

УДК 551.7, 551.242.3 (571.53/55)(043)

## ПОЛИГЕННАЯ ЖЕЛЕЗОРУДНАЯ МИНЕРАЛИЗАЦИЯ ОЛЬХОНСКОГО КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА (ЗАПАДНОЕ ПРИБАЙКАЛЬЕ)

**В.В. Шульга<sup>1</sup>, Р.Н.Иванова<sup>2</sup>**

Иркутский национальный исследовательский технический университет, Россия, 664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

В рудопоявлениях и месторождениях железа Приольхонья (Западное Прибайкалье) выявлены три генетических типа оруденения: метаморфогенный, осадочный (включая коры выветривания) и эндогенный гидротермальный.

Тектонофациальное районирование Приольхонья выявило, что крупные тектонические блоки, сформированные в докайнозойские этапы развития, являются отражением комплекса деформационных процессов, включающего региональное шарьирование и региональные сдвиговые деформации. Причем шовный тип деформаций как на уровне мезозоны, так и на уровне катазоны играет ведущую роль в процессах образования складчатых комплексов района.

Наблюдается совмещение структурно-вещественных парагенезисов разных термодинамических уровней от катазоны до эпизоны в одних и тех же месторождениях. Эти факты позволяют сделать вывод, что исследованные рудопоявления и месторождения железа данной территории являются полигенными: в их образовании выделяется несколько стадий, характеризующих преобладание того или иного процесса минерализации.

При анализе связи рудопоявлений с мигматитовыми комплексами установлена положительная корреляция степени мигматизации с содержанием  $\text{SiO}_2$  ( $r = 0,97$ ) и  $\text{K}_2\text{O}$  ( $r = 0,79$ ) и отрицательная корреляция с содержаниями Fe ( $r = -0,98$ ), Mn ( $r = -0,91$ ), Mg ( $r = -0,97$ ), Ca ( $r = -0,95$ ). Это может быть связано с приносом кремнезема и поступлением щелочных растворов в процессе мигматизации и выносом элементов группы железа в боковые вмещающие породы, в межкупольное пространство, где и сосредоточены месторождения железа, а также марганца и графита.

Распределение известных проявлений железа по площади изученного района неравномерное: они практически отсутствуют непосредственно в массивах мигматитов, но сконцентрированы в межкупольных зонах слабо или совершенно не мигматизированных пород, обрамляющих поля и массивы мигматитов.

Такая позиция проявлений может быть объяснена спецификой процессов деформации и петрогенезиса в условиях гранитизации и мигматизации.

*Ключевые слова:* рудопоявления; месторождения железа; термодинамические уровни земной коры; полигенные образования; стадии минерализации.

## POLYGENIC IRON-ORE MINERALIZATION OF THE OLKHON CRYSTALLINE COMPLEX (WEST BAIKAL REGION)

**V.V. Shulga, R.N. Ivanova**

Irkutsk National Research Technical University, 83 Lermontov St., Irkutsk, 664074, Russia.

Three mineralization types – metamorphogenic, sedimentary (including crusts of weathering) and hydrothermal – have been identified in ore occurrences and iron deposits of the Olkhon region (West Baikal region).

Tectonic and facies zoning of the Olkhon region revealed that large tectonic blocks formed in the pre-Cenozoic development stages reflect the complex of deformation processes that includes regional mass overthrust and regional shearing. The suture type of deformation both on mesozone and katazone level plays a key role in the formation of folded complexes of the region.

There is a combination of structural and compositional parageneses of different thermodynamic levels from katazone to epizone in the same fields. These facts allow to make a conclusion that investigated ore occurrences and iron deposits located in this area are polygenic formations: several stages indicative of the predominance of a certain mineralogenic process are distinguished in their formation.

<sup>1</sup>Шульга Валентина Валерьевна, кандидат геолого-минералогических наук, зам. начальника Управления стратегического развития, тел.: 89641199090, e-mail: shulga@istu.edu

Shulga Valentina, Candidate of Geological and Mineralogical sciences, Deputy Chief of the Strategic Development Department, tel.: 89641199090, e-mail: shulga@istu.edu

<sup>2</sup>Иванова Раиса Николаевна, кандидат геолого-минералогических наук, доцент кафедры прикладной геологии, тел.: 89148739508, e-mail: ivanova\_rn@istu.edu

Ivanova Raisa, Candidate of Geological and Mineralogical sciences, Associate Professor of the Department of Applied Geology, tel.: 89148739508, e-mail: ivanova\_rn@istu.edu

The analysis of ore occurrences relations with the migmatite complexes has showed a positive correlation of the migmatization degree with the content of  $\text{SiO}_2$  ( $r = 0,97$ ) and  $\text{K}_2\text{O}$  ( $r = 0,79$ ) and a negative correlation with the contents of  $\text{Fe}$  ( $r = -0,98$ ),  $\text{Mn}$  ( $r = -0,91$ ),  $\text{Mg}$  ( $r = -0,97$ ),  $\text{Ca}$  ( $r = -0,95$ ). Apparently, it is associated with the additional supply of silica and alkaline solutions during migmatization and removal of other iron-group elements into the side enclosing rocks, in intercupolar space where the deposits of iron, manganese and graphite are concentrated.

The known occurrences of iron are irregularly distributed in the region under investigation. They are virtually absent in migmatite massifs, but concentrated in the intercupolar areas of weakly or non-migmatized rocks framing migmatite fields and massifs.

This location of ore occurrences can be explained by the specifics of deformation processes and petrogenesis under conditions of granitization and migmatization.

*Keywords: ore occurrences; iron deposits; thermodynamic levels of the earth's crust; polygenic formations; stages of minerogenesis.*

Интерес к минерагении железорудных проявлений в Приольхонье возник в связи с находками остатков древних следов переработки железа студентами и преподавателями Иркутского национального исследовательского технического университета [8, 9, 11] вблизи поселка Черноруд (падь Барун-Хал). Позднее такие же следы были обнаружены на о. Ольхоне и на северо-западном побережье залива Малое море (п. Курма) [7, 23].

В связи с этим появились публикации, где обсуждались вопросы о возможных источниках железных руд, которые широко использовались коренными народами, проживавшими на данной территории [7, 8, 23, 26].

Первые документальные свидетельства о наличии рудопроявлений железа и марганца в Приольхонье появились в конце XIX – начале XX в. в работах И.Д. Черского [24], а затем В.А. Обручева [17, 18]. Находки бурых железняков в Западном Прибайкалье отмечены И.Д. Черским вблизи устья рек Сармы, Курмы и Онгурены, В.А. Обручевым на о. Ольхон, в районе Шаманской пещеры.

Первой сводной работой, характеризующей весь комплекс полезных ископаемых Ольхонского края, был очерк Б.Н. Артемьева [1]. В ряду полезных ископаемых района им были описаны месторождения и рудопроявления железных руд, проведено обобщение результатов различных производственных работ и сделан вывод о наличии нескольких типов этих руд. Образование *гематитовых, мартитовых и лимонитовых* руд связывается [1] с инфильтрацией гидротермальных растворов непосредственно

в коренные породы, зоны дробления по разломам, карстовые полости и в остаточную кору выветривания. По данным Б.Н. Артемьева, в пределах Ольхонского края известно порядка 40 буро-железнякавых, железо-марганцевых и марганцевых рудопроявлений. На базе этих месторождений еще в XVIII в. в районе работал Ланинский завод на р. Анге по переплавке кучелгинских железных руд.

В течение 1950–1960 гг. ПГО «Иркутскгеология» в Приольхонье и в целом в Западном Прибайкалье проведены специализированные поисковые и поисково-ревизионные работы на железомарганцевое, колчеданное полиметаллическое оруденение.

Работы проводились разными партиями Иркутского геологического управления под руководством Г.И. Антипова, В.П. Авидона, А.С. Кульчицкого, В.Ф. Донцова, В.Д. Маца, Т.Ф. Михайловой, З.М. Корниенко [14]. В результате была сделана оценка ряда мелких месторождений и рудопроявлений железо-марганцевых руд (Озерское, Поповское, Борсойское, Тумырбашское и др.).

Их формирование в тот период времени связывали с развитием зон окисления по первичным породам. В одних случаях считалось, что это линейные коры выветривания по ультраосновным породам (рудопроявление Озерское). В других основным механизмом рудоотложения предполагались процессы инфильтрации (рудопроявление Тумырбашское, Борсойский Тажеран и др.).

Коллективом геологов Иркутского геологического управления под руководством В.С. Малых в период 1957–1962 гг. были проведены широкомасштабные работы по изучению металлогенности территории при составлении металлогенической карты центральной части Западного Прибайкалья масштаба 1:500000. Изученные ими железомарганцевые рудопроявления представлены на поверхности выветрелыми и окисленными рудами [14, 15].

Ранее, в конце 1960-х гг. В.С. Малых высказывалось предположение о возможности нахождения на глубинах около 100–200 м значительных по размерам гидротермальных месторождений трещинно-жильного типа железомарганцевых руд с широким комплексом сопутствующих элементов (Co, Au, Zn, Ni, Cu, Pb, Mo, V, Ag, As, Ba, Sc). Одним из фактов для такого прогноза стало наличие наложенной сульфидной (в том числе железосодержащей) гидротермальной минерализации с повышенным содержанием редкоземельных элементов [14] в пределах рудопроявления Зыкуйской группы и ряда других.

Рекомендации В.С. Малых частично были проверены Сосновской экспедицией при выполнении значительного объема горных и буровых работ в период 1969–1971 гг. Бурение колонковых скважин и проходка канав проводилось в том числе на участках, выделенных В.С. Малых как наиболее перспективных нахождение коренных гидротермальных месторождений. Поиски Сосновской экспедиции дали отрицательные результаты.

При изучении ангинской свиты Л.Н. Куклей, а позже в своих работах В.С. Федоровский с соавторами [21] описывают в числе метаморфических пород района железистые кварциты (джеспилиты).

Позднее о находках прослоев *магнетитовых кварцитов* упомянуто в докладе В. Толстихина, А. Снопковой, Н. Деменской и А. Сорокикова «Древ-

ние металлургии Прибайкалья» на районной краеведческой конференции в апреле 1999 г. в г. Слюдянке.

В эти же годы источником образования известных проявлений Э.Ф. Павленко [19] считал различные породы основного состава (пироксен-содержащие плагиосланцы, амфиболиты, горнблендиты, метагабброиды), из которых вследствие наложенных процессов выветривания железо выщелачивалось из минералов, в составе которых оно есть (пироксены, амфиболы и т.д.). По данным Э.Ф. Павленко, образование проявлений бурого железняка в Приольхонье обусловлено высокой степенью динамометаморфизма пород этого региона.

Возможность связи железа с корами выветривания подтверждена результатами исследования В.А. Макрыгиной и А.А. Коневой [6, 15] о наличии в Приольхонье ряда проявлений непереотложенных кор выветривания по щелочным и известково-щелочным островодужным базальтам ангинской свиты. Данный комплекс пород имеет сходство с современными латеритами и отличается высоким содержанием ряда химических элементов, в том числе железа.

Наши исследования проводятся с учетом получения новых данных о возможной связи железорудной минерализации со степенью деформированности пород и условиями формирования мигматитовых комплексов района [6, 12, 25–27].

По результатам тектонофациального анализа на изученной территории были выделены структурные комплексы катазоны, мезозоны, эпизоны и экзозоны [6].

Тектонофациальное районирование Приольхонья выявило, что крупные тектонические блоки, сформированные в докайнозойские этапы развития, являются отражением комплекса деформационных процессов, включающего региональное шарьирование и региональные сдвиговые деформации. Причем шовный тип деформаций как на уровне мезозоны,

так и на уровне катазоны играет ведущую роль в процессах образования складчатых комплексов района.

Структурный парагенезис этой группы включает зоны линейной складчатости, разделенные поднятиями, расщеплениями, разломы в осевых частях складок, метаморфические купола [6].

Наблюдается четкая приуроченность разного типа железосодержащей минерализации к различным уровням земной коры и тектонофаціальным подразделениям.

Сопоставление данных о локализации месторождений и рудопроявлений железа изученных участков и степени деформированности вмещающих их складчатых комплексов демонстрирует ряд закономерностей. Основными локализуемыми структурами являются замковые части складок высоких порядков. Для изученных участков характерен литологический контроль и образование стратиформных залежей.

Зыкуйская группа рудопроявлений расположена в бассейне р. Анги, к северо-западу от Приморского разлома. Вмещающими породами являются метаморфические образования сарминской серии, деформированные на уровне тектонофації XII.

Обнаруженный вблизи побережья оз. Байкал в породах ангинской свиты слой сильно измененных, окисленных мелкозернистых кварцитов серого, бурого, красновато-бурого цвета с магнетитом прослеживается по простиранию более чем на 25 км [6]. С северо-запада на незначительном удалении (1–1,5 км) от него наблюдаются структуры гнейсово-купольной зоны, степень деформированности которых также соответствует тектонофації XII. В пределах данной зоны железорудная минерализация отсутствует.

В целом в поле развития гранитогнейсовых куполов и их обрамления железистые кварциты наблюдаются в реликтовом виде. Это отдельные линзообразные тела, незначительные по протяжению (не более 70–100 м) и мощности

(0,5–1,5 м), отчетливо удлиненные вдоль слоистости вмещающих пород.

Нарын-Елгинское месторождение бурого железняка расположено в межкупольной зоне сложнодислоцированных пород между Куркутским и Тутайским массивом мигматитов. Борсойское и Нарын-Елгинское месторождения бурого железняка тяготеют к фланговым частям Гызгынурского вала.

Таким образом, устанавливается четкая пространственная (и, возможно, парагенетическая) связь большинства проявлений железа и ряда других элементов (*марганца, графита, керамических пегматитов и др.*) с породами структурно-вещественного комплекса, включающего основные выходы гнейсово-мигматитовых образований – купольные структуры и межкупольные зоны сдвигового течения.

При анализе связи рудопроявлений с мигматитовыми комплексами установлена положительная корреляция степени мигматизации с содержанием  $\text{SiO}_2$  ( $r = 0,97$ ) и  $\text{K}_2\text{O}$  ( $r = 0,79$ ) и отрицательная корреляция с содержаниями Fe ( $r = -0,98$ ), Mn ( $r = -0,91$ ), Mg ( $r = -0,97$ ), Ca ( $r = -0,95$ ).

Это может быть связано с привнесением кремнезема и щелочных растворов в процессе мигматизации и выносом других элементов группы железа в боковые вмещающие породы, в межкупольное пространство, где и сосредоточены месторождения железа, марганца и графита.

Повышенное содержание  $\text{SiO}_2$  и  $\text{K}_2\text{O}$  в участках с высокой степенью мигматизации хорошо коррелируется также с развитием здесь пегматитов и кварцевых жил.

Однако распределение известных проявлений железа по площади неравномерное: они практически отсутствуют непосредственно в массивах мигматитов, но сконцентрированы в межкупольных зонах слабо или совершенно не мигматизированных пород, обрамляющих поля и массивы мигматитов.

Такая позиция проявлений может быть объяснена спецификой процессов петрогенезиса в условиях гранитизации и мигматизации. Это проявилось в привносе и концентрации  $\text{SiO}_2$  и  $\text{K}_2\text{O}$  в центральных частях мигматитовых массивов и в миграции элементов группы железа из областей мигматизации в обрамляющие их вмещающие породы. Такая тенденция подтверждается корреляционным анализом степени мигматизации и содержаний указанных компонентов.

В рамках исследования удалось установить закономерности в размещении рудопроявлений и месторождений железа Приольхонья относительно валлообразных и куполообразных структур гранитизации и мигматизации, которые отмечаются также другими исследователями как для Байкальской горной области, так и для Верхнего Приамурья, Енисейского края, Тянь-Шаня, Северного Казахстана, Урала, Кольского полуострова [4–6, 26]. Так, А.С. Барышев, В.И. Закузенный, Л.Е. Юрлова (1983), проводившие оценку роли купольных структур в размещении полезных ископаемых на юге Восточной Сибири, указывают, что структурно-вещественная связь полезных ископаемых с куполами гранитизации выражена в определенной зональности распределения элементов, которая проявляется в том, что к центрам куполов приурочены проявления молибдена, а по направлению к периферии и в межкупольных пространствах расположены проявления золота, железа, меди, свинца, цинка.

Закономерность размещения полезных ископаемых Приольхонья достаточно четко коррелируется с моделью В.А. Нарсеева [16], изучавшего докембрийские системы «купол-прогиб». По его классификации Приольхонье частично можно отнести ко второй группе системы «купол-прогиб», которая связана с субвертикальным перемещением вещества в относительно сухих системах с участием флюидов различной природы. Такие гранито-гнейсовые купола

чаще всего сопровождаются зонами железо-магниевого метасоматитов.

Передовые фронты таких систем (не мигматизированные породы), как и в нашем случае, будут обогащаться железом, углеродом, магнием и давать ореолы сульфидизации, графитизации, шунгитизации, карбонатизации. Это полностью подтверждается нашими данными по петрохимии мигматизированных пород Приольхонья [26].

В процессе полевых работ 2014 г. были обнаружены участки с аномальными значениями магнитного поля амплитудой  $\pm 100$  нТл. Район обнаружения аномалии находится в северо-восточной части пролива Малое Море в 15 км от п. Курма и входит в Ольхонскую минерагеническую зону, перспективную на марганец и железо.

Характер аномалий позволил предположить рудный источник, ранее не описанный в литературе и не отмеченный на существующих картах полезных ископаемых.

Данный участок был более детально исследован геофизическими методами: выполнена магниторазведка и импульсная электроразведка методом электромагнитных зондирований и вызванной поляризации. Интерпретация геофизических данных позволила предположить, что источником аномалий являются два тела пластовой формы северо-восточного простирания. Первый объект, по всей видимости, находится на глубине 5–10 м и прослеживается до предела глубинности методов, второй, более мощный, расположен несколько глубже.

Для подтверждения рудной природы источника аномалий и изучения его генезиса из выявленных геофизическими методами зон были отобраны штучные пробы вмещающих пород и несколько образцов с рудной минерализацией.

Пробоотбор проводился из шурфов глубиной порядка 1–1,5 метра, породы представлены сильно измененными кварцитами. Геофизические замеры пешеходным магнитометром показали, что

даже небольшая проба обладает сильными магнитными свойствами. Материал представляет собой кристаллические сланцы и разгнейсованные граниты мухорской свиты мезопротерозойского возраста.

Пробы из наиболее интересных участков разреза, соответствующих аномалиям магнитного поля, представлены кварцитами с прожилками и вкраплениями рудного материала.

В нижней части разреза, морфологически представленной подножием склона, коренных пород обнаружено не было, поэтому был отобран рыхлый материал с глубины порядка 1 метра. Рыхлые отложения представлены дресвой по вышеописанному материалу (верхняя часть разреза) с размером обломков от 1–2 мм до 1–2 см.

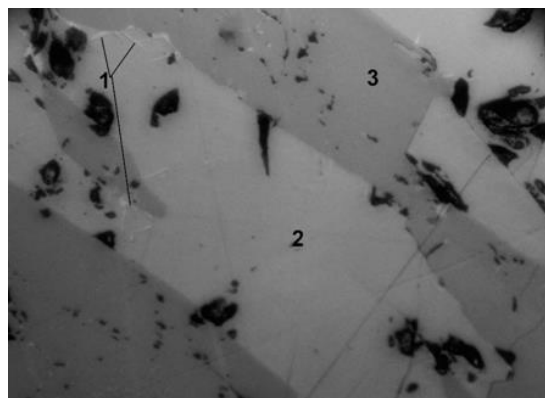
В результате комплексных минералого-геохимических исследований, проведенных на базе ИГХ СО РАН и ИРНИТУ, были получены интересные данные.

Рудная минерализация представлена в основном тесной ассоциацией титаномагнетита, магнетита и ильменита. Доля этих минералов составляет около 30%. Суммарная доля остальных оксидов, представленных лейкоксенированными агрегатами рутила и сфена, не превышает долей процента.

Магнетит и ильменит встречаются в виде единых агрегатов, представляющих собой, вероятнее всего, структуры распада твердых растворов (рис. 1).

Линзочки и таблички магнетита в ильмените обычно имеют вытянутую форму и расположены в виде параллельных полос.

Преобладающий минерал определить практически невозможно, так как в отдельных частях прожилка соотношения магнетита и ильменита существенно различаются. Выделения этих минералов в значительной степени трещиноваты. В свою очередь, по трещинам развиваются нерудные минералы, которые интенсивно корродируют оксиды.



*Рис. 1. Иголочки гематита (1), развивающиеся по краям табличек магнетита (2) в ильмените (3).  
Микроскоп. Николи II.  
Ширина поля зрения  
рисунка – 0,4 мм*

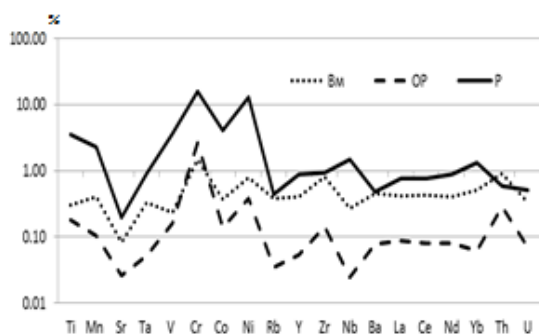
При большом увеличении в местах перекрещивания двойниковых пластинок магнетита и частично в самих пластинках видны игольчатые выделения гематита. Кроме характерных для магнетит-ильменитовых образований – выделений в виде табличек и линз – довольно редко отмечается эмульсионная вкрапленность магнетита в ильмените.

Результаты химического анализа изученных проб показывают, что по разрезу наблюдается закономерное повышение содержания ряда элементов в зоне аномалии.

Интересен факт практически полной стерильности по тем же элементам в зоне окolorудной минерализации (рис. 2), которая представлена кварцевожильным материалом с ксенолитами вмещающих пород и прожилками сфен-ильменит-титаномагнетитового материала.

Исключением является проба 11р, в которой при незначительном увеличении содержания Ti наблюдается отрицательная аномалия по всем сопутствующим элементам.

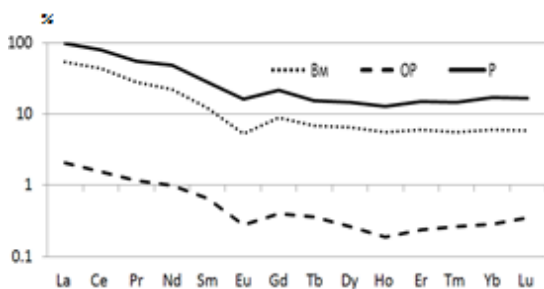
Важно отметить наличие отрицательной аномалии таких показательных элементов, как Sr и Nb во вмещающих сланцах мухорской свиты. Это подтверждает предположение о стратиграфической и генетической связи изучаемой толщи с анайскими и, соответственно,



**Рис. 2. Распределение редких элементов в коре выветривания Западного Прибайкалья:**  
*Вм* – вмещающие кристаллосланцы мухорской свиты; *OP* – околорудные породы; *P* – рудный интервал

пурпольскими высокоглиноземистыми сланцами, распространенными в Западном и Северном Прибайкалье.

Обращает на себя внимание внешняя схожесть распределения REE как в околорудных и вмещающих породах, так и в образцах с содержанием титаномагнетита, магнетита и ильменита (рис. 3).



**Рис. 3. Распределение REE в коре выветривания Западного Прибайкалья:**

*Вм* – вмещающие кристаллосланцы мухорской свиты; *OP* – околорудные породы; *P* – рудный интервал

Сложно предположить перераспределение вещества с обеднением околорудного пространства практически до полной стерилизации и увеличением содержания REE в рудных пробах до 450 г/т, что более чем в два раза превышает концентрацию REE во вмещающих отложениях, в среднем составляющую 208 г/т.

Однако исключительная схожесть общего рисунка распределения REE во всех видах пород вряд ли может быть

объяснена привнесением вещества с нижних горизонтов или ювенильным источником. Напрашивается вывод о перераспределении вещества из вмещающих кварцитосланцев в процессе метаморфизма с отложением в рудных кварцевых жилах.

На сегодняшний день в пределах территории Приольхонья известно более десятка рудопроявлений и месторождений железа [1, 3, 7, 13, 15, 23, 26].

По генетическим особенностям известные месторождения и рудопроявления железа Приольхонья относятся к трем основным классам: экзогенным (включая осадочные и коры выветривания), эндогенным (включая гидротермальные и метасоматические) и метаморфогенным.

В рудопроявлениях и месторождениях данной территории выявлены три генетических типа оруденения.

*Метаморфогенный тип* оруденения представлен тонко-полосчатыми, мелкозернистыми железистыми кварцитами. Рудный минерал – магнетит. Структура пород гранобластовая, текстуры полосчатые, отчетливо сланцеватые, реже гнейсовидные. Мощность «прослоев» магнетита в кварце – от 1–2 мм до 3–5 мм. В зоне гипергенеза вмещающие породы и руды интенсивно выветрены, имеют серо-бурый, красновато-бурый цвет, наблюдаются в виде реликтов среди метаморфических пород. Присутствие кварца может частично быть обусловлено не только первичным составом кварцитов, но и наложенными позднее процессами мигматизации.

*Осадочный тип* (включая коры выветривания) проявлен в большинстве рудопроявлений и месторождений. Представлен он лимонитом и другими гидроокислами железа. Цвет руды – от светлорыжего до бурого и темно-бурого. Этот тип руд может считаться классическими бурыми железняками, состоящими преимущественно из порошковатых, частью пылеобразных железных охр с отдельными включениями гнезд бурого железняка.

*Гидротермальные* железорудные образования наблюдаются на изученной территории редко, преимущественно в виде ореолов, реже в виде жильных образований, сложенных сульфидными минералами железа и других металлов.

Практически на всей территории Приольхонья наблюдается пространственное совмещение разных минеральных ассоциаций руд железа в одних и тех же рудопрооявлениях (таблица).

Экзогенные руды – осадочные, коры выветривания и инфильтрационные – развиты на всех рудопрооявлениях, кроме Бугульдейского, которое в единственном числе является представителем эндогенных образований (см. таблицу).

Гидротермальные ореолы наблюдаются в той или иной степени развития также на подавляющем большинстве рудопрооявлений и месторождений за исключением Ункурского и Горхонского (см. таблицу).

Экзогенные руды и гидротермальные образования на части месторождений могли развиваться по первичным метаморфическим рудам (Кутульское, Улан-Нурское, Хатыгнейское и, возможно, ряд других проявлений).

Для изученных рудопрооявлений и месторождений, а также для рудопрооявлений марганца, часто пространственно совмещенных или сближенных с железорудными, характерна сложная стадийность:

**Процессы образования месторождений и рудопрооявлений железа Приольхонья**

Месторождение и рудопрооявление	Процессы рудообразования*							
	Эндогенные			Экзогенные			Метаморфогенные	
Название	Мг	Пг	Гт	Ос	КВ	Ин	Мч	Мз
Кутульское			+	+	+	+	+?	+
Улан-Нурское			+	+	+	+	+	
Хатыгнейское,				+	+	+	+	
Борсойское; Борсойский Тажеран)			+	+	+	+		+
Тумырбашское (Кучулгинское)			+	+	+	+		+
Нарын-Елгинское			+	+	+	+		+
Тонтское			+	+	+	+		+
Иликсинское			+	+	+	+		+
Улан-Харгана			+	+	+	+		+
Зыкуйская группа рудопрооявлений			+	+	+	+		+
Ункурское				+				+
Горхонское				+				+
Петрово-Поповское			+	+	+	+		
Бугульдейское	+							

Примечание. \*Процессы рудообразования: Мг – эндогенные, Пг – пегматитовые, Гт – гидротермальные, Ос – осадочные, КВ – коры выветривания, Ин – инфильтрационные, Мч – метаморфические, Мз – метаморфизованные.

Таблица оставлена по материалам Б.Н. Артемьева [1], В.С. Малых [14, 15], А.С. Мехоношина [3] с дополнениями авторов [6, 25].



1) на стадии осадконакопления и регионального метаморфизма в толще пород формировалась минерализация рассеянного типа (железистые кварциты, графитовые сланцы, обогащенные железом и марганцем минералы – пироксены и амфиболы);

2) на стадии ультраметаморфизма, гранитизации и мигматизации происходил привнос тепла,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{K}_2\text{O}$  в купольные структуры, мобилизация и вынос Fe, Mn, Mg, Ca в межкупольное пространство с образованием повышенных концентраций этих элементов;

3) на стадии тектономагматической активизации за счет фильтрации постмагматических гидротермальных растворов происходило обогащение этими элементами проницаемых зон дробления и трещиноватости;

4) на стадии формирования поверхности выравнивания и коры выветривания происходила инфильтрация низкотемпературных растворов по зонам дробления, за счет чего образовались бурые железняки, окислы марганца и т.д., которые не представляют сейчас практического интереса как рудопроявления.

Для подавляющего большинства изученных объектов наблюдается пространственное совмещение парагенезисов разных термодинамических уровней от катазоны до эпизоны, которое также отражает многостадийность процессов рудообразования.

Таким образом, рудопроявления и месторождения железа Приольхонья являются *полигенными образованиями* [20]: в их образовании выделяется несколько стадий, характеризующих преобладание того или иного процесса минералогенеза.

**Выводы.** Первоначальным источником большинства месторождений и рудопроявлений железа являлись метаморфические образования протерозойского возраста данной территории, которые в значительной мере были дезинтегрированы в ходе активных неоднократных тектонических процессов, проходивших на изученной территории.

Источником рудного флюида, вероятнее всего, являлись переотложенные коры выветривания ангинской и анайской свит, основным материалом при формировании которых, очевидно, служили зеленокаменные образования позднеархейского времени, уходящие под чехол платформы [13]. Таким образом, месторождения могли формироваться за счет переотложения вещества в результате переработки железосодержащих толщ, расположенных на северо-западе.

Для ряда рудопроявлений наиболее вероятным представляется вариант поступления кварцево-жильного материала с магнетит-ильменитовой минерализацией в результате перераспределения из вмещающих кристаллических сланцев нижнерифейского возраста с соответствующей геохимической специализацией.

Опираясь на современные представления о геодинамическом развитии региона, можно сделать вывод о масштабном процессе перераспределения вещества в пределах влияния зоны коллизии в раннем палеозое (возраст метаморфизма – 480–500 млн лет) [2, 21, 22].

Незначительное развитие минерализации гидротермального типа вполне объяснимо с позиции тектонофациального анализа. Достаточно быстрый подъем флюида с глубокого уровня катазоны в приповерхностные условия привел к слабому развитию структурного парагенезиса мезозоны [12], для которого в большей степени, чем для других термодинамических зон, характерно развитие гидротермальных образований типа альпийских жил и др.

### Библиографический список

1. Артемьев Б.Н. Очерк геологического строения и полезных ископаемых Ольхонского края // Очерки по землеведению Восточной Сибири (Известия Восточно-Сибирского отделения русского географического общества). 1926. Т. 52. Вып. 3. С. 135–152.

2. Аэрокосмическая геологическая карта юго-западной части Приольхонья (Байкал). Зоны Черноруд и Томота Ольхонского региона (Байкал) / А.М. Мазукабзов, Е.В. Скляр, Д.П. Гладкочуб, Т.В. Донская, А.В. Лавренчук, А.Э. Изох, А.Р. Агатова, А.Б. Котов; отв. ред. В.С. Федоровский. М.: Изд-во группы компаний А1 TIS, 2012.

3. Базит-ультрабазитовый магматизм Ольхонской коллизии системы Западного Прибайкалья: состав  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ , структурная позиция / А.С. Мехоношин, А.Г. Владимиров, В.С. Федоровский [и др.] // Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского подвижного пояса (от океана к континенту). Иркутск, 2004. Т. 2. С. 56–59.

4. Барышев А.С. Геофизические основы прогнозирования и поисков месторождений железа, золота, алмазов в Восточной Сибири: автореф. ... д-ра геолог.-минералог. наук. Иркутск: Изд-во ИЗК СО АН СССР, 1987. 35 с.

5. Горянов П.М., Балабонин Н.Л. Структурно-вещественные парагенезисы железных руд докембрия Кольского полуострова. Л., 1988. 144 с.

6. Иванова Р.Н., Кочнев А.П. Тектонофашии Ольхонского кристаллического комплекса: монография. Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2012. 130 с.

7. Источники руды для производства железа в древности: Курминский археологический участок / С.В. Снопков, Г.Г. Матасова, А.Ю. Казанский, А.В. Харинский, Н.О. Кожевников // Известия Лаборатории древних технологий. 2012. № 9. С. 10–30.

8. Кожевников Н.О., Кожевников О.К., Харинский А.В. Вещественный состав и магнетизм древних металлургических шлаков окрестностей пос. Черноруд // Геофизика на пороге третьего тысячелетия: тр. II Байкальской молодежной школы-семинара. Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2001. С. 51–74.

9. Кожевников Н.О., Кожевников О.К., Харинский А.В. О рудно-сырьевой базе древнего производства железа на

Ольхоне и в Приольхонье // Геофизика на пороге третьего тысячелетия: тр. II Байкальской молодежной школы-семинара. Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2001. С. 106–114.

10. Кожевников Н.О. Шлаки и другие материальные свидетельства древней металлургии железа // Известия Лаборатории древних технологий. 2004. № 2. С. 188–192.

11. Конева А.А. О докембрийской коре химического выветривания в Приольхонье (Западное Прибайкалье) // ДАН СССР. 1988. Т. 302. С. 1217–1220.

12. Кочнев А.П., Иванова Р.Н. Характер деструкции пород в зонах глубинных разломов на разных термодинамических уровнях земной коры (на примере Приморского разлома) // Известия Сибирского отделения Секции наук о земле РАЕН. Геология, поиски и разведка рудных месторождений. 2008. № 6 (32). С. 117–124.

13. Макрыгина В.А., Конева А.А. Геохимия переотложенных и непереотложенных древних кор выветривания, Прибайкалье // Геохимия. 2010. № 8. С. 215–228.

14. Малых В.С. Основные черты металлогении Центральной части Западного Прибайкалья: дис. ... канд. геолог.-минералог. наук. Иркутск: Изд-во ИГУ, Комплексная тематическая экспедиция, 1963. 257 с.

15. Малых В.С., Михайлова Т.С. Прибайкальская зона глубинного разлома и ее роль в металлогении Западного Прибайкалья // Эндогенные полезные ископаемые Саяно-Байкальской горной области: тр. ВостСибНИИГГиМСа. Иркутск: Восточно-Сибирское книжное издательство, 1974. С. 62–71.

16. Нарсеев В.А. Проблемы рудообразования в системе «купол-прогиб» // Гранитогнейсовые купола. Иркутск: Изд-во ИЗК СО АН СССР, 1983. С. 42–43.

17. Обручев В.А. История геологических исследований в Сибири. Л.: Наука, 1937. 354 с.

18. Обручев В.А. К вопросу о шарьяжах Сибири // Геологический вестник. 1928. Т. 6. № 1/3. С. 72–74.

19. Павленко Э.Ф. Особенности образования бурого железняка в Приольхонье (Западное Прибайкалье) // Известия вузов Сибири. Науки о Земле. 1998. № 2–3. С. 189–191.

20. Семинский Ж.В. К генетической классификации месторождений полезных ископаемых // Известия Сибирского отделения Секции Наук о земле РАЕН. Геология, поиски и разведка рудных месторождений. 2010. № 1 (36). С. 5–11.

21. Тектоника, метаморфизм и магматизм коллизионных зон каледонид Центральной Азии / В.С. Федоровский, А.Г. Владимиров, Е.В. Хаин, С.А. Каргополов, А.С. Гибшер, А.Э. Изох // Геотектоника. 1995. № 3. С. 3–22.

22. Федоровский В.С. Геолого-структурные индикаторы коллапса коллизионной системы каледонид Западного Прибайкалья // Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского подвижного пояса (от океана к континенту): материалы науч. совещ.

(Иркутск, 20–23 октября 2003 г.). Иркутск: Изд-во Института географии СО РАН, 2003. С. 254–257.

23. Харинский А.В., Снопков С.В. Производство железа населением Приольхонья в Елгинское время // Известия Лаборатории древних технологий. 2004. № 2. С. 167–187.

24. Черский И.Д. Отчет о геологических исследованиях береговой полосы озера Байкал. Иркутск: Изд-во Восточно-Сибирского Отделения ИРГО, 1886. Т. XII. 53 с.

25. Шульга В.В. Шидинская зона мигматизации (Приольхонье, Западное Прибайкалье) // Вестник ИрГТУ. 2006. № 2 (26). С. 19–20.

26. Шульга В.В., Кочнев А.П. Геология и рудоносность мигматитовых комплексов Приольхонья: монография. Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2012. 199 с.

27. Шульга В.В., Кочнев А.П. Степень мигматизации пород ольхонской серии и ее отражение в физических полях (Приольхонье, Чернорудский полигон) // Строение литосферы и геодинамика: материалы XXI Всерос. молодежной конф. Иркутск: Изд-во ИЗК СО РАН, 2005. С. 73–75.

*Статья поступила 12.05.2015 г.*