

Chromobacterium, Pseudomonas, Micrococcus, Sarcina, Thiobacillus [1]. Показано, что в присутствии продуктов метаболизма бактерий выщелачивание протекает быстрее в 2...4 раза.

Таким образом, задачи изучения благородных металлов в углях Забайкалья сводятся к следующему: 1) проведение ревизионно-опробовательских работ на угольных месторождениях края для выявления закономерностей размещения благородных металлов; 2) проведение исследований, направленных на выяснение форм нахождения благородных металлов в углях, их связей с органической и минеральной составляющими, зольностью для решения генетических и технологических вопросов; 3) проведение технологических испытаний по извлечению золота из углей на территории региона.

#### **Литература**

1. Амосов Р.А. Золотые микрофоссилии / Р.А. Амосов, С.Л. Васин. // Руды и металлы. – 1993. – № 3. – С. 101–107.
2. Арбузов С.И. Аномальные концентрации золота в бурых углях и торфах юго-восточной части Западно-Сибирской плиты // Известия томского политех. ун-та. – 2004. – Т. 307. – № 7. – С. 25–30.
3. Бабичка И. Золото в организмах. Геохимические методы поиска рудных месторождений. -Коробушкина Е.Д. Взаимодействие золота с бактериями и образование «нового» золота / Е.Д. Коробушкина, И.М. Коробушкин. // Докл. АН СССР. – 1986. – Т. 287. – № 4. – С. 978–980.
4. Куимова Н.Г. Аккумуляция и кристаллизация золота микроорганизмами, выделенными из рудных и россыпных месторождений / Н.Г. Куимова. – Владивосток: Дальнаука, 2004.
5. Куимова Н.Г. Биогенная минерализация золота в природе и эксперименте. / Н.Г. Куимова, В.Г. Моисеенко. Литосфера. – 2006. – № 3. – С. 83–95.

### **ИЗУЧЕНИЕ ФРАМБОИДОВ ПИРИТА ДЛЯ РЕКОНСТРУКЦИИ ПАЛЕОБСТАНОВОК ФОРМИРОВАНИЯ ООЛИТОВЫХ ЖЕЛЕЗНЫХ РУД БАКЧАРСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ**

**А.В. Галиханов, М.Д. Стеблецов**

*Научный руководитель: доцент, к.г.-м.н. М.А. Рудмин*

**Национальный исследовательский Томский политехнический университет,  
г. Томск, Россия**

Фрамбоиды пирита – это сферические, глобулярные агрегаты, которые образуются за счет скопления микрокристаллов пирита. Фрамбоиды часто встречаются в осадочных толщах и образуются в восстановительной обстановке, вследствие сульфат-редукции. На основе теории распределения размеров кристаллов [1] многими исследованиями было доказано, что фрамбоиды пирита, которые формируются в водной толще анаэробных бассейнов имеют в среднем меньшие размеры и вариации, относительно фрамбоидов, образующихся в осадке. Изучение морфологии и распределения размеров осадочного пирита позволяет выявить полезную информацию об условиях среды осадкообразования в древних бассейнах. Целью данных исследований является реконструкция окислительно-восстановительных условий осадкообразования эпиконтинентального палеобассейна в юго-восточной части Западной Сибири на примере Бакчарского месторождения.

Формирование железосодержащих пород Бакчарского месторождения занимает промежуток продолжительностью около 40 млн лет от сеномана до эоцена [2]. Рудовмещающая толща представлена типичными осадочными породами прибрежно-морских фаций: серые глины, алевролиты, песчаники, пески, гравелиты и оолитовые железные руды [3]. Скопления железных руд образуют горизонты среди отложений ипатовской, славгородской, ганькинской и люлинворской свит. Ипатовская свита включает в себя турон-коньякские алевролиты и песчаники, обогащенные органикой. В кровле свиты залегают оолитовые руды нарымского горизонта. Сантон-нижнекампанские алевролиты и глауконитовые песчаники образуют славгородскую свиту. Ганькинская свита включает в себя нижнекампан-маастрихтские алевролиты с глауконитом, глауконититы и песчаники с глауконитом. Среди славгородской и ганькинской свит залегают оолитовые лептохлоритовые руды колпашевского горизонта. Люлинворская свита палеоцен-эоценового возраста характеризуется в своей нижней части песчаниками и оолитовыми рудами бакчарского горизонта, которые в верхней части свиты перекрываются параллельно слоистыми, темно-серыми эоценовыми глинами.

Методика исследований заключалась в детальном исследовании фрамбоидов пирита на петрографическом и сканирующем электронном микроскопе в сопровождении со статистическими расчетами морфологических параметров агрегатов (диаметр агрегатов, относительное количество агрегатов и микрокристаллов в них, диаметр микрокристаллов).

В разрезе Бакчарского месторождения пирит образуется в форме фрамбоидов и, реже, в виде идиоморфных кристаллов. Среди первых выделяются следующие разновидности: нормальные, массивные, полигональные и кольцевые фрамбоиды, макро-, мегафрамбоиды.

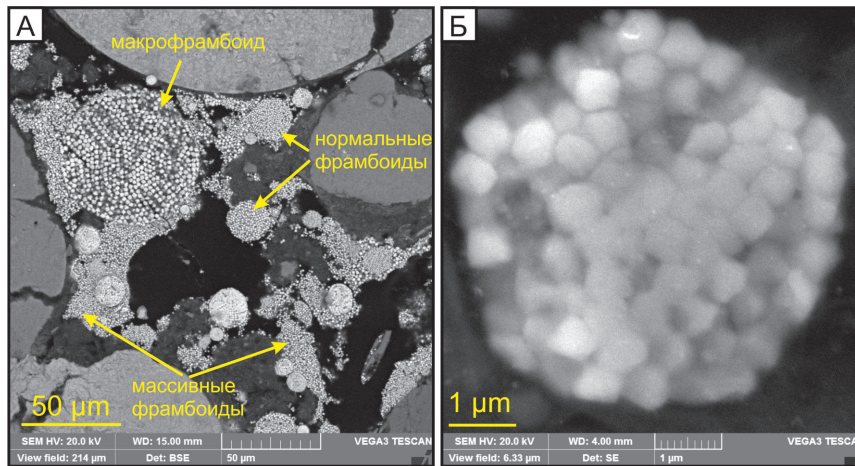


Рис.1. Морфологические разновидности фрамбодов пирита: а) макрофрамбод и нормальные фрамбоды среди массивных фрамбодов пирита; б) полигональный фрамбод

К нормальным фрамбоидам [4] относятся изометричные сферические агрегаты диаметром 20-30 мкм (рис. 1-А). Макрофрамбоды пирита имеют изометричную сферическую форму диаметром до 60 мкм (рис. 1-А), мегафрамбоды – диаметр более 60 мкм. Массивные фрамбоды, как правило, имеют неправильную форму и представляют собой скопления микрокристаллов пирита разнообразных размеров (рис. 1-А). К полигональным фрамбоидам (рис. 1-Б) относятся плотно упакованные микрокристаллы, в частых случаях имеющие полигональную форму агрегатов с размером 5-6 мкм. Кольцевые фрамбоды [5] встречаются довольно редко и имеют вид обычных фрамбодов с различными очертаниями и отличительным внешним кольцом (или внешней зоной) вытянутых кристаллов. Размер фрамбодов варьирует от нескольких до 20 мкм. Могут встречаться также скопления нескольких (2-5) индивидов кристаллов идиоморфного пирита, который внутренне бесструктурен. Под бесструктурным внутренним строением понимается отсутствие в составе других микрокристаллов.

Согласно концепции Z. Sawlowicz [5] в осадочном процессе идиоморфные кристаллы пирита образуются за счет трансформации (эволюции) фрамбодов. В породах Бакчарского месторождения прослеживаются различные морфологические формы фрамбодов пирита (рис. 1), которые, по мнению авторов, представляют собой промежуточные этапы трансформации в сферические или идиоморфные кристаллы как это видно по очертаниям фрамбодов выполнения (рис. 1-Б). Основным механизмом трансформации фрамбодов в изучаемых отложениях заключается в уплотнении, постепенном заполнении межкристаллического пространства железистым гелем на фоне непрерывного роста микрокристаллов. За счет этого наблюдаются как плотно упакованные фрамбоды с полигональными очертаниями (рис. 1-Б), так и массивные агрегаты разобренных и хаотично расположенных микрокристаллов (рис. 1-А). Полученные данные несут информацию о механизме формирования крупных идиоморфных кристаллов пирит в юрских отложениях Западной Сибири. Обогащение туронских, ранних коньякских песчаников и сантонских алевролитов органикой и, как следствие, пиритом связано с сульфидной восстановительной обстановкой, где преобладала деятельность сульфат-редуцирующих бактерий. Разнообразие морфологий пирита в ооидовых лептохлоритовых рудах и глауконитовых породах в маастрихт-датских отложениях, вероятно, связана с продолжительным и изменяющимся режимом сульфат редукции как следствие колебаний уровня кислорода. Массивные фрамбоды и единичные кристаллы формировались в первую очередь в субкислородных условиях из-за недостатка сульфат-иона [5]. Макрофрамбоды формировались в условиях длительного пребывания на границе кислородной-безкислородной среды [4]. Однако, формирование обильного количества позволяет судить об направленном процессе сульфидообразования. Формирование массивных фрамбодов в виде линейновытянутых агрегатов может быть связано с полным замещением остатков водорослевой флоры. Полигональные фрамбоды являются результатом диагенетического преобразования в анокисических условиях вплоть до образования идиоморфного кристалла.

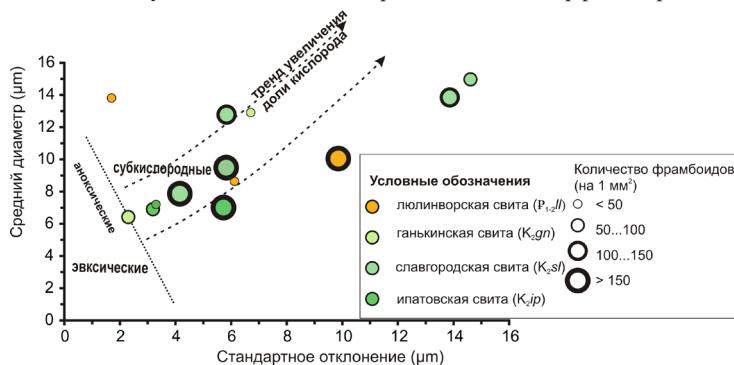


Рис.2. Отношение среднего значения к стандартному отклонению диаметров фрамбодов пирита. Пунктирная граница между анокисическими и субкислородными условиями приведена по современным отложениям из [1].

Опираясь на исследования в современных осадочных отложениях установлено, что размеры фрамбоидов пирита контролируются физико-химическими условиями морского бассейна [1,4]. Распределение размеров фрамбоидов пирита в разрезе изучаемых толщ (рис. 2) показывает колебательный характер изменения среды осадкообразования в пределах Бакчарского месторождения. Формирование мелких фрамбоидов пирита со средними размерами от 6,4 до 7,2 мкм контролируется промежутками кислородного дефицита (близкого к аноксии) в начальные этапы накопления осадков ипатовской, славгородской и ганькинской свит, что отвечает раннему коньякскому, раннему сантонскому и позднему кампанскому векам, соответственно. Относительно крупные фрамбоиды со средним размером до 15 мкм образовывались в периоды кислородной турбации осадков, что соответствует толщам ооидовых лептохлоритовых железных руд (колпашевский горизонт) славгородской и ганькинской свит, а именно позднему сантонскому и маастрихтскому этапам. В периоды формирования гидрогетитовых оолитовых руд (нарымский и бакчарский горизонты) аэробные условия были не благоприятными для формирования пирита.

Полученные данные свидетельствуют о неоднократном изменении физико-химических условий осадкообразования в сеноман-эоценовое время в пределах Бакчарского месторождения. Закономерности распределения фрамбоидов пирита в нижележащих толщах являются предпосылками для обнаружения оолитовых железных руд в надстиляющих отложениях как результат смены среды осадкообразования от анаэробной к аэробной.

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ и администрации Томской области в рамках научного проекта 16-45-700090.*

#### Литература

1. Wilkin R.T., Barnes H.L., Brantley S.L. The size distribution of framboidal pyrite in modern sediments: An indicator of redox conditions // *Geochim. Cosmochim. Acta*. 1996. Vol. 60, № 20. P. 3897–3912.
2. Западно-Сибирский железорудный бассейн. Новосибирск: СО РАН СССР, 1964. 448 с.
3. Rudmin M., Mazurov A., Ruban A. Facies and sedimentation model of iron-ore sequence in Bakchar deposit // *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.* 2015. Vol. 24. P. 12028.
4. Wei H. et al. Episodic euxinia in the Changhsingian (late Permian) of South China: Evidence from framboidal pyrite and geochemical data // *Sediment. Geol.* 2015. Vol. 319. P. 78–97.
5. Sawlowicz Z. Pyrite framboids and their development: a new conceptual mechanism // *Geol. Rundschau*. 1993. Vol. 82, № 1. P. 148–156.

### **ОСОБЕННОСТИ ТИПОВ РУД КУМДЫКОЛЬСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЖЕЛЕЗА**

**Н.К. Доскали, Е.А. Уралбаев**

**Научный руководитель ассоциированный профессор кафедры ГСПиРМПИ,  
кандидат геолого-минералогических наук А. А. Жунусов**

**Казахский Национальный исследовательский технический университет имени  
К. И. Сатпаева, г. Алматы, Казахстан**

Кумдыкольское месторождение расположено в северо-восточном крыле Ерейментау-Ниязского антиклинария. Рудовмещающая кварцитовая толща переслаивается с аргиллитами и содержат небольшие линзы доломитизированных известняков и эффузивов базальтового состава. Кварциты акдымской серий нижнего ордовика [1] прорваны гранитоидами Большого Койтасского массива ( $P_2-T_1$ ), в результате преобразованы с формированием ороговикованных кварцитов, амфиболовых пород и гранат – пироксеновых скарнов.

На месторождении руды отмечены в виде сближенных пласто- и линзообразных тел, залегающих согласно с вмещающими их терригенно-кремнистыми образованиями. Простираение их субмеридиональное, северо-восточное, которое дугообразно окаймляет интрузивное тело. Падение на восток, юго-восток по углам 30-80°. В плане они представляют собой платообразные тела с многочисленными раздувами и пережимами. В некоторых местах рудные залежи имеют вид штокверков. Протяженность их от первых десятков метров до 1300м, при ширине до 150м. На глубину руды прослежены до 500м.

Железные руды Кумдыкольского месторождения разнообразны по минеральному составу и текстурно-структурным особенностям. Выделены массивные, пятнистые, слоистые, брекчиевидные и конкреционные руды, где резко преобладают первые две. По минеральному составу они делятся на гематитовые, магнетитовые и пирротиновые.

Преобладающими их минеральными типами являются кварц-гематит-магнетитовые, кварц-магнетит-гематитовые и амфибол-гранат-магнетитовые. Отмечены линзы массивных гематит-магнетитовых и магнетит-гематитовых руд без примесей кварца. В рудах в том или ином количестве отмечаются карбонаты, биотит, хлорит, флюорит, а также сульфиды – пирит халькопирит.

Содержания железа колеблются от 15 до 58 %, в среднем 23,78, марганца от долей процента до 23%, в среднем 4,07%.

По данным анализов и минералогическому составу железисто-марганцево-кремнистые породы можно подразделять на марганцевые, железомарганцевые и марганецсодержащие, которые имеют весьма неравномерные распространения и разнообразный вещественный состав.

Характерными особенностями для марганцевых и железомарганцевых руд Кумдыколя являются