**Министерство образования и науки Российской Федерации**
**Национальный исследовательский Томский государственный университет**
**Томское областное отделение Русского географического общества**
**Томское отделение Российского геологического общества**

# СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ГЕОГРАФИИ И ГЕОЛОГИИ

**К 100-летию открытия естественного отделения в Томском государственном университете**

**Материалы**
**IV Всероссийской научно-практической конференции с международным участием**

**Том II**

**Томск**

**16–19 октября 2017**

Индикатор ∑Ce/∑Y для каждого из пластов варьирует в близких пределах и отвечает гумидному климату [2].

Анализ тройной диаграммы (рис. 2) подтверждают проведенные исследования. Формирование отложений пласта П2 происходило в субконтинентальных и континентальных обстановках, пласт П1 – прибрежно-морские условия.

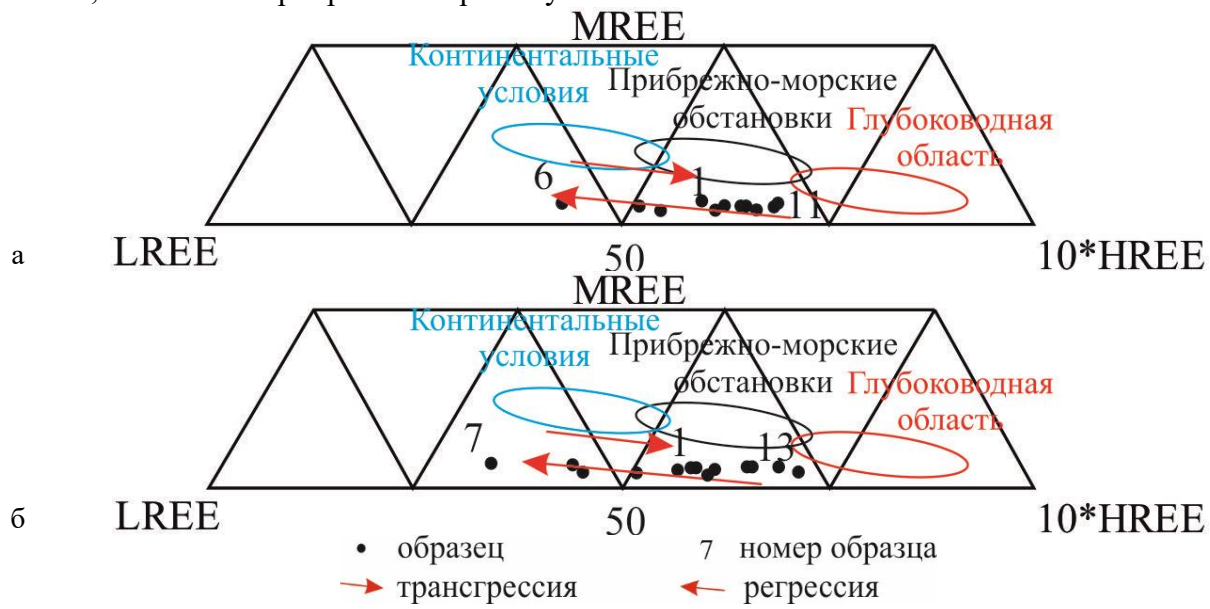


Рисунок 2 – Тройная диаграмма LREE-MREE-10*HREE, для определения условий формирования пород парфеновского горизонта: а. образцы из пласта П1; б. образцы из пласта П2

По результатам проведенных исследований можно заключить, что формирование парфеновского горизонта происходило в дельтовых и авандельтовых условиях на фоне общей трансгрессии.

Литература

1. *Конторович А.Э., Беляев С.Ю., Конторович А.А.* Тектоническая карта венд-палеозойского структурного яруса Лено-Тунгусской провинции Сибирской платформы // Геология и геофизика. Новосибирск, Изд-во СО РАН, 2009. Т. 50. № 8. С. 851–862.

2. *Маслов А.В.* Осадочные породы: методы изучения и интерпретации полученных данных. Учебное пособие. Екатеринбург, Изд-во УГГУ, 2005. 289 с.

3. *Шатров В.А., Сиротин В.И., Войцеховский Г.В., Зеленская А.Н.* Реконструкция обстановок осадкообразования отложения девона геохимическими методами (на примере опорных разрезов Воронежской антиклизы) // Геохимия. Москва, 2005. № 8. С. 856–864

4. *Юдович Э.Я., Кетрис М.П.* Геохимические индикаторы литогенеза (литологическая геохимия). Сыктывкар, Геопринт, 2011. 742 с.

УДК 549.762.1

## К МЕТОДИКЕ ДИАГНОСТИКИ МИНЕРАЛОВ ОКИСЛЕННЫХ РУД СУЛЬФИДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

*Зырянова Л.А., Казенова Ф.С.*

*Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск*

*Аннотация.* В окисленных рудах Степного месторождения Рудного Алтая впервые определен розазит. Достоверная диагностика минералов окисленных руд предполагает использование комплекса исследований, из которых наибольшее доверие заслуживает рентгеноспектральный микроанализ.

*Ключевые слова:* Рудный Алтай, окисленные руды, розазит, биверит.

# ABOUT THE METHODOLOGY OF THE DIAGNOSTIC OF THE OXIDIZED ORE MINERALS OF SULPHIDE DEPOSITS

*Ziryanova L.A., Kazenova Ph.S.*
*National Research Tomsk State University, Tomsk*

*Annotation.* Rosasite was found in oxidized ores of deposit Stepnoe of Rudniy Altay for a first time. Reliable diagnostics of minerals of oxidized ores assume to use set of diagnosis methods. The best method of them is X-ray spectrometry analysis.

*Keywords:* Rudniy Altay, oxidized ore, rosasite, beaverite.

Зоны окисления рудных месторождений, особенно сульфидных, отличаются большим разнообразием минерального состава и сочетанием как рудных, так и нерудных минералов. Диагностика минералов зоны окисления всегда представляла определенные сложности, что связано с полиминеральным составом агрегатов, часто находящихся в порошковатом состоянии, тонкими срастаниями и прорастаниями минералов и невозможностью выделения мономинеральных фракций. Такая ситуация объективно предопределена многофакторностью условий минералообразования и их резкой неустойчивостью во времени и пространстве при формировании зон окисления. Трудности выделения монофракций, часто неустойчивый химический состав минеральных видов в сочетании с ограниченностью лабораторных методов исследования и несовершенством аналитического оборудования в прошлом ещё более усложняли диагностику минералов. В настоящее время ситуация заметно изменилась в связи с появлением и доступностью новых методов исследования и усовершенствованием старых, с внедрением компьютерных программ обработки данных. Однако и в настоящее время ситуация остается не столь простой, как нам это представлялось.

В силу перечисленных выше объективных причин в зонах окисления, казалось бы, уже достаточно изученных объектов, все ещё обнаруживаются новые для них минералы. Такие, требующие дополнительной диагностики, минералы были обнаружены в образцах окисленных руд ныне отрабатываемого Степного месторождения Рубцовского рудного района Рудного Алтая.

Степное месторождение является типичным представителем рудноалтайских полиметаллических месторождений с хорошо проработанной зоной окисления. Геологическое строение и минеральный состав руд месторождения детально рассмотрен в ряде публикаций [4; 5]. Наше внимание в окисленных рудах Степного месторождения привлекли два минерала, состав и видовую принадлежность которых было решено уточнить. Для этого выполнены рентгенофазовый анализ (рентгеновский дифрактометр X'Pert PRO (PANalytical), расшифровка дифрактограмм проводилась с помощью программного обеспечения PDF-4 и HighScore, аналитик Небера Т.С.), термический (установка STA 409 PC LUXX, аналитик Асочакова Е.М.), рентгеноспектральный микроанализ (РСМА) (на базе электронного микроскопа VEGAII LMU, аналитик Марфин А.Е.). Анализы выполнены в центре коллективного пользования «Аналитический центр геохимии природных систем» Томского государственного университета.

Первый минерал представляет собой плотный скрытокристаллический агрегат канареечно-желтого цвета. Для минерала выполнены все перечисленные виды анализов. Учитывая цвет, характер проявления и условия нахождения, этот минерал нами предполагался как один из основных сульфатов надгруппы алунита – ярозит, плюмбоярозит или биверит [2].

Согласно результатам рентгенофазового анализа с использованием при расшифровке дифрактограмм программного обеспечения PDF-4 и HighScore, минерал определен как натроярозит $NaFe_3^{3+}[SO_4]_2(OH)_6$.

Согласно результатам РСМА, в составе минерала в качестве основных катионов установлены свинец, железо и медь, что может соответствовать из предполагаемых минералов только биверите. С учетом этого, для расчета кристаллохимической формулы минерала принята идеализированная формула биверита $(Pb,K,Na)(Fe^{3+},Cu^{2+}, Al^{3+})_3[SO_4]_2(OH)_6$ (табл. 1).

Таблица 1

Химический состав биверита Степного месторождения

| Компоненты | Содержание, масс. % | Коэффициенты кристаллохимической формулы |
|---|---|---|
| Na | 0,95 | 0,27 |
| Al | 0,39 | 0,10 |
| Si | – | |
| S | 9,29 | 1,92 |
| K | 0,21 | 0,04 |
| Fe | 19,67 | 2,32 |
| Cu | 5,99 | 0,63 |
| As | 0,81 | 0,07 |
| Pb | 20,9 | 0,67 |
| Сумма | 58,21 | |

*Примечание:* химический состав определен рентгеноспектральным микроанализом, аналитик Марфин А.Е., прочерк – содержание ниже предела обнаружения, коэффициенты рассчитаны на сумму катионов, равную 6

Рассчитанная кристаллохимическая формула биверита соответствует $(Pb_{0,67}Na_{0,27}K_{0,04})_{0,98}(Fe_{2,32}^{3+}Cu_{0,63}^{2+}Al_{0,10}^{3+})_{3,05}[(S_{0,96}As_{0,03})_{0,99}O_4]_2(OH)_6$.

Результаты дифференциального термического анализа также не соответствуют ярозиту и подтвердили диагностику минерала как биверита. Таким образом, минерал с полной уверенностью можем считать биверитом.

Второй минерал представлен довольно плотными агрегатами нежного зеленовато-голубого (бирюзового цвета). Его положительная реакция с HCl позволила предварительно отнести его к классу карбонатов. Для минерала выполнен рентгенофазовый и рентгеноспектральный микроанализ. По результатам рентгенофазового анализа с использованием при расшифровке дифрактограмм программного обеспечения PDF-4 и HighScore минерал определен как макгюйннессит $(Cu,Mg)_2[CO_3](OH)_2$. Согласно другим отечественным литературным источникам [3], основные линии полученной дифрактограммы более подходят розазиту. Его внешний вид соответствует макроскопическому описанию именно розазита [6]. По результатам РСМА, основными катионами в составе минерала являются медь и цинк. Магний в составе минерала не обнаружен. Учитывая то, что медь в природе образует лишь основные карбонаты, а также результаты РСМА, для расчета кристаллохимической формулы выбрана идеализированная формула розазита $(Cu,Zn)_2[CO_3](OH)_2$ (табл. 2).

Полученная кристаллохимическая формула розазита, рассчитанная на сумму катионов, равную 2, соответствует $(Cu_{1,23}Zn_{0,77})_2[CO_3](OH)_2$.

Таким образом, заинтересовавшие нас минералы определены как биверит и розазит. Если биверит на Степном месторождении определялся и более ранними исследованиями [2], то розазит в окисленных рудах Степного месторождения определен впервые. Степное месторождение стало первым объектом в Рубцовском рудном районе, в зоне окисления которого определен розазит, хотя в зонах окисления полиметаллических месторождений других рудных районов Рудного Алтая он имеет относительно широкое распространение [1].

Таблица 2

Химический состав розазита Степного месторождения

| Компоненты | Содержание, масс.% | Коэффициенты кристаллохимической формулы |
|---|---|---|
| Cu | 34,98 | 1,23 |
| Zn | 22,74 | 0,77 |
| Сумма | 57,72 | |

*Примечание*: анализ выполнен электронно-зондовым методом, аналитик Марфин А.Е.

Проделанная работа позволяет нам сделать следующий вывод, касающийся методики диагностики минералов окисленных руд. Учитывая неустойчивость химического состава, частое внешнее сходство минералов одного класса соединений и даже разных классов соединений, а также специфику их проявления в окисленных рудах, при диагностике не следует ограничиваться только результатами столь популярного рентгенофазового анализа. Достоверная диагностика предполагает использование комплекса методов, из которых наибольшее доверие заслуживает рентгеноспектральный микроанализ.

Литература

1. *Болгов Г.П., Вейц Б.И., Петровская Н.М. и др.* Минералы Рудного Алтая, том II, галогениды, окислы, кислородные соли. Алма-Ата: Изд-во Академии наук Казахской ССР, 1957. 424 с.

2. *Пеков И.В., Лыкова И.С., Чуканов Н.В., Кабалов Ю.К., Зырянова Л.А.* Минералы надгруппы алунита из зоны окисления полиметаллических месторождений Рубцовского рудного района (Северо-Западный Алтай, Россия) // ЗРМО, 2012, Ч. 141, № 3. С. 90–107.

3. *Семенов Е.И., Юшко-Захарова О.Е., Максимюк И.Е. и др.* Минералогические таблицы. Справочник. М.: Недра, 1981. 399 с.

4. *Строителев А.Д., Зырянова Л.А., Чекалин В.М.* Особенности строения и состава зоны окисления Степного месторождения (Рудный Алтай). // Рудные формации и месторождения Сибири. Томск: Изд-во Томского государственного университета, 1979. С. 31–135.

5. *Строителев А.Д., Чекалин В.М., Зырянова Л.А.* Морфогенетические типы первичного оруденения Степного месторождения (Рудный Алтай). // Вопросы минералогии и геохимии эндогенных месторождений Алтае-Саянской области. Томск: Изд-во Томского государственного университета, 1977. С. 58–65.

6. *Яхонтова Л.К., Зверева В.П.* Основы минералогии гипергенеза: Учеб. пособие. Владивосток: Дальнаука, 2000. 336 с.

УДК 551.241

## ГЕОДИНАМИЧЕСКАЯ ОБСТАНОВКА ЗОЛОТОГО ОРУДЕНЕНИЯ БОДАЙБИНСКОГО РАЙОНА (ПАТОМСКОЕ НАГОРЬЕ, РОССИЯ)

*Колмаков А.Ю.*

*Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск*

*Аннотация*. Статья посвящена изучению геодинамической обстановки Бодайбинского района и ее связи с золотым оруденением. Показаны этапы формирования Бодайбинского района. Указаны гипотетические источники благородных металлов и процессов их мобилизации и концентрирования.

*Ключевые слова:* Бодайбинский район, Сухой Лог, золотое оруденение.

## THE GEODYNAMIC SETTING OF THE GOLD MINERALIZATION IN THE BODAIBO DISTRICT (PATOM UPLAND PLATEAU, RUSSIA)

*Kolmakov A.Y.*

*National Research Tomsk State University, Tomsk*

*Abstract*. This article is devoted to the study geodynamic conditions of Bodaibo area and its links with gold ore. The stages of formation of Bodaibo area are shown. Specified hypothetical sources of precious metals and processes of their mobilization and concentration are substantial.

*Keywords:* Bodaibo area, Suhoj Log, gold ore.

Целью настоящей статьи является изучение геодинамической обстановки Бодайбинского района и ее связи с золотым оруденением.