

кембрийским, и присутствием талька в подстилающих продуктивный пласт породах.

В заключение можно сказать, что ожидаемое Метегерское месторождение сепиолитовых глин является инвестиционно привлекательным объектом. Геолого-экономическая оценка по укрупненным показателям позволила сделать вывод о рентабельности разработки месторождения, особенно участка, доступного для разработки открытым способом. Но прогнозные ресурсы Метегерского проявления недостаточны для создания надежной минерально-сырьевой базы сепиолитовых глин, т. к. при выделении лицензионных участков для их освоения они будут значительно уменьшены вследствие попадания их части в водоохранную зону р. Лена. С другой стороны, потребности в сепиолитовых глинах могут увеличиться за счет спроса предприятиями соседних субъектов Дальневосточного федерального округа, не обладающих этим редким видом нерудного минерального сырья. Соответственно работы по изучению проявления и новых сепиолитоносных участков

следует продолжать. Рекомендуется проведение поисковых работ на северо-восточном фланге Метегерского проявления и на участках Юнкюр и Намана.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бобров, А.К. Об объеме и возрасте метегерской свиты кембрия Березовского и Ангаро-Ленского прогиба / А.К. Бобров, С.А. Боброва // Научн. сообщ. Якутск. фил. АН СССР. — Вып. VII (геология). — 1962.
2. Писарчик, Я.К. О сепиолитовых породах в кембрии юга Сибирской платформы / Я.К. Писарчик // Литология и полезные ископаемые. — 1975. — № 4. — С. 128–134.
3. Сабитов, А.А. Сепиолитовые глины Метегерского проявления (Республика Саха (Якутия)) — новый вид нерудного сырья в России / А.А. Сабитов, Р.Г. Галиахметов, Ф.А. Трофимова, Е.С. Руселик, Л.М. Николаева // Разведка и охрана недр. — 2015. — № 4. — С. 29–34.

© Коллектив авторов, 2018

Сабитов Абрек Абдрахманович // root@geolnerud.net
Галиахметов Раян Гайнанович // root@geolnerud.net
Трофимова Фарида Ассадулловна // root@geolnerud.net
Руселик Екатерина Сергеевна // root@geolnerud.net
Тетерин Анатолий Никифорович // root@geolnerud.net
Николаева Людмила Михайловна // nikolaewa_LM@mail.ru.

ГЕОФИЗИКА

УДК: 550.8.052

Ниценко П.А. (АО «Казгеология»)

ПЕРЕИНТЕРПРЕТАЦИЯ ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ — ОСНОВА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОИСКОВЫХ РАБОТ В СТАРЫХ ГОРНОРУДНЫХ РАЙОНАХ

*Рассмотрены вопросы качественной переинтерпретации геолого-геофизических материалов с применением современных программных средств и принципов моделирования для постановки эффективных поисковых работ на изученных площадях, например, в пределах давно действующих горных отводов. Приведен пример использования переинтерпретации и эффективности поисковых работ на хромовые руды на хорошо изученном Южно-Кемпирсайском рудном поле. **Ключевые слова:** комплексная интерпретация, анизотропная трансформация, компоненты поля, слабоаномальные зоны, статистический анализ, частотная томография, моделирование, локальные рудоконтролирующие структуры, пропущенные рудные тела, фланги, восполнение запасов.*

Nitsenko P.A. (Kazgeology)

RE-INTERPRETATION OF GEOLOGICAL-GEOPHYSICAL DATA ARE THE BASIS OF EFFECTIVE SEARCH IN OLD MINING AREAS

Questions qualitative a feather of interpretation of geologic-geophysical materials with application of modern software and the principles of modeling for initiation of effective search

*works on the studied squares, for example within the operating mountain branches are considered. The example of use of reinterpretation and efficiency of search works on chrome ores on well-studied Southern-Kempirsaysky Ore Field is given. **Keywords:** complex interpretation, anisotropic transformation, field components, low-anomaly zones, statistical analysis, frequency tomography, modeling, local ore-control structures, passed ore bodies, ore flanks, completion of ore-stocks.*

Современное состояние минерально-сырьевой базы Казахстана, как и других стран СНГ, во многом является результатом геолого-промышленной политики бывшего СССР [4]. Даже разведанные в годы независимости месторождения в большинстве случаев были обнаружены еще в советские годы, когда геологической службой решалась задача достаточного обеспечения народного хозяйства необходимым сырьем, что требовало планомерности геологического изучения территории и безусловного соблюдения стадийности геологоразведочных работ.

В советские годы значительные средства вкладывались в изучение крупных объектов, освоение которых требовало больших капиталовложений, а ввод их в эксплуатацию обеспечивал сырьем крупные промышленные горно-металлургические комплексы. При этом обнаруженные при планомерных геологоразведочных работах менее крупные месторождения, рудопроявления, минерализованные зоны, перспективные аномалии, особенно вблизи крупных разведанных месторождений, так и не вводились в эксплуатацию, оставались в ранге проявлений либо вообще «теря-

лись» на фоне эксплуатации крупных и уникальных месторождений полезных ископаемых.

Характерными примерами результатов такой политики являются вводимые сегодня в эксплуатацию, но разведанные еще в советское время, участки крупных месторождений, например, Южно-Сарбайское железорудное месторождение в Костанайской области, проект отработки которого разработан в 2011 г. (ОАО «Гипроруда») [2], но при этом месторождение является перспективным продолжением Сарбайского карьера, разрабатываемого еще с 1956 г. Там же, в районе крупных железорудных месторождений Соколовско-Сарбайской группы, с советских времен известен ряд мелких и средних железорудных проявлений, которые были доразведаны и подготовлены к эксплуатации уже в годы независимости.

Помимо предварительно разведанных в советское время запасов резервных участков крупных месторождений, которые сегодня вводятся в эксплуатацию, известны современные примеры выявления промышленно-значимых рудных концентраций на флангах и глубоких горизонтах разведанных эксплуатируемых месторождений. Основные приросты запасов в последние десятилетия получены преимущественно по ряду известных еще с 1970-х годов месторождений и проявлений. Характерным примером является значительное увеличение запасов месторождений Васильковское, Малеевское и Риддер-Сокольное, разрабатываемых ТОО «Казцинк» в Северном и Восточном Казахстане [5].

Разведанные и эксплуатируемые месторождения все еще располагают значительным потенциалом развития сырьевой базы как за счет известных ресурсов, так и за счет недостаточно изученных рудных перспектив в их окрестностях. Таким образом, ресурсы полезных ископаемых могут быть еще разведаны и в известных «старых» горнорудных районах, как говорили корифеи-первооткрыватели: «руды надо искать у руды».

На основе использования инновационных технологий и нестандартных подходов к обработке геолого-геофизических данных возможна постановка поисковых работ с целью обнаружения «пропущенных» или неизученных рудных залежей вблизи известных разведанных рудных тел, что будет способствовать продлению срока рациональной эксплуатации разведанных месторождений. Переинтерпретация геолого-геофизических материалов с использованием современных программных средств моделирования является одним из таких перспективных направлений. В качестве практического примера этого направления приводится опыт поисковых работ на хромовые руды на Южно-Кемпирсайском рудном поле в Актюбинской области, основанный на использовании инновационных технологий переинтерпретации геолого-геофизических материалов.

Территория Южно-Кемпирсайского рудного поля хорошо изучена как геофизически, так и геологически; имеются разрабатываемые и разведанные месторождения хрома, многочисленные обнаруженные рудопроявления и прогнозные поля.

Хромитовое оруденение обладает рядом геологических и геофизических признаков, установление которых позволило до последнего времени эффективно проводить поиски хромитов. Для выявления хромитов существенное поисковое значение имеют геофизические методы поисков. Основой применения геофизических методов является аномальный характер физических полей, создаваемых рудами в рудовмещающих породах. Так как хромиты обладают большой избыточной плотностью ($\delta_{изб} = + (0,8-1,2 \text{ г/см}^3)$), аномалии гравитационного поля имеют основное поисковое значение.

Первые геофизические гравиразведочные работы на Кемпирсайском массиве начали проводиться еще в 1938 г. В настоящее время территория в основном обеспечена гравиметрическими съемками масштаба 1:10 000 по сети 100–200 × 50–100 м. Сечение изоаномал не хуже 0.2 мГал. Такая детальность достаточна для качественной интерпретации и выявления перспективных объектов. Все известные месторождения хромовых руд, выходящих на поверхность, были выявлены при помощи геологического маршрутирования, а месторождения, представленные не выходящими на поверхность рудными залежами, открыты по материалам гравиметрической съемки.

Основное значение для планирования постановки поисковых работ в условиях высокой степени геофизической изученности территории имеет переинтерпретация геолого-геофизических материалов с применением современных программных средств и принципов специализированного моделирования.

С использованием современных специализированных комплексов программ Geosoft Oasis Montaj TM, КОСКАД 3D специалистами ТОО «Специализированное геофизическое предприятие» выполнены различные трансформационные преобразования исходного гравитационного поля, выделены его различные составляющие, каждая из которых вызвана аномалиями с определенными характеристиками и, предположительно, однотипной природой.

При дальнейшей геологической интерпретации полученных трансформаций наибольшую эффективность показал метод аналогий, основанный на изучении особенностей проявления известных месторождений хрома в гравитационном поле и выявлении аналогичных аномальных зон. Реализовать метод аналогий удалось в модели объемного распределения относительной плотности. Для подготовки геофизической основы для статистического подхода к использованию метода аналогий на основе сводной цифровой модели гравитационного поля посредством программного комплекса «КОСКАД 3D» выполнен спектрально-корреляционный и статистический анализ гравиметрических данных. С целью получения представлений об объемном распределении плотностных параметров геологической среды выполнено моделирование на основе алгоритма томографического (частотная томография) распределения плотностных параметров геологической среды с применением комплекса «КОСКАД 3D» с использованием программы

Оценка параметров 3D гравимагнитных моделей (по Б.А. Андрееву). Алгоритмы частотной томографии дали возможность по гравитационному полю рассчитать объемные модели распределения значений избыточной плотности пород (в условных единицах) с предполагаемой глубиной или псевдоглубиной, а также относительные геометрические элементы залегания и взаимного расположения объектов. Элементы объемных моделей могут визуально характеризовать геометрию геолого-геофизически неоднородностей в плане. При поисковых работах на уже хорошо изученных территориях перед интерпретацией геофизических материалов ставится основная задача поиска слабо аномальных зон — слабых сигналов, соизмеримых по интенсивности с уровнем помех или ниже этого уровня. Среди способов обнаружения слабых аномалий в компьютерной технологии «КОСКАД 3D» реализованы способы обратных вероятностей, самонастраивающейся фильтрации и межпрофильной корреляции. Применение этих методов позволяет эффективно решать геологические задачи, связанные с выделением малоамплитудных и слабо аномальных зон [1].

В результате частотной томографии была получена цифровая база данных распределения относительной плотности геологической среды в трехмерных координатах X и Y на площади, а координата Z указывает на псевдоглубину или частотные характеристики аномалии. В каждой точке с координатами X, Y, Z вычислена относительная избыточная или недостаточная плотность от среднего значения для используемого массива данных.

Полученная объемная модель распределения относительной плотности в процессе интерпретации позволяет применить уже метод трехмерных аналогий, т.е. использовать для известных объектов и искомым не только характеристики геологической среды в плане, но и представления об относительной глубине и объеме. Сущность примененного метода основана на принципе аналогий, который состоит в перенесении

на поисковый участок трехмерных характеристик аномалии с эталонного изученного участка — трехмерного куба известного месторождения на Южно-Кемпирсайском рудном поле.

Современная методика трехмерного каркасного моделирования месторождений (MICROMINE) позволяет изучать эталонный объект в трехмерном виде с объемными характеристиками, а «погружение» такого объекта в трехмерный куб объемной модели распределения относительной плотности позволяет изучить его объемный эффект в гравитационном поле, т.е. выявить соответствующую ему аномалию по площади и совпадающую с ним геометрически. Это будет уже количественная интерпретация, так как используется реальная глубина залегания и параметры каркасной модели известного месторождения-аналога.

По каркасным моделям известных месторождений в программе MICROMINE были определены следующие основные параметры: средняя абсолютная отметка на поверхности (площадь над месторождением), площадь рудной зоны (замкнутый контур проекции на горизонтальную плоскость, объем замкнутого каркаса (рудной массы), средняя глубина залегания (основной рудный горизонт), азимут простираия.

Каркасные модели месторождений аналогов были совмещены с объемной моделью распределения относительной плотности в программе Geosoft Target по реальным координатам широты, долготы и абсолютной отметки, что позволило подобрать соответствующие аномалеобразующим объектам гравитационные аномалии и изучить их следующие характеристики: площадь, простираие, отметку псевдоглубины куба данных, интервал относительной плотности, в котором проявилась аномалия. В результате были получены представления о продуктивных аномалиях, которые использовались для выявления аналогичных аномалий на Южно-Кемпирсайском рудном поле с возможными эквивалентными источниками.

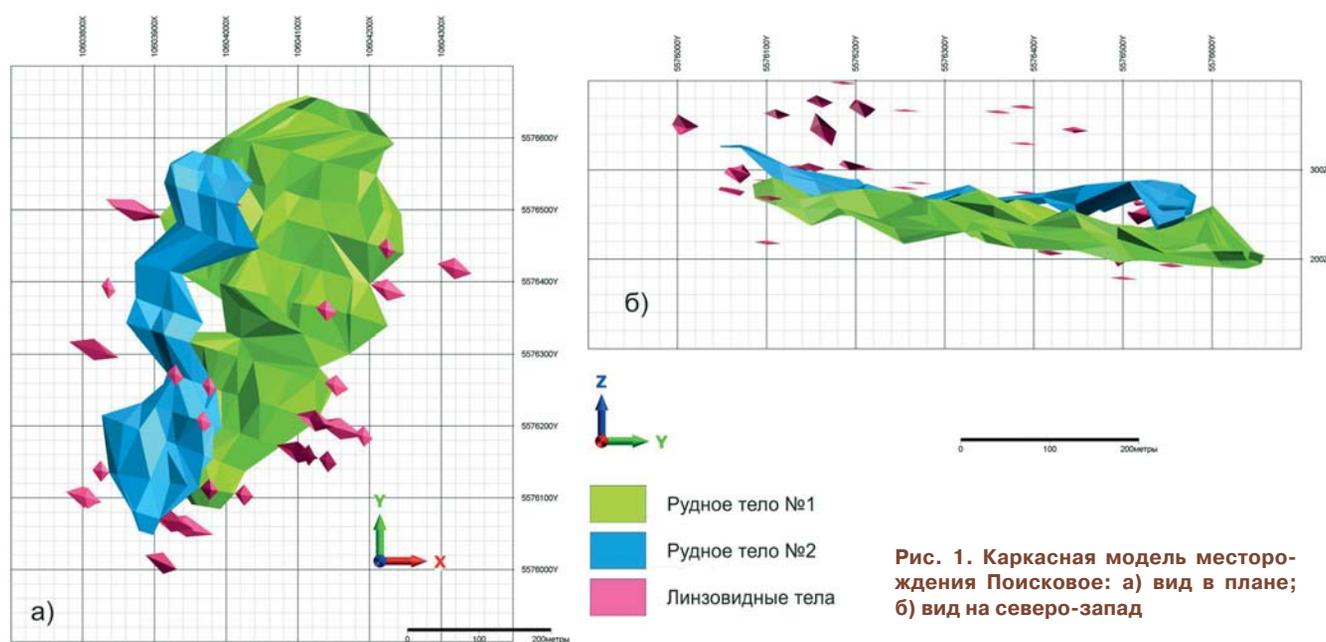


Рис. 1. Каркасная модель месторождения Поисковое: а) вид в плане; б) вид на северо-запад

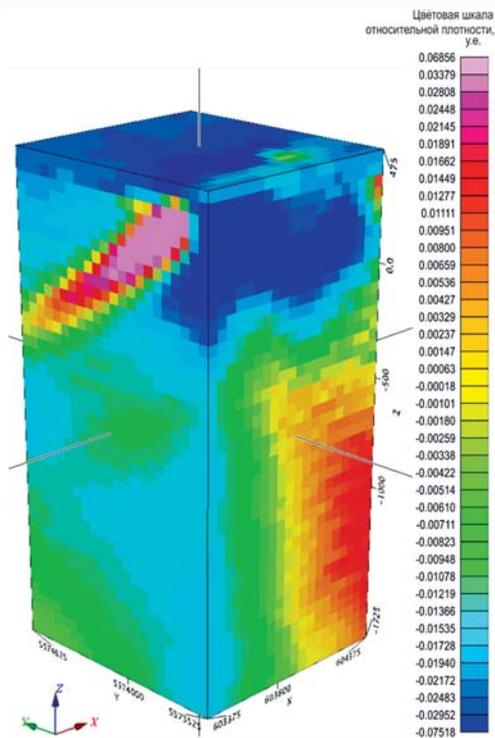


Рис. 2. Трехмерный куб данных относительной плотности на участок месторождения Поисковое

Наибольший поисковый эффект применения методики трехмерного геолого-геофизического моделирования пока получен при изучении района месторождения Поисковое. Месторождение приурочено к Юго-Восточному сводовому поднятию и локализовано в аподунитовых серпентинитах. Рудная залежь представлена двумя крупными телами хромитов протяженностью 508 и 596 м, по падению — 94 и 164 м при мощности от 0,5 м до 54,2 м, в среднем — 13,4 м. Кроме них выделено 42 линзовидных рудных тела протяженностью от 16 до 120 м при мощности от 0,7 м до 17,4 м, в среднем — 3,9 м. Глубина залегания кровли рудных тел изменяется от 43 до 211,8 м. Помимо кондиционных выявлено 17 непромышленных линзовидных тел хромитов, расположенных в удалении от основных рудных тел месторождения. Они отличаются небольшой мощностью и низкими содержаниями оксида хрома. Руды основных тел месторождения средне- и густо-крапленные, в небольшом количестве — шпировые [3]. В настоящее время месторождение отработано, отработанное пространство карьера засыпается отвальной горной породой.

В программе MICROMINE была построена каркасная модель двух крупных тел и основных линзовидных тел месторождения Поисковое по данным разведки.

Из приведенного рис. 1 видно, что модель месторождения Поисковое имеет сложный контур в плане и в разрезе. Падение на северо-восток, пологое. Основные тела хоть и залегают компактно, но сопровождаются значительным количеством линзовидных тел, отмечаются смещения, пережимы и раздувы мощности. Средняя абсолютная отметка залегания рудного тела № 1 около 275–300 м, рудного тела № 2 — 200–250 м.

В программе Geosoft Target построена объемная модель распределения плотности по локализованной территории участка месторождения Поисковое с примерно 2-кратным охватом рудоносной площади. В контуре выбранной площади выполнены вычисления методом 3D кригинга с созданием трехмерного куба данных относительной плотности на участок месторождения Поисковое и визуализации его в цветовой модели (рис. 2).

После пространственного совмещения каркасной модели месторождения Поисковое и куба данных относительной плотности путем изменения частотных характеристик или псевдоглубины подбирались аномалии избыточной плотности, соответствующие в плане и геометрически каркасной модели месторождения Поисковое. Как видно на рис. 3 гравитационная аномалия в плане пространственно совместились с моделью месторождения Поисковое. Геометрически аномалия с объектом не совпадает, западнее наблюдается значительное превышение площади аномалии над площадью месторождения, т.е. возможен другой аномалиеобразующий объект. Общий характер распределения относительной плотности может указывать на проявление локальной наклонной структуры с избыточной плотностью.

Выявленная аномальная зона западнее месторождения Поисковое была проверена проходкой группы вертикальных скважин колонкового бурения. В результате проверки на глубинах 50–100 м выявлена новая рудная зона богатых хромовых руд Геологическое I в 250–300 м от месторождения Поисковое, в борту от-

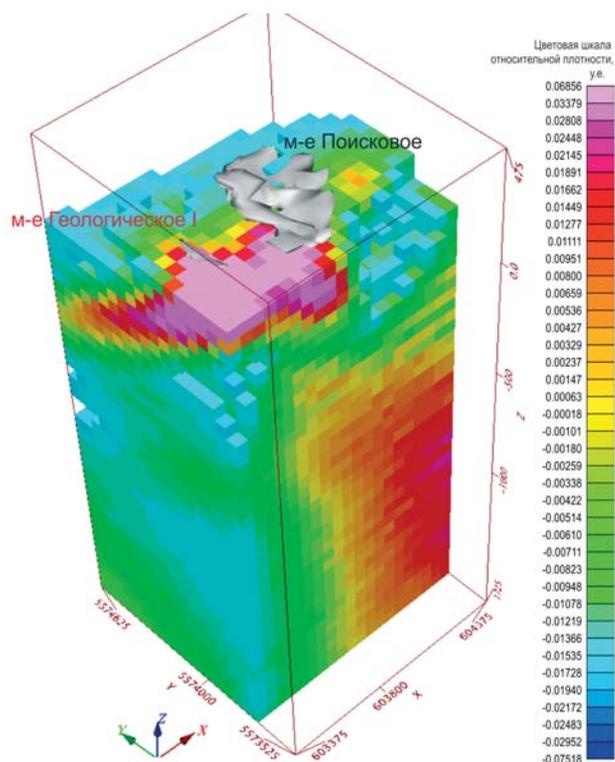


Рис. 3. Пространственное совмещение каркасной модели месторождения Поисковое и куба данных относительной плотности

работанного карьера, уже используемого для внутреннего отвалообразования. Таким образом, удалось обнаружить ранее пропущенный участок в пределах зоны карьера, причем с высококачественными рудами. Такие руды можно вскрыть в непосредственной близости от действующей инфраструктуры и это экономически наиболее востребованные запасы.

Приведенный пример наглядно показывает возможности современных средств переинтерпретации геолого-геофизических материалов и эффективность трехмерного метода аналогии при поисковых работах на хорошо изученных территориях, вблизи разведанных и эксплуатируемых рудных месторождений. Описанный подход актуален не только для горнопромышленного комплекса Казахстана, но и, вероятно, для других стран СНГ, наследовавших советскую минерально-сырьевую базу.

С применением указанных современных программных средств и подходов возможно по-новому взглянуть на старые горнорудные районы и, вполне вероятно, продлить эксплуатацию разведанных месторожде-

ний и соответственно работу градообразующих горно-металлургических предприятий — основы существования большинства моногородов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Петров, А.В. Обработка и интерпретация геофизических данных методами вероятностно-статистического подхода с использованием компьютерной технологии «КОСКАД 3D» / А.В. Петров, Д.Б. Юдин, Хоу Сюели. — М.: РГГУ, 2010.
2. Протокол общественных слушаний в форме открытого собрания по проекту «Сарбайское РУ АО «ССГПО». Реконструкция Сарбайского карьера» от 05.01.2018 г. (<http://rudny.kostanay.gov.kz/obyavleniya>)
3. Справочник месторождений Казахстана. Хромовые руды (<http://info.geology.gov.kz/ru/informatsiya/spravochnik-mestorozhdenij-kazakhstan/tverdye-poleznye-skopaemye/item/поисковое>).
4. Ужженов, Б.С.. Геологическое изучение недр Казахстана: современное состояние и перспективы / Б.С. Ужженов — (24.08.2017 www.qazgeoology.kz/kazakhstan-geology-perspectives/).
5. Glencore объявил о значительном увеличении запасов Казцинка. — (05.03.2012 г. Агентство международной информации «Новости-Казахстан»).

© Ниценко П.А., 2018

Ниценко Павел Александрович // geo.kz@mail.ru

ГИДРОГЕОЛОГИЯ И ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ

УДК 550.46

Белов К.В., Вязкова О.Е., Васильева Д.Э., Черкинская М.А. (МГРИ-РГГРУ)

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИЗУЧЕНИЯ ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ОБРАЗОВАНИЯ МАЛАХИТА

*Приведен анализ опубликованных данных и результаты лабораторных исследований, изучающих процесс образования малахита. Экспериментально получены малахит и познякит. В результате работы сделан вывод о том, что образование малахита происходит при смешении кислых сульфатных вод верхней части зоны окисления медно-колчеданных руд и гидрокарбонатно-натриевых подземных вод, свойственных районам континентального засоления. **Ключевые слова:** малахит, зона окисления медных сульфидных руд, подземные воды зоны окисления, геохимические барьеры.*

Belov K.V., Vyazkova O.E., Vasileva D.E., Cherkinskaya M.A. (MGRI-RGGRU)

RESULTS OF THE EXPERIMENTAL STUDY OF HYDROGEOCHEMICAL PROCESSES OF MALACHITE FORMATION

The paper analyzes the published data and the results of laboratory researches of studying the process of malachite formation. Malachite and posnjakit were experimentally obtained. As a result of the work, it was concluded that the formation of malachite occurs when the acid sulfate waters of the upper part of the oxidized

*zone of copper-pyrite ores are mixed with hydrocarbonate-sodium groundwater which are intrinsic for the areas of continental salinity. **Keywords:** malachite, oxidized zone of copper sulphide ores, underground waters of oxidized zone, geochemical barriers.*

Анализ опубликованных материалов

Механизм образования малахита рассмотрен в ряде публикаций с различной детальностью. В основном предположения авторов сводятся к достаточно простой схеме. Источником меди и сульфатов в подземных водах являются окисляющиеся залежи сульфидных минералов меди (халькопирит, пирит и др.) [8]. Продукты окисления понижают водородный показатель (рН) до значений 1–2, тем самым переводя большинство катионов металлов в миграционное состояние. В случае, если на пути движения кислых подземных вод встречаются геохимические барьеры, то происходит выпадение солей этих металлов [9].

Во многих районах мира, включая Россию (Гумешевское и Меднорудянокское месторождения Урала), запасы природного малахита выработаны. В этой связи разрабатываются технологии синтеза малахита. Попытки синтезировать ювелирно-поделочный малахит в промышленном масштабе предпринимались неоднократно, начиная с самого начала XIX в. Только во второй половине XX в. удалось получить ювелирно-поделочный малахит приемлемого качества. При этом используются вещества и процессы, не встречающиеся в природе: малахит получают в герметичном кристаллизаторе, работающим по принципу рециркуляции, а исходными веществами являются основная углекислая медь (по ГОСТ 8927-79), карбонат аммо-