$Au_{0,48}Ag_{0,46}Cu_{0,06}$
5	15196l	29,81	70,19		100	$Au_{0,56}Ag_{0,44}$
6	15194c	93,64	5,09		100,8	$Ag_{0,96}Au_{0,03}Hg_{0,01}$

\*Примечание. 1 – 5 – электрум, 6 – самородное серебро. Формулы рассчитаны на сумму катионов  $(Au+Ag+Cu+Hg)=1$ . СЭМ.



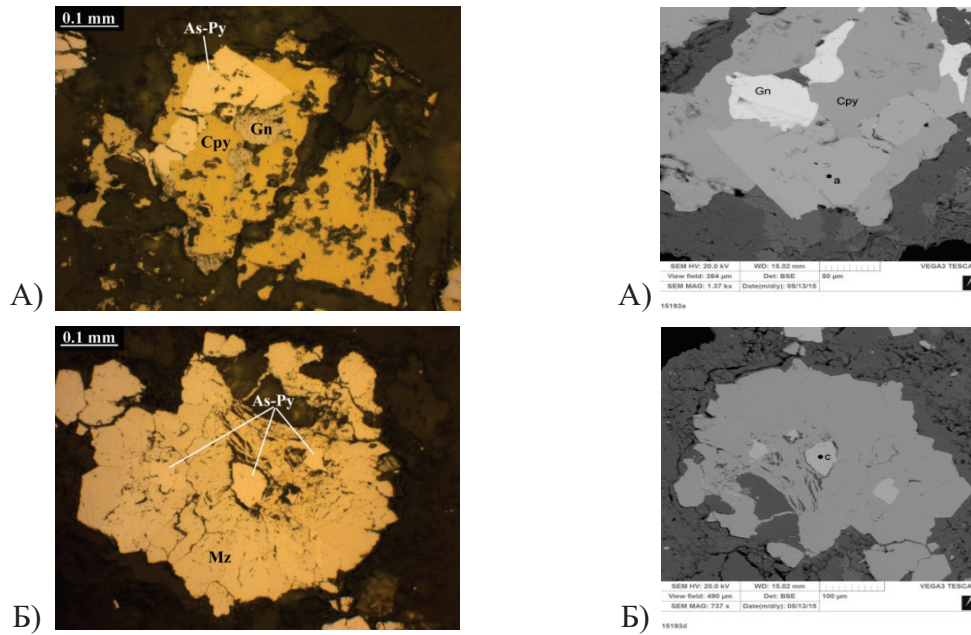


Рис. 5. Форма выделений арсенопирита: *A* – Арсенопирит (As-Py) – гипидиоморфный кристалл в сростке с халькопиритом (Cpy) и галенитом (Gn). Слева – отраженный свет. Справа – СЭМ; *B* – Включения арсенопирита (As-Py) в марказитовой (Mz) конкреции. Слева – отраженный свет. Справа – СЭМ

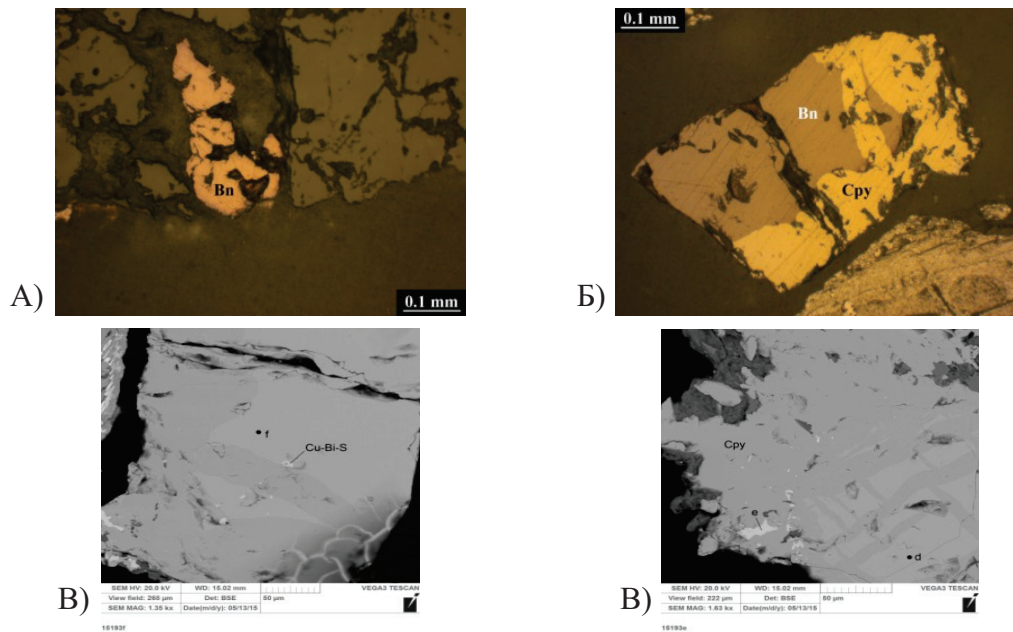


Рис. 6. Форма выделений борнита: *A* – Вростки борнита (Bn) в нерудном минерале. Отраженный свет; *B* – Сросток борнита (Bn) и халькопирита (Cpy). Отраженный свет; *B* – Борнит (точки f, d) сростается с халькопиритом (Cpy) и содержит тонкие включения сульфосоли виттихенита (точка e). СЭМ

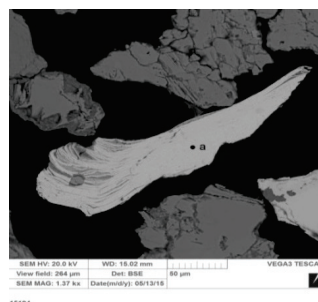
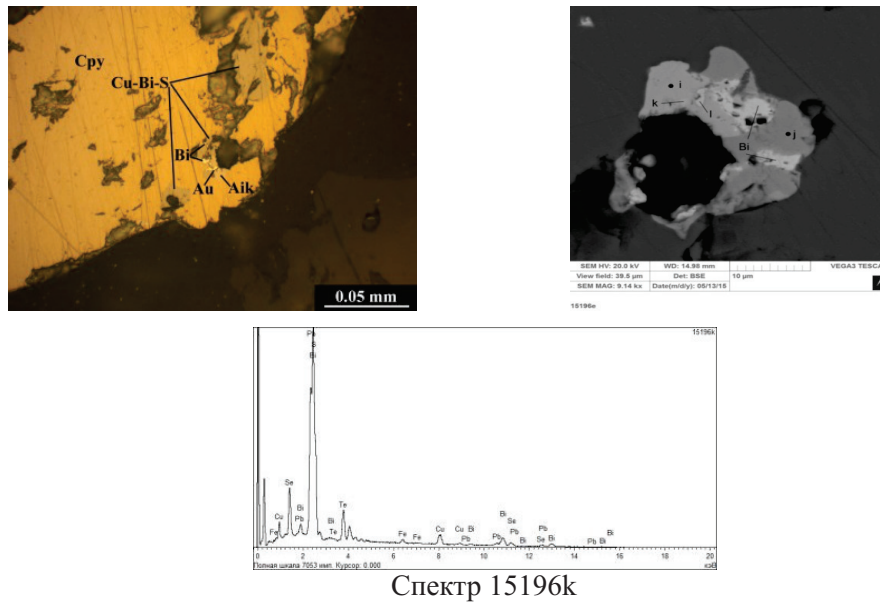
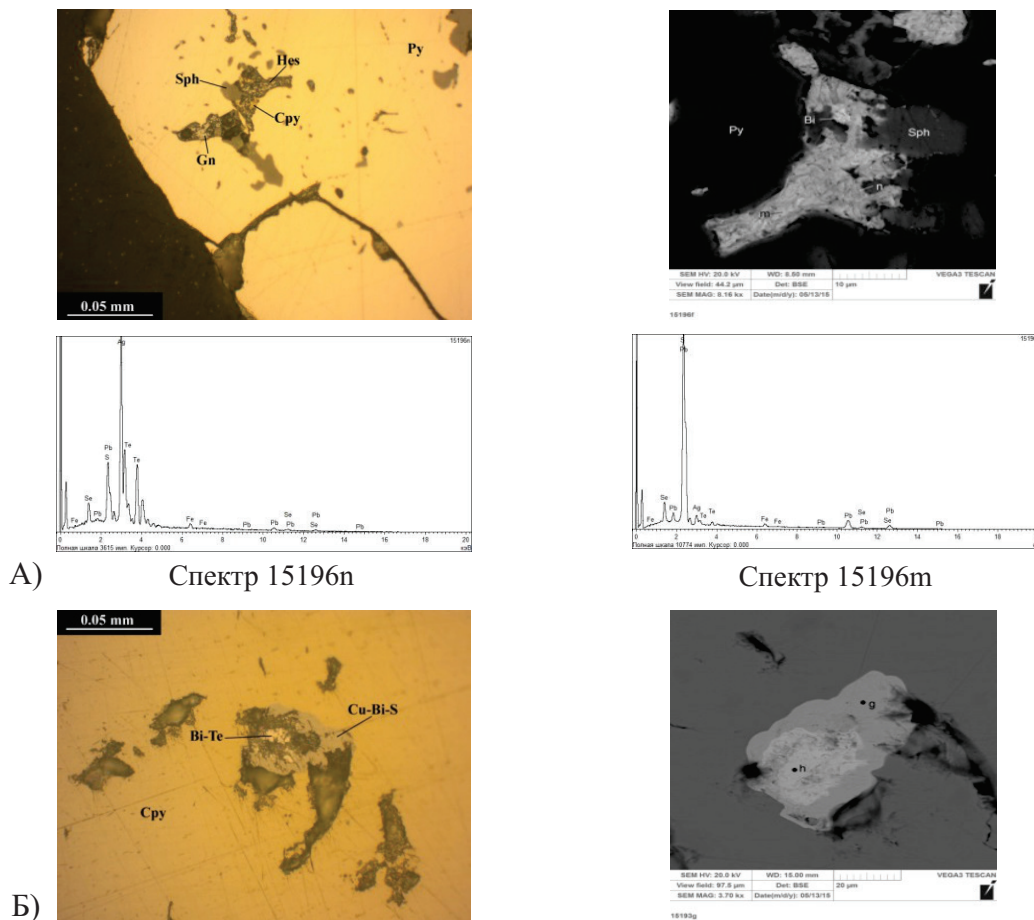


Рис. 7. Молибденит



Спектр 15196k

Рис. 8. Сложные включения сульфасолей: виттихенита (Cu-Bi-S – точка j) и айкинита (Aik – точка i) с самородным висмутом (Bi), золотом (Au – точка l) в халькопирите. Айкинит содержит включение смеси теллурида висмута и селенида свинца (точка k) и их энергодисперсионный спектр (15196k). Слева – отраженный свет. Справа – СЭМ

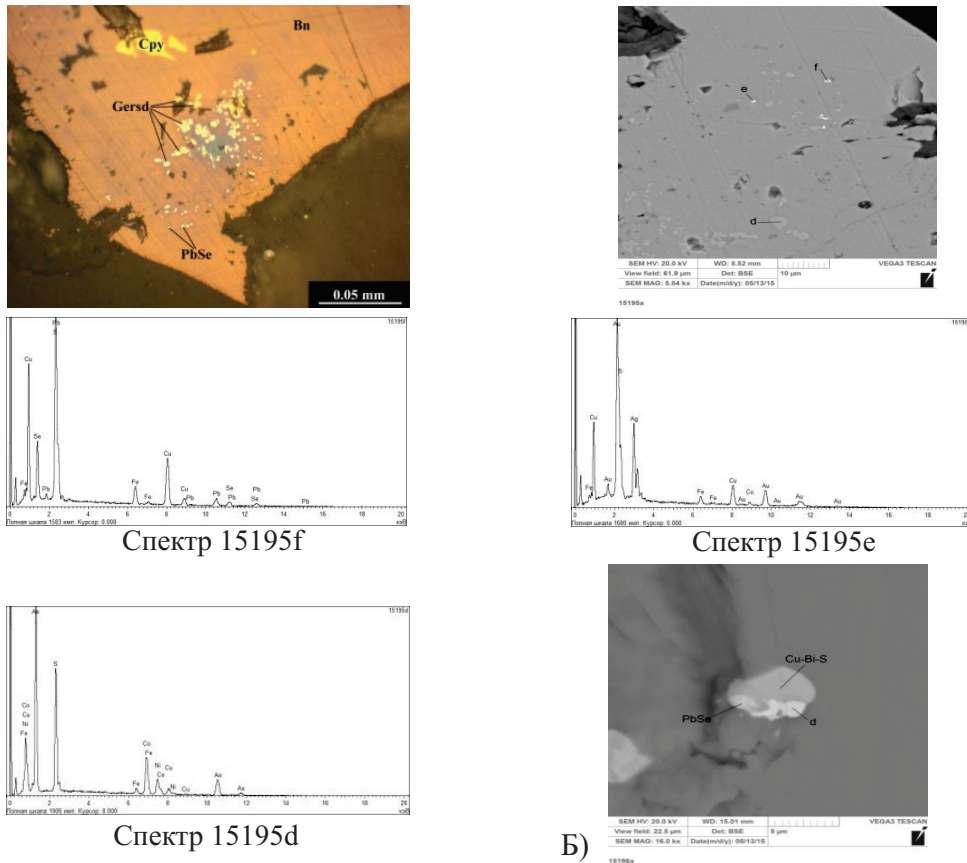


А) Спектр 15196n

Спектр 15196m

Б)

Рис. 9. Форма выделений теллуридов: А – Сложное включение гессита (Hes – точка n), сфалерита (Sph), халькопирита (Cpy) и галенита (Gn – точка m) в пирите (Py). Спектры 15196n и 15196m – энергодисперсионные спектры гессита и галенита соответственно. Слева – отраженный свет. Справа – СЭМ; Б – Включение тетрадимита (Bi-Te – точка h), окаймленного виттихенитом (Cu-Bi-S – точка g) в халькопирите (Cpy). Слева – отраженный свет. Справа – СЭМ



A)

B)

Рис. 10. Форма выделений селенидов: А – Включения клаусталита (Pb-Se – точка f), герсдорфита (?) (Gersd – точка d), золота (точка e) и халькопирита (Cpy) в борните (Bn). Спектры 15195f, 15195e и 15195d – энергодисперсионные спектры герсдорфита, клаусталита и золота соответственно. Cu подсвечивает из матрицы. Слева – отраженный свет. Справа – СЭМ; Б – Сложное включение клаусталита (Pb-Se), виттихенита (Cu-Bi-S) и серебристого золота (точка d) в халькопирите. СЭМ

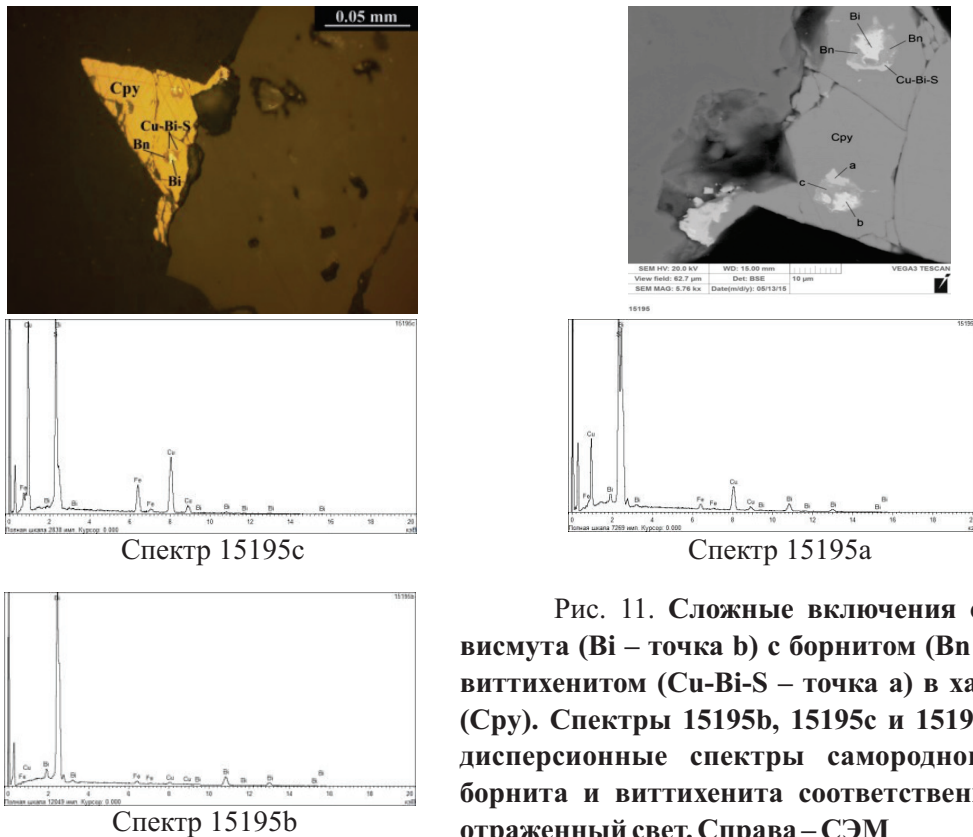


Рис. 11. Сложные включения самородного висмута (Bi – точка b) с борнитом (Bn – точка c) и виттихенитом (Cu-Bi-S – точка a) в халькопирите (Cpy). Спектры 15195b, 15195c и 15195a – энергодисперсионные спектры самородного висмута, борнита и виттихенита соответственно. Слева – отраженный свет. Справа – СЭМ



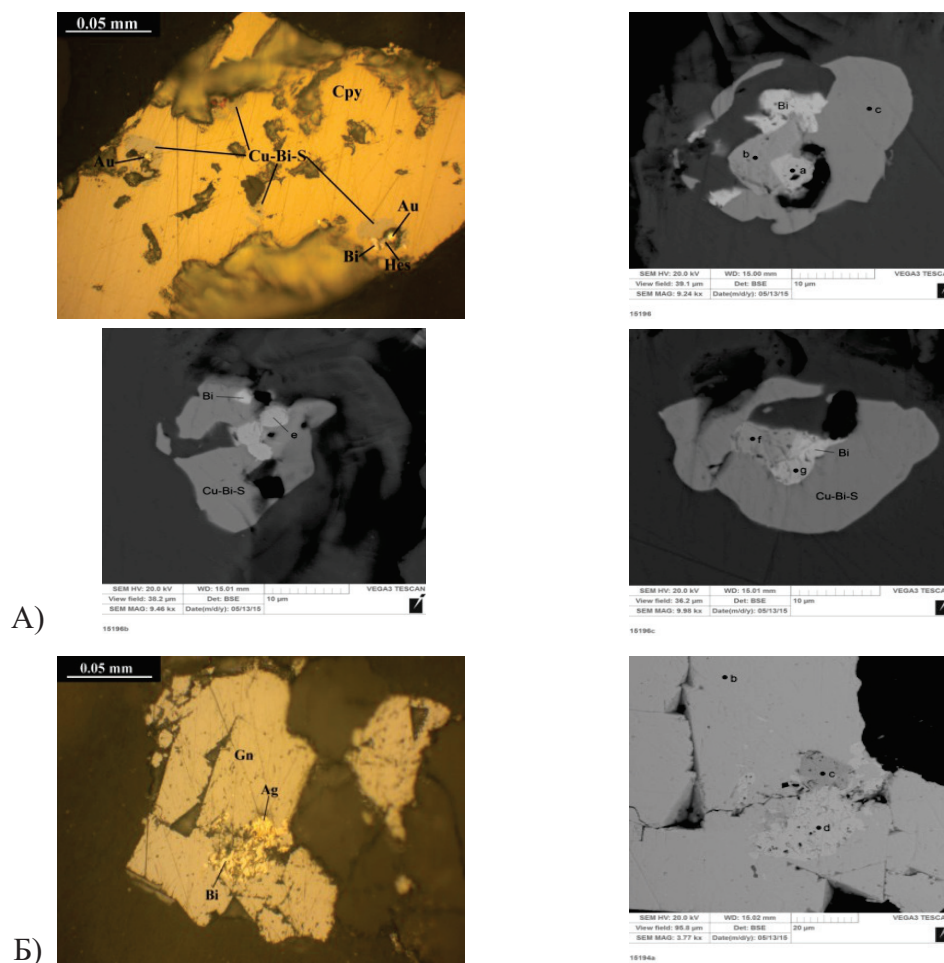


Рис. 12. Форма выделений золота: А – Сложные включения золота (Au – точки а, е, г) с виттихенитом (Cu-Bi-S – точка с), гесситом (Hes – точки b, f) и самородным висмутом (Bi) в халькопирите (Cpy). Слева наверху – отраженный свет. Слева внизу и справа – СЭМ; Б – Включение самородного серебра (Ag – точка с) в галените (Gn – точка b). Серебро срстается с самородным висмутом (Bi – точка d). Слева – отраженный свет. Справа – СЭМ

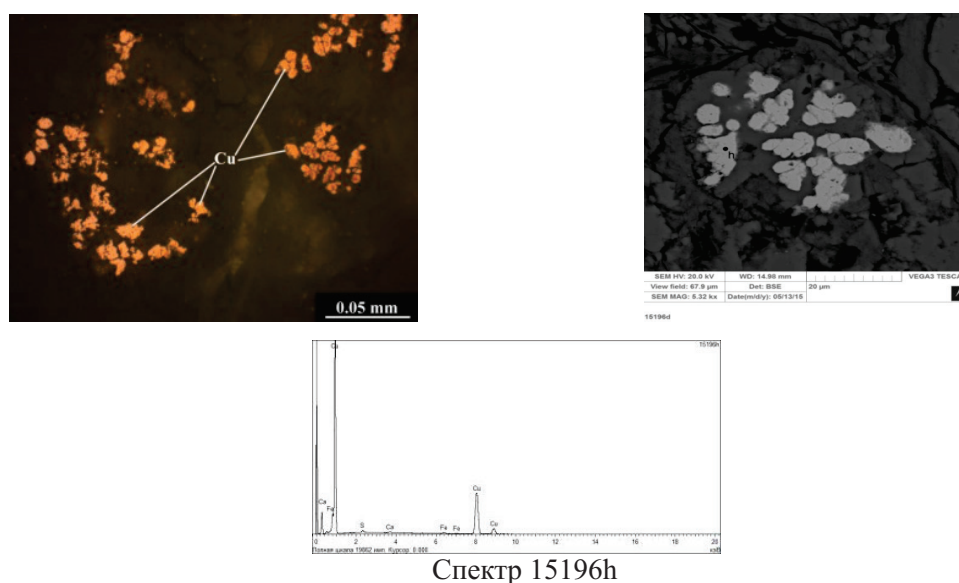


Рис. 13. Вкрапленность меди (Cu – точка h) в лимонитизированном нерудном минерале и энергодисперсионный спектр меди (15196h). Слева – отраженный свет. Справа – СЭМ

**Медь самородная** обнаружена в виде вкрапленности в нерудных минералах с лимонитовыми пленками (рис. 13), может сростаться с гематитом. Размер сечений меди варьирует от нескольких до 20 мкм.

**Гематит** в виде ксеноморфных зерен заполняет интерстиции между нерудными минералами (рис. 14 А), образует вкрапленность радиально-лучистых агрегатов и удлиненно-призматических, игольчатых кристаллов в нерудных минералах (рис. 14 Б), включения в пирите, халькопирите, иногда сростается с магнетитом, халькопиритом, пиритом и борнитом. Размер кристаллов по удлинению

составляет 50 мкм–0,1 мм.

**Магнетит** представлен единичными свободными зернами и сростками (рис. 15 А) с нерудными минералами, гематитом, иногда с халькопиритом, пиритом и борнитом. В магнетите наблюдаются включения халькопирита, пирита и пирротина (рис. 15 Б). Размер включений в магнетите составляет 5–10 мкм.

**Гетит** развивается в виде полных и неполных псевдоморфоз по сульфидам, в частности по халькопириту.

**Малахит** – единичные мелкозернистые агрегаты, пленки, корки.

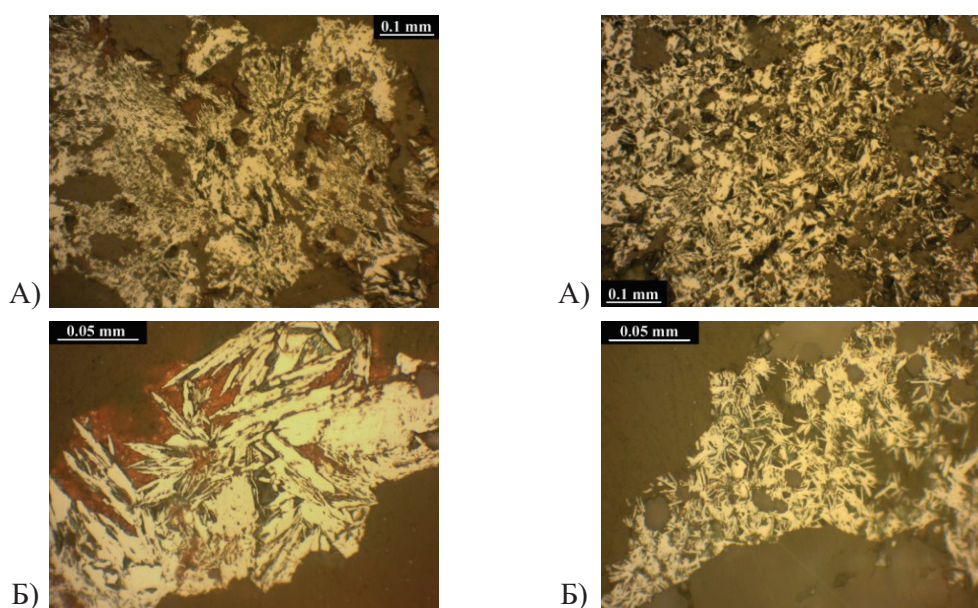


Рис. 14. **Форма выделений гематита:** А – Ксеноморфные выделения гематита в нерудном минерале; Б – Пластинчатые кристаллы гематита в лимонитизированных нерудных минералах

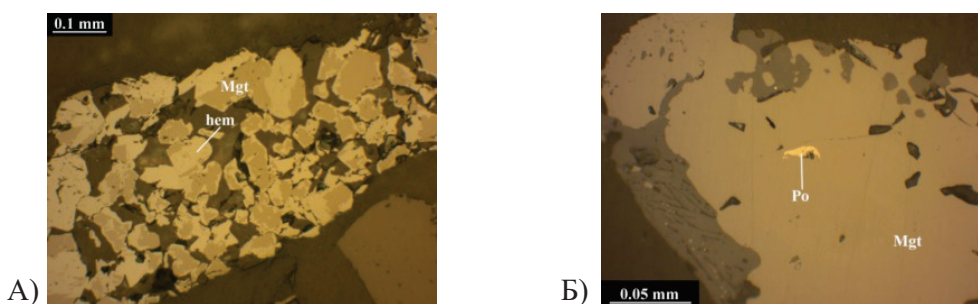


Рис. 15. **Форма выделений магнетита в усредненной руде месторождения Бозымчак:** А – Сростки магнетита (Mgt) и гематита (hem); Б – Магнетит (Mgt) с включением пирротина (Po)

### ВЫВОДЫ ПО МИНЕРАЛЬНОМУ СОСТАВУ

Исследуемая руда представлена обломками метасоматически измененных пород хлорит-кварц-карбонатного, тальк-карбонатного и кварц-карбонатного состава с пятни-

стой, прожилковой текстурой и неравномерно-зернистой, гетеробластовой структурой.

Рудная минерализация представлена

рассеянной и прожилковой вкрапленностью халькопирита и пирита в метасоматитах. Интенсивность вкрапленности составляет 1 – 2 об. %. Главные рудные минералы халькопирит и пирит в соотношении ~ 2:1, второстепенные – марказит, борнит, гематит, магнетит. Среди редких установлены арсенопирит, пирротин, галенит, сфалерит, халькозин, молибденит. Широко распространены минералы висмута: висмут самородный, сульфосоли (Bi и Cu – виттихенит, Bi, Pb и Cu – айкинит); теллуриды Ag (гессит) и Bi (тетрадимит); селенид Pb – клаусталит; сульфоарсенид Co, Ni и Fe – герсдорфит (?); самородные – золото (электрум), серебро и медь. Отмечены минералы окисленных ассоциаций гетит и малахит. Нерудная часть представлена преимущественно кварцем, карбонатом, пироксеном (диопсидом), подчиненное значение имеют хлорит, серпентин, слюда (флогопит). В качестве аксессуарных встречаются гранат (андрадит),

эпидот, рутил, актинолит (?).

Золото тонкое, размер не превышает 5 мкм, представлено сложными включениями с виттихенитом, гесситом и самородным висмутом, иногда с селенидом свинца в халькопирите и борните. По составу золото серебристое, относится к электруму. Серебро совместно с самородным висмутом образует включения в галените, в составе содержит примесь золота и ртути. Размер выделений серебра до 8 мкм. Свободное золото не обнаружено [11].

Проведенная работа дает возможность прогнозировать ряд объектов, которые близки по минералогическому составу руд, парагенезису слагающих их минералов и условиям их локализации с Бозымчакским месторождением. Аналогичные объекты могут быть встречены в южной части Чаткальской металлогенической области, которые обнаруживают близкое сходство с Бозымчакской золотоносной зоной.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Минералогическое исследование руд цветных и редких металлов / Под ред. А. Ф. Ли. М.: Недра, 1967. 257 с.
2. Методы минералогических исследований / Под ред. А. И. Гинзбурга: Справочник. М.: Недра, 1985. 476 с.
3. Зеленов В. И. Методика исследования золотосодержащих руд. М.: Недра, 1978. 302 с.
4. Критерии прогнозной оценки территории / Под ред. Д. В. Рундквиста. Л.: Недра, 1986.
5. Безсмертная М. С. и др. Определение рудных минералов в полированных шлифах по спектрам отражения и твердости. М.: Наука, 1973. 224 с.
6. Боровский И. Б. и др. Локальные методы анализа минералов. М., 1973.
7. Альпиев Е. А. Техноминералогические параметры руд месторождения Текели как основа их типизации // Труды международной научно-практической конференции «КазНТУ – образованию, науке и производству Республики Казахстан». Алматы, 1999. С. 24-25.
8. Альпиев Е. А. Исследования вещественного состава руд Бозымчакского золотомедного месторождения как важные технолого-минералогические критерии для прогнозирования однотипных скарновых объектов в пределах Чаткальской металлогенической области // Горно-геологический журнал, Житикара, 2010. № 3-4 (23-24). С. 34-44..
9. Альпиев Е. А. Тектонические, магматические и петрографические факторы локализации золотого оруденения и закономерности их размещения в Чаткальской металлогенической области Кыргызской Республики // Труды международной научно-практической конференции «Сатпаевские чтения». Алматы, 2010. С. 132-140.
10. Альпиев Е. А. Геолого-генетические параметры и перспективы освоения месторождений золота в пределах Чаткальского региона Кыргызской Республики // Труды международной научно-практической конференции «Сатпаевские чтения». Алматы, 2010. С. 140-148.
11. Альпиев Е. А. Стадийность формирования и особенности распределения золота в рудах Чаткальской металлогенической области (на примере месторождения Бозымчак) // Горно-геологический журнал, Житикара, 2010, № 1-2 (21-22). С. 45-50.



## ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЖЕЛЕЗО-МЕДНОРУДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ САНЬКУАНГОУ УЕЗДА НЭНЬЦЗЯН ПРОВИНЦИИ ХЭЙЛУНЦЗЯН (КИТАЙ)



**ЧЖАН ГУЙДА,**  
кандидат геологии и  
минералогии,  
Цицикарский главный  
институт изысканий и  
разработки полезных  
ископаемых, г. Цицикар,  
пров. Хэйлуңцзян,  
Китай



**ЧЖАО ГУАНЦЗЯН,**  
доктор геологии и  
минералогии,  
Четвертый институт  
геологии и изысканий  
провинции Хэйлуңцзян,  
г. Харбин,  
пров. Хэйлуңцзян,  
Китай



**ЛИ ЮЧЖУ,**  
доктор геологии и  
минералогии,  
Чанъаньский  
университет г. Сиань,  
пров. Шэньси, Китай

Хэйлуңцзян провинциясының Нэньцзян уезінің Добаошань кен шоғырлануы ауданың С3 бөлігінде Санькуангоу кен орны орналасқан, ол шағын шор тасты түрінің темір-мыс кен қазбасы болып табылады. Осы кен ауданының және оның шеткі аймақтарында кен іздеу жұмыстары белгілі табыстарға қол жеткізді. Сондықтан, осы кен орынның жүйелі зерттеуі қажет болды. Мақалада көптеген даладағы геологиялық зерттеу, зертханалық химиялық талдау және тілімтастардың петрографиялық сипаттау негізінде Санькуангоу кен орнының геологиялық ерекшеліктері зерттелген және жалпыланған. Кен орны минералдануының 2 кезеңде құрылған: эндогендік және гипергендік; бірінші фазаларға бөлінеді, фаза 1 – құрғақ шор тастың, фаза 2 – дымқыл шор тастың, фаза 3 – оксидтердің және 4 - гидротермалдық сульфидтердің, ал екінші кезеңде тек 5 гипергендік фаза бар, бұл фаза гипергендік минералдардың (азурит, малахит, лимонит және т.б.) пайда болуында жасалған.

В С3 части района рудной концентрации Добаошань уезда Нэньцзян провинции Хэйлуңцзян расположено месторождение Санькуангоу, которое является маломасштабным железо-меднорудным месторождением скарнового типа. Поисковые работы на руду в данном рудном районе и на его периферии достигли определенных успехов. Поэтому систематическое изучение данного месторождения было необходимо. В статье обобщены и изучены геологические особенности месторождения Санькуангоу на основе большого количества полевых геологических исследований, лабораторных химических анализов и петрографического описания шлифов. Месторождение было сформировано в 2 периода рудообразования: эндогенный и гипергенный; первый подразделяется на фазы 1 – сухого скарна, 2 – мокрого скарна, 3 – оксидов и 4 – гидротермальных сульфидов, а второй период имеет только 5 – гипергенную фазу, когда были сформированы гипергенные минералы (азурит, малахит, лимонит и т. д.).

Sankuanggou deposit is located in the northwest of Duobaoshan, Nenjiang county, Heilongjiang province, is a small skarn type iron-copper deposits. Important progress has been made in the prospecting work of the mining area and its periphery, therefore, system research of the ore deposit is necessary. Based on a large amount of field geological survey, chemical analysis and research on rock slices, the authors summarized the geological characteristics of Sankuanggou. The formation process of the deposit can be divided into two phases : endogenous mineralization phase and supergene phase. The former is divided into four stages: 1 – dry skarn stage, 2 – wet skarn stage, 3 – oxide stage, 4 – hydrothermal-sulfide stage; the latter only has the 5 – supergene stage, which form azurite, malachite, limonite and other surface minerals.

### Введение

Рудный район Санькуангоу расположен в селе Добаошань уезда Нэньцзян провинции Хэйлунцзян, его географические координаты:  $50^{\circ}25'00''$  с. ш. и  $125^{\circ}39'00''$  в. д. (рис. 1 а). В медно-полиметаллической рудной зоне Санькуангоу-Добаошань-Чжэнгуан расположено золоторудное месторождение Чжэнгуан, которое по генезису относится к крупномасштабному гидротермальному и находится на юго-восточном участке данной рудной зоны, где в настоящее время выполняется разведка; эксплуатируемые меднорудное месторождение Туншань и медно-молибденово-рудное месторождение Добаошань, которые относятся к крупномасштабным порфировым – на среднем участке; маломасштабное железо-меднорудное с высоким содержанием скарное месторождение Санькуангоу – на северо-западном участке (рис. 1 б).

Многие исследователи изучали магматизм, закономерности рудообразования и направление поисков для целого района рудной концентрации, они провели большое количество производственных и научно-исследовательских работ на месторождении Санькуангоу, в том числе: анализ фона тектоно-магматизма, обобщение геологических особенностей месторождения, изучение закономерности рудообразования и направление поисков руд [1 – 3]. Но пока у них отсутствует систематическое обобщение геологических особенностей месторождения Санькуангоу. Для того, чтобы направить геологическую и поисковую работу в рудном и сопредельных районах, сначала авторы провели полевые наблюдения для выявления таких особенностей, потом отбирали типичные и представительные образцы для подробного изучения и интерпретации генезиса месторождения.

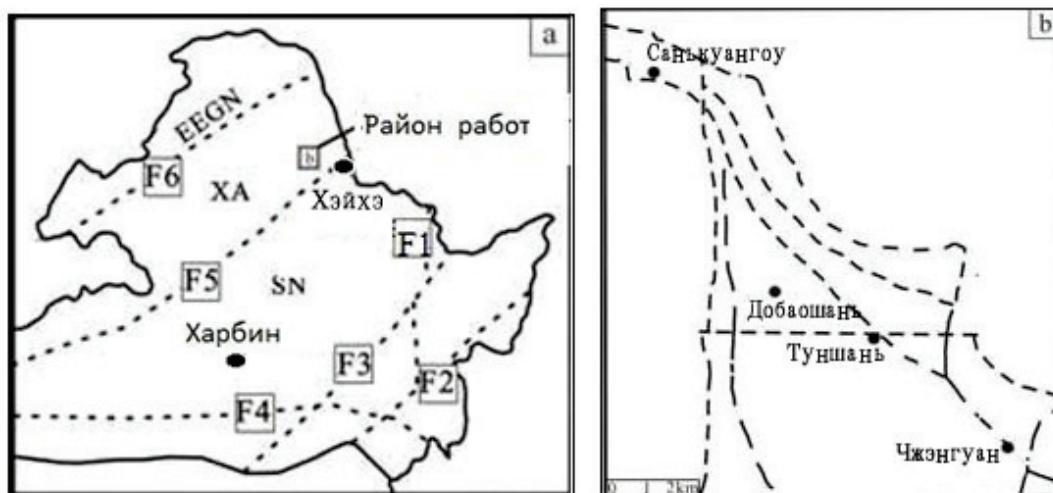


Рис. 1. Тектоническое положение железомеднорудного месторождения скарнового типа Санькуангоу (а) и схема связи зоны рудообразования Добаошань-Санькуангоу СЗ направления и месторождения с разломами (б) (по данным [3], с изменениями авторов, 2015): EEGN – блок Аргунь; SN – блок Сун-Нэнь; XA – блок Хинган; SN – блок Сун-Нэнь; F1 – разлом Муданьцзян; F2 – разлом Дуньхуа-Мишань; F3 – разлом Итун-Илань; F4 – разлом Силамулунь-Чанчунь

### ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Обнаруженные в рудном районе отложения представляют собой свиту Добаошань среднего ордовика, где преобладают песчаники и алевролиты, встречается незначительное количество прослоев андезитовых порфиров и туфовых алевролитов, также наблюдаются линзы

мрамора. Размеры линз разные, их длина изменяется от сотен метров до тысячи, а ширина изменяется в широком диапазоне от десятков до 100~200 м. Отложения залегают в виде моноклинали, простираются в СЗ направлении по аз.  $300^{\circ}\sim 310^{\circ}$ , падают на СВ под углами  $45^{\circ}\sim 60^{\circ}$ , иногда видно стратигра-

фическое опрокидывание. Широко развитые в рудном районе интрузивные массивы подразделены на 3 разности: гранодиориты, калишпатовые граниты и незначительные аплитовые диориты. Они все были образованы в Яньшаньский период в результате тектономагматизма, а гранодиориты тесно связаны с рудообразованием, они были внедрены в отложения свиты Добаошань с образованием структуры эндо- и экзо-контактных зон, где развиты роговики, или скарны и скарнизированные породы (рис. 2). В эндоконтактной зоне довольно широко развиты густые халькопирит-кварцевые прожилки, также наблюдается калишпатизация, серицитизация, пиритизация и другие изменения, а в экзоконтактной зоне – ороговикование, скарнирование и другие изменения.

Месторождение контролируется массивами и интрузивно-контактовыми структурами на северо-западном и юго-

западном боках отложений (рис. 1 б), массивы сами проявляют U-образную форму (рис. 2). Разломная структура СЗ направления контролирует около 75 % рудных тел, а остальные 25 %, в основном, зависят от вторичной разломной зоны СВ направления или межпластовой разломной зоны. Основные рудные тела главным образом простираются по аз. 305° ~ 330°. На месторождении (рис. 2) развито три рудных зоны (№№ 1, 2, 3), рудные тела приурочены к скарнам в экзоконтактной зоне массивов, в отложениях, где развиты скарны, там складчатая структура сложная. Рудная зона № 1 тесно связана со складчато-разломной структурой СЗ направления; а № 2 и № 3 – с меридиональной коробчатой брахисинклиналью. Рудная зона № 1 расположена в южной части месторождения, ее длина достигает 1400 м, ширина – 180 м, глубина – до 200 ~ 350 м, простираение рудной зоны изменяется от 310° до 320°.

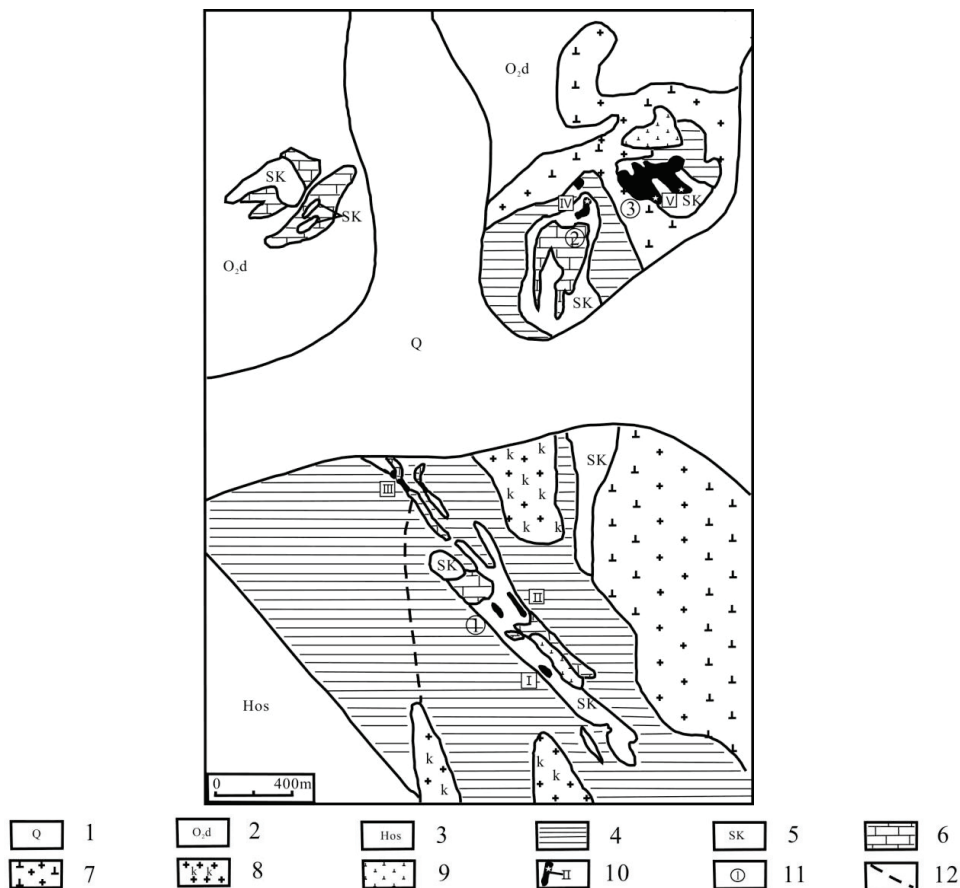


Рис. 2. Геологическая схема железно-меднорудного месторождения скарнового типа Санькуангоу: 1 – четвертичная система; 2 – свита Добаошань среднего ордовика; 3 – ороговикованные песчаники; 4 – роговики; 5 – скарны; 6 – мраморы; 7 – поздне-варисские гранодиориты, тоналитовые диориты; 8 – калишпатовые граниты; 9 – аплитовые диориты; 10 – рудные тела и их номера, места опробования; 11 – номера рудных зон; 12 – разломы



Три рудных зоны сопровождаются образованием трех групп рудных тел I, II, III, состоящих из 64 более мелких рудных тел, которые формируются в скарновой контактной зоне, рудная зона № 1 тесно связана с андрадитовыми скарнами. Рудная зона № 2 расположена в средней части месторождения, ее длина достигает 1250 м,

ширина – 75 м, углублена до 50 ~ 230 м, рудное тело IV приурочено к данной зоне. Рудная зона № 3 расположена в северной части месторождения и проявлена в виде оси, длина длинной оси составляет около 180 м, а короткой – примерно 100 м, максимальная глубина – до 70 м, рудное тело V приурочено к данной зоне [2].

## ТИПЫ ПОРОД И ЛИТОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Интрузивные массивы подразделяются на 3 разновидности: гранодиориты, калишпатовые граниты и незначительные аплитовые диориты.

**Гранодиориты** в основном обнаружены в восточной части рудного района (рис. 2), примерно расположены в виде кольца по горе Хуадошань и на поверхности занимают площадь 36 км<sup>2</sup>. Породы сероватого цвета, средне-крупнозернистой или гранитовой структуры, массивной текстуры, основные минералы: плагиоклаз (40 % ~ 50 % ±), кварц (15 % ~ 25 % ±), калишпат (15 % ~ 20 % ±) и другие светлые минералы, темные – в основном биотит и горнблендит (всего 5 % ~ 10 % ±), акцессорные минералы – апатит и сфен, а также циркон и магнетит. Иногда на поверхности отмечены кристаллы плагиоклаза, более грязно, видна серицитизация. Кварц аллотриоморфнозернистый, на поверхности чистый. Калишпат проявляется в виде глины, на поверхности более грязный, что связано с каолинитизацией. Горнблендит часто заменен пиритом. Биотит пластинчатый, спайность совершенная. Серицит развит в виде тонких чешуи и является вторичным минералом, который образован в основном в результате выветривания плагиоклаза. Гранодиориты внедрены в мрамор, в эндо- или экзо-контактной зонах были образованы скарны (может быть, скарнизированные породы). Минерализация выражена халькопиритом и частично пиритом. В массиве наблюдаются акцессорные минералы: магнетит и халькопирит, которые содержат в себе более высокое количество микроэлементов: меди и железа, поэтому исследователи полагают, что данный массив благоприятен для рудообразования [1].

**Калишпатовые граниты** в основном расположены в восточной части рудной зоны № 1 железомеднорудного месторождения

Санькуангоу, данный массив был внедрен в виде неправильной апофизы или малого штока в гранодиориты или отложения. Породы розового цвета, среднезернистые и гранитовой структуры, массивной текстуры. Основные минералы: щелочный полевой шпат (50 % ~ 60 %), кварц (25 % ~ 30 %), плагиоклаз (10 % ~ 15 %). Щелочный полевой шпат представляет собой пертит и микроклин. Кварц аллотриоморфнозернистый, плагиоклаз в основном – олигоклаз, в нем видны полисинтетические двойники. Темно-цветные минералы в основном представлены биотитом и горнблендитом, их содержание не более 0,5 % ~ 2 %.

**Аплитовые диориты** более развиты на западном участке рудной зоны № 1 и по линии горы Юйбаошань. Данный массив в виде тонкой линзы длиной примерно 80 м расположен по разломной зоне СЗ направления. Породы желто-бурого цвета, гипидиоморфно-аллотриоморфной структуры, массивной текстуры. Основные минералы: андезин (60 % ~ 75 % ±) и горнблендит (25 % ~ 40 % ±), второстепенные – кварц (5 % ±), акцессорные – апатит, магнетит и т. д.

**Вмещающие породы.** Отложения рудного района в основном представляют собой свиту Добаошань среднего ордовика (O<sub>2</sub>d), где наблюдаются песчаники, алевролиты с линзами туфовых алевролитов, андезитовых порфиритов и мрамора, а также роговики. Вмещающие отложения, тесно связанные с рудообразованием, сложены мрамором и роговиками.

**Мраморы** развиты в средней и северной части рудного района, типы пород: гранато-диопсидовый, диопсидовый и незначительно тремолитовый мрамор. Образцы пород серо-темного ~ серо-бурого цвета, средне-крупнозернистой и бластической структуры, ленточной и массивной

структуры. Главные минералы – кальцит (от 45 % до 90 % ±), диопсид (от 30 % до 45 % ±), тремолит (от 5 % до 10 % ±); второстепенные – кварц (около 5 %), гранат (от 0 до 5 %). Кроме того, отмечено небольшое количество лимонита и волластонита. В породе иногда отмечена минерализация – халькопирит и гематит.

**Роговики** развиты в ЮЗ части рудного района и являются продуктом контактного термометаморфизма, материнская порода представляет собой глинистые и более крупнозернистые алевролиты во вмещающей породе, после метаморфизма алевролитов образуются породы, в которых преобладают биотит-аплитовые или биотит-кварцевые роговики (данные метаморфические породы расположены на контактах массива с отложениями или скарнов с последними [2]).

Роговики серо-черного цвета, гранулобластовой структуры, массивной текстуры. Основные минералы: плагиоклаз (35 % ~ 55 %) и кварц (40 % ~ 60 %), а также незначительно биотит (10 % ~ 15 %). Плагиоклаз проявляется в виде зерен, а кварц – в виде равных зерен, размеры зерен варьируют в интервале 0,3 ~ 0,5 мм.

**Скарны и их характерные минералы.** Скарны в основном распределены в рудных зонах №№ 1, 2 и 3 железо-медно-

рудного месторождения Санькуангоу, а также в контактной зоне по линии Юйбаошань и межпластовых тектонически нарушенных зонах, длина последних изменяется от десятков метров до километра. Основные скарновые породы представляют собой зернистые гранатовые, диопсид-гранатовые скарны и редко волластонитовые скарны. Тесно связаны с медной (железной) минерализацией гранатовые скарны [4].

**Гранатовые скарны** серо-зеленого цвета, гранобластовой структуры, массивной текстуры. Основные характерные минералы: темно-коричневый и идиоморфный гранат (80% ~ 85 %), затем диопсид (5 % ~ 8 %), кальцит (2 % ~ 3 %) и небольшое количество черного пластинчатого рудного минерала – спекулярита (3 – 5 %). В кристалле диопсида значительных изменений по составу не было обнаружено, но было установлено, что его морфология тесно зависит от содержания.

Под действием поздневременного тектонического напряжения кристаллы граната и диопсида претерпели в дальнейшем сильное дробление, на кристаллах граната были образованы микротрещины, в которых был сформирован диопсид. Что касается агрегата диопсида, то он был нарушен до тонких зерен.

## ОБСУЖДЕНИЕ

**Генезис.** Месторождение является типичным скарновым диметасоматического типа, которое было образовано путем контактового метасоматоза в результате внедрения гранодиоритов в отложения свиты Добаошань среднего ордовика в начале Яньшаньского периода (рис. 2) [4]. В рудах присутствует большое количество рудоносных гидротермальных жил, в которых жильные минералы: эпидот, хлорит и карбонатные минералы (в основном кальцит). В соответствии с последовательностью образования минералов некоторые исследователи считают, что образование таких гидротермальных жил свидетельствует об изменении процесса от высокой температуры до средне-низкой [3]. В сформированных минералах видно, что высокотемпературный естественный висмут, висмутин и другие минералы висмутовой серии распространены в магнетите, а средне-, и средне-низкотемпературные ботесит и серия теллуридов – в

халькопирите. Таким образом, образование различных гидротермальных жил и разных минералов соответствует фазам минерализации от высоко – до низкотемпературной. Концентрация железного вещества и рудообразование возникает в высокотемпературную фазу, медная минерализация – в фазу низко-средней температуры в железной минерализации [5].

**Периоды рудообразования и его фазы.** Железо-меднорудное месторождение Санькуангоу претерпело тепловой метаморфизм от раннего магматического внедрения, что привело к образованию мрамора и роговиков во вмещающих породах, метасоматозу высокотемпературной магматической жидкостью в начале магматизма, образованию скарнов, а также заполнению и метасоматозу постмагматической средне-низкотемпературной жидкостью, образованию жильных хлорита и кальцита. Процесс диагенеза скарнов и измененных пород после него

оказали влияние на образованное рудообразование, наконец, сформировался процесс изменения граната + зернистого диопсида → таблитчатого диопсида + столбчатого диопсида → тремолита → эпидота → хлорита → кварца + кальцита, с этим совпадает тренд изменения кобальта и никеля + железа → висмута + меди → меди и серебра → индия.

Авторы разделяют процесс образования месторождения на 2 периода (5 фаз), на основании полевых наблюдений и изучения под микроскопом установлена последовательность образования минералов и взаимного соотношения жильных тел. Эндогенный период подразделяется на фазы: 1 - фаза сухого скарна, основная минеральная ассоциация: гранат, диопсид, волластонит и другие безводные скарновые минералы; 2 - фаза мокрого скарна, минеральная ассоциация: тремолит и эпидот, а также другие скарновые минералы и небольшое количество магнетита и т. д., данная фаза более развита в рудном районе, сопровождается эпидотизацией, гранат, образованный в сухую фазу, и кальцит были метасоматизированы тремолитом, а волластонит, образованный в сухую фазу, – эпидотом, также отмечен парагенезис

последнего с волластонитом, кобальтин и Zn-содержащий энаргит отмечены в кристаллах граната, что показывает, диагенез и изменение возникают совместно с рудообразованием; 3 – фаза оксидов, более развита в рудном районе, в которую образуется минеральная ассоциация: кварц-кальцит, хлорит и спекулярит, магнетит и сопровождается хлоритизацией и окварцеванием, в магнетите встречается шеелит, ферберит, самородный висмут, ботесит и теллурбисмутит, скарновые минералы, образованные раньше, и кальцит хлоритизированы; 4 - гидротермально-сульфидная фаза, основные рудные минералы: халькопирит, борнит, халькозин и другие медные сульфиды, еще наблюдается пирит и сфалерит, а также Со-пирит и другие железные и цинковые сульфиды. Халькопирит часто ассоциирован с борнитом, халькозином и пиритом, часто видно их заполнение в трещинах магнетита и пересечение спекулярита, в халькопирите часто встречается включение S-Cu-Bi-минерала, виттихенита и пилсенита. Гипергенный период только имеет фазу гипергенеза 5 – с образованием гипергенных минералов азурита, малахита, лимонита и т. д.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. На месторождении Санькуангоу были обнаружены сульфиды (S-Cu-Bi-минерал, виттихенит, висмут, Со-пирит), оксид (касситерит), кислородные соли (ферберит и шеелит), теллуриды (ботесит и пилсенит), S-As-соединения (кобальтин и Zn-содержащий энаргит), а также самородные элементы (самородные висмут, золото и серебро), электрум и голдаргентит [6].

2. В процессе образования железомеднорудного месторождения Санькуангоу, при внедрении магмы в отложения давление было меньше в контактной зоне, а в позднее время здесь был образован большой тектонический стресс. В контактовой зоне скарнирование сопровождалось инъекцией большого количества рудоносных гидротермальных жил, с последовательным образованием

минерализации железа и меди, из них первая относится к продуктам фазы высокотемпературной гидротермальной жидкости, а вторая – к продуктам фазы среднетемпературного метасоматоза.

3. Месторождение Санькуангоу было сформировано в 2 периода рудообразования: эндогенный и гипергенный. Первый подразделяется на фазы 1 – сухого скарна, 2 – мокрого скарна, 3 – оксидов (с образованием основной минерализации Fe) и 4 – низкотемпературных гидротермальных сульфидов (с образованием основной минерализации Cu), а второй период только включает себя 5 – гипергенную фазу тогда, когда были сформированы гипергенные минералы (азурит, малахит, лимонит и т. д.).

## ЛИТЕРАТУРА

1. Li Derong, Zhu Chaoli, Lv Jun, Cui Gen. Structural-magmatic mineralization of Sankuanggou-Duobaoshan metallogenic belt, Heilongjiang [J]. China mining magazine, 2010, 19 (S1): 142–146.



2. Li Derong, Xie Qingcheng, Lv Jun, Zhao Guangxin. Characteristics and mineralization of Huaduoshan ring structure in Nenjiang country, Heilongjiang province [J]. Resources and industries, 2011, 13 (S1): 154–158.

3. Li Zhitong, Wang Xijin, Wang Hongbo and Wu Guang. Geology of the Sankuanggou gold-bearing iron-copper deposit in Nenjiang county, Heilongjiang province [J]. Geology and Resources, 2008, 17 (03): 170–174.

4. Chu Shaoxiong, Liu Jianming, Xu Jiuhua, Wei Hao, Chai Hui and Tong Kuangyin. Zircon U-Pb dating, perogenesis and tectonic significance of the granodiorite in the Sankuanggou skarn Fe-Cu deposit, Heilongjiang province [J]. Acta Petrologica Sinica, 2012, 28 (2): 433–450.

5. Wang Hongyu, Ma Liling, Wang Zhuo. Geological character and genesis of Sankuanggou copper (iron) deposit, Duobaoshan area, Heilongjiang province [J]. Journal of Jilin University (Earth Science Edition), 2008, 38 (S1): 214–218.

6. Li Yun, Zheng Hui, Qiao Zilan, Wang Zedong, Zhao Yuanyi and Fu Jiajun. Facieology and mineragraphy Characteristics of Sankuanggou iron copper deposit, Nenjiang county, Heilongjiang province and their significance [J]. Acta Petrologica Et Mineralogica, 2015, 34 (3): 550–556.

УДК 553.676.2



## МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЛОМКОЙ АСБЕСТИЗАЦИИ НА БАЖЕНОВСКОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ

**В. А. ЗЫРЯНОВ**, кандидат геол.-мин. наук,  
АО “НИИпроектасбест”,  
г. Асбест, Российская Федерация

Сынғақ хризотил-асбест таратпаушылықтың жағдайлары, оның көріністерінің типтендіруі және тандалған түрлердің физико-химиялық қасиеттері қарастырылған.

Рассматриваются условия локализации ломкого хризотил-асбеста, типизация его проявлений и физико-химические свойства выделенных разновидностей.

The paper considers the conditions for localization of friable chrysotile asbestos, typization of its manifestations, and physical and chemical properties of distinguished types.

Месторождение приурочено к центральной части Баженовского массива альпинотипных гипербазитов, представляющего собой крутопадающее на запад плитообразное тело, вытянутое в суб-меридиональном направлении на 30 км при ширине от 1,1 до 3,5 км. Возраст массива

определен как нижний-средний ордовик.

С запада на всем протяжении массив контактирует с интрузией габбро ( $O_{2-3}^k - D_1^1$ ), с востока – с плагиогранитами рефтинского (408 – 401 млн. лет), а с юго-востока – с малокалиевыми гранитами каменского (352 – 358 млн. лет) интрузивных комплексов.

Западнее массива габбро располагаются орогенные граниты адуйского комплекса (332 – 265 млн. лет).

Из-за плотного окружения массива разнородными и разновозрастными интрузиями, фиксирующими различные этапы длительной и сложной тектономагматической истории развития региона, гипербазиты претерпели многообразные метаморфические преобразования, обусловившие сложный процесс серпентинизации и, как следствие, большое разнообразие разновидностей хризотил-асбеста, в том числе ломкого, редко встречающегося на других месторождениях.

Вопросами изучения ломкого асбеста с той или иной степенью детальности занимались П. М. Татаринев, А. С. Огнев, М. В. Соболева, Н. Д. Соболев, В. Д. Перлин, С. А. Гурьев, И. Е. Воронов, В. И. Ефимов и многие другие исследователи. Наиболее детально условия его формирования и локализации изложены в работе В. И. Ефимова [1]. Вместе с тем до настоящего времени нет четко выраженных признаков, по которым можно было бы отличать ломкий асбест от нормального, нет единого мнения и относительно природы его специфических свойств.

В данной статье, основанной на результатах многолетних исследований автора как на Баженовском, так и на других месторождениях [2 – 6], освещены дополнительные, более полные сведения о свойствах ломкого хризотил-асбеста, которые помогут более достоверно диагностировать его разновидности.

Оценка минералогических и физико-химических свойств хризотил-асбеста (неповрежденных пучков волокон) проводилась комплексом методов, включающих, наряду с классическими (светооптическая и электронная микроскопия, химический, термический и рентгеноструктурный анализы, инфракрасная спектроскопия), специальные методы (окрашивание водным раствором хлор-цинк-йода, определение величины и знака электрокинетического потенциала (ЭКП), определение агрегативной прочности ( $\sigma$ ) методом крутильных колебаний) [7].

Методика исследований заключалась в поэтапном выполнении анализов. На первом этапе с целью первичной оценки качества хризотил-асбеста выполнялись экспрессные

методы: окрашивание раствором хлор-цинк-йода, определение ЭКП и агрегативной прочности.

Для детализации выделенных разновидностей применялись методы термического анализа и ИК-спектроскопии.

В тех случаях, когда различные методы давали неоднозначные результаты, изучались более тонкие особенности микроструктуры (рентгенографический анализ, электронная микроскопия, химический анализ).

При проведении рентгенографического анализа установлена количественная зависимость степени ломкости хризотил-асбеста по соотношению интенсивностей рефлексов 020 и 202 (хризотила) и рефлекса 112 (форстерита) [8].

В результате проведенных исследований впервые выделены переходные различия между нормальным и ломким хризотил-асбестами:

- для поперечноволоконного хризотил-асбеста - слабо измененный, полулломкий, смесь нормального с полулломким и ломким в различных соотношениях;

- в продольноволокнистом асбесте наблюдаются практически те же переходные различия, что и в поперечноволоконном.

Наиболее характерные параметры для выделенных разновидностей приведены в таблице.

Как следует из таблицы, при переходе от нормального асбеста к ломкому постепенно изменяются все физико-химические параметры: увеличивается содержание окисного и закисного железа, снижается степень окисления железа ( $Fe_2O_3/FeO$ ), увеличивается содержание углекислоты, уменьшается величина потерь при прокаливании, снижается абсолютная величина ЭКП вплоть до отрицательных значений. Интенсивность окрашивания водным раствором хлор-цинк-йода ослабевает до полного ее исчезновения в ломком.

Для нормального хризотил-асбеста на кривых нагревания (ДТА) характерными являются следующие эффекты (рис. 1-1): эндотермический при температуре около 100° С (удаление слабосвязанной воды), эндотермический при температуре около 700° С (удаление гидроксильных групп и разрушение кристаллической структуры), экзотермический при 825 – 840° С (кристаллизация

Таблица. Физико-химические свойства разновидностей хризотил-асбеста (неповрежденных пучков локон)

Разновидность хризотил-асбеста	Окрашивание водным раствором хлор-цинк-иода	Химические параметры, %						ЭЖП, мВ	Термические параметры		Относительный показатель ломкости
		Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> / FeO	CO <sub>2</sub>	Потери при прокаливании	Количество слабосвязанной воды, %		Высота экзотермического эффекта, см		
Нормальный эластичный	интенсивное бурое или темно-бурое	$\frac{0,8-2,0}{1,42}$	$\frac{0,18-1,15}{0,43}$	$\frac{0,85-9,5}{4,68}$	$\frac{0,12-0,41}{0,27}$	$\frac{13,3-13,7}{13,63}$	$\frac{18-20}{24}$	1,0-1,2	3	0-0,2	
Слабо измененный	неравномерное бурое	$\frac{0,81-2,04}{1,51}$	$\frac{0,16-0,8}{0,49}$	$\frac{1,38-8,6}{3,48}$	$\frac{0,3-0,7}{0,5}$	$\frac{13,1-13,5}{13,4}$	$\frac{13-24}{20}$	0,9-1,0	5-10	0,3-0,54	
Полуломкий	слабое неравномерное	$\frac{0,8-2,9}{1,7}$	$\frac{0,41-1,71}{0,43}$	$\frac{0,9-9,5}{2,88}$	$\frac{0,2-0,7}{0,91}$	$\frac{13,1-13,8}{13,2}$	$\frac{8-12}{11,2}$	0,9	13-17	0,6-0,8	
Ломкий	не окрашивается	$\frac{1,8-2,8}{2,65}$	$\frac{0,8-2,4}{1,67}$	$\frac{0,8-3,5}{2,79}$	$\frac{0,2-1,0}{1,06}$	$\frac{0,6-13,5}{12,9}$	отрицательный до 15-20	0,3-0,9	15-25	0,9-1,3	
Продольно-волокнистый	бурый	$\frac{0,4-2,6}{1,47}$	$\frac{0,4-1,6}{0,63}$	$\frac{0,4-2,6}{2,33}$	$\frac{0,2-0,5}{0,36}$	$\frac{13,3-14,8}{13,6}$	$\frac{13-20}{16,4}$	1,3-2,5	4-15	0,09-0,19	
Продольно-волокнистый ломкий	не окрашивается	$\frac{2,5-3,4}{2,78}$	$\frac{0,5-1,1}{1,02}$	$\frac{3,2-5,5}{4,3}$	$\frac{0,6-2,1}{1,12}$	$\frac{12,0-15,0}{13,37}$	отрицательный 1-9	0,7-0,8	10-17	0,9-1,11	



форстерита и зарождение кристаллов энстатита). Количество слабосвязанной воды составляет 1,0 – 1,2 %, высота экзотермического эффекта – не более 3 мм.

На ИК-спектрограммах (рис. 2-1) в области волновых чисел 900 – 1100 см<sup>-1</sup> фиксируются три хорошо разрешенные полосы поглощения с максимумами около 950, 1020, 1070 см<sup>-1</sup> с последовательным убыванием интенсивностей.

Колебательные характеристики (рис. 3-1) водных суспензий достигают состояния твердого тела (СТТ) и сохраняют его в течение 6 – 9 мин. Время диспергации для достижения СТТ не превышает 1 – 3 мин.

Ультразвуком нормальный хризотил-асбест расщепляется на протяженные плавно изогнутые эластичные пучки волокон (рис. 4-1).

**К группе слабо измененного хризотил-асбеста** отнесены разновидности, близкие по свойствам к нормальному, но отличаются от него более низким содержанием слабо связанной воды, несколько пониженной степенью окисления железа и повышенным количеством СО<sub>2</sub>. В некоторых пробах отмечаются изменения в структуре волокна, фиксируемые на ИК-спектрах (рис. 2-2) (увеличена интенсивность полосы 950 см<sup>-1</sup>, а полосы 1020 и 1070 см<sup>-1</sup> плохо разрешены и мало интенсивны), что свидетельствует о нарушении длины связей между атомами и изменениями их углового расположения. Изменяются термические свойства, появляется дополнительный слабовыраженный эндотермический эффект при температуре около 670°С, снижается величина ЭКП.

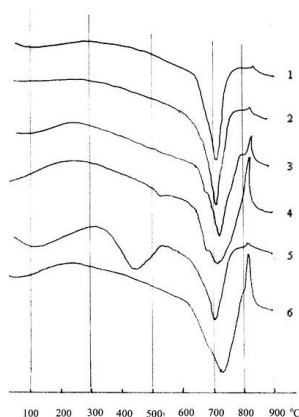


Рис. 1. Дифференциальные кривые нагрева (ДТА) разновидностей хризотил-асбеста: 1 – нормальной прочности; 2 – слабо измененного; 3 – полулومкого; 4 – ломкого; 5 – продольно-волоконистого; 6 – продольноволокнистого ломкого

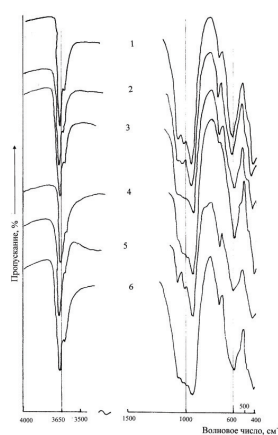


Рис. 2. Инфракрасные спектры поглощения разновидностей хризотил-асбеста (1-6 – то же, что и на рис. 1)

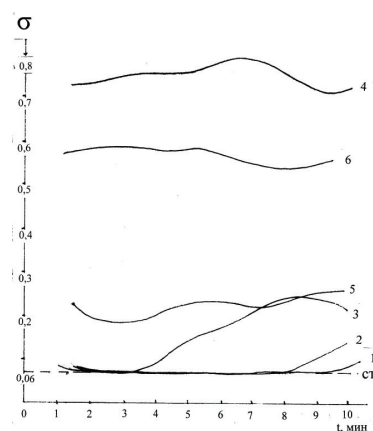


Рис. 3. Зависимость логарифмического декремента затухания суспензий разновидностей хризотил-асбеста (1-6 – то же, что и на рис. 1)

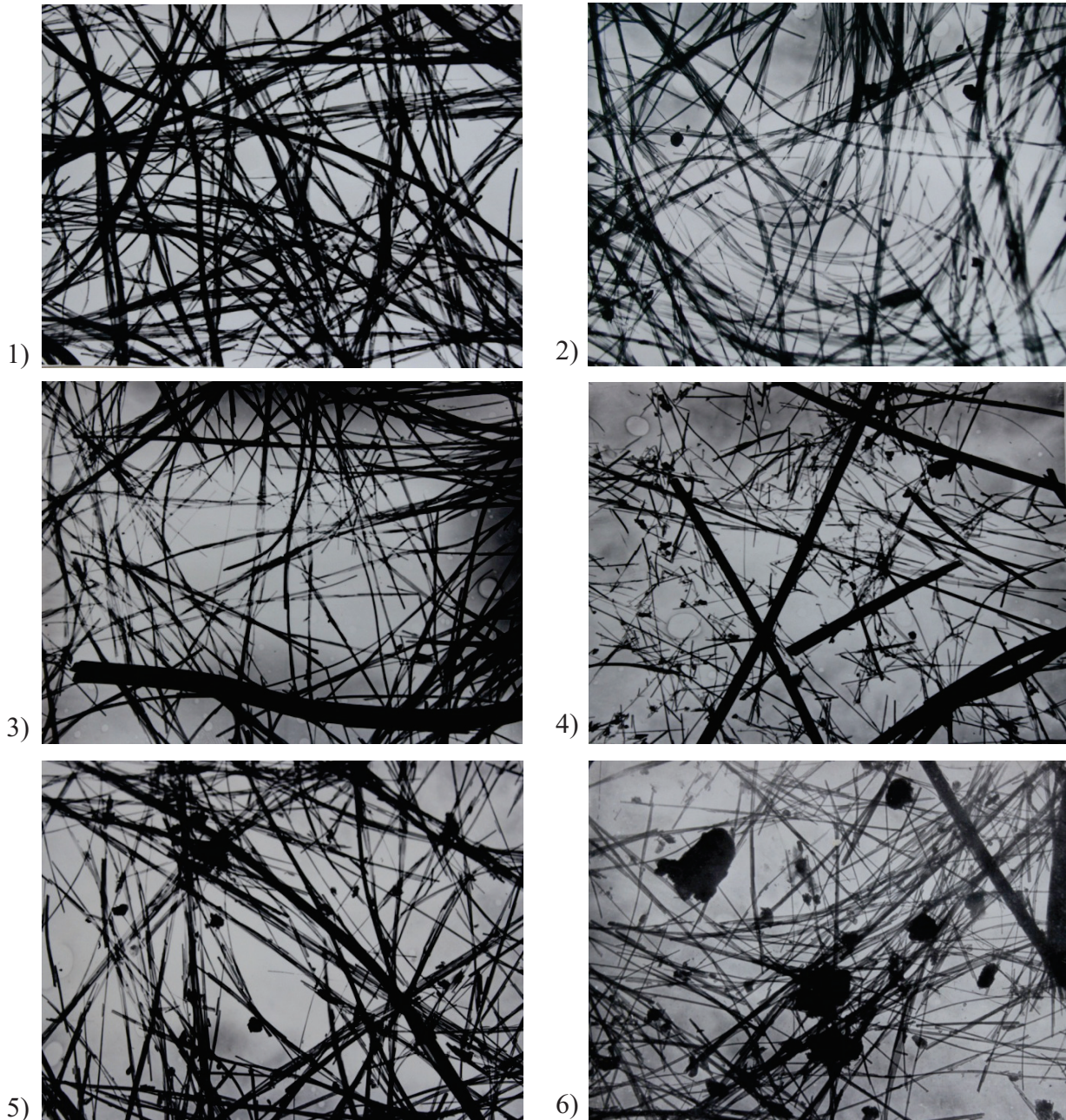


Рис. 4. Электронномикроскопические снимки диспергированных ультразвуком в течение 3 мин. разновидностей хризотил-асбеста. Увеличение 15 000 (1-6 – то же, что и на рис. 1)

Водным раствором хлор-цинк-йода волокно этой группы окрашивается в бурый цвет, но интенсивность окраски более слабая и неравномерная по сравнению с нормальным хризотил-асбестом. В отдельных пучках волокон можно наблюдать перемежаемость по длине волокон окрашенных участков со слабоокрашенными. Величина потерь при прокаливании для основной массы проб несколько ниже, чем для нормального хризотил-асбеста, и изменяется от 13,1 до 13,5 %. Указанные изменения обусловлены, вероятно,

неравномерной гидротермальной проработкой отдельных участков залежей.

К полумокким разностям отнесено волокно с промежуточными физико-химическими свойствами. Прежде всего происходит дальнейшая потеря адсорбционной воды, частичное изменение химического состава (снижается степень окисления железа, увеличивается содержание  $\text{CO}_2$ , появляется примесь карбонатов), снижается величина ЭКП до + (8-12) мВ. Отмечаются изменения в кристаллической структуре:



происходит частичное удаление кристаллизационной воды, что фиксируется искажением ИК-спектральной картины (рис. 2-3): размывается триплет валентных колебаний иона  $(\text{SiO}_4)^{4-}$  в области волновых чисел 950 – 1100  $\text{см}^{-1}$ , что указывает на выделение кристаллохимической воды [9].

На кривой ДТА (рис. 1-3) расширяется температурный интервал эндотермического эффекта, связанного с удалением гидроксильных групп, отмечается его раздвоение, увеличивается высота экзотермического эффекта при 830° С, фиксирующего начало кристаллизации форстерита.

Таким образом, изменяются не только поверхностные свойства фибрилл, но и более глубокие кристаллохимические параметры.

Все эти изменения в структуре хризотил-асбеста свидетельствуют о начальной стадии низкоступенного метаморфизма при температуре около 370°С.

Волокно частично теряет эластичность (см. электронномикроскопическую картину дисперсных частиц, рис. 4-3), снижается его прочность.

**Для ломкого хризотил-асбеста** наиболее характерными признаками являются отсутствие окраски водным раствором хлорцинка-йода, отрицательные значения ЭКП с абсолютной величиной до 15 – 20 мВ, что в первую очередь свидетельствует об изменении состава поверхностных слоев волокон.

Вместе с этим существенные изменения происходят и в кристаллической структуре.

Как показали расчеты баланса вещества [10], процесс преобразования эластичного асбеста в ломкий сопровождается его дегидратизацией, привнесом Si, Al, Fe, Co и выносом Mg, Mn, Cr, Ni, H, O. Общий баланс вещества отрицательный.

Судя по картине ИК-спектров поглощения (рис. 2-4), обладающих высокой чувствительностью к изменению асбеста при нагревании, произошло дальнейшее повышение степени метаморфизма, вызвавшее еще большее обезвоживание и разрушение кристаллической структуры как в самих волокнах, так и в соединяющей их межфибриллярной фазе.

На кривых ДТА (рис. 1-4) наблюдается еще большее расширение температурного интервала дегидроксилизации, появляется

дополнительный эффект при температуре 670°С, максимум эндоэффекта смещается в сторону высоких температур, увеличивается интенсивность экзотермического эффекта при температуре 800 – 840° С (упорядочение структуры форстерита и зарождение энстатита), но, в отличие от картины нормального хризотил-асбеста, начало пика следует непосредственно из высокотемпературного плеча эндоэффекта, минуя горизонтальную площадку. Высота пика примерно в 5 и более раз превышает соответствующий пик для нормального хризотил-асбеста.

Потеря кристаллизационной воды и магния привела не только к изменению связей в бруситовом слое, но и к разупорядочению связей Si-O-Si в кремне-кислородном слое. Происходит, по-видимому, аморфизация межфибриллярной фазы (не исключено, что именно эти изменения приводят к исчезновению окраски при воздействии раствором хлор-цинк-йода).

Макроскопически эти изменения выразились в увеличении сцепления между волокнами, потерей эластичности, пучки волокон приобретают упругие свойства, что хорошо видно в диспергированных ультразвуком агрегатах (рис. 4-4). На снимках преобладают прямолинейные частицы, на фоне крупных нерасщепленных пучков с высокой агрегативной спаянностью присутствует большое количество коротких частиц, свидетельствующих о пониженных прочностных свойствах волокна.

Кривые зависимости декремента затухания от времени диспергации существенно отличаются от таковых эластичного хризотил-асбеста, СТТ не достигается, а абсолютная величина  $\sigma$  с увеличением ломкости повышается (рис. 3-4).

**В группу смесей** объединено волокно проб с неоднородными физико-химическими свойствами: смесь нормального с полумомким и ломким в различных соотношениях, что свидетельствует о неравномерности проработки гидротермами нормального хризотил-асбеста. Это еще раз подтверждает отсутствие четких границ между нормальным и ломким хризотил-асбестами даже в пределах одной жилы.

**Среди продольноволокнистого асбеста** наблюдаются практически те же



переходные разности, что и для нормального поперечноволокнистого, что свидетельствует об идентичности процессов пострудного метаморфизма.

Как показали полевые наблюдения и анализ геологической ситуации, ломкая асбестизация структурно приурочена к приразломным участкам залежей и зонам разломов.

В пределах залежей участки ломкого асбеста являются обособленными частями залежей нормального эластичного хризотил-асбеста, имеют ограниченное распространение и локализуются во всех типах асбестонности. Четких границ между нормальным хризотил-асбестом и ломкими разностями на месторождении не существует, чаще всего они представлены сложными зонами перехода от эластичного асбеста к ломкому.

В зонах разломов ломкая минерализация приурочена как к осевым, так и к краевым частям, охватывая рассланцованные серпентиниты с продольноволокнистым асбестом и далее распространяясь в зоны просечек.

Изложенное позволяет утверждать, что ломкая минерализация является пострудной, связанной с тектонической и эндогенной активизацией процессов высокотемпературного метаморфизма в зонах разломов и в приразломных частях залежей. Именно пострудные процессы привели к преобразованию нормального хризотил-асбеста в ломкий.

Характерными петрографическими критериями контроля ломкой минерализации являются перекристаллизация ранее сформированных пород, проявившаяся в развитии пострудного антигорита нередко в ассоциации с вторичным оливином, карбонатизация и оталькование. Устанавливается тесная зависимость степени преобразования нормального асбеста в ломкий от степени

изменения состава пород.

На залежах Кремлевско-Николаевского перидотитового блока из-за чрезмерно проявленного тальк-карбонатного метасоматоза отдельные участки руд были полностью уничтожены.

Наши взгляды на механизм формирования ломкой асбестизации за счет метаморфизма нормального хризотил-асбеста, вызванного высокотемпературными флюидами Адуйского гранитного плутона, в целом согласуются со взглядами большинства исследователей. При этом В. И. Ефимов связывает образование ломкого асбеста с главной фазой становления адуйского комплекса, а тальк-карбонатных пород - с регрессивной ветвью приразломного метаморфизма.

Заканчивая изложение результатов исследований, приходим к следующим выводам:

1. Процесс преобразования нормального хризотил-асбеста в ломкий носит постепенный характер, что подтверждается впервые установленными переходными разностями по совокупности изменения физико-химических свойств волокна.

2. Образование ломкого хризотил-асбеста происходит за счет метаморфизма нормального в зонах разломов и в приразломных частях залежей и обусловлено его дегидратацией и изменениями кристаллической структуры не только самих волокон, но и преобразованием межфибрилярного пространства.

3. Характерными петрографическими признаками контроля ломкой минерализации являются перекристаллизация ранее сформированных пород, проявившаяся в развитии пострудного антигорита в ассоциации с вторичным оливином, карбонатизация и оталькование.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Ефимов В. И.* Условия формирования и закономерности размещения ломкого хризотил-асбеста на Баженовском месторождении. Автореф. дис... канд. геол.-мин. наук. Свердловск, 1988. 16 с.
2. Изучение геологической структуры и вещественного состава руд Баженовского месторождения // Заключительный отчет о НИР, ВНИИпроектасбест, инв. № 2770, № гос. регистрации 76007359, Зырянов В. А. и др. Асбест, 1980. Т. I (текст) 107 с. Т. II (графические приложения) – 22 листа.

3. Минералогические и физико-химические исследования ломкого хризотил-асбеста Баженовского месторождения // Отчет о НИР, ВНИИпроектасбест, инв. № 3457. Зырянов В. А. Асбест, 1986. Т. I (текст) – 63 с. Т. II (приложения) – 82 с.

4. Зырянов В. А., Кирсанова Д. Л., Вайсер Г. А. Сравнительные исследования физико-химических и технологических свойств руд асбестопроявлений Боруса и Восточной Карелии // Науч. тр., ВНИИпроектасбест. Асбест, 1987. С. 20-33.

5. Богданов Г. Б., Зырянов В. А. и др. Минералогические и физико-химические исследования ломкого хризотил-асбеста // Фундаментальные исследования и новые технологии в строительном материаловедении: Тезисы докладов к Всесоюзной конференции, часть 5, Белгород, 1989. 23 с.

6. Зырянов В. А., Тюменцева Г. Ф. Исследование зависимости качества хризотил-асбеста от состава исходных пород и типов серпентинизации на Баженовском месторождении // Юбилейный сборник науч. тр. ОАО «ВНИИпроектасбест». Асбест, 2005. С. 67-84.

7. Башта К. Г., Гурьев С. А. О возможности определения качества хризотил-асбеста методом крутильных колебаний // Науч. тр. ВНИИпроектасбест, 1981. Вып. 23. С. 3-6.

8. А. с. 4447633/24-25 СССР, МКИ G 01 N 23/20. Способ определения разновидностей хризотил-асбеста / Г. Б. Богданов, В. А. Зырянов. № 1562806; заявл. 10.05.88; опубл. 07.05.90, Бюл. № 17 – 4 с: 3 ил.

9. Гурьев С. А., Кожемяко Н. А., Воронов И. Е. Дегидратация хризотил-асбеста // Науч. тр. «ВНИИпроектасбест», Асбест, 1982. С. 60-65.

10. Зырянов В. А. Стадийность, направленность и баланс вещества при процессах серпентинизации и асбестообразования на Баженовском месторождении // Добыча и обогащение асбестовых руд. Асбест, 1979. С. 29-39.

---

УДК 550.8:528.067

## **ГЕОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ КАРТЫ – НОВЫЙ СОВРЕМЕННЫЙ ПРОДУКТ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ**



***Е. В. АЛЬПЕРОВИЧ-ЛАНДО,***  
*академик МАИ, генеральный директор ТОО «Жамбыл Дидар», пос. Мирный, Жамбылская обл., Республика Казахстан*



***М. А. БЕЛЯКИН,***  
*ведущий специалист ТОО «Жамбыл Дидар», пос. Мирный, Жамбылская обл., Республика Казахстан*

Нарықтық экономика шеңберінде геологиялық карталармен барлық нарық қатысушылар пайдалануға мүмкіндігі болуы тиісті, әсіресе басқару өкілдерінің (лауазымды адамдардың) және арнаулы білімсіз кәсіпкерлердің. Экономикалық және геологиялық ақпараттың қолжетімді түрінде біріктіретін, геологиялық-экономикалық карталар уақыт талабы болып табылады.

В рамках рыночной экономики картами геологического содержания должны иметь возможность пользоваться все участники рынка, прежде всего представители администрации (чиновники) и бизнесмены, не имеющие специальных знаний. Требованием времени являются карты геолого-экономические, где совмещена в доступном виде экономическая и геологическая информация.

Within the framework of a market economy all market participants should be able to use maps with geological content, especially representatives of the administration (officials) and businessmen who do not have specialized knowledge. Geological and economic maps are the necessities of the times, where economic and geological information is combined in an accessible form.

Результаты подавляющего большинства геологоразведочных работ выражаются в картах и планах различного масштаба, которые сопровождаются необходимым пояснительным текстом. Как правило, эти карты и планы доступны прочтению специалистам – геологам. Оставим в стороне крупномасштабные планы, рассмотрим лишь карты геологического содержания. В зависимости от содержания и назначения эти карты можно подразделить по многим различным квалификационным признакам. Выделяются государственные геологические карты, подготовленные на основе государственного финансирования. Они носят официальный характер и выражают официальную позицию по тем вопросам геологии, которые они освещают: магнитного поля, поля силы тяжести, геологические карты и карты полезных ископаемых, гидрогеологические карты и т. п. Как правило, это карты масштабов 1:1 000 000, 1:200 000 или 1:50 000. В случаях исключительных, при небольших размерах государства используется масштаб 1:25 000. Эти карты являются основой для всех проводимых геологоразведочных работ.

В большинстве стран ежегодно при проведении геологоразведочных работ подготавливаются многочисленные карты разнообразного геологического содержания. Их перечень занял бы не одну страницу, они служат пояснительным материалом к выполненным геологоразведочным работам и отражают сведения, которыми авторы работ хотят подтвердить свою позицию.

Существует большой блок мелко-масштабных региональных карт, не являющихся государственными. Это геологические карты, не соответствующие по масштабу или содержанию и целевому назначению, картам государственным. Они создаются временными научными коллективами, институтами прикладной геологии, иногда отдельными учеными или производственными коллективами. Это карты региональные или общегосударственные, их содержание не регламентировано. К их числу относятся геологические, тектонические, магнитного

поля, полезных ископаемых, закономерностей размещения полезных ископаемых, прогноза полезных, геологических опасностей и многие другие. Каждая из них является самостоятельным научным трудом, осмысливание и применение доступно лишь специалисту. Мы не ставим себе задачу произвести систематику карт геологического содержания – это большой труд, который на сегодняшний день не является актуальным. Но, подчеркнем еще раз, все эти карты объединяет одна особенность – читать и, соответственно, пользоваться ими может лишь специалист – геолог. В рамках рыночной экономики это является существенным недостатком: картами геологического содержания должны иметь возможность пользоваться все участники рынка, прежде всего представители администрации (чиновники) и бизнесмены, не имеющие специальных знаний, но крайне нуждающиеся в картах, где совмещена в доступном виде экономическая и геологическая информация.

Первые попытки совместить геоэкономическую и геологическую информации были сделаны в конце прошлого тысячелетия путем издания для массового пользования карт недропользования как Республики, так и отдельных регионов. Подобные карты были изданы ИАЦ МЭМР, но они носили ретроинформативный характер, потому не могли быть использованы для перспективного планирования, правильного развития инфраструктуры региона и его экономики.

В 2012 – 13 гг. нами при активной поддержке акима Жамбылской области Бузумбаева К. А., по заданию Акимата, финансировавшего проект через СПК «Тараз», была подготовлена «Карта минерально-сырьевого потенциала твердых полезных ископаемых Жамбылской области масштаба 1:500 000». На рис. 1 изображен фрагмент этой карты, а на рис. 2 – фрагмент условных обозначений. Фактически это была первая региональная геолого-экономическая карта в Республике. Ее нагрузка включала облегченную топографию, изображение всей инфраструктуры и информацию о разрабо-



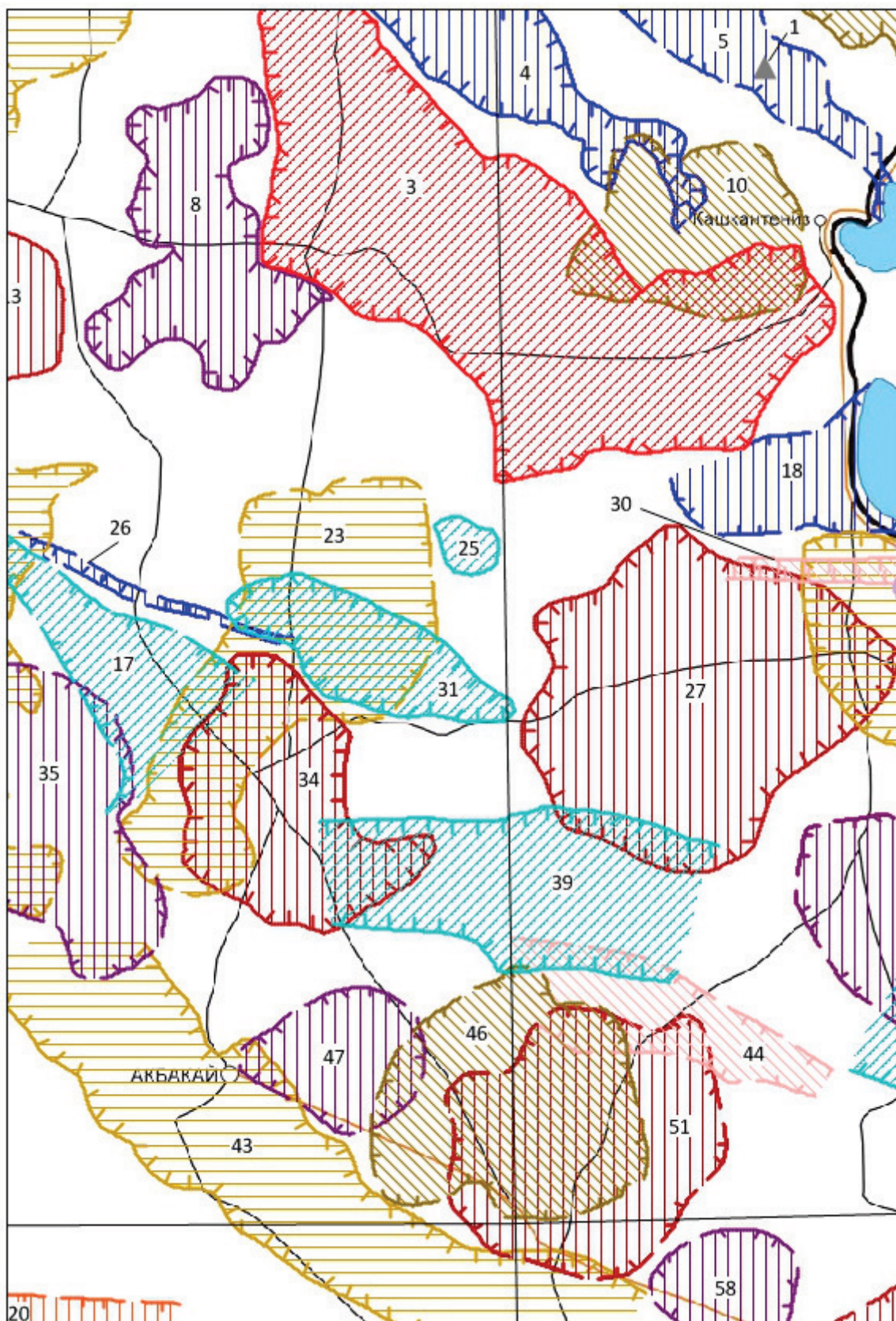


Рис. 1. Фрагмент карты минерально-сырьевого потенциала  
твердых полезных ископаемых Жамбылской области  
Масштаб 1:500 000

№ объекта	Наименование объекта прогноза	Полезное ископаемое	Уд. изм.	Запасы (A+B+C)	Прогнозные ресурсы (P+P'+P'')	Формационный тип	Условное обозначение
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Шайтансимесский рудный узел	тг	тонн	-	1800,0	Шу-Балхашский	
		тл	тонн	-	-		
2	Колхожинский потенциально-рудноносный узел	Au	тонн	-	5,9	Жельгауский	
3	Биеский рудный узел	Sn	тыс. тонн	16,7	133,54	Шолпанский	
		Fe	млн. тонн руды	-	140,0		
		Ві	тыс. тонн	-	16,65		
		flx	тыс. тонн	-	5,25		
4	Акжар-Сарытумская рудная зона	wo	тыс. тонн	-	4550	Жездинский	
		Pb	тыс. тонн	-	2462,0		
5	Капкангенизская потенциально-рудноносная зона	Mn	тыс. тонн	114,4	4062,0	Жездинский	
		Pb	тыс. тонн	-	100,0		
6	Сарыаганский рудный узел	Cu	тыс. тонн	175,0	3465,0	Прибалхашский	
		Mo	тыс. тонн	-	10,0		
7	Майтокен-Дарбинзский потенциально-рудноносный узел	пк	тыс. тонн	-	12,0	Кайбский	
8	Кайбский рудный узел	пк	тыс. тонн	-	20,99	Кайбский	
		po	тонн	0,13	-		
		qo	тонн	0,008	0,272		
		Ta	тонн	-	400,0		
9	Коксалинская потенциально-рудноносная зона	Pb	тыс. тонн	-	1155,0	Сарытумский	
		Zn	тыс. тонн	-	970,0		
10	Бесобинский потенциально-рудноносный узел	Cu	тыс. тонн	-	2025,0	Прибалхашский	
		Ag	тонн	-	310,0		
		Zn	тыс. тонн	-	145,0		
		Pb	тыс. тонн	-	90,0		
11	Тесбулакская потенциально-рудноносная зона	Cu	тыс. тонн	-	3000,0	Жезказганский	
12	Дарбинзская рудная зона	Au	тонн	0,020	2,0	Жельгауский	
13	Кенг-киинское рудное поле	W	тыс. тонн	3,95	110,0	Бетпақдалинский	
		пк	тыс. тонн	-	13,8		
		Sn	тыс. тонн	-	-		
		Ta	тонн	-	-		
		Li	тонн	-	-		
14	Майтокенский потенциально-рудноносный узел	Rb	тонн	-	-	Кайбский	
		po	тонн	-	5,9		
		qo	тонн	-	0,3		
15	Кингтасское потенциально-рудноносное поле	пк	тыс. тонн	-	10,0	Кайбский	
16	Ойкузукская потенциально-рудноносная зона	Pb	тыс. тонн	-	1885,0	Сарытумский	
		Zn	тыс. тонн	-	1558,0		
17	Суукадырская потенциально-рудноносная зона	Fe	млн. тонн руды	-	660,0	Сарытумский	
		Mn	тыс. тонн	-	330,0		
		V	тыс. тонн	-	6,6		
18	Карасамысская потенциально-рудноносная зона	Mn	тыс. тонн	-	5,9	Жездинский	
		Pb	тыс. тонн	-	2575,0		
19	Унгурская потенциально-рудноносная зона	Au	тонн	-	5,0	Жельгауский	
20	Юалинская потенциально-рудноносная зона	V	тыс. тонн	-	-	Ашнейский	
		Fe	тыс. тонн	-	-		
		Ф	млн. тонн руды	-	-		

Рис. 2. Условные обозначения. Фрагмент каталога прогноза металлогенического потенциала



тывающихся и перспективных объектах полезных, их балансовых и забалансовых запасах и прогнозных ресурсах.

Топография и сведения о инфраструктуре были нанесены в общепринятых топографических знаках соответствующего масштаба, которые понятны каждому. Несколько упрощена орографическая нагрузка, прежде всего, в горных районах, где густые горизонталы заменены штриховым изображением рельефа. Геологическая загрузка формировалась в результате творческой переработки государственных карт закономерностей размещения и прогноза полезных ископаемых. Выявленные и прогнозируемые месторождения твердых полезных ископаемых были систематизированы и объединены в формационные типы, которые включают месторождения одинакового генезиса, контролируемые едиными металлогеническими факторами и имеющими одинаковые поисковые признаки, но могут отличаться по набору полезных ископаемых [1]. Подобная систематика рудных и рудоносных объектов позволяет четко отображать рудоносные (рудные) площади ранга узлов и зон, а также рудных полей и разведанных месторождений, не включенных в зоны и узлы, так как они объединяют объекты одного, редко двух, формационных типов. Более крупные прогнозно-металлогенические единицы: рудные районы, металлогенические зоны и узлы, как правило, объединяют месторождения нескольких формационных типов и, соответственно, имеют весьма широкий набор полезных ископаемых, связанных между собой единством вмещающей тектонической структуры, формировавшейся длительный геологический отрезок времени. Нанесение их на геолого-экономическую карту не целесообразно, так как они охватят лишь изображенные на карте группы площадей и не будут содержать конкретной информации по минерально-сырьевому потенциалу их.

Изображение в качестве главных объектов выявленных и разведанных месторождений позволяет отобразить лишь утвержденный потенциал запасов и не будет представительным в части прогнозов, так как из поля зрения исчезнут прогнозируемые площади и объекты, а, следовательно, перспективы потенциальных возможностей недр региона. На карте следует показывать лишь месторождения, которые не входят в рудные поля, узлы и зоны, но влияют на общий минерально-сырьевой потенциал региона.

Каждая номенклатурная прогнозно-металлогеническая единица, околонтурная на карте, должна представлять площадь, выделенную на основании наличия металлогенических факторов и прямых признаков, соответствующих определенному формационному типу месторождений твердых полезных ископаемых. Для каждого формационного типа, выявленного на территории региона, комплекс факторов и признаков единый. Формационные типы месторождений должны быть кратко рассмотрены в прилагаемой пояснительной записке. Изображение на карте отдельных рудоконтролирующих факторов и признаков сделает карту непонятной для неспециалистов, а учитывая незначительные размеры большинства факторов и признаков и их изобилия, это сделает карту не читаемой.

К карте целесообразно приложить Каталог прогнозно-металлогенических площадей, который должен содержать координаты каждой площади, геологическое описание и ее перспективную геолого-экономическую оценку. Такой Каталог должен являться более подробным описанием конкретных геологических обстановок, показанных на карте, и содержать экономический план реализации их недр.

Считаем целесообразным составление таких карт для всех областей Республики.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Критерии прогнозной оценки территорий на твердые полезные ископаемые / Под редакцией Д. В. Рундквиста. Л.: Недр, 1986. 751 с.



## ЭФФЕКТИВНОСТЬ МАГНИТОТЕЛЛУРИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ПРИ ИЗУЧЕНИИ ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ



**Э. С. НОВРУЗОВ,**  
канд. геол.-мин. наук,  
доцент, Азербайджанская  
Государственная  
Нефтяная Академия,  
г. Баку, Республика  
Азербайджан



**Р. Х. ПИРИЕВ,** тьютор,  
Бакинский Государственный  
Университет, докторант,  
Научно-Исследовательский  
Проектный Институт Нефти  
и Газа, СОКАР, г. Баку,  
Республика Азербайджан

Осы мақалада магнит-теллуриялық өрісінің түрлендірмелерді тіркеп жазу арқылы жер сілкінісін болжау мүмкіндігі қарастырылады. Адам құрбандарын болдырмау мақсатында қатты және апатты жер сілкіністің алдын ала білдірушілерді анықтау үшін қажеттігі әлемнің әртүрлі елдерінде осы саладағы орындалған зерттеулер арқылы талдау жасалыпты. Абшерон түбегінде Фотмаиндык полигонда магнит-теллуриялық өрісінің тіркеп жазуы екі бағыттарда алдын ала білдірушілерді анықтауға мүмкіндік берді, атап айтқанда МТ өрісінің кезеңділіктің бұзылуында және МТ өрісінің магнит компоненттерінің арасында фаза айырмашылықты өзгертуінде.

В статье рассматривается возможность прогнозирования землетрясений путем регистрации вариаций магнитотеллурического поля. Проводя анализ выполненных исследований в этой области в различных странах мира там, где необходимо выявление предвестников сильных и катастрофических землетрясений с целью предотвращения человеческих жертв. Выполненная в Фотмаинском полигоне на Абшеронском полуострове регистрация магнитотеллурического поля дала возможность в двух направлениях искать предвестники, а именно в нарушении цикличности МТ поля и изменение разности фаз между магнитными компонентами МТ поля.

The possibility of earthquake prediction by detecting variations of magnetotelluric field. Through analysis of the research in this area in the various countries of the world, where the need to identify precursors of strong earthquakes and kotostroficheskikh to prevent casualties. Completed in Fotmainskom range Absheron peninsula registration magnetotelluric field enabled in two ways to look precursors, namely in violation cycling MT field and changing the phase difference between the magnetic components of the MT fields.

Во все времена прогнозы сильных землетрясений являлись важной проблемой для человечества, решение которой было неоднозначно, так как процессы, протекающие в Земле, представляли собой уравнения с многочисленными неизвестными. Тем не менее, исследования в этой области имели огромное научно-практическое значение. Как известно, если эта проблема с точки зрения прогноза землетрясений решается однозначно, то тысячи, десятки тысяч челове-

ческих жизней могут быть спасены. А если прогноз окажется ложным, то целые города могут быть эвакуированы зря. Из-за многих неопределенностей, связанных с землетрясениями, удачное их предсказание бывает весьма редко. Но на практике имели место такие предсказания, в результате которых были спасены многочисленные человеческие жизни. Например, прогноз землетрясений оказался успешным в Китае в 1975 г. при предсказании Хайченского землетрясения и

трех землетрясений, произошедших в 1976 г. в провинции Юньнань [1 – 3]. Однако таких примеров очень мало, но тем не менее, сегодня многие ученые продолжают исследования по прогнозной тематике. Не случайно, что исследователи часто прибегают к натурным исследованиям, таким как геодезические, гидрогеологические, геохимические, геомагнитные, электрометрические, сейсмологические и многие другие методы. Однако в настоящее время ответ на главный вопрос: возможен ли научный прогноз сильного или катастрофического землетрясения? – так и не получен. Проблема прогноза землетрясений – это серьезная область исследований, где требуется длительное накопление статистического материала и разработка компьютерных программ, позволяющих вести комплексный анализ данных различных геолого-геофизических методов.

Исследования по прогнозу землетрясений, использующие электромагнитные методы в разных странах мира по специальным программам, ведутся более 25 лет. Такие исследования выполнялись как в активном, так и в пассивном режимах.

Наиболее существенные результаты по мониторингу были получены в Китайской народной республике, где были использованы установки Венера и Шлюмберже (на базе вертикального электрического зондирования с длиной установки 3 000 м). Были получены изменения электрического сопротивления до 10 – 20 % для верхней части Земной коры, перед некоторыми землетрясениями, удаленными от пунктов наблюдений до 800 км.

В Японии широко были развиты лабораторные исследования с применением вариометра, непрерывно регистрирующего изменения электрического сопротивления [2].

Электро-теллурические наблюдения были выполнены в Греции, где электро-кинетические, электро-химические и фильтрационные процессы, создающие Земные токи, являлись основным объектом исследований [4].

В бывшем СССР накоплен, пожалуй, наиболее богатый опыт использования электроразведки при решении прогнозных задач. Еще в 1968 г. на основании полученных результатов в 1966 г. в Гармском районе

Таджикистана О. М. Барсуковым [5] были высказаны мнения по поводу измерений вариации электросопротивления. В период с 1976 – 83 гг. А. Я. Сидориным на Гармском полигоне были выполнены эксперименты с использованием МГД-установки "Памир – 1" [6]. В процессе режимных наблюдений в Гарме были проведены исследования по оценке влияния сезонных явлений на результаты электрометрических наблюдений.

Необходимо отметить, что подобные работы длительное время проводились на Ашхабадском полигоне [7] с использованием различных электроразведочных методов. Тем не менее, за весь этот период мы не приблизились к решению задачи научного прогноза землетрясений. Это, вероятно, было связано со многими обстоятельствами, в том числе с отсутствием единой стратегии прогноза землетрясений. Что же касается конкретно прогноза землетрясений, основанных на измерениях изменений электросопротивления земной коры, то последние отличались, как правило, фрагментарностью и недостаточно развитой сети наблюдений, а также несовершенством инструментальной базы, которой пользовались различные исследователи. Кроме того, зачастую применялись методы, имеющие сравнительно малую глубину исследований и позволяющие, соответственно, судить только о тех процессах, которые протекают в верхней части земной коры непосредственно в пункте наблюдения. Однако у нас нет веских оснований предполагать, что процессы, происходящие на глубине расположения гипоцентров коровых землетрясений (5 – 30 км), должны в обязательном порядке находить отражение в приповерхностных горизонтах земной коры.

Согласно традиционной точке зрения, землетрясения происходят тогда, когда напряжение в коре, постепенно нарастая, достигает предела прочности горных пород. Совершенно не ясен вопрос о генезисе наблюдаемых в коре изменений электросопротивления. Связаны ли наблюдаемые изменения электросопротивления с процессами, происходящими в очаге будущего сейсмического события, или они отражают деформационный процесс, протекающий на исследуемой территории, и, тем более, региональный деформационный процесс,

который может реализоваться, а может и не реализоваться сейсмическим событием?

Более приемлемым является исследование и регистрация той стадии процесса, на которой начинается активное трещинообразование и/или перестройка структуры, существующей в земной коре системы микротрещин в деформационном поле.

При трещинообразовании существенным образом изменяются физические характеристики слагающих пород, в частности, плотность, пористость, водонасыщенность при наличии флюида, удельное электросопротивление и другие. Учитывая это, возможно предложить два основных метода, которые имеют достаточную глубинность исследований и которые должны непосредственно реагировать на изменение указанных выше физических свойств среды.

В Азербайджане также были проведены работы по регистрации вариаций магнитотеллурического поля (МТ) на Фатмаинском полигоне, по инициативе член-корр. Национальной Академии Наук Азербайджана (НАНА), проф. К. М. Керимова, с целью выявления предвестников землетрясений. Пятикомпонентные вариации МТ поля с периодом от 1 000 до 10 000 сек. были зарегистрированы с применением аналоговых лабораторий типа МТЛ-71. По специальной программе (МТМ) аналоговые записи МТ поля оцифровывались, вводились в компьютер и обрабатывались.

Следует отметить, что выявление предвестников землетрясений проводилось в двух направлениях. В одном из направлений была рассмотрена идея о влиянии геодинамических напряженных зон на изменение цикличности МТ поля и изменение направления годографов электромагнитного поля. А во втором направлении изучалось изменение ускорения скорости электромагнитной волны в зависимости от изменения направления очага землетрясений и увеличение энергии сейсмо-электрического эффекта до максимального значения одновременно. По обоим направлениям исследований были получены Евразийские патенты.

При выполнении синхронных МТ записей (между точками наблюдений) особенно хорошо прослеживается изменение разности фаз между магнитными компо-

нентами. Также хорошо видно изменение цикличности в период подготовки сильных землетрясений.

Магнитные составляющие МТ поля при режимных наблюдениях в период подготовки сильных землетрясений осложняются сейсмо-электрическим эффектом, возникающим сторонними токами сейсмостектонического характера, которые кроме усиления энергии магнитных составляющих МТ поля, меняют и разницу фаз между горизонтальными компонентами МТ поля, с определенным ускорением, которое уменьшается с увеличением глубины заложения очага землетрясения за один период сейсмо-электрического сигнала. Вычисление разности фаз между магнитными компонентами, выбранными через периоды колебаний во временном ряду  $H_x$  и  $H_y$ , начиная с относительно высокой частоты по своему максимальному значению и по максимальному значению распределения энергии и является одним из критериев прогнозирования землетрясений в период временного интервала 6–106 часов.

Повышение достоверности выявления предвестников обеспечивается при достижении максимального значения ускорения разности фаз между горизонтальными компонентами МТ поля. Одновременно максимальное увеличение значения сейсмо-электрической энергии, рассчитанное при применении итерационного варианта метода наименьших квадратов, как разница между наблюдаемым полем  $E_x$ ,  $E_y$ ,  $H_x$ ,  $H_y$  и расчетным  $E_{xs}$ .

При выполнении режимных наблюдений длина измерительных диполей была выбрана 200 м. За период регистрации вариаций МТ поля наблюдались толчки силой 3,5 – 5,8 балла по Рихтеру в Баку, так и в пределах соседних государств в Иране силой 5,5–6,7 балла (рис. 1).

Полученные и обработанные данные представлены на рис. 2, где на амплитудных, так и на фазовых кривых наблюдается солнечно-суточный ход вариаций, с хорошо выраженным амплитудным графиком.

После учета влияния солнечно-суточного хода вариаций на полученном графике отчетливо видно время подготовки и событие Иранского землетрясения (рис. 3).



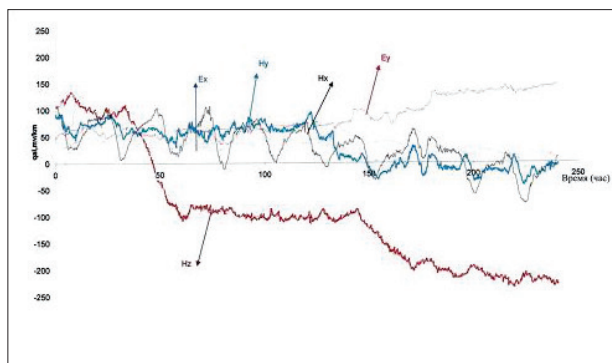


Рис. 1. Иранское землетрясение (16. 06. 2002 – 26. 06. 2002), зафиксированное станцией МТЛ-71 на Абшеронском полуострове (п. Фатмай)

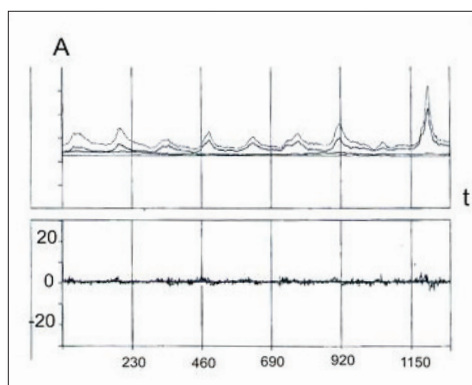


Рис. 2. Амплитудный график

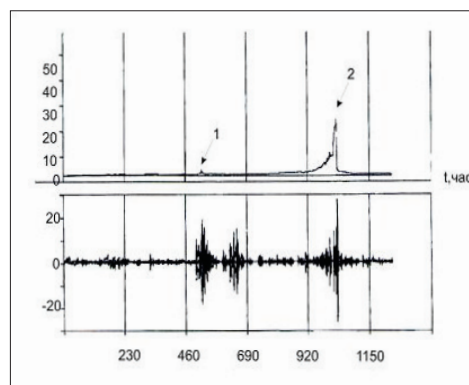


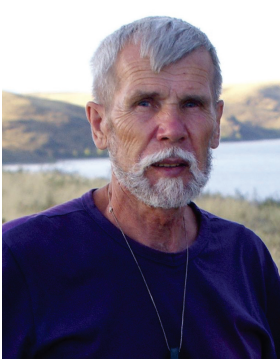
Рис. 3. Временной ряд после учета влияния солнечно-суточного хода вариаций: 1 – время подготовки землетрясений; 2 – время удара землетрясения

Как видно из рис. 1-3, анализ вариаций магнитотеллурического поля дает возможность прогнозировать землетрясения с целью предотвращения человеческих жертв.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Yamazaki Y. Tectonoelectricity // Geophys. Surv. 1977. VaL 3. P. 123-142.
2. Yamazaki Y. Electricall conductivity of strained roccks: The third paper. A resistivity variometer // Ibid. 1967. Vol. 45. P. 849-860.
3. Yamazaki Y. Electricall conductivity of strained roccks: The third paper. A resistivity variometer // Ibid. 1967. Vol. 45. P. 849-860.
4. Varotsos P. Alexopoulos K. Physical properties of the variations of the electric field of the earth preceding earthquakes // Tectonophysics. 1984. V. 110. P. 99-125.
5. Барсуков О. М. О связи электрического сопротивления горных пород с тектоническими процессами // Изв. АН СССР. Физика Земли. 1970. № 1. С. 84-89.
6. Морохов И. Д., Велихов В. П., Волков Ю. М. Импульсные МГД-генераторы и глубинное электромагнитное зондирование земной коры. М.: Атом, энергия, 1978. Т. 44. Вып. 3. С. 213-219.
7. Авагимов А. А., Атаев А. К., Сухомлин В. Ф. Зондирование становлением поля при исследовании временных вариаций электропроводности горных пород в сейсмоактивных зонах // Изв. АН Туркм. ССР. Сер. Физико-тех., химич. и геологич. наук, 1984. № 4. С. 64-70.

## БЛАГОРОДНАЯ ШПИНЕЛЬ И ФОРСТЕРИТ НА СВЕТЛИНСКОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ ГОРНОГО ХРУСТАЛЯ (ЮЖНЫЙ УРАЛ)



**А. Ю. КИСИН,**  
доктор геол.- мин. наук,  
СНС, зав. лабораторией  
геохимии и рудообразующих  
процессов, институт  
геологии и геохимии УрО  
РАН, г. Екатеринбург,  
Российская Федерация



**Ю. А. ПОЛЕНОВ,**  
доктор геол.-мин. наук,  
доцент, Уральский  
государственный  
горный университет  
г. Екатеринбург,  
Российская Федерация



**В. Н. ОГОРОДНИКОВ,**  
доктор геол.-мин. наук,  
доцент, Уральский  
государственный горный  
университет  
г. Екатеринбург,  
Российская Федерация



**А. В. ТОМИЛИНА,**  
инженер-  
исследователь,  
аспирант, институт  
геологии и геохимии  
УрО РАН,  
г. Екатеринбург,  
Российская Федерация

Қызыл, күлгін, жасыл немесе көк түске боялған, алюмошпинельдердің зергерлік түрлері, асыл шпинель деп аталады. [1] Асыл шпинель кен орнылар бүкіл әлем бойынша таралған болып табылады, бірақ олардың ірі және танымал - Кух-и-Лал (Памир), Могок (Мьянма), Цейлон мен Мадагаскар аралдардағы ұсақтау жыныстары. Ресейде зергерлік шпинельдің өнеркәсіптік кен орнылар белгісіз, бірақ Байкал өңіріндегі, Енисей жотасының мен Жайықта мәрмәрлерде көріністер бар екен. Форстеритпен бірлесіп асыл шпинель ерекше геологиялық жағдайға - тау сутас кен орнында бізге кездескен – сол себептен біз біршама минералогиялық зерттеулерді өткізгенімізді осы мақалада келтіреміз.

Түйінді сөздер: минералогия, асыл тастар, Жайық.

Благородной шпинелью называют ювелирные разновидности алюмошпинелей, окрашенные в красные, фиолетовые, зеленые или синие цвета [1]. Месторождения благородной шпинели распространены по всему миру, но наиболее крупные и известные из них – это Кух-и-Лал (Памир), Могок (Мьянма), россыпи на островах Цейлон и Мадагаскар. В России промышленных месторождений ювелирной шпинели не известно, но имеются проявления в мраморах Прибайкалья, на Енисейском кряже и на Урале. Благородная шпинель в ассоциации с форстеритом встречена нами в необычной геологической ситуации - на месторождении горного хрусталя, что побудило нас провести некоторые их минералогические исследования, которые приводятся в данной статье.

Ключевые слова: минералогия, драгоценные камни, Урал.

Results of research of a noble spinel from deposits of rock crystal, lying in metamorphosed metapelitic. This is the first find of spinel in this field. Tis spinel associate with forsterite, talc, serpentine, chlorite, graphite and monazite. Mineral association of noble spinel of the Svetlinskoe deposit are the same in marbles. The probable time of forming spinel was early regressive phase of metamorphism (C2 and P1).

Keywords: mineralogy, precious stones, Ural.

### Введение

Светлинское месторождение горного хрусталя находится в 100 км к югу от г. Челябинска и в 40 км к юго-западу от г. Пласт. В 1939 г. здесь была открыта Аннинская россыпь пьезокварца, положившая начало разведочно-добычным работам на Светлинском месторождении [2]. Месторождение активно разведывалось и обрабатывалось

более 40 лет. В результате было выявлено более 600 кварцевых жил, часть из которых были хрусталеносными. В 60-70-х годах XX столетия в проведении геологоразведочных работ на одном из богатых участков месторождения - «Косаревский-II» принимали участие двое из авторов – Ю. А. Поленов и В. Н. Огородников. Их представления о геологии района и месторождения изложены в ряде

статей и в монографиях [2, 3]. Структурная позиция месторождения (по [4]) отражена на рис. 1. Предполагается, что месторождение локализовано в апикальной части небольшого гранитогнейсового купола, а участок «Косаревский-II» расположен в наиболее высокотемпературной зоне месторождения. Для этого участка характерны цветные разновидности кварца (дымчатый кварц, цитрин и аметист), андалузит-кварцевые, дистен-силлиманит-кварцевые жилы, которые хорошо изучены и детально описаны [2, 3, 5]. Тем не менее в условиях произведенных работ на месторождении оказались неизвестными и не изученными шпинель-форстеритовые ассоциации, установленные нами в сохранившихся коллекциях.

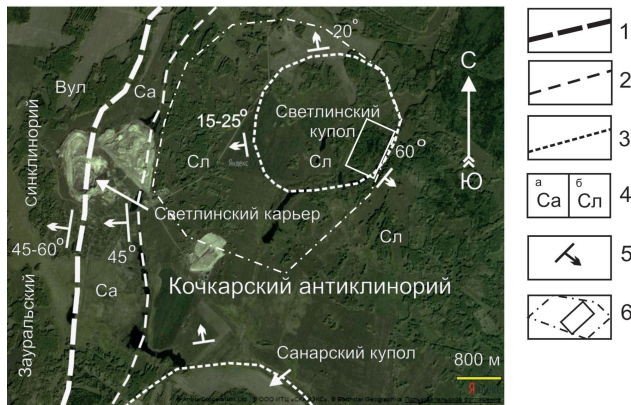


Рис. 1. Дешифрирование космоснимка (Яндекс карты) Светлинского месторождения горного хрусталя и его окрестностей: 1 – зона надвига, разделяющая Кочкарский антиклинорий и Зауральский синклиниорий; 2 – зона тектонического срыва, разделяющая карбонатную толщу (моноклинали) и метаморфические толщи сводовых поднятий; 3 – тектонические срывы, ограничивающие купольные структуры; 4 – преобладающие породы (Са – мраморы, Сл – кристаллические сланцы и амфиболиты); 5 – элементы залегания; 6 – контур месторождения горного хрусталя и участок «Косаревский – II»

### Материалы и методы

В нашем распоряжении для исследований имелись 2 образца 5x3,5x2 см и 3,5x1,5x1,5 см «андалузит-микроклинового агрегата» (рис. 2), отобранные Ю. А. Поленовым в 1969 г. на участке «Косаревский – II»,

из керна скважины 1985, с глубины 47,2 м. Как следует из геологической документации, скважина вскрыла жилу молочно-белого кварца мощностью около 0,15 м, залегающую в ставролит-биотит-кварцевых сланцах. Сланцеватость ориентирована под углом около 30° к оси керна. В лежачем контакте жилы, в интервале 47,1-47,3 м описывается «андалузит-мусковитовый агрегат», ниже сменяющийся «полевошпат-хлоритовой породой».



Рис. 2. Общий вид исследованных образцов

Образцы предварительно изучались под бинокулярным стереомикроскопом МБС-10. Из наиболее крупного образца была вырезана пластина и изготовлен полированный прозрачный шлиф, который исследовался различными методами физико-химического анализа на базе Центра коллективного пользования «Геоаналитик» Института геологии и геохимии УрО РАН. Для основных минералов выполнен рентгеноструктурный анализ на установке ДРОН-3 (аналитик Т. Я. Гуляева). Для изучения морфологии и внутреннего строения минералов и агрегатов, получения их изображения в режимах обратно рассеянных электронов или в режиме топографии, а также для определения их состава использован электронный сканирующий микроскоп JSM-6390LV (JEOL) с энергодисперсионной приставкой INCA Energy 450 X-Max 80 фирмы Oxford Instruments (аналитик С. П. Главатских). Состав минералов изучался на волновом рентгеновском микроанализаторе CAMECA SX-100 с пятью спектрометрами, дополнительно оснащенный энергодисперсионной приставкой (аналитик Д. А. Замятин).



**Результаты исследований и обсуждение**

При изучении образцов под бинокулярным стереомикроскопом минерал, считавшийся «полевым шпатом» (желтый, на рис. 2), был диагностирован как форстерит, а минерал, считавшийся «андалузитом» (темно-коричневый, на рис. 2), определен как шпинель (наличие скульптур в виде равносторонних треугольников на гранях). Также были диагностированы серпентин (по форстериту), графит, карбонат и крупночешуйчатый флогопит (минерал серовато-серебристого цвета с совершенной спайностью в одном направлении и с включениями чешуек графита). Рентгеноструктурный анализ подтвердил диагностику данных минералов, за исключением «флогопита», который оказался тальком.

**Шпинель.** Представлена фрагментами кристаллов октаэдрического габитуса, размером до 4 см по наибольшему измерению. Цвет коричневато-пурпурный (цвет алмандина), в массе кажется очень темным. Прозрачная, но

очень трещиноватая. В качестве особенностей отметим отдельность, которую можно принять за совершенную спайность или за отдельность в корунде. По трещинам часто наблюдаются темно-коричневые непрозрачные пленки (возможно, гематита) и крупночешуйчатый тальк. Тальк обычно отделяет шпинель от форстерита (рис. 3). Для этой шпинели характерны газово-жидкие включения и негативные кристаллы октаэдрического облика (рис. 4). Химический состав шпинели приведен в табл. 1. Как следует из таблицы, шпинель содержит небольшую примесь  $TiO_2$ ,  $Cr_2O_3$ ,  $V_2O_5$ ,  $MnO$ ,  $NiO$  (0,0 вес. %),  $ZnO$  до 0,19 и  $FeO$  до 1,59 вес. %, что близко к составу некоторых шпинелей месторождения Кух-и-Лал [5, 6, 7] и Горон [7] на Памире. Хотя хром в составе данной шпинели анализами установлен, но в УФ-лучах она инертна. Вероятно, примесь железа подавляет люминесценцию, как это бывает в рубинах.

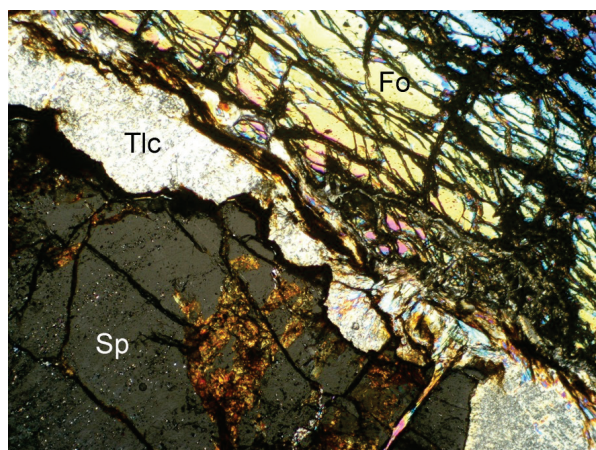


Рис. 3. Шпинель-форстеритовый агрегат с тальком. Шлиф. Ув. 2.5х. Ник. X: Sp – шпинель, Fo – форстерит, Tlc – тальк. Темные жилки в форстерите – серпентин

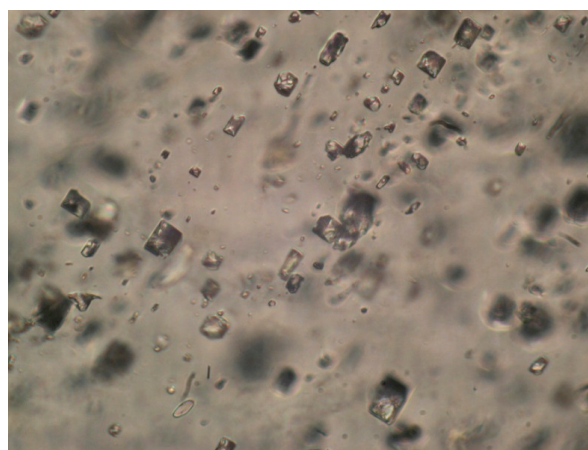


Рис. 4. Включения негативных кристаллов в шпинели. Шлиф. Ув. 50х. Ник. II

Таблица 1. Химический состав шпинели участка «Косаревский-II» (вес. %)

№ анализа	Оксиды											Сумма
	$SiO_2$	$TiO_2$	$Al_2O_3$	$Cr_2O_3$	$V_2O_5$	$FeO$	$MnO$	$MgO$	$CaO$	$NiO$	$ZnO$	
68	0,04	0	69,79	0	0,08	1,09	0,01	27,77	0,01	0,04	0,19	99,02
69	0,05	0,01	69,84	0,03	0,04	1,59	0,05	27,07	0	0	0,17	98,86
70	0,01	0,02	69,93	0,06	0,07	1,13	0	27,61	0	0,07	0,13	99,03
	Атомные, %											
	Si	Ti	Al	Cr	V	Fe	Mn	Mg	O	Ni	Zn	Сумма
68	0,01	0	28,28	0	0,02	0,31	0	14,23	57,08	0,01	0,05	100
69	0,02	0	28,41	0,01	0,01	0,46	0,02	13,93	57,12	0	0,04	100,02
70	0	0,01	28,34	0,02	0,02	0,32	0	14,15	57,1	0,02	0,03	100,01

**Форстерит.** Представлен крупными бесцветными прозрачными зернами, но сильно поражен густой сеткой трещин. Бездефектные участки не превышают 1 мм по наибольшему измерению. По трещинам форстерит замещается мелкозернистым серпентином желто-зеленого цвета, придающим всему зерну аналогичную окраску (рис. 2) и сетчатую структуру (рис. 3). К жилкам серпентина обычно приурочены чешуйки графита, иногда образующие плотные скопления. В качестве включений в форстерите отмечены негативные кристаллы, образующие цепочки, возможно, фиксирующие залеченные трещинки (рис. 5). В УФ длинноволновых лучах фосфорит люминесцирует бледно-розовым цветом. Химический состав минерала приведен в табл. 2. Хром и ванадий анализами не выявлены, содержание  $FeO$  ( $Fe$  общее) в данном форстерите составляет 1,88 – 2,13 вес. % (маложелезистый).

**Хлорит.** Диагностирован по спектру, полученному под электронным микроскопом. Наблюдается в виде тонкозернистой просвечивающей массы, цементирующей кристаллы талька. Цвет зеленовато-серый до желто-зеленого. Массивный. Иногда содержит скопления чешуек графита. Химический состав хлоритов приведен в табл. 3. Под электронным микроскопом в хлорите установлены скопления монацита, обогащенного  $Ce, La, Pr, Nd$  (табл. 4).

**Магнезит.** В одном из изученных образцов шпинель-форстеритового агрегата имеется зерно карбоната размером 10 мм в поперечнике (характерная спайность), кото-

рое не реагирует на 10 % раствор соляной кислоты. Исследования под электронным микроскопом показали, что это магнезит с примесью доломита. Карбонат выполняет каверну на границе форстерита и талька; поверхность ксеноморфная. Цвет серовато-белый, полупрозрачный. Наблюдаются редкие включения графита.

**Графит.** Распределен крайне неравномерно, образуя небольшие скопления и гнезда. Наблюдается на поверхности кристаллов шпинели, в прожилках серпентина секущих зерна форстерита, в кристаллах талька и карбонате. Чешуйки до 0,5 мм в поперечнике, не деформированные.

**Тальк.** Образует различно ориентированные кристаллы, толщиной до 2 мм, напоминающие мусковит или маложелезистый флогопит. Спайность совершенная в одном направлении. Полупрозрачный. На ощупь слегка жирный. Кристаллы не деформированные.

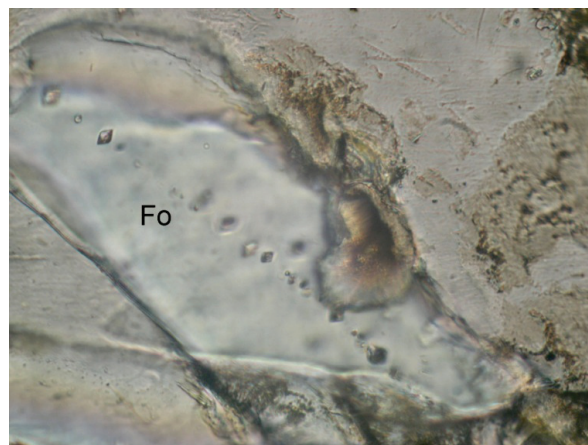


Рис. 5. Негативные кристаллы в форстерите. Шлиф. Ув. 50х. Ник. X

Таблица 2. Химический состав форстерита Светлинского месторождения (вес. %)

№ анализа	Оксиды									Сумма
	$SiO_2$	$TiO_2$	$Al_2O_3$	$Cr_2O_3$	$V_2O_3$	$FeO$	$MnO$	$MgO$	$CaO$	
77	42,9	0,03	0,02	0	0	1,88	0,03	55,22	0	100,08
78	42,72	0,01	0	0	0	2,13	0,01	54,92	0,02	99,8
	Атомные, %									
	$Si$	$Ti$	$Al$	$Cr$	$V$	$Fe$	$Mn$	$Mg$	$Ca$	$O$
77	14,47	0,01	0,01	0	0	0,53	0,01	27,77	0	57,24
78	14,47	0	0	0	0	0,6	0	27,74	0,01	57,23

Таблица 3. Химический состав хлоритов (вес. %)

№ анализа	Оксиды											Сумма	
	$SiO_2$	$TiO_2$	$Al_2O_3$	$Cr_2O_3$	$V_2O_5$	$FeO$	$MnO$	$MgO$	$CaO$	$Na_2O$	$K_2O$		
72	30,45	0,14	19,7	0,03	0,01	0,42	0	31,72	0	0	0,01	82,48	
73	30,25	0,11	20,8	0,02	0,05	0,32	0	31,3	0	0	0,04	82,88	
74	31,01	0,06	19,96	0,11	0,04	0,28	0	32,3	0,01	0,02	0,05	83,83	
78	28,56	0,08	20,48	0,17	0,01	0,62	0	32,44	0,03	0,02	0,02	82,43	
	Атомные, %												
	<i>Si</i>	<i>Ti</i>	<i>Al</i>	<i>Cr</i>	<i>V</i>	<i>Fe</i>	<i>Mn</i>	<i>Mg</i>	<i>Ca</i>	<i>Na</i>	<i>K</i>		<i>O</i>
72	12,43	0,04	9,48	0,01	0	0,14	0	19,3	0	0	0	58,61	100,02
73	12,28	0,03	9,95	0,01	0,02	0,11	0	18,94	0	0	0,02	58,65	100,02
74	12,45	0,02	9,44	0,04	0,01	0,09	0	19,33	0	0,02	0,02	58,59	100,01
78	11,69	0,02	9,88	0,05	0	0,21	0	19,78	0,01	0,01	0,01	58,33	100,01

Таблица 4. Химический состав монацита (вес. %)

№ спектра	<i>O</i>	<i>P</i>	<i>La</i>	<i>Ce</i>	<i>Pr</i>	<i>Nd</i>	Сумма
10	23,85	13,79	20,16	30,31	2,51	9,39	100
11	21,32	13,44	20,43	30,66	3,45	10,71	100
12	21,7	13,36	22,18	30,32	3	9,44	100

### Обсуждение

Насколько нам известно из литературных источников [6, 7, 8 и др.], благородная шпинель и форстерит на месторождениях горного хрусталя прежде не отмечались. На Светлинском месторождении распространены ставролит-биотит-кварцевые, биотит-полевошпат-кварцевые сланцы с силлиманитом (фибrolитом) и амфиболиты. Только последние, вероятно, могут рассматриваться как потенциально возможные шпинель-содержащие породы. На площади Кочкарского антиклинория благородная шпинель в ассоциации с форстеритом, норбергитом, рубином, графитом и другими минералами описана в *Mg*-кальцитовых и доломит-кальцитовых мраморах [9]. На Светлинском месторождении горного хрусталя карбонатные породы никем из исследователей не отмечались. Однако, как показано выше, в одном из образцов шпинель-форстеритового агрегата имеется зерно магнетита с вростками доломита и включениями графита. Карбонат не деформирован, в отличие от форстерита и, судя по этим признакам, отложился позднее его, из гидротермальных растворов. Графит также отложился после форстерита, поскольку встречается в трещинах в нем, вместе с серпентином. Шпинель, вероятно, формировалась после форстерита, поскольку на границе этих двух минералов повсеместно наблюдается мелкочешуйчатый тальк и графит.

Ассоциация шпинели с магнетитом, доломитом, форстеритом, графитом, тальком и серпентином Светлинского месторождения, весьма близка к ассоциации благородной шпинели месторождения Кух-и-Лал, приуроченного к магнетитовым мраморам [6, 8, 10, 11]. Ввиду отсутствия на Светлинском месторождении карбонатных пород магнетитового или доломитового состава предполагается, что имел место *Mg*-метасоматоз. Ранее для рубиноносных мраморов Кучинского и Чуксинского проявлений в Кочкарском антиклинории было установлено, что *Mg*-метасоматоз имел место дважды: на раннем прогрессивном этапе метаморфизма (в пост-визейское время) и на раннем регрессивном этапе (в ранней перми) [9, 12]. С первым этапом *Mg*-метасоматоза, обусловленного гранитизацией, связано образование шпинели 1-ого типа ( $Cr_2O_3$  до 20 вес. %) в мраморах, а со вторым этапом, обусловленным сменой флюидного режима, связано появление шпинели 2-ого типа ( $Cr_2O_3$  до 2,2 вес. %). Шпинель 2-ого типа в мраморах ассоциирует с форстеритом, норбергитом, бесцветным флогопитом и графитом. Шпинель Светлинского месторождения близка к шпинели 2-ого типа и по химическому составу, и по минеральным ассоциациям, и по взаимоотношениям между минералами. Вероятно, она также образовалась на раннем регрессивном этапе (сброс стрессовых напряжений, скачок температур,



изменение флюидного режима). Алюминий в систему, вероятно, тоже привносился. К такому мнению независимо пришли по Светлинскому месторождению – Ю. А. Поленов [1], а по рубиноносным мраморам Кочкарского антиклинория – А. Ю. Кисин [4, 9, 12]. В связи с кварцевыми жилами на Светлинском месторождении ранее описывались корунд (серый и синий), андалузит, силлиманит и кианит [2, 3, 5]. Мелкие зерна рубина были обнаружены и описаны Е. В. Бурлаковым в гнездовом выполнении хрусталеносных жил Неройского района Приполярного Урала [13]. Рубин здесь ассоциирует с кальцитом, что сближает его с рубинами, приуроченными к мраморам. К сожалению, для полной картины появления форстерит-шпинелевой минерализации в связи с кварцевыми жилами не хватает геологических наблюдений. Светлинское месторождение горного хрусталя отработано, и обнаружение новых кварцевых жил, сопровождаемых шпинелью и форстеритом, здесь стало маловероятным. Первичная документация

в связи с ликвидацией Ларинской экспедиции, проводившей здесь разведочно-добычные работы, уничтожена.

#### **Заключение**

1. Благородная шпинель на месторождении горного хрусталя, залегающего среди метаморфизованных метапелитов, описана впервые. Возможно, что часть описывавшихся «андалузит-микроклиновых агрегатов» на Светлинском месторождении, вскрытых скважинами и горными выработками, в действительности также являются шпинель-форстеритовыми агрегатами.

2. Минеральные ассоциации благородной шпинели Светлинского месторождения мало отличаются от минеральных ассоциаций благородной шпинели в мраморах, включая всемирно известное месторождение Кух-и-Лал на Памире.

3. Вероятное время формирования шпинели на Светлинском месторождении – ранний регрессивный этап метаморфизма, который имел место на рубеже  $C_2$  и  $P_1$ .

#### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Буканов В. В. Цветные камни. Энциклопедия. С.-П., 2008. 472 с.
2. Поленов Ю. А. Эндогенные кварцево-жильные образования Урала. Науч. издание. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2008. 269 с.
3. Огородников В. Н., Сазонов В. Н., Поленов Ю. А. Минерагения шовных зон Урала. Часть 1. Кочкарский рудный район (Южный Урал). Екатеринбург: УГГА, 2004. 216 с.
4. Кисин А. Ю. Закономерности размещения и прогноз месторождений полезных ископаемых на основе модели блоковой складчатости / Дисс-я на соиск. уч. ст. д. г.-м. н. ПГУ, Пермь, 2009. 356 с.
5. Вертушков Г. Н. Андалузит, силлиманит, кианит и корунд из кварцевых жил Южного Урала // Зап. ВМО. 1948. Т. 77. № 2. С. 142-146.
6. Петрова З. И., Левицкий В. И., Гормашева Г. С. Химические особенности шпинели формации магнезиальных скарнов. Зап. ВМО, 1979. Ч. CVIII. Вып. 4. С. 454-465.
7. Киевленко Е. Я., Сенкевич Н. Н., Гаврилов А. П. Геология месторождений драгоценных камней. М.: Недра, 1974. 328 с. (1982. 279 с.)
8. Колесникова Т. А. Благородная шпинель, клиногумит и манассеит месторождения Кухилал (Памир) // В сб. «Драгоценные и цветные камни». М.: Наука, 1980. С. 181-199.
9. Кисин А. Ю. Месторождения рубинов в мраморах (на примере Урала). Свердловск: Изд. УрО АН СССР, 1991. 130 с.
10. Литвиненко А. К. Генетическая позиция благородной шпинели в магнезиальных скарнах Юго-Западного Памира // Зап. РМО, 2003. Ч. CXXXII. № 1. С. 76-82.
11. Ananyev S. A., Konovalenko S. I. Morphological and gemological features of gem-quality spinel from the Goron deposit, southwestern Pamirs, Tajikistan // The Journal of Gemmology. 2012. V. 33. № 1-4. P. 15-18.
12. Кисин А. Ю. Роль метасоматических процессов в формировании рубиноносных мраморов // XIV Всеросс. Науч. конф «Уральская минералогическая школа – 2013». Сборник статей. Екатеринбург: Изд. ИГГ УрО РАН, 2013. С. 62-66.
13. Бурлаков Е. В. Минералогия кварцево-жильных месторождений и минералогическо-геохимические признаки рудоконтролирующих тектонических разрывов (на примере Неройского района Приполярного Урала) / Дисс. ...к.г.-м.н. Сыктывкар, 1989. 210 с (рук.)

## ХАРАКТЕРИСТИКИ АЭРОМАГНИТНЫХ АНОМАЛИЙ РЕГИОНА ХРЕБТА М. ХИНГАН – ХРЕБТА ЧЖАНГУАНЦАЙ ПРОВИНЦИИ ХЭЙЛУНЦЗЯН (КИТАЙ) И ПОИСКОВЫЙ ЭФФЕКТ



**ЛИНЬ ЦЗЭФУ,**  
канд. геологии и инженерии, Институт геологического обследования провинции Хэйлуцзян, г. Харбин, пров. Хэйлуцзян, Китай



**ШИ ЦЗЯНЬМИНЬ,**  
канд. геологии и инженерии, Институт геологического обследования провинции Хэйлуцзян, г. Харбин, пров. Хэйлуцзян, Китай



**ДИН ЦЗИШУАН,**  
канд. геологии и инженерии, Институт геологического обследования провинции Хэйлуцзян, г. Харбин, пров. Хэйлуцзян, Китай



**ЛИ ЮЧЖУ,**  
доктор геологии и минералогии, Чаньаньский университет г. Сиань, пров. Шэньси, Китай

М. Хинган жотасымен Чжангуанцай жотасы аймағында жоғары-дәлдікті (1:50 000 масштабы) аэромагниттік деректер пайдалануымен және аймақтық геологиялық фонды ұштастыра отырып, аймақтағы аэромагниттік ауытқулар сипаттамалардың талдауы жасалған. Геологиялық, геофизикалық және геохимиялық деректер негізінде көп аэромагниттік ауытқулар және белгілі кен (кен орнылар) көрінуінің үлестіруі және олардың пайда болуының заңдылықтары таңдалған. Соңғы жоғары дәлдікті аэромагниттік картасында бір кенет кенеусіз магнит кеннің көрінуі, түсті металдардың көптеген көрінуімен олардың минералдауының көріністерін салыстырмалы зерттеу және кешенді тексеру арқылы табылған. Осылайша, байқау тәжірибесі жалпыланған және аэромагниттік деректерді пайдалана отырып аймақтағы іздеу және барлау бағыты көрсетілген.

С использованием высокоточных (масштаба 1:50 000) аэромагнитных данных в регионе хребта М. Хинган – хребта Чжангуанцай и в сочетании с региональным геологическим фоном анализированы характеристики аэромагнитных аномалий региона. Выбрано много аэромагнитных аномалий на основе геологических, геофизических и геохимических данных, а также распределение известных рудопроявлений (месторождений) и закономерности их рудообразования. На последней высокоточной аэромагнитной карте обнаружены одно резко бедное магнитное рудопроявление, много рудопроявлений цветных металлов и проявлений их минерализации путем сравнительного исследования и комплексной проверки. Таким образом, обобщен проверочный опыт и показано направление поисков и разведки в регионе с дальнейшим использованием аэромагнитных данных.

1 : 50 000 high precision aeromagnetic data in combination with the regional geologic background, the authors analyzed aeromagnetic anomaly features in Xiaoxing ' anling- zhangguangcailing area, on the basis of geological, geophysical and geochemical data, the distribution of the ore (bed) and ore-forming regularity, to select a batch of aeromagnetic anomalies. In the latest high precision aeromagnetic map, after comparing research and comprehensive verification, we found an ultra-poor magnetite point and many non-ferrous metal deposits, mineralization, on this basis, summed up the experience verification, pointed out the future using aeromagnetic data in the area of prospecting direction.

### Введение

Полиметаллический металлогенический пояс хребта М. Хинган – хребта Чжангуанцай пересекает раннепалеозойскую эпиконтинентальную тектоническую зону района Ичунь – хребта Чжангуанцай и зону

поднятия восточного побережья, находящуюся в блоке хребта М. Хинган – Суннэнь. Данный пояс является наиболее важным металлогеническим поясом с ассоциацией свинца, цинка, серебра, железа, вольфрама, молибдена и других металлов в провинции Хэйлуцзян. В регионе существует хороший

потенциал на поиски и разведку полезных ископаемых, но до сих пор здесь степень геологического обследования относительно низкая [1 – 2]. Как можно скорее выполнить прорыв в области поиска магнитных полезных ископаемых и связанных с ферромагнитными минералами металлов и драгоценных металлов в сочетании с высокоточными аэромагнитными данными, улучшить уровень разведки полезных ископаемых в регионе является основной и актуальной проблемой региона.

Аэромагнитная съемка в качестве быстрого и эффективного геофизического средства имеет долгую историю использования в разведке полезных ископаемых [1]. С непрерывным увеличением спроса на ресурсы в ходе экономического развития разведка полезных ископаемых постепенно переходит от поверхностной добычи к добыче мелкой и глубоко скрытой руды, постепенно увеличивается сложность разведочных работ. Поэтому аэромагнитная съемка играет большую и важную роль в области поисков глубоко скрытых магнитных полезных ископаемых в лесной зоне хребта М. Хинган и исследований контрольных структур.

В 2010 – 2013 гг. провинциальное правительство Хэйлунцзян и Китайское бюро геологического обследования совместно проводили Проект «Аэрогеофизическое

обследование металлогенического пояса хребта М. Хинган провинции Хэйлунцзян (масштаба 1: 50 000)», район работ площадью 144 тыс. км<sup>2</sup> находится в регионе М. Хинган – хребта Чжангуанцай провинции Хэйлунцзян. В 2011 – 2014 гг. была проведена проверка аэромагнитных аномалий в регионе. В процессе работы авторы выбрали серию важных аномалий на поиски полезных ископаемых, в сочетании с геологическим фоном рудообразования, структурными характеристиками, детальным анализом характеристик аэромагнитных аномалий региона и на основе регионально геологических, геофизических, геохимических, дистанционных данных, а также закономерности распределения и металлогении известных месторождений (рудопроявлений). Созданы комплексные поисковые признаки, основанные на информации об аэромагнитных аномалиях, выделена 121 аэромагнитная аномалия (проверка свойства разрезов – 103 шт., проверка свойства площади – 18 шт.), проведена их комплексная проверка. Для комплексных аномалий проведены работы зондирования вызванной поляризации, канавы и бурение, наконец, обнаружено около 10 рудопроявлений (проявлений минерализации) ультрабедного магнетита, драгоценных и цветных металлов, представлена серия целевых областей для дальнейшей проверки [2].

## 1. ФОН РЕГИОНАЛЬНОЙ ГЕОЛОГИИ

Район работ расположен в восточной части орогенической системы Тяньшань – Хинган – внутренняя Монголия (тектонический элемент I), относится к стратиграфическому мега региону Тяньшань – Хинган, в том числе включая стратиграфические регионы М. Хинган – Суннэнь и Цзямусы, в которых содержится 4 стратиграфических районирования: Лунцзян-Таси, Суннэнь, Яньшоу и Цзяин-Муданьцзян [3].

В регионе развиты разновременные отложения от среднего протерозоя до кайнозоя включительно, типы осадочных пород совершенны, преобладают типы активности и перехода.

Литологическая серия Машань средневерхнего протерозоя представляет собой серию хондалита (Khondalite), богатую кремнием, алюминием и углеродом, которая

претерпела региональный метаморфизм амфиболит-гранулитовой фации и является основным горизонтом рудообразования месторождений регионального кристаллического графита, силлиманита, фосфора и железа; литологическая серия Синдун представлена региональными метаморфическими породами амфиболитовой фации со слоистой железистой формацией (BIF), важнейшим рудоносным горизонтом железного месторождения типа осадочного метаморфизма на блоке Цзямусы; литологическая серия Дунфэншань является структурной ассоциацией биотитового гранулит-сланца – магнетитового кварцита, залегающего горизонтом железной руды осадочно-метаморфического типа.

Палеозойский кембрий представлен отложениями мелкообломочных – карбонат-



ных пород эпиконтинентального моря, богатыми углеродом, магнием; ордовик в основном представляет собой формацию обломочных пород вулканической дуги – карбонатных пород – вулканических пород; девон – формация морских обломочных пород – карбонатных пород с прослоями вулканических пород; пермь в основном представляет собой ассоциации андезита, дацита с риолитом, вторично – ассоциацию карбонатных пород, которая является благоприятной с окружающими породами для рудообразования свинца, цинка, меди, вольфрама и полиметаллов типа регионального скарна.

Мезозойский триас представляет собой

ассоциацию риолита и пирокластических пород; юра – формации андезит-дацитовых вулканических пород, обломочных, вулканических обломочных пород и андезитовых, риолитовых вулканических пород и т. д., мел в основном представлен отложениями впадины разрывного оседания и прогибания, преобладают ассоциации мелких обломочных пород, дацита-риолита и т. д.

Кайнозойская третичная система в основном представляет собой отложения мелких обломков речно-озерной фации, в позднее время возникает масштабная эффузия континентального толеита; четвертичные отложения расположены вдоль современных долин рек, преобладают речные отложения.

## 2. ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГОРНЫХ ПОРОД

В процессе предыдущей и авторской проверки отобрано многочисленное количество литологических образцов в регионе хребта М. Хинган – хребта Чжангуанцай, проведена исследовательская работа магнитных свойств горных пород, измерены магнитные параметры для различных литологических образцов. Для определения магнитных свойств использованы приборы: каппаметр типа КТ-6, наземный магнитометр типа GM-19T и собранные данные были обобщены.

**Стратиграфия.** В районе работ развиты различные отложения, и магнитные свойства в них разные. С помощью статистического анализа установлено, что сильномагнитные тела в основном расположены в кайнозойских и мезозойских отложениях, редко – в палеозойских и протерозойских. В мезо-кайнозойских отложениях поровый базальт, оливиновый базальт, андезит, туфовая лава, брекчиевый туф, туф и т. д. обладают более сильными магнитными свойствами, их восприимчивость изменяется в основном в интервале  $(248\sim 3300) 10^5 SI$ . Большинство нормальных осадочных отложений и метаморфических пород обладают более слабыми магнитными свойствами, как правило, менее  $70 10^5 SI$ . Палеозойские и протерозойские нормально осадочные, вулканогенно-осадочные, метаморфические и другие породы обладают более слабыми магнитными свойствами, как правило, менее  $100 10^5 SI$ , а небольшое количество лав,

пирокластических пород и вулканически метаморфических пород обладают более сильными магнитными свойствами, восприимчивость изменяется в интервале  $(210\sim 1620) 10^5 SI$ .

**Интрузивные породы.** Статистические результаты магнитных параметров пород показали, что массивы с более сильными магнитными свойствами, большей частью сконцентрированы в породах Яньшаньского и варисцийского периода. По литологическому составу, главным образом, представляют собой средне-основные – основные интрузивные породы. Например, Яньшаньские биотитовые граниты, гранодиориты, диориты и т. д. обладают более сильной магнитной восприимчивостью и величинами большого изменения, которые варьируют примерно в интервале  $(200\sim 2520) 10^5 SI$ ; Поздневарисцийские сильные магнитные интрузивные породы в основном представляют собой биотитовые граниты, биотит-плагиооклазовые граниты, гранодиориты, диориты, габбро и т. д., их магнитная восприимчивость варьирует в интервале  $(280\sim 1530) 10^5 SI$ , по сравнению с Яньшаньскими интрузивными породами восприимчивость таких пород относительно небольшая. Для остальных разновременных интрузивных пород магнитная восприимчивость более слабая, с небольшими изменениями, как правило, меньше, чем  $120 10^5 SI$ .

### 3. ОБРАБОТКА АЭРОМАГНИТНЫХ ДАННЫХ И ХАРАКТЕРИСТИКИ РЕГИОНАЛЬНО МАГНИТНОГО ПОЛЯ

План аэромагнитной изолинии  $\Delta T$  является комплексным отражением магнитных аномалий, вызванных различными магнитными телами. Различные магнитные аномалии накладываются друг на друга по продольному и поперечному направлениям и интерпретируются друг с другом, что, несомненно, приводит к большой трудности для их анализа и интерпретации [4]. Для того, чтобы удовлетворить потребность в геологической интерпретации, авторы сделали сетевые данные для аэромагнитных данных региона М. Хинган–Чангуанцай (1:50 000) с использованием программного обеспечения Geosoft, сетевое расстояние – 125 м, сетевой метод представляет собой метод минимальной кривизны. После сетевой обработки авторы нарисовали изолинию с использованием программных обеспечений Golden Surfer 8 и AgMGis Пекинского аэродистанционного центра; провели обработку редукции к полюсу (Reduction to the pole) с использованием программного обеспечения RGIS Китайского бюро геологического обследования; обработку вверх продолжения (Upward continuation) длиной 200, 500, 1000, 1500 и 2000 м с использованием сетевых документов после редукции к полюсу; обработку горизонтальной первой производной по направлениям  $0^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $90^\circ$  и  $135^\circ$  с использованием сетевых данных вверх продолжения длиной 2 км. На плане изоляции аэромагнитного вверх продолжения длиной 2 000 м видно, что в районе работ многие малые аэромагнитные аномалии были отфильтрованы, аномалии становятся проще и проще и это свидетельствует о том, что множество мелких аэромагнитных аномалий вызвано неглубоким геологическим террейном, который находится на поверхности или вблизи нее.

Как видно на плане изолиний, модули горизонтальной производной в регионе М. Хинган – Чжангуанцай структуры очень сложны, развиты линейная и кольцевая структуры. Главная структурная линия простирается вдоль по меридиональному и северо-восточному направлениям, вторичная – вдоль по северо-западному и широтному. Структурные линии очень ясны.

Магнитное поле является комплекс-

ным отражением подземного геологического тела, отражает состав темноцветных минералов в геологическом теле и их содержание, а также влияние геомагнитного поля в процессе диагенезиса и охлаждения геологического тела. Характеристики магнитного поля обязательно связаны с геологическим телом, структурой и полезными ископаемыми. На плане аэромагнитных разрезов  $\Delta T$  (1:50 000) региона М. Хинган – Чжангуанцай (рис. 1) видно, что аэромагнитные данные региона характеризуются пологим отрицательным магнитным полем в качестве фона. На фоне такого отрицательного магнитного поля накладываются положительные различные магнитные поля, что делает магнитное поле еще большим хаосом. Пологое отрицательное магнитное поле отражает характеристики немагнитных или слабомагнитных отложений и старого гранитного фундамента.

Северо-восточный бок региона ограничивается Муданьцзянским разломом (пограничная линия между положительной и отрицательной аномалиями). Здесь преобладают отрицательные пологие магнитные поля, на которых накладываются мало-масштабные лентовидные аномалии с высоким магнитным полем. Данный регион обладает характеристиками магнитного поля блока Цзямусы, в основном – более старого немагнитного или слабомагнитного гранита и кислых отложений, а в локальной части существуют лентовидные аномалии с высоким магнитным полем (лентовидные магнитные аномалии), вызванные интрузией основных интрузивных пород.

В регионе М. Хинган – Чжангуанцай зона отрицательных магнитных аномалий характеризуется направлением СВ от места Илань до места Шулань, что отражает особенности магнитных полей грабена Илань – Шулань. На СЗ боку грабена характеристики магнитных полей более хаотические, их простираение более сложное: меридиональное, ССВ и СВ, что отражает направления разнофазовых тектонических движений, еще существует много кольцевых магнитных аномалий, что отражает много фаз вулканической активности. Одни являются высокоинтенсивными магнитными аномалиями,

которые отражают основной интрузив или основные вулканические породы с более большим градиентом и более крутыми кривыми, но их объем небольшой; другие – более пологие положительные магнитные поля с магнитным, кислым интрузивом; третьи – кислые вулканические породы, которые отражают вулканическую активность и хаотические характеристики магнитного поля.

К югу от грабена Илань – Шулань до села Дашаньцуйцзы – Муданьцзян, характеристики магнитного поля следующие: на фоне отрицательных магнитных полей накладываются пологие положительные магнитные поля. Простираение магнитных полей в основном – СВ, это говорит о том, что в регионе направление структур в основном – СВ, накладываются магнитные поля большей частью вызваны средне-кислыми

интрузивами с более стабильными магнитными свойствами. Некоторые интенсивные магнитные поля обладают небольшой площадью, они вызваны основной и ультраосновной интрузией.

Вдоль по линии села Дашаньцуйцзы – Муданьцзян, в южной части региона М. Хинган существует область лентовидных и хаотических магнитных полей СВ простираения, это именно разломная зона Дуньхуа – Мишань, по которой происходило извержение базальта третичной свиты Чуаньдишань.

Общие характеристики магнитных полей региона хребта М. Хинган – хребта Чжангуанцай состоят в том, что три глубинные разломные зоны делятся на три характерных области магнитных полей, каждая область различается по общим характеристикам магнитного поля.

#### 4. ПОИСКОВЫЙ ЭФФЕКТ ВЫСОКОТОЧНОЙ АЭРОМАГНИТНОЙ СЪЕМКИ

Авторы используют метод «комплексный отсев», чтобы комплексно изучать полученные данные последней высокоточной аэромагнитной съемки (1:50 000), геологические, геофизические, геохимические, дистанционные, а также данные месторождений, рудопроявлений, проявлений минерализации и т. д. в пределах всего региона. Всего выбрано 577 аэромагнитных аномалий, которые имеют определенное значение для поисков полезных ископаемых.

По сравнению с наземной высокоточной магнитной съемкой (расстояние между линиями – 100 – 200 м, расстояние между точками – 20 м) с аэромагнитной съемкой (расстояние между линиями – 500 м, высота полета – 100 – 120 м) авторы считают, что наземная по сравнению с аэромагнитной съемкой имеет лучшее соответствие. Первая съемка больше, чем вторая на сотни и до тысяч нТ. Обычно разность между магнитными аномалиями, вызванными ультраосновными и основными породами, более значительная, а между магнитными аномалиями, вызванными кислыми вулканическими и жильными породами, более низкая.

Были систематически и комплексно изучены отсеянные аэромагнитные аномалии, оптимизированы самые важные из них для проведения комплексной проверки (проверка свойства разрезов и площади, а также инже-

нерная проверка).

**Аэромагнитные аномалии ультрабедного магнетита.** После комплексного сравнения и исследования была оптимизирована аномальная проверочная область № НС-2010-20049 в качестве цели первого выбора для поисков железорудного месторождения.

В проверочной области развиты интрузивные породы, обнаженные породы от основного до кислого состава, преобладают мелко- и средне-зернистые ортоклазовые граниты позднего триаса ( $T_3\zeta\gamma$ ). Вторично поступают породы такого же времени: мелко- и среднезернистые кварцевые диориты ( $T_3\delta\sigma$ ), оливинное габбро ( $T_3\sigma\nu$ ), амфиболовые габбро ( $T_3\psi\nu$ ), а также щелочно-полевошпатовые граниты раннего мела ( $K_2\rho\gamma$ ). Жильные породы обнаружены в скважинах и представляют собой серо-белые мелкозернистые гранодиориты, спессартиты.

Изменения горных пород в основном развиваются в зоне разломов и вблизи контактной зоны габбро с жильными породами. Часто встречающиеся изменения, например, окремнение, карбонизация, серпентинизация, в породах минерализация: пирит, пирротин, магнетит и т. д.

Характеристика аэромагнитной аномалии: она является спинной аномалией лентовидной аномалии направления СВ,



проявляется в виде острого пика. Аэромагнитная аномалия характеризуется одним пиком, крутостью, большим градиентом, высоким пиком, максимальный пик до 6478нТ (рис. 1).

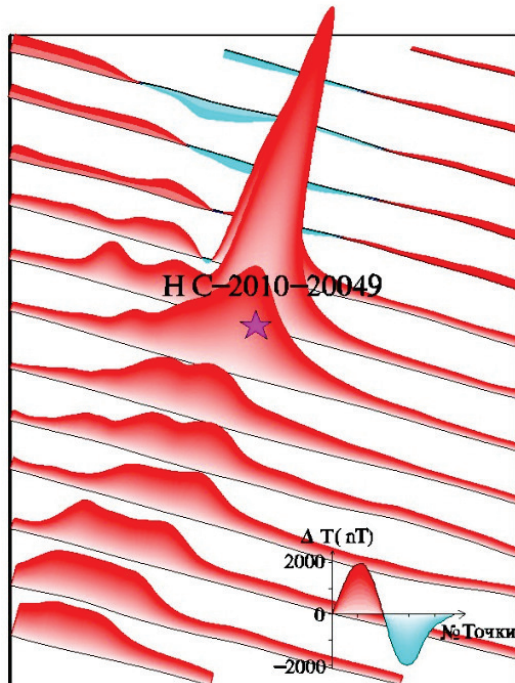


Рис. 1. План аэромагнитных разрезов  $\Delta T$  проверочной области аномалии № НС-2010-20049

Было установлено и околонуено 5 высокоточных магнитных аномалий путем высокоточной наземной магнитной съемки, аномалия № СТ-01 из них обладает более большим масштабом, высокой интенсивностью. Бурение установило ультра-бедные рудные тела магнетита I и II. Магнитное поле аномалии № СТ-01 проявляется ясно по морфологическим характеристикам, имеет сильную закономерность. Ярво выражена пограничная линия различных пород между положительной и отрицательной аномалиями; высокоточные магнитные аномалии в основном расположены вдоль по меридиональному направлению. Высокоточные и положительные магнитные аномалии в основном распространены в середине района работ, их интенсивность изменяется в интервале 300~10000нТ, что в основном отражает особенности амфиболового габбро позднего триаса, тесно связанного с магнетитом. В восточной части аномаль-

ной области интенсивность более высокая, это связано с относительной концентрацией магнитных минералов в данном же габбро (рис. 2).

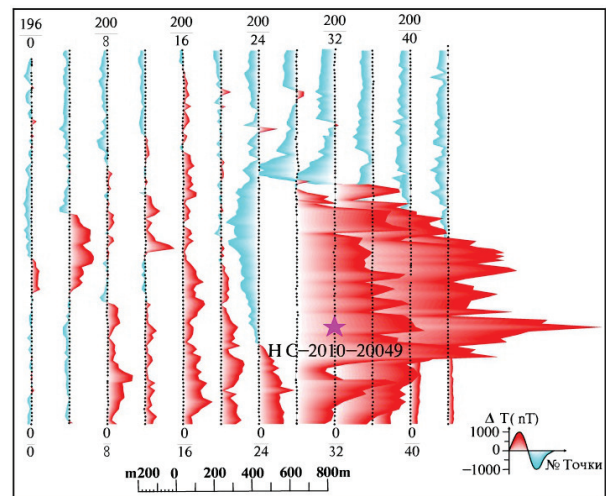


Рис. 2. План высокоточных магнитных разрезов  $\Delta T$  проверочной области аномалии № НС-2010-20049

С использованием капшметра типа ЗН-1 были определены параметры восприимчивости для отобранных породных образцов. Из аналитических результатов установлено, что среднее значение восприимчивости для амфиболового габбро составляет 14985,43  $10^{-5}SI$ , значения обычно находятся в интервале (3682~23242)  $10^{-5}SI$ , данная порода обладает более сильными магнитными свойствами, проявляет высокомагнитное отражение, что является основной причиной, вызывающей магнитную аномалию в области.

Путем проверки работы наземной канавы было околонуено 3 ультра-бедных рудных тела магнетита шириной от 52 м до 136 м, макс. содержание TFe – 17,01 %, а mFe – 10,59 %.

Глубоким бурением установлено 2 ультра-бедных рудных тела магнетита толщиной – 8,00~81,15 м, максимальное содержание TFe – 15,84 %, а mFe – 10,59 %, среднее содержание mFe – 8,26 %, коэффициент вариации содержания – 16,66 %. Рудные тела приурочены к оливиновому габбро, которое обладает идиоморфной и аллотриоморфной зернистой структурой, массивной текстурой и пропитано рудой. Рудный минерал представляет собой магнетит, а жильные минералы – плагиоклаз, пироксен, оливин и т. д.

**Аэромагнитная аномалия руды цинка и олова.** Оптимизирована аномалия № НС-2010-20071 в качестве цели для поиска цинкового, оловянного и полиметаллических месторождений.

В северной и восточной части региона большой площадью обнажен поздне-триасовый гранит ( $T_3\eta\gamma$ ), по литологическому составу, главным образом, представляет собой мелко- и среднезернистый и мелкозернистый адамеллит; в восточной части спорадически, в южной части большой площадью обнаружена свита Усинчжэнь нижнего кембрия ( $E_1w$ ), по литологическому составу в основном, представляет собой шифер с небольшим количеством углеродистого шифера, мрамор; в средней части наблюдается двутавровая жила ( $\delta$ ).

Путем геохимической съемки почвы (1:20 000) было оконтурено всего 105 одноэлементных аномалий и 11 комплексных аномалий, из них комплексная аномалия № Нт-3 обладает большим масштабом и более высокой интенсивностью. Проверка показывает, что данная аномалия является таковой, вызванной минерализацией цинка и других металлов.

Аэромагнитная аномалия является наложенной и положительной на положительном фоновом поле, проявляется в виде одного пика, крылья симметричные, кривые узкие и крутые, значение амплитуды составляет 835нТ (рис. 3).

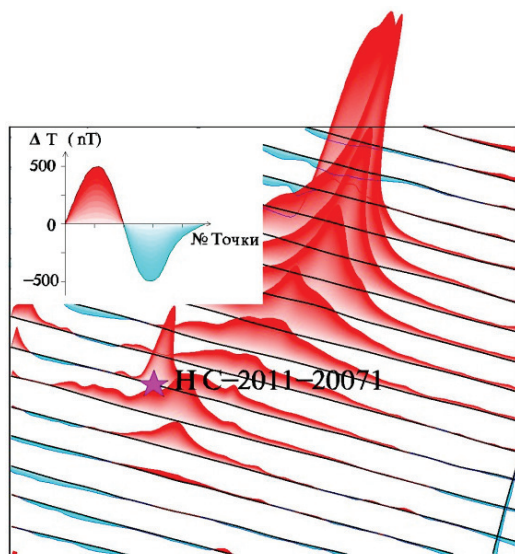


Рис. 3. План аэромагнитных разрезов  $\Delta T$  проверочной области аномалии № НС-2010-20071

С помощью площадной высокоточной магнитной съемки было оконтурено две магнитные аномалии  $\Delta T$ : СТ-01 и СТ-02. Первая расположена в средней части проверочной области, и два профиля имеют аномалию, она имеет округлую форму, простирается в меридиональном направлении, контрольная длина составляет около 400 м, ширина примерно – 300 м, градиент кривой  $\Delta T$  изменяется не больше  $\Delta T_{\text{max}} = 2070,22\text{nT}$ ; вторая расположена в средне-нижней части проверочной области, имеет округлую форму, простирается в меридиональном направлении, контрольная длина составляет около 400 м, ширина примерно – 300 м, градиент кривой  $\Delta T$  изменяется не больше  $\Delta T_{\text{max}} = 1157,31\text{nT}$  (рис. 4).

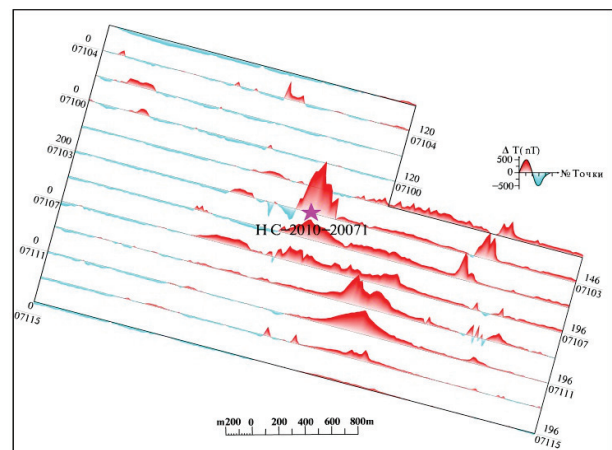


Рис. 4. План высокоточных разрезов  $\Delta T$  проверочной области аномалии № НС-2010-20071

С помощью съемки промежуточного градиента при вызванной поляризации масштаба 1:20 000 было оконтурено три аномалии кажущейся поляризуемости, и обнаружены рудные тела золота, олова и цинка, а также их минерализованные тела расположены в аномалии № DJ-01. Из-за ограничения объема работ 2 другие аномалии не были проверены.

В пройденной наземной канаве и по скважинам глубокого бурения во всем регионе было оконтурено 4 промышленных рудных тела, а также 14 низкосортных рудных тел в соответствии с требованиями промышленных показателей полезных ископаемых цинка, олова, золота и полиметаллов. Из них 1 промышленное рудное тело золота, 1 промышленное рудное тело олова, 2 промышленных

рудных тела цинка, 1 низкосортное рудное тело золота, 1 низкосортное рудное тело олова, 2 низкосортных рудных тела сопровождающих цинк и олово, 10 низкосортных рудных тел цинка. Рудные и минерализованные тела в основном расположены в виде жилы и ленты, их толщина, как правило, варьирует в интервале 1,00 – 8,00 м. Рудоносными породами являются шифер, мрамор, гранат-диопсидовые скарны свиты Усинчжэнь нижнего кембрия и т. д., минерализация и изменения в основном представлены пирит, карбонатизация, лимонитизация и так далее. Кроме того, на поверхности была оконтурена одна минерализованная зона цинка шириной 140 м (оконтуривание по содержанию  $Zn \geq 0,1\%$ ).

**Аэромагнитная аномалия вольфрамовой (минерализации) руды.** Оптимизирована аномалия № НС-2010-20061-1 с целью поисков вольфрамового и молибденового месторождения. Проверочная область в основном представлена поздне триасовыми ортоклазовыми гранитами ( $T_3\xi\gamma$ ), также отмечено более позднее вторжение жил гранитовых порфиров ( $\gamma\pi$ ).

После геохимической съемки почвы масштаба 1:20 000 было оконтурено 64 одноэлементные аномалии и 8 комплексных аномалий в регионе. Из них комплексная аномалия № Нт-3 обладает большим масштабом, интенсивность аномалии W и Mo более высокая. Аномалия № W-4 проявляет неправильную форму, площадь – 0,58 км<sup>2</sup>, макс. значение – 30,56 10<sup>6</sup>, имеет промежуточную зону, среднее значение которой

составляет 26,75 10<sup>6</sup>, а аномалии – 13,44 10<sup>6</sup>. Аномалия № Мо-4 также проявляет неправильную форму, площадь – 1,05 км<sup>2</sup>, максимальное значение – 38,57 10<sup>6</sup>, имеет промежуточную зону, среднее значение которой составляет 25,03 10<sup>6</sup>, а аномалии – 14,81 10<sup>6</sup>.

Аэромагнитная аномалия основана на фоне пологой положительной аномалии, на каждую аэромагнитную аномалию накладывается одна маломасштабная положительная аномалия, что отражено на двух профилях, максимальное значение – 188 нТ.

Наземные работы показывают, что морфология магнитных полей четко отражена в регионе, их закономерность сильная. Существует четкая пограничная линия различных литологических свойств между положительной и отрицательной аномалиями. Высокоточные магнитные аномалии в основном расположены с севера на юг.

Область положительных аномалий в основном распространена в западной части района работ, интенсивность находится в интервале 30 ~ 60 нТ, на поверхности преобладают щелочно-полевошпатовые граниты. Область отрицательных аномалий в основном распространена в южной части района работ, интенсивность находится в интервале – 200~0 нТ, на поверхности преобладают гнейсовидные адамеллиты.

Работами в канаве, вскрытой для точек аномально высокого значения W и Mo в комплексной аномалии Нт-3, нашли 5 вольфрамовых рудных (минерализованных) тел, их ширина, как правило, составляет 1,00~30,00 м, содержание – 0,030~0,046 вес. %.

## 5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Высокоточная (масштаба 1:50 000) аэромагнитная съемка региона хребта М. Хинган – хребта Чжангуанцай очевидно отражает характеристики различных магнитных полей. Используя последние аэромагнитные данные, нашли значительное количество аномалий, что является важным обоснованием для комплексного геологического исследования и поиска полезных ископаемых в регионе [5]. После четырех лет практической работы и проверки авторы считают, что использование высокоточной аэромагнитной съемки для поисков магнитных полезных ископаемых, в частности, магнетитовых,

имеет кратковременные, быстрые и очевидные преимущества. При использовании высокоточной аэромагнитной съемки для поисков полезных ископаемых цветных и драгоценных металлов необходимо комплексно учесть геологические, геофизические, геохимические и другие соответствующие данные, особенно о геологическом и геохимическом фоне рудообразования. Таким образом, для отсева аэромагнитных аномалий в регионе хребта М. Хинган – хребта Чжангуанцай и проверки целевой области необходимо сосредоточиться на следующем:

1 – обратить внимание на важные



отложения рудообразования в районе работ, в металлогеническом поясе М. Хинган – Чжангуанцай больше месторождений типа скарнов и большинство их сопровождается железом. Поэтому при отсеве аномалий следует обратить особое внимание на магнитные аномалии в мраморных отложениях, или на магнитные аномалии вблизи градиентной полосы двух видов пологих полей.

2 – следует отметить магнитную аномалию в кислых интрузивных массивах, это эффективный признак для поиска скрытых железных и полиметаллических месторождений.

3 – для поисков полезных ископаемых драгоценных и цветных металлов, при отсеве аномалий и определении целевой области нужно обратить внимание на геологический фон и сочетать геохимические данные, в общем, на геологическом фоне со слабыми магнитными свойствами или, если таких свойств нет, выбрать такие аномалии, которые имеют аэромагнитное отражение в связанных с рудообразованием отложениях или в интрузивных породах. Вообще нужно выбрать

аномалии на краю массивов, в контактовой зоне и разломной структуре в интрузивном районе, а также на контактах отложений с массивами и с вулканическими породами, в частях структурного развития или накладывания и в других местах [6].

4 – выбор аномалий, которые похожи на известные геологические условия рудообразования и характеристики аномалий; выбор аномалий, которые расположены на структурном пересечении и наложении, а также на других частях структурного развития; выбор резко переменных аномалий в фоновом поле и в части сочетания разных фоновых полей.

Таким образом, проведена высокоточная аэромагнитная съемка в лесной зоне хребта М. Хинган – хребта Чжангуанцай и других местах в провинции Хэйлуцзян, быстро анализированы и оконтурены возможные потенциальные аномалии, вызванные минерализацией (рудой), организована работа наземной проверки, что является эффективным методом для поиска ферромагнитных полезных ископаемых.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Zhou Jun, Wang Xuben, Yang Daibin, et al. The application of integrated geophysical methods to aeromagnetic anomaly inspection of Huidong area [J]. *Geology in China*, 2013, 40 (4): 1290–1297 [in Chinese with English abstract].
2. Shen Zhengxin, Han Changqing, Ni Weichong, et al. 1:50 000 Aero Geophysical Survey in Xiaoxing'anling area of Heilongjiang Province metallogenic belt [R]. Shijiazhuang: Aerial Remote Sensing Center of Nuclear Industry, 2014 [in Chinese with English abstract].
3. Qu Guansheng, Pu Quansheng, Han Songshan, et al. Stratiigraphy of Heilongjiang Province [M]. Wuhan: The Press of China Geology University, 1997 [in Chinese with English abstract].
4. Zhang Xuanjie, Zheng Guangru, Fan Ziliang, et al. Aeromagnetic anomaly characteristics of eastern segment of the West Tianshan Mountains (Xinjiang) and the ore-prospecting effect [J]. *Progress in Geophysics*, 2012, 27 (1): 335–342 [in Chinese with English abstract].
5. Cui Zhiqiang, Meng Qingmin, Xu Zhili, et al. Analysis of metallogenic characteristics of aeromagnetic anomaly in Central and southern of Daxinganling area [J]. *Computing Techniques For Geophysical And Geochemical Exploration*, 2011, 33 (1): 56–62 [in Chinese with English abstract].
6. Shi Jianmin, Han Jilong, Hu Xin, et al. Experiences of filtering and inspecting of aeromagnetic anomalies in Great Xing'an Range, Heilongjiang [J]. *World Geology*, 2013, 32 (4): 832–838 [in Chinese with English abstract].



## ТИПОМОРФНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ГЛАВНЕЙШИХ МИНЕРАЛОВ ЗОЛОТОГО ОРУДЕНЕНИЯ КАРАБУГУТСКОЙ ПЛОЩАДИ ГОР АУМИНЗАТАУ (ЦЕНТРАЛЬНЫЕ КЫЗЫЛКУМЫ) И ИХ ЗНАЧЕНИЕ ДЛЯ ПРОГНОЗА

*М. С. КАРАБАЕВ, кандидат геол.-мин. наук,  
Институт геологии и геофизики Академии Наук Республики  
Узбекистан, г. Ташкент, Республика Узбекистан*

Типоморфты минералдардың кешені және олардың ерекшелерді анықтау негізінде, гипогендік эпитеpмалдық алтын-күміс кендердің пайда болуы жоғарғы деңгейлердің зерделенген ауданның көрінуі туралы қорытынды шығарылған.

На основании выявления комплекса типоморфных минералов и их особенностей сделан вывод о проявлении на изучаемой площади верхних уровней гипогенного эпитеpмального золото-серебряного рудообразования.

Based on the detection of the complex of typomorphic minerals and their characteristics, conclusion has been made on the occurrence of hypogenic epithermal gold-silver mineralization.

### Введение

Выявление типоморфных минералов и их характерных признаков имеют важное значение для выяснения особенностей процессов рудообразования и применения полученных данных в прогнозно-поисковых целях.

Для выяснения возможности использования минералогических данных в прогнозе золотого оруденения Карабугутской площади гор Ауминзатау нами проведены исследования главных рудных минералов с помощью микронзондового анализа. Применение последнего обусловлено тем, что основная часть изучаемых объектов (минералов) на исследуемой площади имеет микроминеральную форму нахождения.

**Методы исследований.** Микронзондовые исследования для определения минерального состава руд, форм нахождения главных и сопутствующих элементов проводилось на рентгеноспектральном электронном микроанализаторе Superprobe JXA – 8800R (Jeol, Япония) в Институте геологии и геофизики Академии Наук Республики Узбекистан (аналитик М. А. Ким).

**Геологическое строение района.** Площадь исследований сложена углеродистыми вулканогенно-осадочными породами позднепротерозойского, ниже-средне-

палеозойского возрастов.

Структура района имеет сложно блоковый облик в виде герцинской антиформы длительного становления. Наиболее значительная для района работ, в отношении размещения оруденения, Коспактауская золотосносная зона имеет СЗ простирание, протяженностью до 25 км, при ширине 2–3 км [1].

Зоны золото-серебряного оруденения локализованы в метаморфизованных осадочно-вулканогенных породах и контролируются тектоническими нарушениями субширотного, северо-западного направления и южного падения. В пространственном совмещении с ними обнаруживаются участки гипогенно-измененных пород – кварцполевошпатовые метасоматиты и зоны березитизации.

**Объектами исследований** являются золотосульфидные руды, сложенные вкрапленной, прожилкообразной и линзообразной сульфидизацией в различной степени окварцованных породах. Содержание сульфидов до 2–3 %, т. е. руды являются малосульфидными. Сульфиды представлены, в основном, пиритом, реже арсенопиритом, халькопиритом, галенитом, сфалеритом и антимонитом. Кроме того, обнаружен комплекс микроминералов – сульфасоли, теллуриды, селениды, минералы висмута.

## Типоморфные особенности минералов

**Пирит** – образует отличающиеся по форме, включениям и примесям выделения, соответствующие нескольким его разновидностям. *Пирит 1* – наиболее ранний по времени образования – находится в виде мелкой вкрапленности гипидиоморфных, призматических зерен, величиной в 0,00п – 0,0п мм в регионально-метаморфизованных породах, располагающихся вдоль сланцеватости. Более поздний по времени образования *пирит – 2* ассоциирует с кварцем и арсенопиритом и слагает Au – As ассоциацию. На общем мелкозернистом фоне пирита располагаются относительно крупные порфирировидные кристаллики арсенопирита. В пирите из данной ассоциации, в отличие от других, отмечается более повышенное содержание мышьяка (табл. 1; обр. К-83, К-80,

К-83-1) в виде равномерно рассеянной изоморфной смеси (рис. 1), что является типоморфной особенностью пиритов золотоносных парагенных ассоциаций.

*Пирит – 3* находится в совместной ассоциации с марказитом, галенитом, антимонитом и с тончайшими включениями теллуридов серебра и селен содержащих разновидностей этих минералов, т. е. пирит – 3 является носителем микровключений названных минералов (рис. 1). В составе пиритов этой разновидности отмечаются (табл. 1) примеси кобальта, никели, мышьяка, сурьмы, селена, меди и серебра (анализы К-81, К-81-1, К-81-2). При этом, в отличие, от пирита – 2, в них уменьшаются содержания мышьяка и увеличиваются содержания никели (до 0,29 %), кобальта (0,77 %), что характерно для пиритов более низкотемпературных ассоциаций [2].

Таблица 1. Состав пиритов по данным микрозондового анализа, %

№ обр.	Содержания элементов, %								
	S	Fe	Co	Ni	As	Sb	Se	Cu	Ag
К-80	50,46	46,41	0,24	0,16	2,69	0,04			
К-83-1	52,69	45,05	0,30	0,09	1,71	0,16	0,12		
К-83	52,30	44,80	0,27	0,08	2,45	0,14			
К-72	53,47	46,06	0,26	0,16	0,01	0,14	0,17		
К-72-1	52,61	46,22	0,33	0,09	0,82	0,08			
К-80-1	52,75	46,40	0,37	0,19	0,28	0,02			
К-81	53,85	44,60	0,77	0,26	0,60	0,04		0,08	0,19
К-81-1	53,67	44,52	0,73	0,31	0,77	0,07		0,26	0,21
К-81-2	53,34	44,63	0,67	0,29	0,81	0,14		0,15	0,14

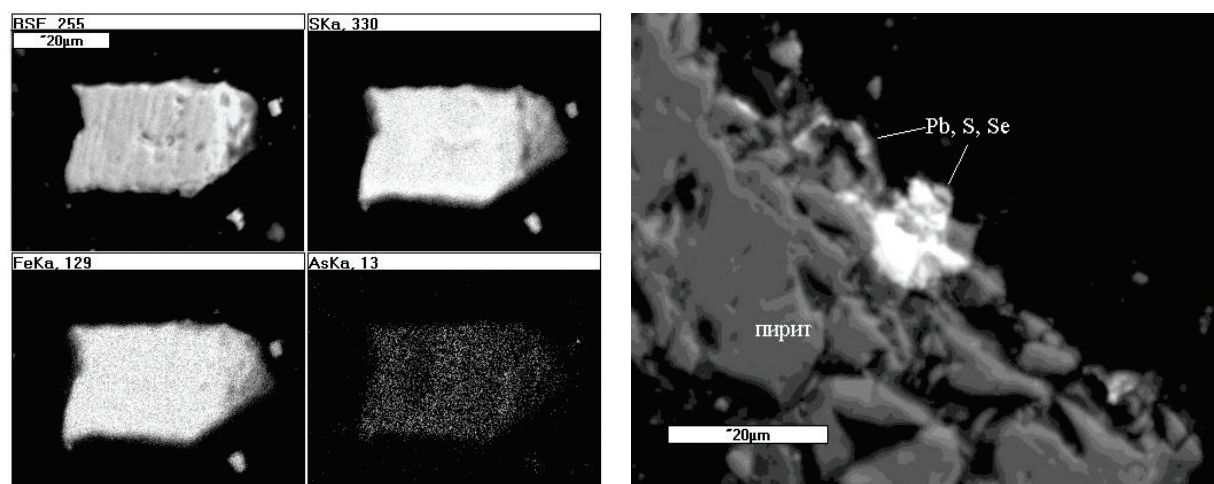


Рис. 1. Пирит – 2 с изоморфной примесью мышьяка (слева; К-80 – растровый снимок распределения элементов) и включения селенистого галенита в пирите – 3 (справа; К-72, снимок в отраженных электронах)



**Арсенопирит** обычно наблюдается вблизи выделений пирита – 2 и представлен зернами величиной 0,0п мм, редко 0,п мм. Форма их близкая к изометричной, ограничения ровные. Кристаллики арсенопирита неравномерно рассеяны в мелкозернистой массе пирита – 2. Иногда они сгруппированы в небольшие скопления.

Обнаруживаются примеси **Sb** (до 0,63 %), **Ni** (от 0,07 – 0,23 %, иногда до 2,35 %; рис. 2) и **Co** (до 1,41 %), причем и **Sb** и **Ni** больше, чем в пирите (табл. 2). Установлен никелистый арсенопирит (рис. 2). Известно [3 – 5], что содержание никеля в арсенопиритах увеличивается в эпитермальных условиях.

**Халькопирит.** В массивных пирит – 3 – марказитовых агрегатах халькопирит развивается по трещинам катаклаза и между зернами пирита, образуя петельчатые и сетчатые выделения, просечки и каемки замещения, вроски и включения, размер 0,00п – 0,п мм. Часть зерен халькопирита в

разной степени замещена борнитом и ковеллином. В составе халькопирита присутствует серебро (до 0,10 %). В целом состав халькопирита стандартный.

**Галенит и сфалерит** наблюдаются реже, в основном, образуют включения в пирите и их сростки имеют неправильную, интерстициальную или овальную форму, заполняют пустоты в пирите, чем определяют свое более позднее время образования.

Микронзондовые исследования показали наличие в составе галенита серебра. Его содержание составляет 0,27 – 0,30 мас. % (табл. 3). Также отмечается повышенное содержание селена (0,17 – 4,85 %, рис. 3), иногда – тонкое срастание аргентита в галените.

**Антимонит** образует мелкие и тонкие выделения, ассоциирует с галенитом, сфалеритом, теллуридами, аргентитом, клаусталитом и др. В его составе установлено серебро (0,05 – 0,06 мас. %).

Таблица 2. Состав арсенопиритов Карабугутской площади по данным микронзондового анализа

№ проб	Содержание элементов, %								
	S	Fe	Co	Ni	As	Sb	Se	Cu	Ag
КБ-92	18,02	33,63	0,14		47,71	0,50			
КБ-92-1	18,60	33,42	1,41	0,07	45,77	0,63		0,11	
КБ-92-2	18,54	33,46	1,38	0,07	46,09	0,47			
КБ-92-3	18,74	33,01	1,08	0,12	46,04	0,24		0,08	
К-81	20,67	32,78	1,40	0,23	44,91	0,28	0,28	0,06	
К-83	21,58	34,59	0,29	0,05	43,25	0,32			
КР-5	18,94	31,20	0,28	2,35	47,21	0,18	0,28	0,12	0,18

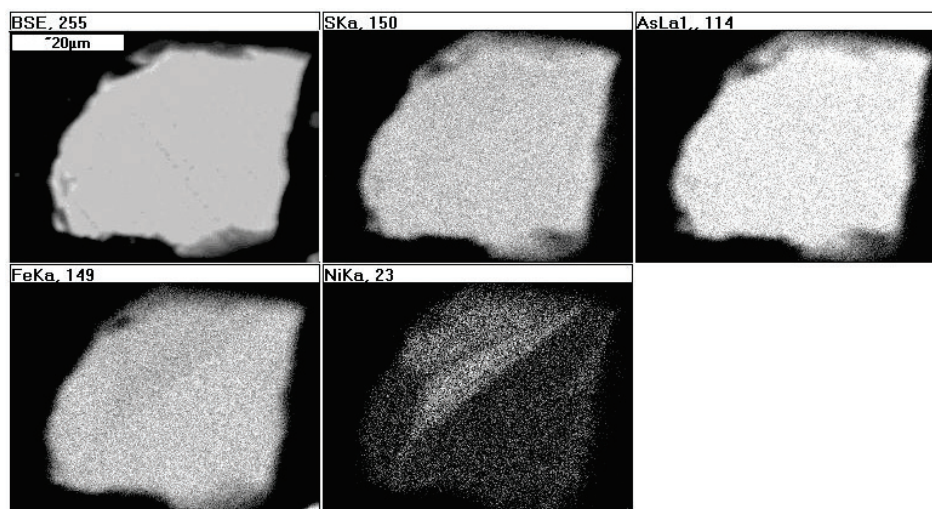


Рис. 2. Никелистый арсенопирит (брикет КР-5; растровый снимок распределения элементов)

Таблица 3. Состав галенита и антимонита

№ проб	Минерал	Формы зерен, размер	Содержание элементов, в %				
			S	Fe	Pb	Se	Sb
КБ-6141	галенит	4мкм	13,66	0,85	84,96	0,34	
КБ-90		1,5мкм	11,76	6,37	80,68	0,84	-
К-72а			12,98	1,57	80,45	4,22	-
К-72			12,12	1,44	81,58	4,85	-
КР-8			13,15	4,63	82,05	0,17	-
КР-5	антимонит	10 мкм	27,74	2,06			70,19
КР-5-1		5мкм	28,32	2,26			69,42
КР-6		4мкм	28,97	2,11			69,04

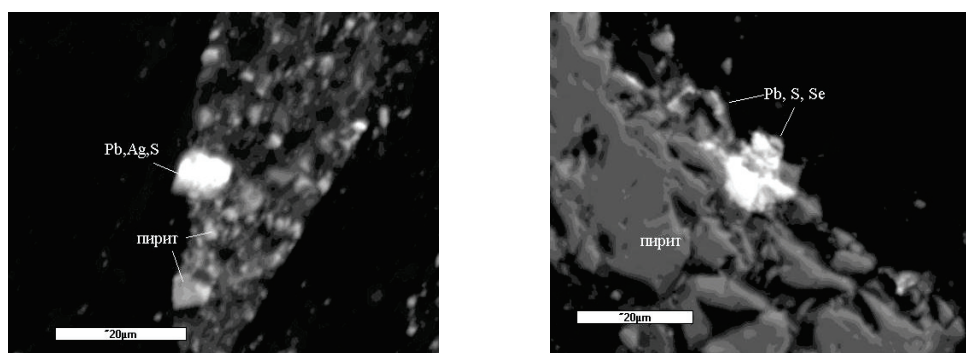


Рис. 3. Тонкое срастание аргентита в галените (слева; К-72а-1) и включения селенистого галенита в пирите (справа; К-72). Снимки в отраженных электронах

**Сульфасоли, теллуриды, селениды.**

Особенно важным для решения генетических вопросов золото-серебряной минерализации является обнаружение комплекса микроминералов в рудах Карабугутской площади. К ним относятся (табл. 4) выделения теллурида золота и серебра (**гессит**), серебросодержащего **тетраэдрита**, сульфида серебра (**акантит**), селенида свинца (**клаусталит**, рис. 4). Нередко эти минералы находятся в виде

дисперсных выделений (2–3 мкм) в основной матрице – в пирите или в галените (рис. 3). Встречаются **теллуровисмутит** и **штютцит** (табл. 5). В составе теллуровисмутита присутствует примесь железа (1,03–1,70 мас. %) и серы (0,52–0,62 мас. %). Штютцит имеет лишь незначительную примесь серы (0,21–0,34 мас. %). Эти минералы характерны для эпитермальных золото-теллуридных месторождений.

Таблица 4. Состав некоторых селенидов, теллуридов и сульфидов

Минерал	Содержание элементов, в %										
	S	Fe	Te	Bi	As	Sb	Cu	Ag	Zn	Se	Pb
Гессит	2,34		43,0					54,6			
Тетраэдрит	23,7	5,52		1,83	1,35	24,6	36	0,73	6,3		
Аргентит	12,3							87,7			
Клаусталит	2,21	1,17								24,7	71,3
Клаусталит	2,48	1,51	0,12							23,8	72,4

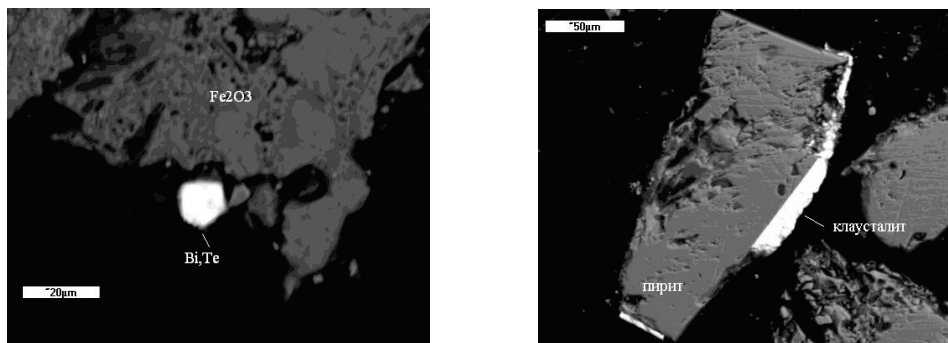


Рис. 4. Кляусталит (белое) образует каемку по краям пирита (слева; К-81а), теллуrowисмутит в ассоциации с пиритом (справа; КР-6)

Таблица 5. Химический состав сульфасолей и теллуридов Карабугутской площади

Минерал	Ag	Fe	Cu	As	Pb	Zn	Bi	Sb	Te	S
Буланжерит	-	0,15	-	-	56,3	-	-	23,32	-	20,6
$Pb_5Sb_4S_{11}$	-	-	-	-	57,4	-	-	21,20	-	22,4
Тетраэдрит	0,73	5,52	39,0	1,4	-	5,08	-	24,60	-	23,7
$(Cu,Fe)_{12}S(SbS_3)_4$	0,75	5,98	39,1	1,3	-	5,37	-	24,53	-	23,5
Теллуrowисмутит	-	1,03	-	-	-	-	51,4	-	46,86	0,52
$Bi_2Te_3$	-	1,70	-	-	-	-	51,2	-	46,40	0,62
Штютцит	56,6	-	-	-	-	-	-	-	43,03	0,34
$Ag_5Te_3$	56,7	-	-	-	-	-	-	-	43,18	0,21

Наличие теллуридов золота и серебра в ассоциации с селенидами считается прямым признаком развития Au – Te оруденения и указывают на присутствие верхних уровней золотосеребряной минерализации [5].

Причем отмеченное обстоятельство характерно не только для вулканогенных областей, но и месторождений в черных сланцах [6]. Кроме этого, обнаруживаются оксиды ртути. Они имеют преимущественно округлую форму выделения и, по-видимому, свидетельствуют о развитии самой поздней киноvarной минерализации.

Также важное генетическое значение имеет присутствие в рудах Карабугутской площади буланжерита и тетраэдрита, типичных

для более поздних Au – Sb ассоциаций.

**Золото** в рудах Карабугутской площади представлено тончайшими (размеры зерен золотин 1,5 – 3 мкм, редко 30 мкм – КР-7-4) бесформенными выделениями (рис. 5), основная масса которого приурочена к зонам окисления сульфидов и образования вторичных минералов по ним, что является результатом растворения тонкодисперсного и микроскопического золота в составе сульфидов и его переотложения с укрупнением выделений. Форма золотин разнообразная: это округлые выделения, чаще имеющие довольно причудливую форму. Выделения золота в окисленных рудах иногда имеют особую – комковидную, пористую структуру (рис. 5).

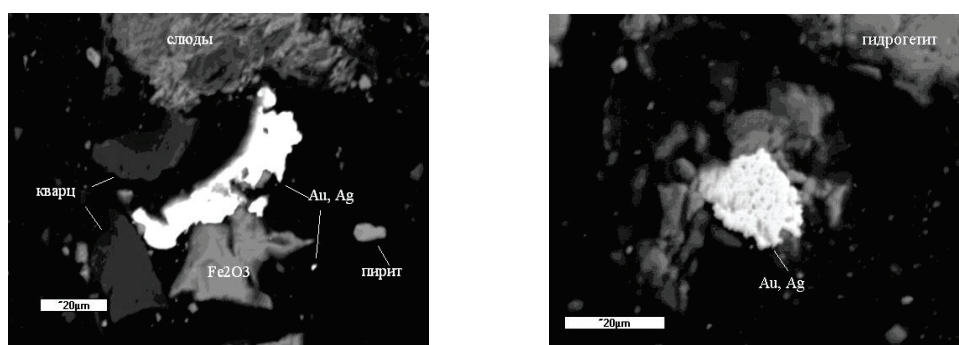


Рис. 5. Комковидное, пористое низкопробное (слева; бр. КР-8) и массивное высокопробное (справа; бр. КР-7) золото в окисленных рудах



Состав золота меняется от 77,59 % до 93,63 %. Почти всегда присутствует примесь меди (до 0,18 %) и железа (до 4,29 %).

### Заключение

На основании изучения состава руд и особенностей минералов площади Карабугут гор Ауминзатау сделано предположение о проявлении здесь верхних уровней гипогенного эпитермального золотосеребряного

рудообразования, которое подтверждается:

- наличием и пространственным совмещением **Au – As, Au – Te, Au – Sb** ассоциаций;

- повышенным содержанием кобальта, и особенно никеля в пирите, арсенипирите;

- распространением теллуридов золота и серебра (гессит), серебряносодержащего тетраэдрита, сульфида серебра (акантит), селенида свинца и буланжерита.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Рудные месторождения Узбекистана / Под ред. Н. А. Ахмедова. Ташкент: Гидроингео, 2001. 611 с.
2. Типоморфизм кварца, пирита и золота, и золота золоторудных месторождений Узбекистана / Под ред. Р. А. Мусин. Ташкент: Фан, 1981. 144 с.
3. *Кременецкий А. А., Минцер Э. Ф.* Универсальность золоторудных систем – ключевой критерий регионального прогноза промышленного оруденения // Отечественная геология. 1995. № 1. С. 19-27.
4. Рудные формации и основные черты металлогении золота в Узбекистане. Ташкент: Фан, 1969. 395 с.
5. *Конеев Р. И., Халматов Р. А., Мун Ю. С.* Золоторудные месторождения Узбекистана: минерально-геохимический стиль, закономерности размещения и формирования.
6. Геология и минеральные ресурсы. Ташкент, 2009. № 4. С. 11-24.

УДК 551.24.01(575.1)



## КАЛЕДОНСКИЙ КОНТИНЕНТАЛЬНО-КОЛЛИЗИОННЫЙ ОРОГЕНЕЗ СРЕДИННОГО ТЯНЬ-ШАНЯ (ЧАТКАЛО-КУРАМИНСКИЙ РЕГИОН)

*Л. Р. САДЫКОВА, научный сотрудник,  
Институт геологии и геофизики им. Х. М. Абдуллаева,  
Академии Наук Республики Узбекистан, г. Ташкент,  
Республика Узбекистан*

Литосфералық плиталардың тектониканың ғылыми парадигма жайғасымынан Орталық Тянь-Шань қарастыруы екі геодинамикалық құрылымдар Чатқал террейні және шеткі теңіз белгілеуіне мүмкіндігін берді. Бұл мақалада Түркістан палеомұхиттің акваториясындағы палеошеткі теңіздің ерте палеозой геодинамикалық жағдайы қарастырылған.

Рассмотрение Срединного Тянь-Шаня с позиции научной парадигмы тектоники литосферных плит позволило выделить две геодинамические структуры Чаткальский террейн и окраинное море. В данной статье рассматривается раннепалеозойская геодинамическая обстановка палеоокраинного моря в акватории Туркестанского палеоокеана.

Consideration of the Middle Tien Shan from the position of the scientific paradigm of plate tectonics allowed to allocate two geodynamic structure Chatkalsky terrane and marginal sea. This article examines Early Paleozoic geodynamic setting paleo marginal sea in the water area of Turkestan paleocean.

В результате амальгамации древних блоков в основном неопротерозойских и островных дуг, а также внедрения гранитоидов в конце ордовика – начале силура был образован Казахстанский палеоконтинент (в разных публикациях применяются названия, (Казахско-Киргизский, Казахстан-Илийский, Казахстано-Байкальский). Мы рассмотрим геологическую историю раннепалеозойского этапа развития южной окраины Казахско-Киргизского континента, связанную с Туркестанским палеоокеаном.

В работах Буртмана [1] геодинамика Тянь-Шаня в позднем протерозой-кайнозой обуславливается раскрытием и эволюцией Терскейского, Туркестанского, Илийского и других океанических бассейнов и их взаимодействием с Алай-Таримским, Сырдарьинским и Иссыккульским террейнами.

Рассмотрение Срединного Тянь-Шаня с позиции новой научной парадигмы – тектоники литосферных плит с использованием концепций глубинной геодинамики и террейнового анализа позволили воссоздать историю поэтапного геологического развития региона [2] и выделить две геодинамические структуры – Чаткальский террейн и примыкавшее к нему Торгасайское палеоокраинное море. В работах (Кустарникова, Садыкова, [2]; Моссаковский и др. [3]) Чаткальский террейн представлен как обломок предположительно рифтогенной деструкции северной окраины Восточной Гондваны или Родинии (Хаин, [4]).

Раннепалеозойская геологическая история Чаткальского региона связана с развитием Торгасайского палеоокраинного моря в акватории Туркестанского палеоокеана.

Термин «окраинное море» («marginal sea») был введен голландским геологом Ф. Х. Кюененом (Ph. H. Kuennen) в 1950 году. Он в свою очередь опирался на термин «adjacent sea» Х. У. Свердрупа с соавторами [5], которым обозначали полузамкнутые моря, прилегающие к океану и тесно с ним взаимосвязанные. В геологическом словаре окраинное море (синоним краевое море) определяется как море, «расположенное между материками и океанами», отделенное от океанов только островами, полуостровами или подводными возвышенностями, что обеспечивает свободный водообмен с океанами» [6]. В толковом словаре английских геологических терминов

окраинное море – это «полузамкнутое море, примыкающее к континенту, дно которого сложено погружившимся континентальным блоком», тогда как «мелкое море (marginal sea)». Например, Северное море, расположенное на континентальном шельфе предлагается определять как «shelf sea-шельфовое море» [7]. В литературе неоднократно приводились обстоятельные обзоры строения окраинных морей и их групп расположенных в разных регионах и тектонических обстановках [8 – 12]. В словаре географических понятий и терминов под окраинным морем понимается «часть океана, примыкающая к материку и частично обособленная от открытого океана полуостровами, островами и донными порогами» [13].

Таким образом, к окраинному морю отнесены области, которые подстилаются древней континентальной корой, а к задуговому бассейну – районы, где существовали обстановки, близкие к современным активным переходным зонам.

Активные континентальные окраины традиционно разделены на андийский и западно-тихоокеанский типы. Согласно общепринятым моделям, первые характеризуются переходом от океана к континенту по схеме: глубоководный желоб – вулканоплутонический пояс, а вторые – глубоководный желоб – островная дуга – окраинное море.

По нашему мнению, активная континентальная окраина Казахско-Киргизского микроконтинента в раннем палеозое была представлена Западно-Тихоокеанским типом, т. е. переход от океана к континенту осуществлялся по схеме: глубоководный желоб – островная дуга – окраинное море.

Глубоководный желоб выделен благодаря **Торгасайскому комплексу ( $\sigma O_2t$ )**, в Кассан-Каратерекском районе, в водораздельной части Чаткальского хребта. Комплекс представлен в виде группы серпентинитовых тел, приуроченных к разломам, пересекающим вулканогенно-осадочные толщи докембрия и нижнего силура. Серпентинизированные ультрамафиты представлены линзовидными телами, протяженностью 0,8 – 1,2 км и мощностью 0,2 – 0,4 км, имеющими, как правило, тектонические контакты с вмещающими породами. Они

сложены антигоритовыми серпентинитами перекрещенно-листоватой структуры, в которых сохраняются реликты перекристаллизованного бастита и редкие зерна хромшпинелида. В приконтактных частях тел наблюдаются рассланцевание и карбонатизация серпентинитов, а в крупных линзах – тела лиственитов протяженностью до 300 – 500 м, сложенные карбонатом, тальком и кварцем. Судя по присутствию бастита и по реликтопсевдоморфным структурам, можно сделать вывод о преимущественно гарцбургитовом первичном составе интрузий [14]. Граница Торгасайского окраинного моря на востоке определялась Чаткальским террейном, на юге – Кураминской подводной возвышенностью, а на западе существовало открытое сообщение с Туркестанским палеоокеаном (рис. 1). При определении возраста Торгасайского комплекса ( $\sigma_{O_2t}$ ) в основу положены представления Ю. Л. Семенова и других [15] о парагенетической связи интрузивных ультрамафитов с metabазитами сандалашской вулканогенной свиты ( $\epsilon-O_2sn$ ). Возраст сандалашской свиты – среднеордовикский. Это же время формирования принято для Торгасайского интрузивного комплекса. Обломки серпентинитов присутствуют в базальных конгломератах тюлькубашской свиты нижнего и среднего девона, однако для серпентинитовых тел очевидна протрузивная природа, а также сходство с южнее расположенным Туркестано-Алайским поясом ультраосновных пород [16].

Ультрамафиты этого пояса слагают линзообразные или межпластовые тела небольших размеров, сложенные апогарцбургитовыми серпентинитами. В большинстве случаев они находятся в тесной пространственной ассоциации с осадочно-вулканогенными образованиями кремнисто-диабазовой, спилит-диабазовой и кератофир-спилит-диабазовой формаций, составляя подошву этой ассоциации, получившей общепринятое наименование – офиолитовой. По представлению А. В. Пейве [17], «офиолиты» – это разрез океанической коры геологического прошлого, в основании которой лежит толща серпентинированных ультрабазитов мощностью до 10 км. Выше располагается сложно дислоцированный комплекс метагаббро, амфиболитов (до 5 – 7 км) и горизонт тоналитов и

плагиогранитов. Вверху разреза толща зеленокаменно-измененных базальтов и кремнистых пород переменной мощности. В упомянутом выше Туркестано-Алайском поясе наиболее близко расположенным участком к апогарцбургитам Торгасайского комплекса являются северные склоны Алайского хребта – район поселка Кан, где выделена кансайская свита (PR ?Kn) условно протерозойского возраста. В составе последней преобладают зеленые метаморфические сланцы: кварц-эпидот-хлоритовые, кварц-хлорит-серицитовые, альбит-хлорит-актинолитовые, редки микрокварциты, линзы мраморов, метаконгломераты. Отмечаются также и менее метаморфизованные породы – песчанистые и алевролитоглинистые сланцы, в различной степени хлоритизированные, серицитизированные и окремненные основные эффузивы. Породы изменены от эпидот-амфиболитовой, субглаукофановой, зеленосланцевой степеней метаморфизма до стадии метагенеза. Без видимого несогласия породы перекрываются каиндинской свитой верхнего силура – среднего девона. Наличие в основании каиндинской свиты многочисленных обломков пород канской свиты в уже метаморфизованном виде, указывает на существенное стратиграфическое несогласие между канской и каиндинской свитами и на, несомненно, допозднесилурийский возраст первой. В то же время канская свита и по составу и по метаморфизму резко отличается от развитых в этом районе кембрийских и ордовикских отложений, в связи с чем предполагается ее протерозойский возраст. Химический состав и важнейшие петрохимические характеристики вулканогенных пород канской свиты, согласно [18], свидетельствуют о принадлежности их к группе натриевых базальтов нормального ряда аналогичных толеитовым базальтам Ауминзатау и Сев. Нуратау. Эти вулканы тесно пространственно ассоциируют с ультрамафитами, с одной стороны, и глубоководными осадками – с другой. По составу они ближе всего отвечают базальтам толеитовой серии и по этим признакам в цикле Уилсона, соответствуют зрелой стадии развития океанических бассейнов, тогда как осадочные и вулканогенные породы



Торгасайского комплекса могут быть отнесены к стадии угасания, т. е. к началу сокращения палеоокеанического бассейна.

**Сандалашская свита (Є-О<sub>2</sub>sn)** распространена в Сандалашском, Пскемском, Чаткальском хребтах и на юго-западных склонах Таласского хребта в верховьях рр. Чаткал и Ойгаинг. В составе сандалашской свиты широко распространены сланцы кремнисто-глинистые, кремнистые, углито-глинисто-кремнистые, углито-глинистые, известняки, фтаниты, прослои и линзы песчаников, алевролитов, доломитов, глинистых известняков, гравелитов. По простиранию разрез фациально изменчив, преобладают или терригенные породы, или карбонатные. В основании свиты в Сандалашском хребте часто прослеживается горизонт (5 м) доломитов, в Пскемском – конгломератов. В кремнистых сланцах часто встречаются конкреции фосфоритов, также в составе свиты отмечают небольшие тела диабазов и мандельштейнов, андезидациты. В основании свиты часто встречаются субвулканические тела долеритов. Сандалашская свита по резкому контакту со скрытым несогласием, местами с небольшим размывом залегает на шорашуйской свите венда и согласно, иногда с небольшим размывом, перекрывается средне-верхнеордовикской бешторской свитой. В сандалашской свите найдены ископаемые органические остатки кембрия, нижнего и среднего ордовика. Таким образом, на основании палеонтологических данных и состава слагающих свиту пород, можно также сделать вывод о том, что в раннем палеозое в Торгасайском палеоокраинном море Туркестанского палеоокеанического бассейна протекала стадия угасания, согласно цикла Уилсона. Присутствие же среди осадков вулканитов базальт-андезитового состава свидетельствует о том, что новообразованная литосфера океанического типа начала преобразовываться в новообразованную литосферу субконтинентального типа. Этот вывод вытекает из анализа интрузивных комплексов позднего силура, который свидетельствует о том, что в начале позднего силура уже завершилось формирование субконтинентальной коры, т. е. диоритового слоя континентальной коры и началось

формирование гранито-гнейсового слоя последней. Об этом свидетельствуют также силурийские коллизийные граниты – Бургундинский, Башкызылсайский, Зексайский, Каракиинский, Кызатинский и др. комплексы с абсолютным возрастом – 360 млн лет и каледонская складчатость. Среди каледонских интрузивов выделены три группы комплексов. Первую группу представляет **Бургундинский комплекс ( $\delta S_2br$ )**, развитый в Кураминском регионе, где слагающие его диориты встречаются среди песчано-сланцевых отложений урубупакской свиты лландоверийского возраста. Диориты образуют мелкие штоко- и дайкообразные тела. Верхний предел возраста диоритов определяется по нахождению большого количества их ксенолитов в интрузивах ранне-среднедевонского Калканата-Катрангинского комплекса. Вторую группу позднесилурийских магматических комплексов составляют **Зексайский (Алабукинский) ( $\delta S_2z$ )** и **Башкызылсайский ( $\gamma \delta S_2b\delta$ )** массивы, характеризующиеся овальной формой интрузивных тел, значительной их площадью, наличием гнейсовидной текстуры пород, гранодиорит-адамеллитовым их составом.

Нижняя возрастная граница интрузивов фиксируется по прорыванию ими отложений ордовика – нижнего силура (лландовери), а верхняя – перекрытием среднедевонской вулканогенной толщи и живетскими терригенными образованиями. В этом интервале возраст Башкызылсайского комплекса принимается как позднесилурийский, соответствующий этапу общей инверсии в каледонидах Срединного Тянь-Шаня. Третью группу каледонских гранитоидов составляют **Каракиинский ( $\gamma S_2k$ )**, **Китайульдинский ( $S_2kt$ )** и **Кызатинский ( $\gamma S_2-D_1k$ )** комплексы. Общей особенностью этой группы магматитов является их трещинная морфология, т. е. длина тел многократно превышает их мощность. Локализуются они в разломах северо-западного простирания, сохраняя признаки коллизии в виде катаклазированнойности и брекчирования. По составу – это кислые низкощелочные породы натриевого профиля щелочности и высокой глиноземистости.

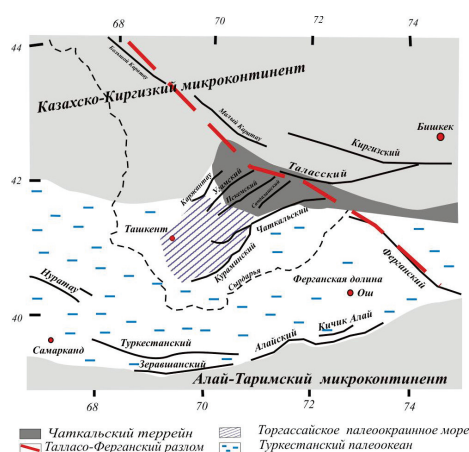


Рис. 1. Схема контуров Чаткальского террейна и Торгасайского палеоокраинного моря в современных координатах

Исходя из вышеизложенного следует заключить, что на территории Среднего Тянь-Шаня была самостоятельная геодинамическая структура – Торгасайского окраинного моря. Это древнее море возникло в восточной части Туркестанского палеоокеана, ограничивая с северо-востока Казахско-Киргизскую континентальную окраину микроконтинента, а юго-запада обособляясь Кураминской островной дугой от остальной части Туркестанского палеоокеана (рис. 1). Замкнулось это окраинное море в силуре в связи с каледонским орогенезом.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Буртман В. С. Тянь-Шань и Высокая Азия: Геодинамика в кайнозой // Труды ГИН РАН, Вып 603. Москва: ГЕОС, 2012. 197 с.
2. Кустарникова А. А., Садыкова Л. Р. Террейновый анализ Среднего Тянь-Шаня // Докл. АН РУз, 2014. № 3. С. 44-47.
3. Моссаковский А. А., Руженцев С. В., Самыгин С. Г., Хераскова Т. Н. Центральнo-Азиатский складчатый пояс: геодинамическая эволюция и история формирования // Геотектоника, 1993. № 6. С. 3-32
4. Хаин В. Е. Тектоника континентов и океанов. М.: Научный мир, 2001. 606 с.
5. Sverdrup H. U., Johnson M. W., Fleming R. H. The oceans, their physics, chemistry and general biology. New York: Prentice Hall, 1942. 1087 p.
6. Геологический словарь. Т.1. М.: Недра, 1973. 486 с.
7. Толковый словарь английских геологических терминов. В двух томах. Отв. Ред. русского перевода Межеловский Н. В., ред. Морозов А. Ф., М.: МЦГК. ГЕОС, 2002. 644 с.
8. Богданов Н. А. Континентальные окраины: общие вопросы строения и тектонической эволюции / Ред. Ю. М. Пушаровский. Фундаментальные проблемы общей тектоники. М.: Научный мир, 2001. С. 231-249.
9. Мазарович А. О. Окраинные моря-Терминологический кризис // Геотектоника. 2011. № 4. С. 60-78.
10. Пушаровский Ю. М., Меланхолина Е. Н. Тектоническое развитие Земли: Тихий океан и его обрамление. М.: Наука, 1992. 263 с. (Тр. ГИН; Вып. 473)
11. Хаин В. Е., Ломизе М. Г. Геотектоника с основами геодинамики. М.: КДУ, 2005. 560 с.
12. Чехов А. Д. Тектоническая эволюция Северо-Востока Азии (окраинноморская модель). М.: Научный мир, 2000. 204 с.
13. Котляков В. М., Комарова А. И. География: понятия и термины: пятиязычный академический словарь: русский-английский-французский-испанский-немецкий. М.: Наука, 2007. 859 с.
14. Стратифицированные и интрузивные образования Узбекистана. Ташкент: ИМР, 2000. 541 с.
15. Семенов Ю. Л. Габбро-перидотитовые и пикрит -габбро-диабазовые комплексы Тянь-Шаня и Памира. Л.: Недра, 1982. 210 с.
16. Баранов В. В., Кромская К. М., Висьневский Я. С. Габброидные комплексы западной части Южного Тянь-Шаня. Ташкент: ФАН, 1978. 167 с.
17. Пейве А. В. Офиолиты в структуре земной коры / Международный симпозиум «Офиолиты в земной коре». М.: Наука, 1973.
18. Кустарникова А. А. Палеовулканизм в развитии земной коры (на примере западной части Южного Тянь-Шаня) // Дисс. на соиск. учен. ст. докт .г.-м. н. Т.: 1988. 383 с.

## ЭВОЛЮЦИЯ КОНЦЕПЦИЙ ПОДЗЕМНОГО ХРАНЕНИЯ/ЗАХОРОНЕНИЯ ОЯТ/РАО

**В. Н. САМАРОВ, В. З. НЕПОМНЯЩИЙ**

*фирма «Лаборатория Новых Технологий», Москва, Российская Федерация-Калифорния, Соединенные Штаты Америки*



**Е. В. КОМЛЕВА,**

*институт философии и политологии,  
Технический университет, Дортмунд,  
Федеративная Республика Германия*

Все знают, как решить проблему ядерных отходов.  
Нужно всего лишь найти для этого подходящее место  
Грегори Яцко, экс-глава NRC, США

Вот и считай...

(Персонаж Сергея Юрского, фильм «Любовь и голуби»)

Пайдаланылған ядролық отынды/радиоактивті қалдықтарды жер астында сақтауының/көмуің зерттеулердің кезеңдері қарастырылған. Кәдеге жаратылған материалдарын кондициялауының жаңа маңызды әлеуетті тәсілінің пайда болуы белгіленген. Ыстық изостатикалық тығыздау-кондициялау классикалық сақтау/көму технологиясың нәтижелі толықтыруға мүмкін және жаңаларды негіздеуге бола алады. Тау кен-геологиялық жағдайларын мысалы келтірілген, сол жағдай ең үлкен экологиялық және экономикалық әсермен халықаралық қоймасын/көрқораны жасағанда ыстық изостатикалық тығыздау-кондициялау және жаңа технологияларды пайдалануы ең ықтимал.

Рассмотрены этапы исследований подземного хранения/захоронения ОЯТ/РАО. Отмечено появление нового потенциально значимого способа кондиционирования утилизируемых материалов. ГИП-кондиционирование может как результативно дополнить классические технологии хранения/захоронения, так и послужить основой новых. Приведен пример горно-геологических условий, для которых применение ГИП-кондиционирования и новых технологий наиболее вероятно при создании международного хранилища/могильника с наибольшим эколого-экономическим эффектом.

There are considered research stages of underground storage/burial of spent nuclear fuel/radioactive waste. A new potentially important way of conditioning utilized materials is pointed out. HIP-conditioning can both effectively complement the classical technologies of storage/burial and become a basis for the new ones. There is given an example of mining and geological conditions being the most potential to apply the HIP-conditioning and new technologies by construction of an international depository/final storage facility with the best ecological and economic effects.

### Введение

В 2008 г. в Государственной Думе РФ обсуждался законопроект о правовых условиях для организации в России международных хранилищ ОЯТ (отработавшего ядерного топлива) в форме совместных предприятий под контролем МАГАТЭ. Сообщалось, что «сегодня хранение 1 кг ОЯТ или ВАО

(высокоактивных отходов) стоит около 2500 долларов». Принципиальная схема оценки услуг по хранению и конкретное расчетное обоснование этой цифры нам не известны. Но мы разделяем мнение: «Актуальность подходов к вопросам обращения с отработавшим ядерным топливом, обозначенных в законопроекте, требует пристального внимания к этой инициативе» (<http://www.atomic->



[energy.ru/articles/2008/10/05/442?page=1375](http://energy.ru/articles/2008/10/05/442?page=1375)).

В работах (<http://www.proatom.ru/modules.php?file=article&name=News&sid=570>; <http://www.atomic-energy.ru/articles/2015/04/20/56383>; <http://nuclearno.ru/text.asp?18152>; [http://www.greenworld.org.ru/?q=rao\\_21515](http://www.greenworld.org.ru/?q=rao_21515)) предложено применять горячее изостатическое прессование (ГИП) для кондиционирования контейнеров/пеналов с ВАО/ОЯТ. Обращаем внимание, что издания с разных позиций по отношению к ядерной отрасли сочли полезным это предложение опубликовать. В настоящей статье рассмотрено предположение о возможном влиянии ГИП-кондиционирования на основные составляющие процесса хранения/захоронения этих материалов. Думается, что это влияние может инициировать серьезные изменения подходов к стадии завершения ядерного топливного цикла, что, в свою очередь, обусловит заметный позитив в сферах ядерной/радиационной безопасности и экономики.

### Исходные историко-теоретические посылки

1. Для конкретности и допустимого упрощения рассматриваем лишь один из вариантов последней стадии обращения с ВАО/ОЯТ – их захоронение. Его в международном контексте нужно считать основным. На такой вариант стратегически ориентируются главные атомные страны (США, ГЕРМАНИЯ, КАНАДА, ШВЕЦИЯ, ФИНЛЯНДИЯ, большей частью – ВЕЛИКОБРИТАНИЯ, ЯПОНИЯ, КИТАЙ). А также все менее продвинутое в атомной отрасли страны, которые (к тому же) не производят собственного свежего топлива, а пользуются топливом лидера мировых поставок – США. Стадии захоронения во многом технологически близок вариант долговременного хранения ВАО/ОЯТ «до периода востребованности СМАКа – сырьевого материала атомного комплекса» (терминология В. И. Полякова).

2. Доминирующим является вариант захоронения/хранения ВАО/ОЯТ с применением специальных подземных комплексов, основные функциональные части которых, как правило, по конструкции и технологии строительства отличаются от наиболее освоенных горных выработок, массово применяемых при добыче полезных ископаемых.

Особенно заметно такое отличие для самых ранних разработок. Зарубежные исследования таких комплексов имеют солидную историю (от 40 – 50 лет). Некоторые объекты уже находятся на пороге строительства. Это и хорошо, и плохо. Позитив: исследования и строительство детально проработаны технологически, нет шансов у классического магистрального зарубежного направления (Швеция, Финляндия, Канада – скальные породы высокого качества) серьезно найти компромат или существенно улучшить проекты в контексте экологической безопасности. Компромат могут найти лишь в тех случаях, когда разработчики отступают от магистрального направления или по типам пород (туфы – США, мерзлота, известняки, гнейсы – Россия), или по технологии поэтапного выбора площадки (г. Красноярск). Негатив: сохраненное для многократно зарезервированного запаса безопасности еще с теоретического этапа (40 – 50 лет назад, когда опыта и информации было мало) устремление к уникальности и сложности комплексов, естественно, привело к удорожанию и без того затратных подземных работ.

3. Немного подробнее о недостатках процесса как бы выбора площадки вблизи Красноярска. В сети временно выложены «Материалы обоснования лицензии...» по Красноярскому федеральному могильнику и подземной исследовательской лаборатории – ПИЛ (пресс-служба НО РАО – <https://cloud.mail.ru/public/9V77/FKWiSgNcw>; администрация Железнодорожска – <http://www.admk26.ru/mods/news/obyavleniya/show/?nid=9057>). Решением о месте размещения объектов является схема территориального планирования Российской Федерации в области энергетики, утвержденная распоряжением Правительства РФ от 11.11.2013 № 2084-р (схема территориального планирования согласована заместителем председателя Правительства Красноярского края от 06.08.2013 №11-09995). Исполнитель – ФГУП «Национальный оператор по обращению с радиоактивными отходами».

Очень интересный документ. Комментируем лишь часть.

Таблица 8.1 (том 3, ответы на вопросы граждан):

**п. 6.2.** «В соответствии с ранее выполненными НИОКР существующие

объекты ФГУП ФЯО «ГХК» не применимы для целей надежной окончательной изоляции заявленных количеств РАО 1 и 2 классов» (где опубликованы негативные результаты этих НИОКР, как они соотносятся с решением утилизировать промышленные реакторы/хранилища пульпы на месте их эксплуатации, а также с позитивным настроением [http://www.greenworld.org.ru/?q=rao\\_report\\_25715](http://www.greenworld.org.ru/?q=rao_report_25715) относительно 40-летних исследований в как бы ПИЛ – подземных выработках ГХК?);

**п. 8.10.** Ответ о зарубежных ОЯТ и РАО не убеждает. Ему противоречит, например, «Программа развития Кластера инновационных технологий ЗАТО Железногорск» относительно Красноярского ГХК. В этом документе рассчитывают на намерения «развитых стран мира» утилизировать ОЯТ и надеются, что они не изменятся и не понизят спрос на рынке таких услуг, что затруднило бы выполнение соответствующего направления Программы (раздел 1.3, пункт 2 подраздела «Факторы внешней среды, способные негативно повлиять на развитие Кластера», <http://innovation.gov.ru/sites/default/files/documents/2014/22370/3587.docx>). Планируется Международный центр ГХК по обращению с ОЯТ и РАО (<http://www.proatom.ru/modules.php?name=News&file=print&sid=888>) См. также анализ ситуации в <http://viperson.ru/wind.php?ID=678896> и более ранних работах этого автора;

**п. 8.15.** «Место расположения планируемого объекта и его первой очереди – подземной исследовательской лаборатории было продемонстрировано докладчиками на карте-схеме в границах промышленной площадки ФГУП «ГХК», в 4 км от Изотопно-химического завода ФГУП «ГХК»»;

**п. 9.** «Организация системы физической защиты будет полностью соответствовать требованиям действующих норм и правил в области использования атомной энергии»;

**пункты 15.3, 16.1, 17.4, 20.1, 22.1, 28.2, 30.1.** «Транспортировка больших объемов РАО является деятельностью, связанной с повышенной опасностью, в связи с этим в России действует принцип приближения объектов окончательной изоляции РАО к местам их образования и накопления. ГХК является одним из крупнейших источников образования и накопления РАО в РФ»;

**пункты 27.11, 2.1, 8.1, 8.8.** Ответ

содержит ошибку: часть работ выполнена на иностранные деньги (например, проекты МНТЦ <http://www.istc.ru/istc%5Cdb%5Cprojects.nsf/0/16EC382B2AE6AA79C32569190048E1A5?OpenDocument>; <http://www.istc.ru/istc%5Cdb%5Cprojects.nsf/0/BFF9986A8A0B6364C3256B79002F9E6E?OpenDocument>; <http://www.istc.ru/istc%5Cdb%5Cprojects.nsf/0/1F272D0637D1A000C3256E45003AB1C4?OpenDocument>; <https://e-reports-ext.llnl.gov/pdf/321359.pdf> и другие);

**п. 28.1** «В Москве и Центральном федеральном округе не обнаружено потенциально пригодных для захоронения таких РАО горных пород, ... отсутствуют высококвалифицированные специалисты, имеющиеся в атомных городах, к которым относится ЗАТО г. Железногорск».

**Кратко обобщаем смысл этих цитат/ответов:**

московские специалисты указанной в п. 28.1 квалификации:

- умалчивая/не зная о том, что причиной назначения Железногорска местом для создания могильника являются задачи по расширению ГХК (хороши или плохи эти задачи – отдельный разговор, но фиксация их в контексте данной темы необходима, так как по-новому и без игнорирования отдельных фрагментов заставляет видеть исходную ситуацию, ход/особенности обоснования и следствия предлагаемой схемы создания могильника; особый российский подход: если бы в данном месте, выбранном давно и при других целях и критериях, не располагался ГХК, никто и никогда применительно к мировой/федеральной проблеме захоронения РАО не узнал бы о существовании так многозначительно/недешево обсуждаемой сейчас геологической формации);

- подтверждая непригодность горного массива промплощадки ГХК для целей захоронения (хотя есть мнение, что уже существующие подземные сооружения ГХК используются и могут использоваться в качестве ПИЛ);

- заявляя вопреки всей международной практике о главном критерии выбора площадки для федерального/национального объекта не по принципу качества пород путем сравнения вариантов для территории страны в целом;

- ошибаясь или лукавя в ответах (в

частности, по поводу бывшего зарубежного финансирования и будущего статуса объекта);

- убеждены, что дорогую отдельную ПИЛ на промплощадке ГХК заново строить нужно (не делая даже попытки экономить на стадии предварительных исследований за счет затратных горных работ в условиях, когда в существующих подземных сооружениях ГХК такие исследования аналогичных вновь предлагаемым в пределах одной промплощадки горных пород возможны, [http://www.greenworld.org.ru/?q=rao\\_report\\_25715](http://www.greenworld.org.ru/?q=rao_report_25715));

- и предлагают верить, что, потратив затем миллиарды долларов, в 4 км от р. Енисей возможно удастся безопасно изолировать самые опасные категории РАО и обеспечивать их физическую защиту минимум сотни тысяч лет по правилам сегодняшней российской энергетики, хотя могильник/геологическое хранилище вообще не предназначен производить энергию, а будет долго потреблять ее – поэтому нормами, правилами и схемами размещения энергетических объектов регламентироваться не должен (ни одна страна в мире такой регламентацией применительно к утилизации РАО не пользуется; относительно могильника в Сосновом Бору, например, дано разъяснение: упоминание о нем в схеме территориального планирования не есть директива для строительства, а всего лишь рекомендация для резервирования места на случай, если решение о строительстве будет принято в дальнейшем и отдельно, <http://www.atomic-energy.ru/statements/2015/08/03/58753>).

Еще один акцент в связи с ответом на многократно повторенный в табл. 8.1, но не вошедший в итоги пункта 9.8 вопрос «Почему объект строится в Красноярском крае. ЗАТО г. Железногорска?» - объект федерального, как минимум, и на миллионы лет значения, но никаких альтернативных вариантов по России даже приличия ради не предусматривалось, а «аккомпанируют» Росатому от лица человечества лишь жители ведомственного ЗАТО!?!; <https://cloud.mail.ru/public/9V77/FKWiSgNcw>, том 3, а также <http://viperson.ru/wind.php?ID=678896> и <http://www.proatom.ru/modules.php?name=News&file=article&sid=6084> с комментариями.

4. Да, ГИП – кондиционирование еще повысит уже избыточно высокую надежность обоснования экологической безопасности

таких комплексов. Например, у шведов до сих пор (с ориентацией на выполнение норм безопасности в интервале, как минимум, 100 тысяч лет!) есть «ряд вопросов» к технологии изготовления медно-чугунных контейнеров хранения ОЯТ (<http://www.atomic-energy.ru/news/2015/06/29/58003>). Но надеяться при вычленении отдельных затрат на значимый плюсовой экономической эффект от применения ГИП-кондиционирования на таком классическом пути не стоит.

5. Следует отметить, что еще в пору расцвета классических представлений ФРГ и ГДР показали на практике принципиальную возможность использования (полностью или частично) для захоронения РАО/подземных лабораторий готовых горных выработок подземных рудников («Ассе», «Конрад», «Морслебен»).

#### **Исходные современно-прагматические послышки:**

1. Тенденция, отмеченная главой МАГАТЭ. «Идея обращения с ОЯТ с участием нескольких стран уже назрела, в этой области ведутся исследования, но я считаю, что это тема должна обсуждаться в будущем», – сказал Ю. Аmano, отвечая на вопрос о возможности создания международных центров для различных стадий ядерного топливного цикла (<http://www.atomic-energy.ru/news/2015/06/22/57848>).

2. Новые, «постклассические», исследования уже намечают, можно сказать, прорывные направления. Например, ставшая возможной только сейчас (фантазии-задумки были и раньше, в том числе и в России; есть сведения, что якобы "великобританская" идея глубоких скважин для захоронения ВАО еще в 80-х годах прошлого века пропагандировалась и разрабатывалась во ВНИПИпромтехнологии, за технологическую основу брали оборудование для скважин большого диаметра, которые многие годы бурились под проведение подземных ядерных взрывов) менее затратная (в этом можно не сомневаться) технология Великобритании – глубокие (до 5 км) скважины большого (до 60 см) диаметра (<http://www.atomic-energy.ru/news/2015/04/16/56305>; <http://www.atomic-energy.ru/news/2015/05/05/56696>).

3. Потенциал подобных прорывных направлений независимо от них (параллельный процесс) создают благоприятную



правовую базу. Например, в России. Федеральный закон от 11 июля 2011 г. № 190-ФЗ «Об обращении с радиоактивными отходами и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» фиксирует, соответственно реальным трудностям приближающегося практического этапа вывода из эксплуатации ядерных объектов с наработкой большого объема отходов, явную и объективную тенденцию расширительного толкования мест их захоронения, вводя возможность захоронения «особых отходов» там, где первоначально это не предполагалось и возможность этого не изучалась (ныне же достаточно дать для таких мест благоприятный геолого-экологический прогноз на 1000 лет!?). Полезно вспомнить и обдумать в «общем строю» наиболее впечатляющие примеры мест захоронения «особых отходов» – Чернобыль и Карачай.

К сожалению, российские же нормативно-правовые документы разного уровня часто при таком расширительном подходе (в целом позитивном) не имеют фильтров против субъективных, граничащих с сознательной дезинформацией отнюдь не в интересах общества, оценок экологической безопасности (<http://www.proatom.ru/modules.php?name=News&file=article&sid=6084> с комментариями), вплоть до подмены понятий (гранитоиды Нижнеканского массива и гнейсы площадки заложения горных выработок Красноярского хранилища/могильника, которая лишь на 4,5 км удалена от р. Енисей, а пятью ручьями и малыми реками практически вообще связана с ним, и Красноярского ГХК – не одно и то же, ситуационный план <http://www.atomic-energy.ru/news/2015/07/02/58084>; <http://www.proatom.ru/modules.php?name=News&file=print&sid=5226>). Некоторые важные понятия («территория с активной промышленной деятельностью», «вблизи») законодательно не определены (<http://www.atomic-energy.ru/statements/2015/08/03/58753>), что осложняет, например, решение вопросов по месту могильника в Сосновом Бору. Поэтому целесообразно российские правовые документы и конкретные нормы, как минимум, тщательно сопоставлять с зарубежными. А в организации работ – ориентироваться на международные проекты.

Росатом расширяет спектр условий для

применения категории «особых отходов»: отработывает технологии консервации/захоронения промышленных/военных реакторов (<http://www.atomic-energy.ru/news/2015/07/29/58680>; [http://ria.ru/atomtec\\_news/20150709/1123345707.html](http://ria.ru/atomtec_news/20150709/1123345707.html); <http://news.vtomske.ru/news/96689.html>) и хранилищ жидких радиоактивных отходов Сибирского химического комбината (г. Томск) непосредственно на месте их расположения и обещает тиражировать эти технологии на других объектах (<http://www.itar-tass.com/c96/935360.html>). Не хотелось бы, чтобы подобное тиражирование затронуло при выводе из эксплуатации РБМК ЛАЭС-1, а потом и других гражданских станций. Надо полагать, что не обойдется без курганной технологии изоляции остановленных АЭС (<http://www.atomic-energy.ru/technology/53116>). В г. Железногорске законсервировано подземное хранилище радиоактивных пульп (<http://spsstroy.ru/pressroom/spsnews/25027/>). Кроме того, в г. Железногорск, дополнительно к могильнику Нижнеканского массива, будут навечно захоронены непосредственно на месте их эксплуатации под землей промышленные реакторы ГХК и другие высокоактивные материалы (<http://portal.tpu.ru/files-conferences/eers/2013/sec4.pdf>; <http://www.sibghk.ru/news/2207-gkhk-gotov-k-eksportu-tekhnologij-bezopasnogo-vyvoda-iz-ekspluatatsii-radiatsionnykh-proizvodstv.html>).

4. Зафиксируем, что в последнее время даже по отношению к высокоактивным и долгоживущим отходам применяют/допускают долговременную изоляцию в сооружениях на дневной поверхности.

5. ГИП-кондиционирование на таком «постклассическом» пути может очень даже быть востребованным. Оно позволит соединить достоинство классики (магистрально выбранные скальные породы) и современных, ориентированных на экономические реалии, направлений (устремленность без потери экологического качества на упрощение и удешевление применяемых горных технологий и комплексов). А также – снизить риск негативных последствий от завышенных оценок защитных свойств вмещающих хранилища пород, когда экспериментальные исследования этих свойств для имеющих незначительную историю детального геологического изучения массивов (к ним

относится и горный массив размещения Красноярского ГХК/Красноярских могильников) подменяют в неразумных объемах математическим моделированием, а техническую ликвидацию потенциальных причин загрязнения «до того» – мониторингом загрязнения «после того». К тому же, возможно, частично удастся демпфировать плохую для РФ тенденцию (<http://nuclearno.ru/text.asp?18164>; <http://interfax.com.ua/news/economic/274950.html>) по выдавливанию Росатома с зарубежного рынка свежего топлива даже применительно к реакторам российского дизайна. Неоспоримая доля от ГИП-кондиционирования в суммарном экономическом эффекте уже может быть заметной.

#### **Исходные цифры и пример эффекта в результате гипотетического избавления от затратной классической технологии захоронения**

1. Швеция, 10 энергоблоков на трех АЭС, технология KBS-3, 4500 медных чехлов с ОЯТ (кассеты/топливные сборки) в стальных/чугунных капсулах по 12 ТВС в каждом чехле ([http://rosrao.ru/wps/wcm/connect/rosrao/rosraosite/conversion/int\\_experience/8b2eec804473be61a5b7efc800b48570](http://rosrao.ru/wps/wcm/connect/rosrao/rosraosite/conversion/int_experience/8b2eec804473be61a5b7efc800b48570); <http://publicatom.ru/blog/ecoblog/613.html>; <http://www.atomic-energy.ru/smi/2014/05/29/49243>). Стоимость строительства шведского хранилища ОЯТ на площадке Форсмарк оценивается в 24 млрд шведских крон (2,7 млрд евро, это еще не «потолок», т. к. год от года цифру прогноза повышают, а строительство фактически еще не началось). Вместительность хранилища составит 12 000 – 15 000 т топлива по тяжелым металлам (<http://www.atominfo.ru/newsg/n0790.htm>). Объем ОЯТ (видимо, упаковок): 20 тыс. м<sup>3</sup> ([https://www.iaea.org/OurWork/ST/NE/NEFW/CEG/documents/ws062006\\_10R.pdf](https://www.iaea.org/OurWork/ST/NE/NEFW/CEG/documents/ws062006_10R.pdf)).

2. Финляндия. Стоимость финского хранилища по той же технологии KBS-3 оценивается в 3 млрд евро (по другим данным – 3,3 млрд долларов). Вместительность хранилища составит 12 000 т топлива по тяжелым металлам. (<http://www.atominfo.ru/newsg/n0790.htm>).

Финляндия. Стоимость капитальных (на строительство) удельных затрат при захоронении ОЯТ: 3 300 000 000 долларов :

12 000 т = 275 000 долл/т.

3. США, Юкка-Маунтин, вместимость 77 000 т (<http://energyfuture.ru/kрах-proekta-yucca-mountain>), стоимость хранилища неоднократно пересматривалась в сторону увеличения, при оценке в 100 млрд долларов финансирование и работы прекратили, удельные капитальные затраты (оценочно/по прогнозу) составляют: 100 000 000 000 долларов: 77 000 т = 1 300 000 долл/т.

ТАКИМ ОБРАЗОМ: опережающие оценки удельных капитальных затрат при классическом подземном захоронении ВАО/ОЯТ колеблются в зависимости от масштаба объекта, места размещения и разработанной технологии в пределах 275 тыс. долларов – 1 300 тыс. долларов за тонну утилизируемого материала (оценки объективно занижены, так как при реальном строительстве затраты будут больше).

4. Объем ВАО и САО для Красноярского геологического хранилища/могильника планируется (для поставок от Красноярского ГХК, Сибирского ХК и ПО «Маяк») не более 160-200 тыс. м<sup>3</sup> (<https://cloud.mail.ru/public/9V77/FKWiSgNcw>, тома 2 и 3).

5. В первом приближении ясно, что эксплуатационные расходы при затаривании хранилища упаковками и его консервации для классического варианта будут не меньше, чем для новых направлений.

6. Если ГИП-кондиционирование будет обеспечивать гарантию герметичности упаковок на 100 – 1000 лет, то для новых направлений захоронения роль других инженерных и геологических/природных барьеров снижается, их можно минимизировать и весь эффект от разницы в капитальных затратах обоснованно можно отнести на долю ГИП-кондиционирования.

7. Конкретный пример при дальнейшем развитии, не снижая экологической безопасности, логики «постклассических» прорывных технологий. А логику эту развивать надо. Иначе бюджет Росатома существенно пострадает из-за значительных (предварительно 27 триллионов рублей) финансовых запросов на захоронение. Тем более, что «нефтегазовое счастье» покидает Россию надолго, если не навсегда (<http://nuclearno.ru/text.asp?18198>; <http://www.promved.ru/articles/article.phtml?id=2819&no>

mer=94). А килограмм добытого урана на рынке стоит 90-100 долларов (<http://www.kommersant.ru/Doc/2717810>).

Выводимый из эксплуатации карьер «Центральный» Кольской ГМК Норникеля. Проектная глубина – 400 м, выработанный свободный и доступный объем – сотни миллионов м<sup>3</sup> (<http://www.kolasc.net.ru/russian/innovation/ksc70/3.7.pdf>). Капитальных затрат при использовании в качестве хранилища/могильника практически не требуется/они несравнимо малы. Возможно без существенного изменения запасов свободного пространства утилизировать даже без бурения скважин, просто послойно на стеллажах/в штабелях с буферной породной засыпкой для дополнительной гарантии исключения негативных процессов в зоне захоронения, начиная от дна карьера, объемы ВАО/ОЯТ, эквивалентные объемам СОТЕН классических объектов подземного захоронения шведско-финских, СОТНИ объектов типа Юкка-Маунтин/Красноярского и СОТЕН объектов согласно недавно предложенной курганной технологии. При необходимости хватит места и для других категорий РАО (например, Ленинградской и Архангельской областей; это, и не в первый раз, обсуждали в достаточно представительной аудитории еще в 2000 г., <http://nuclearno.ru/text.asp?1325>; [http://enu.kz/repository/repository2012/NNC\\_RK\\_Bulletin\\_4\\_12\\_2002.pdf](http://enu.kz/repository/repository2012/NNC_RK_Bulletin_4_12_2002.pdf)). Тем более, что от концепции подземного могильника РАО «с нуля» в Ленинградской области готовы отказаться из-за его высокой стоимости (<http://www.atomic-energy.ru/statements/2015/08/03/58753>; [http://top.rbc.ru/spb\\_sz/15/07/2015/55a6058e9a79475cb1318d71](http://top.rbc.ru/spb_sz/15/07/2015/55a6058e9a79475cb1318d71)).

Если Росатом запустил и планирует в производство засыпку своих выведенных из эксплуатации объектов (в том числе с облученным графитом, углерод которого способен встраиваться в биологические цепочки) тут и там, то почему не делать такую изоляцию «на десятки тысяч лет» и «впервые в мире» (<http://www.atomic-energy.ru/news/2015/08/03/58750>; <http://www.atomic-energy.ru/statements/2015/08/03/58751>) применительно к какому-то объему наиболее опасных отходов и возвратных, возможно, материалов в глубоком и вместительном карьере, расположенном в малонаселенной

местности? Отказ от «засыпки в карьере» можно, видимо, понять лишь в том случае, если и впрямь наращивание (Сайда-Губа, Приморье, Томск...) на дневной поверхности числа опасных объектов (как часто декларируется, минимум, всего лишь, на 100 лет) даже не в результате аварий, а штатно – это показатель высоких технологий и небывалого прогресса. При таком наращивании, однако, удобно не видеть факты распространения техногенной радиоактивности во времени в среде обитания человека, поступающей из зоны Чернобыльской АЭС, хвостохранилищ урановых месторождений и других наземных объектов атомной отрасли.

И уже положено начало процессу: в Росатом и управление президента РФ сделан запрос о возможности замены могильника в Сосновом Бору могильником на Кольском полуострове (<http://karpovka.com/2015/07/28/247524/>; <http://nevnov.ru/building/raznoe/uchenye-na-kolskij-poluostrov-realno-perenestisotni-finsko-shvedskix-yadernyx-zaxoroneniijili-mogilnik-v-sosnovom-boru/>). На Северо-Западе России Росатом ищет альтернативу площадке Соснового Бора, выбранной, во многом, по признаку удобного соседства, и технические решения, позволяющие оптимизировать стоимость объекта (<http://www.atomic-energy.ru/statements/2015/08/03/58753>). На очереди – Красноярск? Если, как показывают многочисленные обсуждения и даже собственные документы Росатома, его специалисты затрудняются объяснить выбор промплощадки ГХК в качестве места для федерального могильника, то, может быть, следует (для удобства отвечающих) переформатировать объяснения в ракурсе возможности/невозможности замены площадки вблизи Красноярска на другую и в другом регионе (Печенга или Краснокаменск, обе площадки предполагают использование готовых подземных выработок и данных детального многолетнего геологического изучения)?

Напорных глубинных вод в карьере нет (как не замечены они многолетней практикой и в подземных рудниках Печенги, какой концентрированный для сравнительно небольшой территории опыт гидрогеологических наблюдений и регулирований в сопоставлении с поинтервальной гидрогеоло-



гией применительно к Кольской сверх-глубокой скважине может быть востребован!). Аналоги р. Енисей, которая значимо влияет на водный режим соседних горных массивов, рядом не просматриваются. Системой горных выработок территория в глобальном смысле дренирована. Свежая вода ежегодных природных атмосферных осадков, поступающая естественным путем в карьер, с глубин 300 – 400 м вверх к земной поверхности не пойдет. К тому же имеет место переток воды со дна карьера в подземные выработки рудника «Северный Глубокий» (что гарантированно исключит даже теоретическую возможность появления переносчика радионуклидов к земной поверхности). Система «карьер-подземный рудник» обеспечивает для могильника во вмещающем горном массиве дополнительный защитный барьер – воронку депрессии (которая засасывает метеорную воду), а также – легко предсказуемое и контролируемое перемещение воды в них. Вода природных осадков со дна карьера посредством естественного дренирования будет уходить в «пруды – отстойники» огромных объемов подземного рудника либо дренировать на большие по сравнению с зоной размещения ОЯТ/РАО глубины внутри пород Земли. Вода будет уходить со дна карьера, всегда подвергаясь процессам очищения (если будет ее гипотетическое загрязнение в зоне размещения РАО/ОЯТ) в огромных подземных пространствах.

«Северный Глубокий» – уникальный рудник, который ко времени обустройства и эксплуатации карьера по новому назначению будет, скорей всего, также закрыт применительно к добыче медно-никелевых руд из-за их исчерпания. «Северный Глубокий», сочлененный с карьером «Центральный», – один из крупнейших подземных рудников в цветной металлургии (глубина ствола - 1280 м, <http://balum.us/ru/news/184/>). Объемы его отработанного пространства, которые со временем также станут свободными, – резерв не только для направленного и без участия человека отвода воды из карьера, но и, при необходимости, для образования дополнительных (уникальность и в сочетании двух типов крупных горных выработок) секций хранилища/могильника.

Куда за долгие-долгие годы будет уходить вода из Красноярского могильника и

откуда вода будет поступать в него, если рядом находится очень динамичная, даже без возможных неприятностей с плотинами Саяно-Шушенской и Красноярской ГЭС, водная система – р. Енисей? Характерно состояние туннеля под дном Енисея в Железногорске, при строительстве подземных сооружений ГХК через трещиноватый горный массив были прорывы воды в них, <http://www.tipazheleznogorsk.narod.ru/historyr.html>. В районе Железногорска обнаружены млекопитающие, живущие в пещерах <http://redbook24.ru/mlekopitayushhie/nochnicadlinnoxvostaya.html>, что может свидетельствовать о наличии карста. С 1988 г. в районе г. Красноярска все чаще фиксируются наводнения из-за природно-техногенного изменения гидрологического режима в пойме р. Енисей, <http://www.plotina.net/stroiteliprotiv-eniseya/>.

Для унификации специфических работ в зоне размещения ВАО/ОЯТ применительно к Печенге многие операции и оборудование при создании и эксплуатации секций как в карьере, так и в подземных выработках могут быть заимствованы из технологических предложений (работа не пропадет) по непосредственно камерам для отходов в Красноярском хранилище/могильнике (<https://cloud.mail.ru/public/9V77/FKWiSgNcw>, том 3). Весьма важно, что Россия (Росатом, ВНИИ-промтехнологии) может применить здесь (самостоятельно или совместно с Великобританией) технологию глубоких скважин. Равно как и ПИЛ в целом, проектируемая для Красноярска, может быть с большей пользой реализована на Печенге (если уже установлено – табл. 8.1 тома 3 и <http://viperson.ru/wind.php?ID=678896>, что «в соответствии с ранее выполненными НИОКР существующие объекты ФГУП ФЯО «ГХК» не применимы для целей надежной окончательной изоляции заявленных количеств РАО 1 и 2 классов», то какова объективная вероятность, что созданная рядом в том же горном массиве ПИЛ приведет к положительному заключению? Ответ: близкая к нулю). И «засыпку в карьере» по задумке можно делать как в Томске, Красноярске и на будущих объектах курганной технологии, а по исполнению – лучше и, опять же, дешевле, так как на Кольском полуострове ассортимент минеральных буферных заполнителей с разными

функциями защиты обширней.

Печенгская ПИЛ (в готовых выработках или сопряженная с ними) положит начало новому ГХК – уже международному и в условиях хорошо изученных и пригодных для захоронения/хранения ВАО/ОЯТ геологических формаций. ГХК, который объединит новый способ кондиционирования изолируемых материалов и наземно-подземный способ их размещения. Международному с самого начала и открыто. А не как Красноярский могильник, который пока афишируется как исключительно российский, а исподволь уже сейчас готовится как международный. Экономия только на капитальных горно-строительных затратах вспомогательного назначения при переходе от национальных (российского – Красноярск и зарубежных) классических подземных хранилищ/могильников к такому международному объекту составит минимум СОТНИ миллиардов долларов. Первые деньги, связанные с возможным отказом Росатома от строительства подземного могильника в Ленинградской области, уже можно плюсовать в суммарный будущий итог продвижения по такому пути, на котором Росатом не только много не затратит, но много будет зарабатывать. Естественно, значительно снизятся и затраты времени на ликвидацию опасных наземных хранилищ ВАО/ОЯТ (например, при АЭС), что особенно важно в наше тревожное время.

Пора просить для Печенги статус Территории опережающего развития/Особой экономической зоны.

### Заключение

В ближайшее время целесообразно профинансировать и выполнить:

1) Детальную теоретическую и экспериментальную актуализацию широко освоенной в ведущих отраслях промышленности ГИП-технологии получения новых, повышения качества готовых материалов и изделий из них для другой важной цели – кондиционирования ОЯТ/ВАО как дополнения планируемых (Железногорск) или основы новых (Печенга) технологий хранения/захоронения ядерно- и радиационно-опасных материалов;

2) Анализ некоторых альтернативных технологий хранения/захоронения ОЯТ/ВАО в России на примере Нижнеканского массива и Печенгской формации и определение роли в них ГИП-кондиционирования с позиций, прежде всего, безопасности водных ресурсов и экономики подземных объектов;

3) Разработку концепций гидро-геологического и социально-экологического (предложение О. В. Бодрова) мониторинга разного типа альтернативных подземных объектов хранения/захоронения ГИП-кондиционированных ОЯТ/ВАО.

## НОВОСТИ ГЕОЛОГИИ

### **Международные стандарты отчетности повысят инвестиционную привлекательность Казахстана**

Казахстан намерен внедрять международные стандарты отчетности по ресурсам и запасам твердых полезных ископаемых. Соответствующий меморандум, между МИР РК и Комитетом по международным стандартам отчетности по запасам минерального сырья (CRIRSCO), был подписан в Лондоне в ходе 2-го заседания Казахстанско-Британской межправительственной комиссии по торгово-экономическому, научно-техническому и культурному сотрудничеству.

Как сообщили в пресс-службе МИР РК, в условиях глобального экономического кризиса и конкуренции за иностранные инвестиции в горнодобывающей отрасли, доверие инвесторов к предоставляемым сведениям о минеральных ресурсах и запасах является важнейшим фактором для принятия решений об инвестировании.

«Целью заключенного меморандума является налаживание сотрудничества между сторонами в разработке и реализации казахстанского Кодекса публичной отчетности о результатах геологоразведочных работ, минеральных ресурсах и минеральных запасах Республики Казахстан (Кодекс KAZRC). Кодекс KAZRC будет базироваться на общих принципах семейства кодексов CRIRSCO», - говорится в сообщении.

В соответствии с требованиями CRIRSCO, в Казахстане создается независимая национальная организация по отчетности о ресурсах и запасах - Ассоциация KAZRC.

Учредителями KAZRC являются Ассоциация производственных геологоразведочных организаций, Ассоциация горно-металлургических предприятий и Национальная компания «Казгеология».

Принятие Ассоциацией KAZRC в членство CRIRSCO будет означать международное признание казахстанских стандартов, и повысит рейтинг минерально-сырьевого сектора для иностранных и отечественных инвестиций.

Комитет CRIRSCO был сформирован в 1994 году под эгидой Совета Горно-металлургического института (СММИ) и объединяет 8 организаций: JORC (Австралия), CIM (Канада), Comision Minera (Чили), PERC (Европа), MPIGM (Монголия), NAEN (Россия), SAMCODES (ЮАР), SME (США).

Источник: ИА BNews.kz

### **Lucara добыла алмаз весом 1111 каратов в Ботсване**

Lucara Diamond на шахте Карове (Karowe) в Ботсване добыла алмаз ювелирного качества типа IIa, вес которого составляет 1111 каратов. Камень найден на южной доле шахты, он является вторым по величине в мире алмазом ювелирного качества и крупнейшим, полученным с помощью современных методов добычи. Благодаря исторической находке, компания Lucara и шахта Карове встала в один ряд с исключительными мировыми производителями алмазов. Важность обнаружения алмаза ювелирного качества весом более 1000 карат, крупнейшего за более чем сто лет, и другие находки качественных алмазов на южной доле шахты, сложно переоценить. Компания Lucara Diamond продолжит добычу на южной доле шахты, показатели которой выше всяких ожиданий и превосходно сбалансированы по срокам благодаря недавнему вводу в эксплуатацию модифицированного перерабатывающего предприятия. Это позволяет компании добывать очень крупные и высококачественные исключительные алмазы.

Источник: [http://www.catalogmineralov.ru/news\\_Lucara\\_dobyila\\_almaz\\_vesom\\_1111\\_karatov\\_v.html](http://www.catalogmineralov.ru/news_Lucara_dobyila_almaz_vesom_1111_karatov_v.html)



### **Швейцария в январе-октябре нарастила импорт золота**

В период с января по октябрь текущего года Швейцария нарастила объем импортируемого немонетарного и необработанного золота на 14,4 процента до 2,046 тысяч тонн на общую сумму 54,36 миллиардов швейцарских франков (53,6 миллиардов долларов США). Наибольший объем драгоценного металла был ввезен из Великобритании, поставки золота из этой страны сократились на 11,5 процента по сравнению с аналогичным периодом прошлого года, составив 443,99 тонн на сумму 16 миллиардов франков. Импорт золота из Аргентины вырос на 234,7 процента, составив 333,36 тонн на сумму 943 миллиона франков. Объем поставок из США увеличился на 1,1 процента до 171,9 тонн на 5,87 миллиардов франков. Импорт из Чили сократился на 29,6 процента, составив 128,9 тонн на 409 миллионов франков. Поставки из России упали на 46,1 процента до 27,563 тонн на 1,024 миллиардов франков. Объем экспортированного золота из Швейцарии в период с января по октябрь вырос на 3,6 процента, составив 1,43 тысяч тонн на общую сумму 51,8 миллиардов франков. Наибольший объем золота был поставлен в Индию, экспорт в эту страну вырос на 2,2 процента, составив 388,79 тонн на 14 миллиардов франков. Поставки в Гонконг увеличились на 23,1 процента до 368,43 тонн на 13,4 миллиардов франков. Объем экспорта в Сингапур снизился на 9,7 процентов до 97,56 тонн на 3,55 миллиардов франков. Поставки золота в Россию в октябре, впервые в текущем году, составили 1,659 тонн золота на 58 миллионов франков, данный показатель сократился на 37 процентов по сравнению с аналогичным периодом прошлого года.

Источник: [http://www.catalogmineralov.ru/news\\_shveytsariya\\_v\\_yanvare\\_oktyabre\\_narastila\\_import.html](http://www.catalogmineralov.ru/news_shveytsariya_v_yanvare_oktyabre_narastila_import.html)

### **Казахстан нарастил добычу золота и серебра**

В период с января по октябрь текущего года предприятиями Казахстана было произведено 25,688 тонн аффинированного золота. Данный показатель вырос на 18,5 процентов по сравнению с аналогичным периодом прошлого года. Объем производства аффинированного серебра увеличился на 35 процентов, составив 1,078 тысяч тонн. Объем производства необработанного и полуобработанного или в виде порошка золота вырос на 30,2 процентов до 51,529 тонн, серебра – на 34,4 процента до 1,08 тысяч тонн. В Восточно-Казахстанской области произведен наибольший объем необработанного и полуобработанного золота – 19,452 тонн. Акмолинская область выдала 16,9 тонн золота, Астана – 6,168 тонн, Карагандинская область – 5,25 тонн, Костанайская – 2,55 тонн, Жамбылская – 1,004 тонн, Павлодарская область – 175 килограмм, Северо-Казахстанская – 30 килограмм драгоценного металла. Восточно-Казахстанская область выдала 779,144 тонн необработанного и полуобработанного серебра. В Карагандинской области произведено 299,38 тонн, в Павлодарской 1,427 тонн, в Жамбылской области – 192 килограмм. Объем произведенной рафинированной необработанной, нелегированной меди за 10 месяцев вырос на 40,9 процентов до 321,582 тысяч тонн, необработанного цинка – сократился на 0,2 процента до 269,941 тысяч тонн, необработанного рафинированного свинца – снизился на 8,4 процента до 96,992 тысяч тонн. В ценовом эквиваленте предприятия Казахстана добыли руды цветных металлов на сумму 447,621 миллиардов тенге или 1,46 миллиардов долларов.

Источник: [http://www.catalogmineralov.ru/news\\_kazahstan\\_narastil\\_dobyichu\\_zolota\\_i\\_serebra.html](http://www.catalogmineralov.ru/news_kazahstan_narastil_dobyichu_zolota_i_serebra.html)

### **Парламент Казахстана одобрил закон о драгоценных металлах и камнях**

Мажилис (нижняя палата) парламента Казахстана одобрил проект нового закона страны «О драгоценных камнях и драгоценных металлах». Цель принятия такого законопроекта – формирование единой законодательной базы, направленной на регулирование общественных отношений, которые появляются в области производства драгоценных камней и металлов и их

оборота. Закон так же регламентирует государственное регулирование и контроль над операциями с драгоценными металлами и камнями, производит гармонизацию национального законодательства и создает условия для развития ювелирной промышленности в Казахстане. Новый закон предусматривает определение компетенции Национального банка, правительства страны и уполномоченного органа в сфере оборота драгметаллов и камней, а также установление за нарушение данного законодательства соответствующей ответственности. Согласно новому законопроекту, государство имеет приоритетное право на заключение сделок по покупке аффинированного золота с субъектами производства драгметалла и с лицами, ставшими их собственниками в результате переработки. Законопроект необходим для пополнения в драгоценных металлах активов Национального банка. Кроме того, законопроект рассматривает ввод обязательного клеймения и опробования ювелирных изделий из драгоценных камней и металлов, произведенных на территории Казахстана. В ходе работы на проекте парламентарием был внесен ряд поправок, уточняющие компетенции соответствующих структур, а также такие понятия как «экспертиза ювелирных изделий из драгоценных металлов и камней», «экспертиза драгоценных камней» и ряд других. Во втором чтении по законопроекту депутатами были так же одобрены сопутствующие ему поправки в действующее законодательство.

Источник: [http://www.catalogmineralov.ru/news\\_parlament\\_kazahstana\\_odobril\\_zakon\\_o.html](http://www.catalogmineralov.ru/news_parlament_kazahstana_odobril_zakon_o.html)

### **Алмазы, золото и серебро будут добываться в океане**

Кризис горнодобывающей промышленности толкает ученых и инженеров к переносу данной отрасли с суши под воду. Это связано с сокращением запасов дорогих минералов и руд на поверхности земли, а также с дороговизной проведения «сухих» карьерных работ. Поэтому некоторые производители землеройных и карьерных машин начали создавать технику, которая была бы способна работать на большой глубине океана. В рамках проекта Solwara 1 на берега Папуа-Новая Гвинея были доставлены 3 первых подводных агрегата канадского производства, которые будут эксплуатироваться для добычи золота, серебра, меди и алмазов. Агрегат состоит из нескольких машин – основной резак, вспомогательный резак и сборочная машина. Вес каждой из них составляет 250 тонн, это позволяет погружаться на глубины до 1,5 тысяч метров с тем условием, что температура воды не будет превышать 2,6 градусов по Цельсию. Основная задача дополнительного резака – вспарывание океанского дна с наибольшей силой и мощностью, нежели аналогичная техника, работающая на поверхности земли. Извлечение добытой породы со дна будет осуществляться при помощи мощных насосов по специальным трубам. Кроме трех основных машин, на поверхности воды будут работать еще два судна, с одного из них будет производиться управление подводным агрегатом, а второе выступит в качестве транспортера добытой породы, его длина составит 228 метров, ширина – 40 метров, а также будет обеспечивать подводные машины электроэнергией. Построением машин занималась английская корпорация SMD, используя запчасти и агрегаты марок Caterpillar, Siemens и Pearson Engineering, оснатив подводную технику мощнейшими двигателями производства Rolls-Royce. Управление подводными машинами будет производиться дистанционно, экипажем судна в составе 130 человек. Ожидается, что проект Solwara 1 станет первым в мире коммерческим полноценным исследованием морского дна по добыче золота и меди. Реализация проекта будет проходить на подводном карьере, расположенном в 30 километрах от берега в Новогвинейском море. По предварительным данным, здесь можно добыть почти 1,5 миллиона тонн ценных ресурсов, которые будут содержать 8,1 процента меди, 6,4 грамма золота, 34 грамма серебра и 0,9 процента цинка в каждой добытой тонне. Запуск проекта по подводной добыче будет осуществлен в 2018 году. На сегодняшний день Nautilus Minerals получила несколько лицензий на разведку более 1,5 миллиона квадратных километров дна Тихого, Индийского и Атлантического океанов.

Источник: [http://www.catalogmineralov.ru/news\\_almazyi\\_zoloto\\_i\\_serebro\\_budut\\_dobyivatsya\\_v.html](http://www.catalogmineralov.ru/news_almazyi_zoloto_i_serebro_budut_dobyivatsya_v.html)





Жамбыл Дидар

# Советские традиции, современные стандарты!

оценка • геологоразведка • экспертиза

- Мы являемся прямыми продолжателями традиций ВСЕГЕИ (бывшего "Геолкома России", основанного в 1893 году и являющегося отцом русской прикладной геологии, важнейшей частью которой всегда была Казахская геологическая служба).
- Произведем предварительную прогнозную оценку любой территории на любой вид твердого полезного ископаемого и дадим рекомендации по ее освоению.
- Можем подготовить материалы и заявку для инициирования тендера или прямых переговоров с Компетентным органом.
- Быстро составим проект геологоразведочных (поисковых, поисково-оценочных и оценочных) работ на любой вид твердых полезных ископаемых и можем довести его до подписания Контракта с Компетентным органом.
- Произведем независимую экспертизу любого проекта геологоразведочных работ для рассмотрения его на ЦКРР Министерства развития и инвестиций РК.
- Проведем любые геологоразведочные работы или их геологическое обслуживание, включая геологический отчет (только по своим материалам) и рассмотрение его на подразделениях Министерства развития и инвестиций РК (Казнедра, ГКЗ).
- Топографо-геодезические работы любого масштаба в пределах РК, в том числе работа с аэрокосмическими материалами (ортофотобланы любого масштаба и спектра из мирового архива и заказными), включая составление по ним топографических основ масштаба 1: 2000 и мельче без полевых работ.



**ТОО "Жамбыл Дидар", Республика Казахстан,  
Жамбылская область, Мойынкумский р-н,  
пос. Мирный. Тел./факс: 8 (726) 402 70 50,  
E-mail: z-didar@yandex.ru**



*Журнал  
распространяется в  
Республике Казахстан,  
Российской Федерации*

*Ответственность  
за достоверность  
фактов и сведений,  
содержащихся в  
публикациях, несут  
авторы*

*Ответственность  
за содержание рекламы  
несут рекламодатели*

*При перепечатке  
материалов ссылка на  
"Горно-геологический  
журнал" обязательна*

На лицевой стороне обложки журнала фото жемчужины аметиста с кристаллом гипса.  
Геологический музей им. В. И. Вернадского, г. Москва (фото представлено Хафизовым И.).





**ТОО “АГРП”**  
**110700, г. Житикара, Республика Казахстан**  
**тел./факс: 8 (71435) 2-22-72**  
**e-mail: [nizamid@mail.ru](mailto:nizamid@mail.ru)**