

Форум «Нефть. Газ. Геология. Экология»

Администрация Томской области  
Министерство природных ресурсов и экологии РФ  
Федеральное агентство по образованию РФ  
Территориальное управление по недропользованию Томской области  
ОАО Томский Международный Деловой Центр «Технопарк»  
Институт химии нефти СО РАН  
ГОУ ВПО Томский государственный университет  
ГОУ ВПО Национальный исследовательский  
Томский политехнический университет  
Институт геологии и нефтегазового дела  
Ядерный университет НАК «Казатомпром»

**VI Сибирский форум недропользователей и предприятий  
ТЭК «Нефть, газ, геология, экология» - 2010**

**Нефть. Газ. Геология. Экология: современное состояние,  
проблемы, новейшие разработки,  
перспективные исследования**

Материалы круглых столов

Издательство ТПУ  
Томск – 2010

**ГЕОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ  
ОСНОВНЫХ ТИПОВ РУД БАКЧАРСКОГО  
ЖЕЛЕЗОРУДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ**

*О.М. Гринев, Е.А. Григорьева, Е.А. Булаева, Е.П. Тюменцева*

*Томский государственный университет,*

*г. Томск, Россия*

*E-mail: [tomskgrom@yandex.ru](mailto:tomskgrom@yandex.ru)*

**Введение**

Конец 2009 г. для томской геологии ознаменовался весьма значимым событием – завершением разведки и подсчета запасов железных руд в пределах Западного участка Бакчарского месторождения. К сожалению, это событие омрачилось рядом перепитий, рожденных в далеких от геологии инстанциях, что не умаляет значимости выполненной геологической работы – представления в ГКЗ первых промышленных запасов бакчарской руды, которые более полувека считались прогнозными и не имели геолого-экономического статуса месторождения.

Между тем, подсчетом запасов руд, сопровождаемым определенным уровнем изучения месторождения, тем более такого гиганта, как Бакчар, дело не ограничивается. За рамками нередко остаются вопросы более углубленного изучения геологии, вещественного состава и фациальных условий образования руд, которые нередко имеют дискуссионный характер. Сотрудники ТГУ на протяжении ряда последних лет (2005-2010 гг.) в рамках инициативной тематики и х/д занимались планомерным изучением геологии и вещественного состава бакчарских руд и периодически освещали полученные результаты в печати.

Целью данной публикации является изложение очередных результатов этой продолжающейся работы, раскрывающих некоторые ключевые моменты геологии, состава и условий формирования бакчарских руд.

**Геолого-тектонические особенности строения месторождения**

В основополагающих сводках по геологии и условиям формирования руд Западно-Сибирского железорудного бассейна (ЗСЖБ) в целом и Бакчарского месторождения, в частности, единодушно отмечалось, что накопление железорудных горизонтов происходило в условиях активного проявления тектоники обрамления и внутренних областей Западно-Сибирской плиты (ЗСП). При этом в работе (Западно-Сибирский ..., 1964) указывалось, что накопление железорудных горизонтов происходило в ходе последовательных трансгрессий-регрессий. Для всего ЗСЖБ насчитывается семь циклов, каждому из которых соответствует определенный горизонт железорудения. И.В. Николаева

(1967) для Бакчарского рудного узла описывает только четыре горизонта, которые вместе с содержащими их свитами относит к единой трансгрессивной серии. Привлечение данных по палеонтолого-стратиграфическому расчленению бакчарского разреза, полученных специалистами НИЛ Микрорепалеонтологии ТГУ под руководством профессора В.М. Подобной (Подобина и др., 2005), позволило нам подтвердить его трансгрессивно-регрессивный характер и формирование нарымского, колпашевского, усть-тымского и бакчарского железорудных горизонтов на пике серии трансгрессий, сменявшихся резкими регрессиями (Гринев и др., 2006; 2007).

Однако выяснение трансгрессивно-регрессивной цикличности накопления железоносных горизонтов само по себе не объясняет отмечаемой предшественниками тектонической активности зоны железнакопления ЗСЖБ. Тем не менее, по их данным разрезы поисковых скважин и документация керна свидетельствуют об определенной расчлененности дна зоны железнакопления и скоплении железоносных растворов и коллоидов в локальных ложбинах, впадинах и других неровностях рельефа морского бассейна, чередуемых с поднятиями. Отмечались также брекчиевые структуры бакчарских руд, что в условиях полого погружающегося к центру Бакчарской впадины дна мелководного морского бассейна требует своего объяснения.

Анализ разрезов, составленных по скважинам на Восточном и Западном участках месторождения, однозначно показывает на то, что неровности морского дна в пределах полосы (зоны) железоруднения действительно присутствуют и наиболее резко проявлены в поперечных (З-СЗ) разрезах, тогда как в направлении, совпадающем с простиранием ЗСЖБ эти неровности проявлены минимально. Поиск аналогов подобных явлений в строении плитно-синеклизных бассейнов седиментации в отечественной и зарубежной литературе, а также привлечение новых данных, полученных в ходе разведочных работ на месторождении, привел нас к следующему выводу.

Для ЗСП рубеж нижнего и верхнего мела отмечен вторым (после верхнеюрского) этапом некомпенсированного осадконакопления, который может быть обусловлен как повышением интенсивности погружения палеозойского ложа мегасинеклизы, так и назревшими диагенетическими преобразованиями юрско-нижнемеловых толщ – их уплотнением, литификацией, отжатием диагенетических и катагенных вод и др. В условиях последовательной серии трансгрессивно-регрессивных циклов, послуживших дополнительным и существенным фактором скачкообразного ускорения отмеченных процессов, верхнемеловое ложе бассейна, с накопленными к тому времени юрско-нижнемеловыми толщами, было, по-видимому, расчленено по типу листрических сбросов и системы разрывов домино, отображенных на *рис. 1*. Формирование подобной совокупности структур способно объяснить многие особенности строения железоносных го-

ризонтов ЗСЖБ и самих железных руд. При этом в строении и составе этих горизонтов и руд, несомненно, должны сохраниться следы проявления подобных процессов.

### Структурно-текстурные особенности основных типов железных руд Бакчарского месторождения

Детальное изучение керна эталонных скважин месторождения, полностью вскрывших рудоносные горизонты, позволило установить, что в генетическом плане железные руды Бакчара представлены двумя контрастными типами: зеленовато-серыми глинисто-микроолитовыми и темно-бурыми, бурыми сцементированными оолитовыми гетит-гидрогетитовыми железняками. Между ними располагаются промежуточные разновидности или подтипы в разной степени (от интенсивной до частичной) затронутые наложенными преобразованиями (выветриванием, окислением, разрушением волновой эрозией и др.), которые послужили источниками оолитового материала для формирования сыпучих (перемытых) железных руд месторождения.

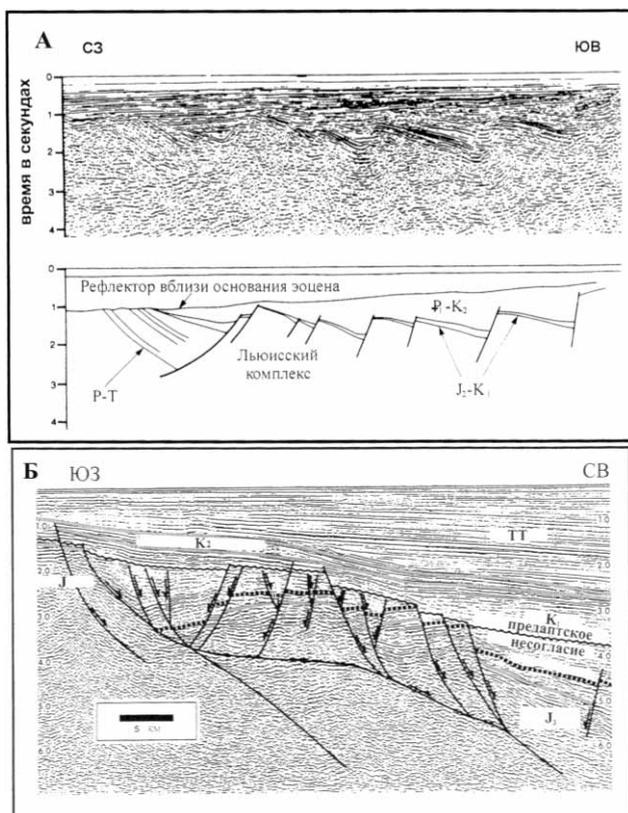


Рис. 1. А: Листрический сброс и связанный с ним полу-грабен (в левой части рисунка) и система разрывов домино на сейсмическом (мигрированном) разрезе и его геологической интерпретации в области к северу от Шотландии. Б: Сейсмический (мигрированный) разрез в районе Большой Банки. Ньюфаундленд (Осадочные ..., 2004).

Сводное описание установленных двух основных или исходных генетических типов Бакчарских руд заключается в следующем.

**Зеленовато-серые с бурым или буроватым оттенком неявнослоистомковатые, комковато-брекчевидные глинисто-микрооолитовые железняки.**

Макроскопически все образцы имеют темную зеленовато-серую окраску нередко с буроватым оттенком. Интенсивность буроватого оттенка меняется от слабого до насыщенного, что зависит от процентного содержания оолитов в основной массе и степени выветрелости образца. Иногда в породе присутствуют вкрапления белого минерального вещества и черного растительного углифицированного детрита.

Текстуры руд в целом скрыто- и явно неоднородные. Практически во всех образцах (кроме обр. 9а-23) неоднородность выражена в присутствии участков с различной концентрацией оолитов: выделяются участки с преобладанием оолитов над основной массой (сгущение оолитов) и участки, состоящие практически из одной глинистой основной массы (без видимых оолитов). Визуально наиболее четко выделяются участки лишенные (или практически лишенные) оолитов. Они имеют вид небольших прослоев, линзочек, псевдопрожилков, угловато-изометричных образований, стяжений неправильной формы и часто формируют пятнистую, линзовидно-пятнистую текстуру образца. Их размеры составляют от долей миллиметра до нескольких сантиметров. В целом эти образования (особенно мелкие изометричные) расположены в породе хаотично и не образуют выраженных плоскостей и других закономерных структурных особенностей, а лишь редкие более или менее крупные линзочки и прослойки, а так же теневые «обломки» с общим их простираем примерно перпендикулярным оси керна. Они слагаются более плотной глинистой массой, отличной по консистенции от матрикса пород, вмещающего оолиты. Кроме того, в образцах просматривается общее комковатое и реже брекчевидное строение матрикса руд, о чем свидетельствует очень неровная, бугристая поверхность их сколов, наличие явных и теневых брекчиевых и брекчевидных текстур. Иногда отчетливая брекчиевая или брекчевидная текстура проявлена в наличии очевидных кластогенов, в качестве которых выступают угловатые или угловато-уплощенные включения глинистых зеленоватых пород, лишенных оолитов.

В породах – рудах отсутствует четковыраженная слоистость. Вместо нее часто отмечаются скрытослоистые и неявнослоистые текстуры. Они выражены в присутствии невыдержанных прослоев, линзочек, сгущений, комков с повышенной концентрацией оолитов (оолитовые «прослой»), которые являются ослабленными плоскостями и по ним обычно происходит раскалывание керна. Они простираются примерно перпендикулярно оси керна, фрагментарно про-

сматриваются их волнистые ограничивающие поверхности и иногда изгибы. Часто слоеобразные скопления матрикса с оолитами невыдержанны по простиранию, прерывисты и развиты в виде множества отдельных участков, фрагментарно очерчивающих общую принадлежность к единому слою. Толщину слоев определить сложно, т.к. на боковой поверхности керна их четко выраженных границ не наблюдается, примерно она составляет 1 – 3 см. В образце 9а-18 слоистоподобная текстура, выражена в присутствии разреженного гравийного прослоя, который также не имеет четко выраженных ограничивающих поверхностей. Скрытослоистое строение породы проявляется также в однотипном раскалывании керна молотком, хотя макроскопически выраженных признаков слоистости в образцах не наблюдалось.

В целом порода состоит из оолитов, вмещающей их глинистой основной массы и того или иного количества кластогенного материала зеленоватых глинистых пород, не содержащих оолитов. Во многих образцах присутствует также терригенная составляющая, которая в большинстве случаев представлена в незначительном количестве и лишь иногда играет значительную роль (обр. 9а-18 – до 20 % от общей массы). В части образцов присутствует органическая составляющая, которая представлена единичными находками растительного углефицированного детрита, но в отдельных случаях она присутствует в повышенных количествах.

Оолиты преимущественно имеют мелко-, среднезернистую размерность, редко встречаются единичные оолиты крупнозернистой размерности. Лишь в отдельных образцах присутствуют средне-крупнозернистые оолиты, а также отдельные их индивиды грубозернистой размерности. Оолиты имеют буровато-черную окраску. Основная масса или матрикс пород имеет серовато-темно-зеленый цвет и заполняет пространство между оолитами. Порода в основном имеет среднюю крепость, иногда немного выше, иногда ниже и постепенно осыпается, разрушается от прикосновения.

Под биноклем отмеченные составные части этого типа руд дополнительно характеризуются следующими чертами строения и состава.

Буроватый цвет породы обусловлен присутствием в ней оолитов, которые, по-видимому, в процессе выветривания или других преобразований приобрели буроватую окраску. На свежих сколах образца оолиты имеют черный цвет, а подверженные изменениям – бурый, охристо-рыжий. Процессу выветривания более подвержены оолиты меньшей размерности. Поверхность оолитов блестящая, отполированная. Интенсивность блеска уменьшается от черных к бурым и рыжим. Оолиты имеют размер от 0,1 до 2 мм (очень редко 3 мм), в среднем 0,3-0,5 мм. Иногда наиболее крупные оолиты имеют агрегативное строение.

Основная масса – матрикс – представлена зеленовато-серым, рыхловатым, аморфным, глинистым агрегатом, определяющим цвет породы. Часто в серой

глинистой основной массе встречаются угловатые, полуокатанные зеленые (глауконитовые) обломки и трещиноватые агрегаты размером от 0,2 до 0,5 мм. Оолиты расположены в основной массе преимущественно неравномерно: отмечаются участки с высокой концентрацией оолитов – до 90 %, но есть участки, где они отсутствуют. Среднее содержание оолитов варьирует от 40 % до 80 %, в среднем 50 – 60 %.

Терригенная примесь в основном присутствует в незначительном количестве (менее 5 %) и представлена обломками размерностью в среднем 0,2-0,3 мм и 1 мм. Характерно, что более мелкие обломки (в среднем 0,2 мм) имеют неокатанную, угловатую форму, а более крупные (в среднем 1 мм) – полуокатанную. Кварц представлен в основном желтой, реже белой, прозрачной и полупрозрачной разностями. В отдельных случаях появляется белый непрозрачный угловатый кварц размерами до 1 мм. Так же отмечены единичные находки предположительно розового прозрачного кварца размером 0,5 мм. В образце 9а-18 терригенная составляющая представлена гравием размером от 2 до 10 мм, в среднем 5 мм. По степени окатанности обломки здесь варьируют от хорошо окатанных до полуокатанных. Гравий представлен преимущественно окварцованными породами и кварцитами. Он образует небольшие скопления или единичные зерна. Кроме того, в этом образце встречаются единичные чешуйки слюды (мусковит) размерностью 0,5-1 мм.

В нескольких образцах обнаружены единичные предположительно растительные углефицированные органические фрагменты уплощенной формы размерами в среднем 0,3-0,5 мм. В образце 9а-25 количество таких фрагментов более значительно, нежели в остальных. Они имеют уплощенную, чешуйчатую и пластинчатую вытянутую форму, размеры до 5 мм и черный блестящий цвет.

В породе периодически наблюдаются аморфные включения смоляно-черного блестящего вещества, внешне схожего с битумом. В образце 9а-13 имеется прожилка глинистого вещества длиной 3 см и шириной 5 мм. В этом прожилке, а также и на поверхности всего образца, имеются вкрапления смоляно-черного блестящего битуминоида. А в образце 9а-24 подобная жилка сложена только битумом. Она имеет размеры 20x2 мм и рассекает комковатое скопление оолитов.

В некоторых образцах обнаружены вкрапления минерала и его агрегатов белого цвета. В образцах 9а-14 и 9а-26 они распределены в породе хаотично, имеют размер 0,2-1 мм, в среднем 0,5 мм, изометричную угловатую форму и представлены рыхлыми (предположительно карбонатными) стяжениями или разложившимися зернами минерала (предположительно ангидрида). В образце 9а-23 белые вкрапления представлены кварцем. Кварц имеет размеры 1-2 мм, от полуокатанной до хорошоокатанной форму, полупрозрачный желтовато-белый цвет.

В некоторых образцах присутствуют образования, явно представленные в виде обломков ранее сформировавшихся пород, попавших в рудогенерирующий осадок в момент его накопления. Так в образце 9а-23 присутствуют зеленые (предположительно глауконитовые) обломки различной размерности. Они распространены в породе хаотично и имеют преимущественно четкие границы с основной ее массой, размеры их от 2 до 10 мм. Большинство их лишено оолитов. В редких случаях оолиты присутствуют в них в небольшом количестве. Кластогенные включения имеют форму остроугольных неокатанных обломков, небольших линзочек или прожилковидных выделений. В образце 9а-25 на одной из поверхностей скола обнаружено включение, состоящее из одной глинистой массы без оолитов. Оно имеет вид деформированной линзы, размеры 8,5х2,5х1,0 см, закругленные края и простирается в плоскости, перпендикулярной длинной оси зерна и четкие границы с остальной массой породы.

### **Темно-бурый кристаллическизернистый оолитовый (гетит-гидрогетитовый) железняк.**

Бурые железняки разделяются по крепости на сцементированные полнокристаллические, которые не затронуты процессами «выветривания» и окисления, либо изменены не сильно и сыпучие, которые в процессе выветривания утратили свою крепость, кристалличность и превратились в ржавую желтовато-светлокоричневую рыхлую массу.

Сцементированные кристаллическизернистые бурые железняки имеют массивное слабо проявленное грубослоистое строение. Местами эта слоистость отмечается лишь по директивному расположению перпендикулярно оси зерна редких уплощенных галек.

Порода в сухом состоянии имеет бурый, темно-бурый цвет, во влажном – более темный, почти черный цвет, с буроватым оттенком.

Оолиты бурой и светло-коричневой окраски с матовой или блестящей поверхностью и размерами от 0,2-0,5 до 0,5-1 мм. Также встречаются оолиты с размерностью до 2-3 мм. Содержание оолитов варьирует от 70 до 90 %.

По составу цемента порода варьирует от карбонатно-гипсового кристаллического до глинисто-железистого аморфного. Вариации в содержании цемента 10-30 %. Тип цемента поровый и базально-поровый.

В породе редко разбросаны уплощенные и окатанные гальки, которые, так же как и большая часть оолитов, имеют блестящую поверхность. Встречаются так же угловатые или неправильной формы гальки со сглаженными выступающими углами. Гальки имеют директивную ориентировку уплощенности, подчеркивающую слабо проявленную слоистость породы (руды). Процентное содержание терригенного материала варьирует от 5-7 % до 1 % и менее. В гальках наблюдаются кварциты, разного рода кремнистые образования белого, розова-

того, темно-серого, до почти черного, цветов окраски.

Рыхло-сыпучие железняки по причине разрушенности утратили первичные структурно-текстурные признаки.

### **Петро-геохимические особенности основных типов железных руд петрохимические особенности.**

Согласно данным предшественников (Западно-Сибирский ..., 1964) в пределах Бакчарского месторождения установлено шесть типов железных руд, отображенных в *табл. 1*.

Анализ данных таблицы показывает на то, что наиболее широкие вариации в содержании петрогенных оксидов характерны для: общего железа (26,8-41,56 %, среднее – 38,53 %); для окисного железа (1,77-31,64 %, среднее – 10,69 %); для закисного железа (10,39-56,61 %, среднее – 43,17 %); и кремнезема (15,68-33,00 %, среднее – 21,33 %).

В ограниченных количествах в рудах присутствуют  $Al_2O_3$  (2,19-5,01 %, среднее – 3,76 %);  $CaO$  (0,4-2,34 %, среднее – 0,41 %);  $MgO$  (0,28-1,08 %, среднее – 0,64 %);  $R_2O$  (0,58-1,59 %, среднее – 0,94 %);  $TiO_2$  (0,27-0,40 %, среднее – 0,20 %). Значительными являются содержания летучих компонентов. Так  $CO_2$  составляют 11,54-28,47 %, среднее – 15,38 %;  $CO_2$  – 1,32-27,32 %, среднее – 6,6 %;  $H_2O$  гидратная + органика – 1,15-11,11 %, среднее – 8,78 %.

Таким образом, основными компонентами всех типов руд являются окисное и закисное железо (с преобладанием то одного, то другого), кремнезем и летучие ( $CO_2$ , вода гидратная и органика).

Отстроенная по данным *табл. 1* диаграмма (*рис. 2*) отчетливо показывает наличие двух основных петрохимических разновидностей железных руд Бакчара – окисных (V и IV типы) и закисных (I – IV типы). Окисные руды содержат минимум  $CO_2$  (1,32 – 1,47 %), но максимум воды (8,21 – 10,19 %), а закисные, наоборот, содержат максимум  $CO_2$  (11,79 – 27,32 %) и минимум воды (1,15 – 6,45 %).

Корреляция петрохимических типов руд с их количественно-минералогическим составом (*табл. 2*) позволяет установить, что основными концентраторами железа являются оолиты и в меньшей степени сидерит и сидеритовый цемент; повышенные содержания кремнезема дает терригенная примесь кварца, кварцитов и полевых шпатов, а фоновое содержание кремнезема в рудах дают гидросиликаты цемента и матрицы руд.

Отстроенная по данным таблицы 2 диаграмма (*рис. 3*) подтверждает отмеченные особенности связи петрохимического и количественно-минералогического составов в основных типах бакчарских руд. Наиболее богатыми из них являются руды, сложенные, главным образом, шамозит-гидрогетитовыми оолитами (закисный тип).

Таблица 1.

*Химический состав железных руд в технологической пробе  
Бакчарского месторождения (Западно-Сибирский..., 1964)*

Компоненты	Содержание, %						
	в смешанной пробе	по типам руд					
		I	II	III	IV	V	VI
Fe общее	38.53	26.84	34.83	41.42	41.56	39.77	31.76
FeO	10.69	24.31	31.64	19.11	2.49	2.04	1.77
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	43.17	10.39	14.61	37.94	56.61	54.54	43.40
Fe силикатное	не опр.	0.40	не опр.	0.24	0.21	0.38	0.17
MnO	0.35	0.53	1.59	0.39	0.23	0.28	0.16
SiO <sub>2</sub>	21.33	31.04	17.45	15.68	19.88	21.90	33.00
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.76	2.19	3.72	2.89	4.67	5.01	4.54
CaO	0.41	2.34	0.58	0.71	0.40	0.40	0.43
MgO	0.64	1.08	0.28	0.33	0.95	0.58	0.67
TiO <sub>2</sub>	0.20	0.27	0.30	0.32	0.41	0.40	0.36
K <sub>2</sub> O + Na <sub>2</sub> O	0.94	1.46	0.58	1.32	1.09	1.59	1.59
Cu	-	следы	следы	следы	-	следы	-
Ni	следы	следы	следы	следы	следы	следы	0.01
Zn	-	следы	-	следы	нет	следы	следы
Co	0.004	0.02	следы	0.02	-	0.01	0.01
P	0.46	0.34	0.14	0.54	0.57	0.54	0.44
S	0.09	0.88	0.10	0.08	0.015	0.02	0.035
As	0.063	0.05	-	0.08	0.04	0.06	0.08
Pb	-	-	-	-	менее 0.01	менее 0.01	менее 0.01
П.п.п.	15.38	21.66	28.47	18.24	12.94	11.54	9.68
CO <sub>2</sub>	6.60	18.51	27.32	11.79	1.83	1.32	1.47
H <sub>2</sub> O гидратная + органика	8.78	3.15	1.15	6.45	11.11	10.19	8.21

**Таблица 2.**

**Количественно-минералогический состав Бакчарских железных руд  
(Западно-Сибирский..., 1964)**

Компоненты, %	Типы руд					
	I	II	III	IV	V	VI
Гидрогетитовые оолиты	3,6	0,2	5,06	71,38	60,05	53,8
Шамозит-гидрогетитовые оолиты	-	0,2	52,7	8,7	11,05	8,5
Сидерит	не опред.	70,5	не опред.	не опред.	не опред.	не опред.
Сидеритовый цемент	32,94	не опред.	37,27	3,6	1,7	0,6
Глауконит	33,82	6,2	1,3	0,65	-	-
Пирит	0,3	0,2	-	Ед. зерн.	Ед. зерн.	Ед. зерн.
Глауконит-шамозитовый цемент	-	-	-	-	-	0,26
Шамозитовый цемент	2,51	-	-	-	-	3,76
Тюрингит	-	-	0,26	-	Ед. зерн.	-
Мельниковит	-	-	Ед. зерн.	-	-	-
Кварц	13,4	15,0	6,5	8,45	15,01	22,08
Полевой шпат	0,94	1,1	1,3	1,01	1,1	4,22
Кварциты	6,8	-	-	0,33	0,23	0,5
Глинистый цемент	4,0	1,2	-	1,11	1,40	1,4
Обломки гидрогетитовых мелкооолитовых руд	-	-	-	2,0	1,2	-
Циркон	-	-	0,09	Ед. зерн.	0,001	-
Курскит	-	0,01	-	-	0,001	-
Подолит	Ед. зерн.	-	-	-	-	0,01
Кальцит	-	2,6	Ед. зерн.	-	-	Ед. зерн.
Гетит	-	1,5	-«-	-	-	-«-

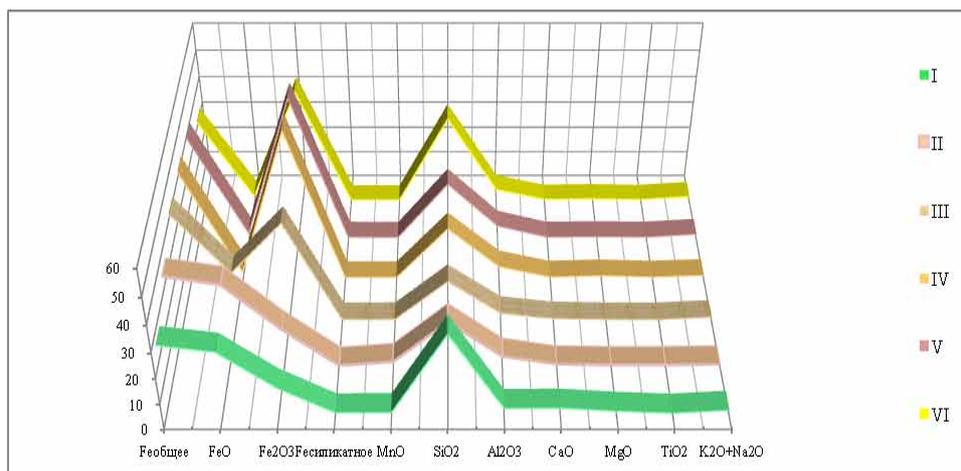


Рис. 2. Распределение оксидов в технологических типах руд Бакчарского месторождения

- I. Глауконит-гидрогетитовая руда с сидерит-лептохлоритовым цементом (7,1 %);
- II. Плотная гетит-гидрогетитовая руда с сидеритовым цементом (1,5 % от общего объема руды);
- III. Слабо цементированная гидрогетит-лептохлоритовая руда с лептохлоритовым корковым, коровым цементом или базальным цементом (30,3 %);
- IV. Слабо цементированная гидрогетитовая руда с базальным лептохлоритовым цементом (41,5 %);
- V. Слабо цементированная гетит-гидрогетитовая руда с незначительным количеством гизингеритового, хлоритового, или сидеритового корково-сгусткового цемента (12,6 %);
- VI. Слабо цементированная перемытая рыхлая гидрогетитовая руда с базальным лептохлоритовым цементом (7,0 %).

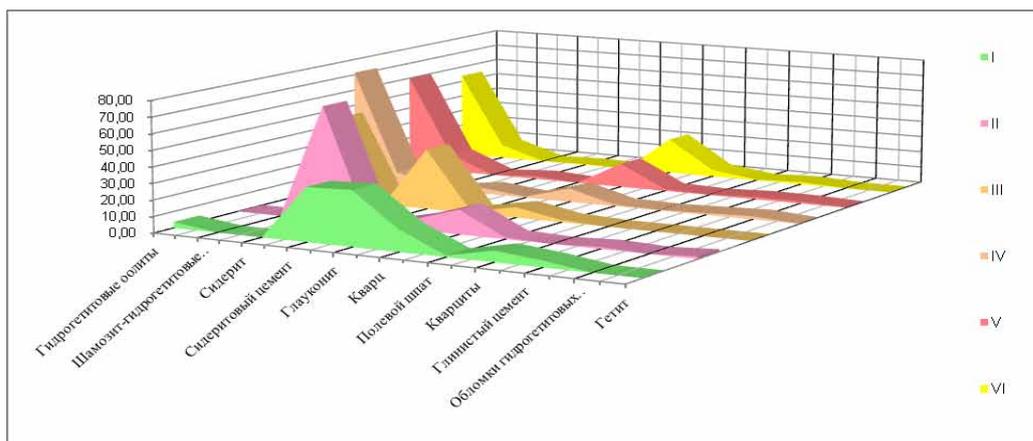


Рис. 3. Минеральный состав технологических типов руд Бакчарского месторождения

- I. Глауконит-гидрогетитовая руда с сидерит-лептохлоритовым цементом (7,1 %);
- II. Плотная гетит-гидрогетитовая руда с сидеритовым цементом (1,5 % от общего объема руды);
- III. Слабо цементированная гетит-гидрогетит-лептохлоритовая руда с лептохлоритовым корковым, коровым цементом или базальным цементом (30,3 %);
- IV. Слабо цементированная гидрогетитовая руда с базальным лептохлоритовым цементом (41,5 %);
- V. Слабо цементированная гетит-гидрогетитовая руда с незначительным количеством гизингеритового, хлоритового, или сидеритового корково-сгусткового цемента (12,6 %);
- VI. Слабо цементированная перемытая рыхлая гидрогетитовая руда с базальным лептохлоритовым цементом (7,0 %).

В 2009 г. опубликовал результаты петрохимических исследований оолитовых железных руд России и стран СНГ Г.Б. Князев (2009). Основные выводы его работы говорят о том, что бакчарские железные руды вполне соответствуют среднему типу оолитовых железных руд бывшего СССР. Все они делятся на три условных типа: оксидные, силикатные и карбонатные. Главные факторы, определяющие состав руд, определены им как терригенное ( $F_2$ ) и хемогенное ( $F_1$ ) осадконакопление. При этом в оксидных рудах доминируют подтипы FeO и  $Fe_2O_3$ ; карбонатные руды определяются активностью П.П.П., CaO, MnO и  $Fe_2O$ ; силикатные руды определяются активностью  $SiO_2$  и  $Al_2O_3$ . С учетом того, что примесь терригенного материала в рудах изученных нами разрезов была минимальна, а привнос терригенного материала лишь разубоживает первичную хемогенную субстанцию, порождающую оолитовые железные руды, но не создает ее, исследования Г.Б. Князева (2009) вполне согласуются с нашими выводами о наличии двух исходных типов железных руд на Бакчарском месторождении.

#### **Геохимические особенности основных типов железных руд.**

Применение современных прецизионных аналитических методов позволяет несравнимо более точно определить содержание и особенности распределения широкого спектра микроэлементов в бакчарских рудах. Для получения объективной геохимической картины мы взяли средние содержания микроэлементов в двух основных, описанных выше, генетических типах железных руд Бакчара (табл. 3).

Анализ таблицы 3 и отстроенной по ее данным спайдерграммы (рис. 4, а), позволяет выделить пять условных групп и соответствующих им уровней концентрации микроэлементов.

В первую группу с максимальной концентрацией микроэлементов (от 928 до 2500 г/т) входят элементы-спутники железа – Ti, V и Mn.

Вторая группа с содержаниями от 172 до 220 г/т представлена В, Cr, Zn, Ва, Се, которые характеризуются смешанной геохимической специализацией (рассеянные, рудные, аксессуарные).

Третья группа с содержаниями от 31,4 до 103,4 г/т имеет еще более сложный состав геохимической специфики и представлена Li, Y, Co, Se, Ni, Rb, Sr, Zr, Nd, Pb.

Четвертая группа с содержаниями от 1,62 до 17,4 г/т является наиболее многочисленной и сложной по составу – Ho, Hf, Sn, Tb, Ge, W, U, Sb, Eu, Be, Cr, Yb, Er, Mo, Nb, Dy, Ga, Sm, Th, Cu, Gd, Pr.

Пятая группа содержится в количествах от 0,0908 до 0,572 г/т и представлена Cd, In, Ag, Tl, Bi, Lu, Ta, Tm.

Таблица 3

**Средние содержания микроэлементов в зеленовато-серых микрооолитово-глинистых и бурых кристаллическизернистых оолитовых (гетит-гидрогетитовых) рудах Бакчарского месторождения (г/т)**

№ п/п	Элементы	Разновидности железных руд	
		Зеленовато-серые микрооолитово-глинистые (ср. из 5 ан.)	Бурые оолитово-кристаллически-зернистые (ср. из 5 ан.)
1	Li	33,4	4,5
2	Be	3,34	3,325
3	B	188	83,25
4	Sc	33,4	25,25
5	Ti	2500	1226,25
6	V	928	1051,5
7	Cr	212	249,25
8	Mn	1558	977
9	Co	40,8	31
10	Ni	77,4	69
11	Cu	15,4	12
12	Zn	190	123
13	Ga	14,8	9,925
14	Ge	2,06	4,5825
15	Rb	103,4	29,55
16	Sr	77,2	42,5
17	Y	31,4	39,25
18	Zr	74,8	57
19	Nb	7,48	9,925
20	Mo	5,22	11,9
21	Ag	0,1414	5,44
22	Cd	0,0908	5,555
23	In	0,1234	5,84
24	Sn	1,92	7,125
25	Sb	3,08	11,625
26	Cs	3,64	7,75
27	Ba	220	106,75
28	La	60,2	62
29	Ce	172	159,75
30	Pr	17,4	24,5
31	Nd	67,8	72
32	Sm	15	22
33	Eu	3,1	11,4
34	Gd	15,4	23,25
35	Tb	2	10,775
36	Dy	9,44	19,5
37	Ho	1,62	10,925
38	Er	4,28	13,925
39	Tm	0,572	10,435
40	Yb	3,64	14,625
41	Lu	0,538	10,7875
42	Hf	1,78	11,675
43	Ta	0,548	11,5
44	W	2,36	13,2
45	Tl	0,43	11,5675
46	Pb	42,2	42,5
47	Bi	0,44	12,32
48	Th	15	24,75
49	U	2,44	14,075

Примечание: анализы выполнены в аккредитованном ХАЦ «Плазма» (г. Томск);

*метод анализа – количественный масс-спектральный с индуктивно связанной плазмой (ICP-MS)*

Таким образом, для двух основных типов руд Бакчара характерен весьма широкий и пестрый по составу перечень микроэлементов с выраженным доминированием сидерофилов, целого ряда редких, рудных, всего спектра редкоземельных, щелочноземельных и радиоактивных элементов.

Характер ломанных кривых на спайдерграмме позволяет отметить следующее. На левом фланге спайдерграммы (от Li до Nb) кривые зеленовато-серых и бурых оолитовых руд практически идентичны друг другу. Имеются лишь некоторые различия в содержании Li, V, Ti, Mn, Ge, Rb, Sr.

В средней части спайдерграммы наблюдается заметная разница в конфигурации кривых, обусловленная существенными различиями в содержании Mo, Ag, Cd, In, Sn, Sb, Cs и Ba. В бурых оолитовых рудах содержания этих микроэлементов заметно выше нежели в зеленовато-серых. Для интервала спайдерграммы от Ba до Sm конфигурация кривой снова близка к идентичной. А правый фланг спайдерграммы, начиная от Sm и до Tl, характеризуется примерно одинаковым уровнем содержаний для Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Hf, Ta и W в бурых рудах и пропорциональным постепенным уменьшением их в этом ряду у зеленовато-серых руд. Крайняя правая часть спайдерграммы в ряду микроэлементов от Pb до U характеризуется однотипностью кривой, но заметной дисперсией содержаний Tl, Bi и U.

В целом подобное распределение содержаний микроэлементов может быть охарактеризовано как близкое к однотипному, свидетельствующему о генетическом родстве сравниваемых типов железных руд, но для которых имеются заметные различия в накоплении Li, Ge, Rb, Sr, Mo, Ag, Gd, In, Sn, Sb, Cs, Ba, а также Eu, Tb, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Hf, Ta, W, Tl, Bi и U. Как видим, в этот ряд в основном входят щелочноземельные, рудные, редкоземельные и редкие микроэлементы, которые, как следует предполагать, отражают специфику формирования зеленовато-серых и бурых оолитовых железных руд при доминирующей общности их происхождения, просматриваемой достаточно уверенно.

Для целей сравнения средних составов зеленовато-серых и бурых оолитовых железных руд с формационно- и фациально близкими, а также и разнотипными образованиями, полученные геохимические данные были нормированы по содержаниям микроэлементов в морской воде, осадочных породах (глинах и сланцах) и среднему составу пород земной коры (*рис. 4, б, в, г*). Анализ этих спайдерграмм позволил установить следующие черты геохимического сходства – различия.

Нормирование микроэлементного состава руд по средним составам глин и сланцев (*рис. 4, б*) так же уверенно фиксирует обогащенность их по всем анализируемым элементам, но с заметно меньшей разницей, нежели при сравнении с

морскими водами. Наиболее резкие положительные пиковые содержания здесь характерны для Sc, V, Zn, Ge, Y, Mo, Ag, Cd, In, Sb, Eu, Tb, Ho, La, Tl, Bi. Наиболее низкие содержания отмечаются для Li, Ti, Cu, Ga, Rb, Sr, Cd, Sn, Cs, Ba, Hf и Ta. А наиболее существенные расхождения между сравниваемыми типами руд характерны, как и в выше охарактеризованных случаях, для микроэлементов, расположенных в центральной части и правом фланге спайдерграммы.

Нормирование микроэлементного состава руд по среднему составу пород земной коры (*рис. 4, в*) так же показало на их явно повышенный фон и с такой же амплитудой дисперсий, что и в случае с глинами и сланцами. Однако различия в содержаниях микроэлементов в зеленовато-серых и бурых оолитовых рудах здесь проявлены наиболее значимо при общем сходстве конфигурации двух кривых. Наиболее резкие количественные расхождения характерны для ряда микроэлементов от Mo до Ba в средней части спайдерграммы и от Sm до U – в правой ее части.

Относительно геохимического профиля морских вод (*рис. 4, г*) оба типа железных руд характеризуются повышенными в разы и порядки содержаниями всех определенных микроэлементов. При этом минимальные концентрации, относительно морских вод характерны для Li, B, Sr, W, Rb, средние – для Cu, Mo, Ag, Cd, Sn, Ba, Bi и U; максимальные – для Be, Sc, Ti, V, Cr, Mn, Co, Ni, Zn, Ga, Ge, Y, Zr, Nb, In, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Cd, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Tl, Pb, Bi и Th. Конфигурация кривых обоих типов руд близка к идентичной. Наиболее ощутимые различия между ними фиксируются для микроэлементов Mo, Ag, Cd, In, Sr, Sb, Cs, Ba в центральной части спайдерграммы и для Eu, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, W, Tl, Bi и U – в ее правой части, что свидетельствует об определенной специфике в геохимических обстановках формирования руд.

*Редкоземельные элементы.* Согласно разработкам В.А. Шатрова с соавторами (2005) и других исследователей, в литогеохимии дифференциация лантаноидов в осадочном процессе проявляется в изменении их состава и масс при переносе пресными и морскими водами в растворенном, сорбированном состояниях и в составе обломочного комплекса. Результатом является фракционирование редких земель на первоначальном профиле седиментации: в составе центральных частей бассейна преобладают тяжелые REE совместно с иттрием, перенос которых осуществляется преимущественно в растворенном виде; в прибрежных условиях преимущественно накапливаются легкие редкие земли, входящие в состав обломочного комплекса. Ряд REE от La до Pr относится к легким, от Nd до Dy – к средним, и от Ho до Lu и Y – к тяжелым редким землям. Основным критерием, по которому оцениваются спектры REE, является  $\Sigma(\text{REE} + \text{Y})$ , часто проявляющемся в уменьшении значения суммы в осадке с удалением от береговой линии и углублении бассейна.

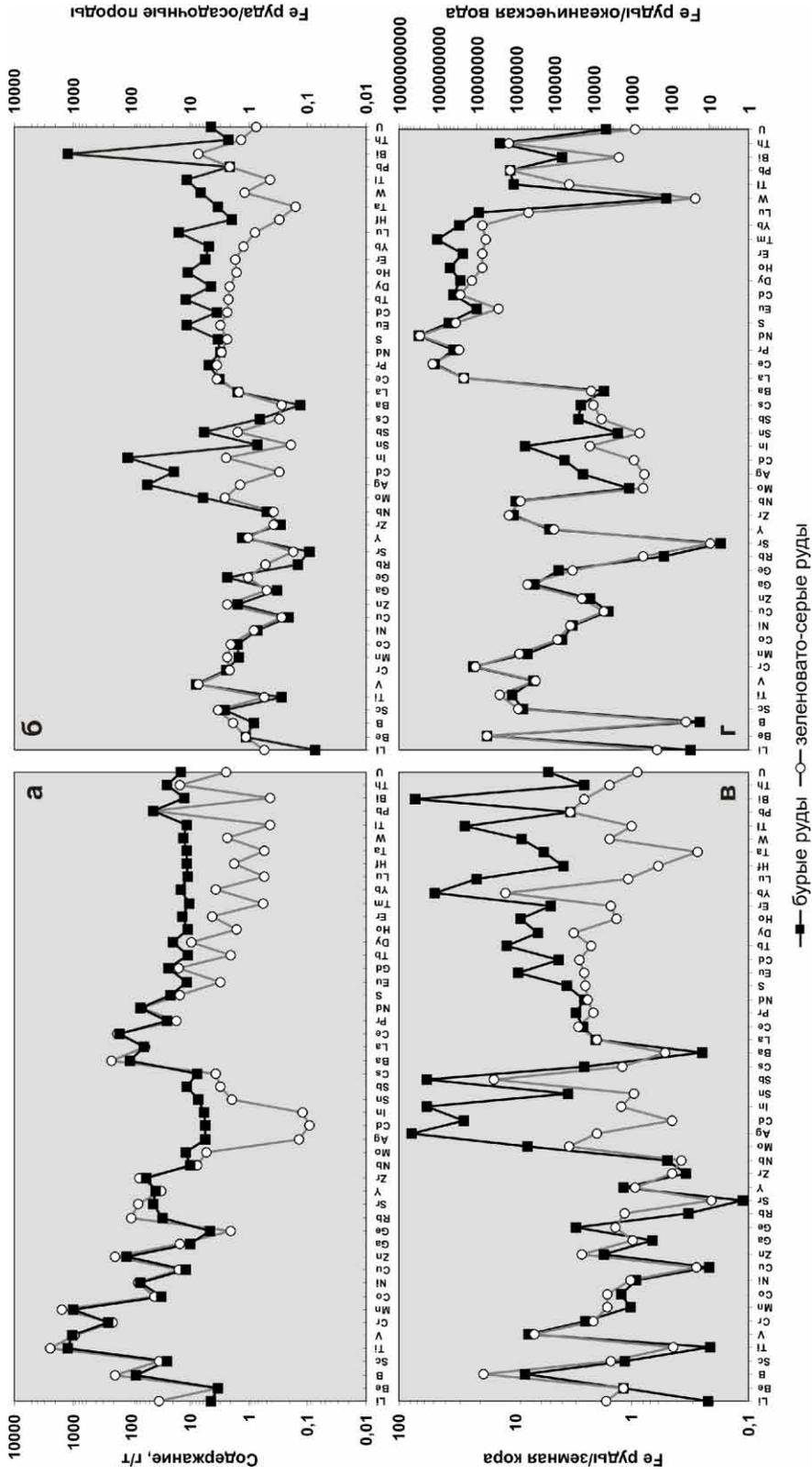


Рис. 4, а, б, в, г: а — среднее содержание микроэлементов в зеленовато-серых и бурых оолитовых железных рудах Бакчара; б — то же, нормированное по осадочным породам (глинам, сланцам; по Виноградову, 1962); в — то же, нормированное по среднему составу пород земной коры (по Виноградову, 1962); г — то же, нормированное по составу морской воде (по Гольбергу, 1963).

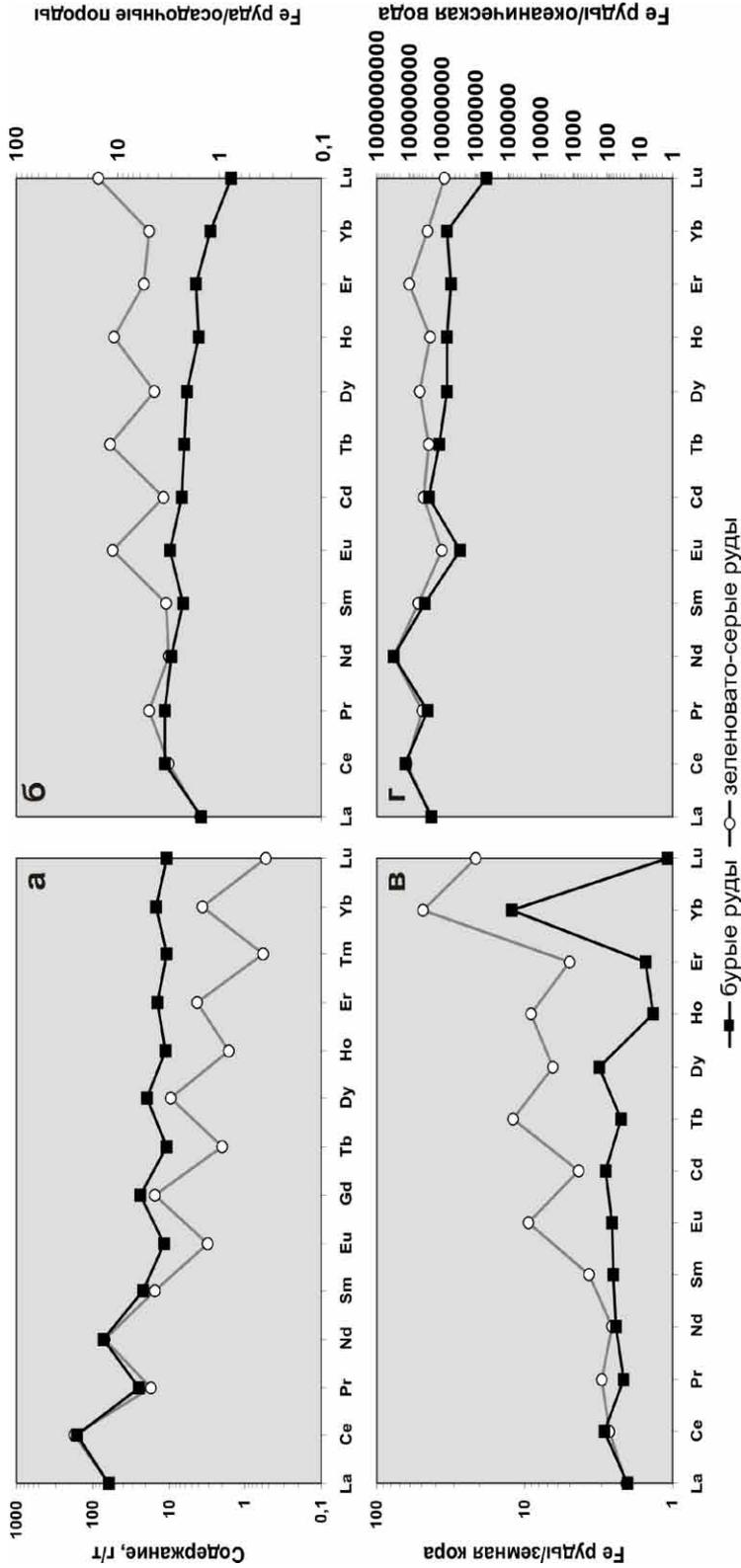


Рис. 5. а, б, в, г: а – Спайдерграммы распределения лантаноидов в средних составах зеленовато-серых и бурых оолитовых железных рудах Бакчара; б – то же, нормированное по составу осадочных пород (глины, сланцы) (по Виноградову, 1962); в – то же, нормированное по среднему составу пород земной коры (по Виноградову, 1962); г – то же, нормированное по составу морской воды (по Гольбергу, 1963).

На графике распределения REE в рассматриваемых типах руд (рис. 5, а) отчетливо видно геохимическое родство этих руд; очевидное количественное преобладание легких лантаноидов над средними и тяжелыми и пропорционально нарастающие количественные различия между бурыми и зеленовато-серыми оолитовыми рудами в ряду легкие – средние – тяжелые REE. В указанном ряду содержание лантаноидов у бурых руд максимально, а у зеленовато-серых – минимально. Подобные особенности распределения REE можно, по-видимому, оценивать как результат трансгрессивно-регрессивных колебаний уровня воды бассейна седиментации, учитывая сонахождение руд в одном разрезе, и связанное с этим перемещение береговой линии. По сложившимся представлениям, преобладание легких REE над средними и тяжелыми должно свидетельствовать о близости этой береговой линии, если только не работали другие факторы. А разница в содержании средних и тяжелых REE в бурых и зеленовато-серых рудах обусловлена различиями окислительно-восстановительного потенциала среды.

Нормирование средних содержаний REE в зеленовато-серых и бурых железных рудах по морской воде, осадочным породам и среднему составу земной коры (рис. 5, б, в, г) показывает на многопорядковое их превышение в железных рудах по отношению к морской воде, которое, по-видимому, сложно объяснить, если считать основным источником редких земель морские воды. По отношению к осадочным породам (глинам, сланцам) содержание REE в рудах превышает порядок и сохраняет количественные расхождения средних и тяжелых лантаноидов в обоих типах руд, отмеченные на рисунке 5, а. По отношению к среднему составу пород земной коры концентрация REE в железных рудах несколько превышает один порядок с повышением контрастности содержаний лантаноидов в бурых и зеленовато-серых рудах.

*Радиоактивные элементы.* В ряду повышенных концентраций широкого перечня микроэлементов железных руд Бакчара находятся U и Th. Судя по спайдерграммам рисунка 4, явно доминирует в этой паре торий с превышением концентраций над ураном в 4-6 раз. Причем, наиболее богатыми содержаниями U и Th отличаются бурые руды. На наш взгляд фоновые содержания Th порядка 15-20 г/т заслуживают внимания при дальнейшем изучении бакчарских руд на предмет выявления их более существенных скоплений, возможно имеющих промышленное значение.

#### **Основные выводы:**

1. В данной статье предлагается новая геолого-тектоническая модель формирования оолитовых железных руд ЗСЖБ на примере Бакчарского месторождения. Эта модель органично сочетает в себе трансгрессивно-регрессивный механизм с синхронным формированием системы разрывных структур, поражающих естественную слоистость юрско-раннемеловых толщ заложением листри-

ческих сбросов и разрывов домино, обусловивших совокупный результат массового железнакопления в полосе ЗСЖБ. Расчленение ложа морского бассейна в совокупности с трансгрессивно-регрессивными циклами, обусловили оптимальный водный (гумидно-аридный) режим и наличие структурно-геохимических ловушек для железнакопления. В то же время данная модель позволяет, наряду с традиционными источниками рудного вещества – производными кор выветривания, предполагать широкое участие в рудном процессе притока диагенетических и катогенных растворов, а возможно и более глубинных эманаций.

2. Детальное изучение структурно-текстурных особенностей полных разрезов железоносных толщ Бакчара не только не противоречит предлагаемой модели, но и подтверждает ее правомерность наличием двух исходных типов железных руд (зеленовато-серых и бурых оолитовых железняков), из которых первый, по-видимому, является основным продуцентом оолитов – главных концентраторов железа. Отсутствие выраженной слоистости, наличие тневых и явных мелкобрекчиевых текстур у зеленовато-серых (глинистых) железняков, напрямую говорит о необычной, спровоцированной трансгрессиями, тектонической обстановке в момент формирования литолого-структурных ловушек и рудоносных растворов → коллоидов → гелей → и рудных залежей. Сбросовые подвижки блоков подстилающих толщ сопровождались массовым взмучиванием, дроблением литифицированных пород и свежих осадков и впрыскиванием рудоносных растворов, формированием взвесей, оседающих в неровностях рельефа полосы железооруденения.

На регрессивной составляющей циклов главенствовало эвапоритовое засоление формировавшейся системы заливов и лагун выветривания и частичный размыв накопившихся трансгрессивных рудных залежей.

3. Установленные петро- и геохимические особенности подтверждают существование двух исходных типов оолитовых железных руд и соответствующих им обстановок, между которыми устанавливается как отчетливое исходное генетическое родство, так и признаки контрастных различий, обусловленных разницей в фациальных условиях формирования.

4. Широкий спектр микроэлементов бакчарских руд и уровень их содержания, намного превышающие концентрации этих микроэлементов в осадочных породах и средних составах пород земной коры, на наш взгляд, не укладываются в традиционную схему формирования оолитовых железных руд как чистых продуцентов простого переотложения мел-палеогеновых кор выветривания. Эта схема требует переосмысления и проверки на возможное участие эндогенного фактора рудообразования (Гринев, 2004-2009).

5. Расшифровка генезиса бакчарских железных руд способна дать мощный толчок к выявлению сопутствующего парагенного им и возможно масштабного оруденения – Mn, U и Th, Al, МПГ, РЗЭ, УВ и др. В этой связи следует отметить

тот факт, например, что керн многих скважин (особенно западного участка), пройденных по глинисто-алевритовым толщам, подстилающим железорудные горизонты, источает сильный и резкий запах нефти, характеризуется маслянистым состоянием, которые не исчезают даже при длительном его хранении на открытом воздухе. Примазки и вкрапления битумоидов, обнаруженные в зеленовато-серых глинисто-микроолитовых железняках, так же, по-видимому, являются неслучайными.

### *Литература:*

1. Гринев О.М. Проявления аргиллизитовой формации как индикатор наличия новых месторождений рудного и углеводородного сырья в Томской области // Материалы I научно-практической конференции «Проблемы и перспективы развития минерально-сырьевого комплекса и производительных сил Томской области». – Томск-Новосибирск, СНИИГГиМС, 2004. – С. 195-197.
2. Гринев О.М., Прокопьев В.С. Новые данные о гидротермальных образованиях позднемезозойского возраста Томского рудного района // Проблемы геологии и разведки месторождений полезных ископаемых: Материалы геологической конференции, посвященной 75-летию со дня основания кафедры разведочного дела и специальности «Геология и разведка м.п.и.». – Томск: Изд-во ТПУ, 2005. – С. 31-37.
3. Гринев О.М., Зырянова Л.А., Прокопьев В.С., Гринев Р.О., Кравцов В.В. О травертинах, белых и синих глинах и антракосолит-сидерит-аргиллизитовых жилах Томского рудного района // Материалы межрегиональной научно-практической конференции «Проблемы и перспективы развития минерально-сырьевой базы и предприятий ТЭК Сибири». – Томск: Изд-во ТПУ. 2005. – С. 327-348.
4. Гринев О. М. Геологическая изученность и проблемы освоения железных руд Бакчарского месторождения // Проблемы и перспективы развития минерально-сырьевой базы и предприятий ТЭК Сибири. Материалы межрегиональной научно-практической конференции. – Томск: Изд-во ТПУ, 2007. – С. 72-81.
5. Гринев О.М. Освоение железорудных гигантов томского Приобья - путь назревшего промышленного преобразования Западной Сибири // 6-я международная выставка «Недра-2009». Тезисы научно-технической конференции «Перспективы создания новых горнорудных районов на Урале, в Сибири и на Дальнем Востоке». – М.: Геоинформмарк, 2009. – С. 37-41.
6. Западно-Сибирский железорудный бассейн. – Новосибирск: Изд-во СО АН СССР, 1964. – 448 с.

7. Краткий справочник по геохимии. Войткевич Г.В. и др. – М.: Недра, 1970. – 280 с.
8. Князев Г.Б. Формация осадочных железных руд и место в ее составе железных руд Западно-Сибирского бассейна // Проблемы и перспективы развития минерально-сырьевой базы и предприятий ТЭК Сибири: Материалы межрегиональной научно-практической конференции и Круглых столов. – Томск: ЦНТИ, 2009. – С. 180-187.
9. Николаева И.В. Бакчарское месторождение оолитовых железных руд. – Новосибирск: Наука, 1967. – 130 с.
10. Осадочные бассейны: методика изучения, строение и эволюция (Под. ред. Ю.Г. Леонова, Ю.А. Воложа). – М.: Научный мир, 2004. – 526 с.
11. Подобина В.М., Татьяна Г.М., Кривенцов А.В., Ксенева Стратиграфическое положение и особенности формиров железорудных горизонтов на территории Томской области // Пробл. геологии и разведки месторождений полезных ископаемых: Матери геологической конференции, посвященной 75-летию со дня основ кафедры разведочного дела и специальности «Геология и разв. м.п.и.». – Томск: Изд-во ТПУ, 2005. – С. 115-120.
12. Шатров В.А., Сиротин В.И., Войцеховский Г.В., Зеленская А.Н. Реконструкция обстановок осадкообразования отложений девона геохимическими методами (на примере опорных разрезов Воронежской антеклизы) // Геохимия, 2005, № 8. – С. 856-864.