



УДК (552.3:551.21):551.76/.77+(553.2:551.763/.783)(571.1)

МЕЗОЗОЙСКО-КАЙНОЗОЙСКАЯ ТЕКТОНОМАГМАТИЧЕСКАЯ АКТИВИЗАЦИЯ И ПОЗДНЕМЕЛОВОЙ – ПАЛЕОГЕНОВЫЙ РУДОЛИТОГЕНЕЗ В ПРИЕНИСЕЙСКОЙ ЗОНЕ ЗАПАДНО-СИБИРСКОЙ ПЛИТЫ. Ч. 2

Г. Н. Черкасов, Н. В. Беляев

Установлено, что автохтонной апт-сеноманской бокситоносности юга Приенисейской зоны Западно-Сибирской плиты в северной половине соответствует альб-сеноманская аллохтонная вулканогенная бокситосодержащая толща, образованная взрывным рудным материалом триасовых железистых бокситов с гидраргиллит-гидрогетитовым коллоидным цементом и с гематит-магнетитовыми бобовинами, содержащими сростки корунд-диаспорового состава. Дана минералого-петрографическая характеристика вулканогенно-осадочных отложений Приенисейской зоны, вмещающих мощное железносное накопление, которое сформировало крупнейший в мире Западно-Сибирский железорудный бассейн гидротермально-осадочного генезиса.

Ключевые слова: вулканизм, гидротермы, подводные взрывы, гидрогетитовая руда, боксит, сидерит, гидрогематит, гидраргиллит, корунд, диаспор, генезис, фосфаты, лептохлорит, кварц, микроклин.

THE MESOZOIC-CENOZOIC TECTONIC-MAGMATIC ACTIVATION AND LATE CRETACEOUS-PALEOGENIC ORE-LITHOGENESIS IN THE CIS-YENISEI ZONE OF THE WEST-SIBERIAN PLATE. Pt 2

G. N. Cherkasov, N. V. Belyaev

The authors have revealed that the autochthonous Aptian-Cenomanian bauxites in the southern Cis-Yenisei part of the West-Siberian Plate correspond to the allochthonous volcanogenic Albion-Cenomanian bauxite-bearing interval in the northern part of the platform, which was formed by explosion-derived ore material of the Triassic ferrous bauxites with hydrargillite-hydrogoethite colloid cement and hematite-magnetite peas containing corundum-diaspore concretions. The paper contains mineralogical and petrographic description of volcanogenic-sedimentary deposits in the Cis-Yenisei zone that host thick iron accumulation, which forms the world-largest hydrothermal-sedimentary West-Siberian iron-ore-bearing basin.

Keywords: volcanism, thermal springs, underwater bursts, hydrogoethite ore, bauxite, siderite, hydrohematite, hydrargillite, corundum, diaspora, genesis, phosphates, leptochlorite, quartz, microcline.

Представленная статья является первой работой, обобщающей известные и новые геологические материалы по триасовой и верхнемеловой бокситоносности и по всему верхнемеловому-палеогеновому железорудному бассейну приенисейской части Западно-Сибирской плиты (ЗСП). Первая ее часть, посвященная тектономагматической активизации, опубликована в предыдущем номере журнала.

Бокситы и бокситоносные породы апт-альб-сеномана

Мезозойский чехол этого возраста южной части Приенисейской зоны (район Чулымо-Енисейской впадины) сложен континентальными, иногда угленосными осадками. Бокситоносность осадков установлена на крайнем юго-востоке ЗСП и относится к Чулымо-Енисейской провинции. Здесь на продолжении Ижморской бокситоносной площади Алтае-Саянской складчатой области (АССО) фиксируется Татульское месторождение (рис. 1, № 8) железистых гиббситовых бокситов, расположенное на водоразделе приустьевых частей рр. Кия и Яя, захватывая левобережье последней от с. Турунтаево, в 10–15 км юго-восточнее ст. Асино Томской

железной дороги. Залегают месторождения на нижнепалеозойских терригенно-карбонатных породах в виде плаща толщиной 1,5–10,0 м и в нескольких карстах, перекрытых терригенными мезозойско-кайнозойскими отложениями мощностью 20–60 м. Химический состав бокситов (вес. %): SiO₂ 6,1–19,9, Al₂O₃ 32,7–44,5, TiO₂ 2,1–3,3, Fe₂O₃ 9,3–32,1. Кремниевый модуль от 2 до 6,7. Среди бокситов выделяются глинистые, рыхлые и каменистые разновидности. Бокситы марок Б-5 и Б-6 пригодны для производства глинозема. Запасы Татульского месторождения оценены по категории С₂ в 11,5 млн т. Прогнозные ресурсы по Р₃ всей Татульской площади составляют предположительно 50 млн т.

В Томской области, в 20 км юго-восточнее Татульского месторождения, тоже в междуречье Яи и Кии выявлена и предварительно оценена слабо изученная Дубровская (см. рис. 1, № 9) бокситоносная площадь (20×30 км), расположенная на северном окончании Арчекасского края, погруженного под платформенный чехол ЗСП. Площадь вскрыта единичными скважинами. На ней пока установлены Дубровское и Мишутинское проявления железистых бокситов, аналогичных Татульскому. Площадь

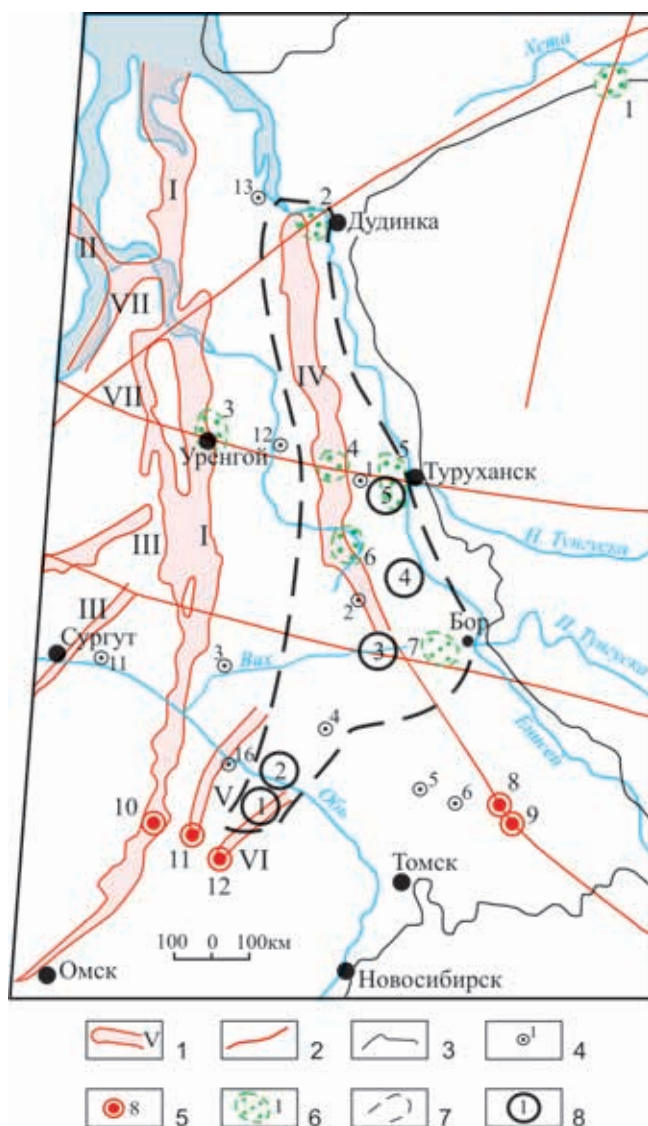


Рис. 1. Схема распределения мезозойско-кайнозойского рудного материала и опорных скважин по Приенисейской зоне Западно-Сибирской плиты с элементами разломной тектоники [5, 11, 13, 15, 16]

1 – грабен-рифтовые системы: I – Колтогорско-Уренгойская, II – Ямальская, III – Аганская, IV – Худосейская, V – Усть-Тымская, VI – Чузикская, VII – Худугтейская; 2 – прочие глубинные разломы; 3 – граница Сибирской платформы; 4 – изученные опорные скважины (1 – Туруханская, 2 – Елогуйская, 3 – Ларьянская, 4 – Тымская, 5 – Максимкин-Ярская, 6 – Чулымская, 11 – Сургутская, 12 – Тазовская, 13 – Новопортовская, 16 – Парабельская); 5 – коренные проявления бокситов: K_1 – K_2 : 8 – Татульское, 9 – Мишутинское, T_2 : 10 – Чарымовское, 11 – Лугинецкое, 12 – Чинжарское; 6 – ореолы распространения бокситовой гальки в мезозойских отложениях (1 – р. Ледяной, 2 – Солено-Большелайдинский, 3 – Уренгойский, 4 – Красноселькупский, 5 – Фарковский, 6 – Толькинский, 7 – Дубчесский (обломки бокситов в четвертичных отложениях); 7 – граница железоносной полосы; 8 – железорудные узлы и их номера (1 – Бакчарский, 2 – Колпашевский, 3 – Вахский, 4 – Елогуйский, 5 – Туруханский)

не разделяются, то начало этапа тектономагматической активизации отмечается с альб-сеноманской эпохи щелочного базальтового вулканизма и отвечает австрийской фазе тектогенеза альпийской складчатой зоны Европы. Севернее Чулымо-Енисейской впадины в Приенисейской зоне альб-сеноманские отложения представлены осадками морских фаций (определено по присутствию в них мшанок и аммонитов). На Елогуйском поднятии вскрыт полный разрез покурской свиты (апт-альб-сеноман). Наиболее широко верхи этих осадков распространены севернее, начиная с бассейна р. Турухан, где они, существенно отличаясь от покурских с р. Елогуй, датируются альб-сеноманом (маковская свита). Их исследованию посвящен ряд работ [5, 11, 12, 15, 16 и др.]. Наиболее детально отложения изучались в бассейнах рр. Турухан (левый приток р. Енисей) и Нижняя Баиха (правый приток р. Турухан). Скважинами нефтепоискового бурения, пройденными трестом «Минусинскнефтегазразведка» и Северной комплексной нефтеразведочной экспедицией КГУ, на глубинах 50–350 м были вскрыты альб-сеноманские отложения, состоящие из восьми 25–30-метровых ритмов, начинающихся пачкой туфоконгломератов с обломками и бобовинами бокситов и заканчивающихся прослоями сильно измененных аквагенных туфов, туфоаргиллитов и туфосилицитов.

Признаки бокситоносности (в виде обломков бокситов или гиббсит-гидрогетитовых и каолиновых бобовин) в осадках установлены не по всей Приенисейской зоне, а на отдельных поднятиях, примыкающих к Худосейскому и Колтогорско-Уренгойскому грабен-рифтам: на Туруханском поднятии (рр. Турухан и Нижняя Баиха) (см. рис. 1, ореол 5), на севере Приенисейской зоны в бассейне рр. Лайда и Соленая (ореол 2), в бассейне р. Дубчес (ореол 7) и в тектонической шовной зоне сочленения ЗСП с Сибирской платформой в Хатангской впадине

слагается закарстованными карбонатными породами, в которых могут быть встречены крупные залежи бокситов. Бокситоносные карсты перекрыты мезозойско-кайнозойским терригенно-глинистым чехлом мощностью 200–300 м. По различным экспертным оценкам, прогнозные ресурсы площади по категории P_3 колеблются от 50 до 100 млн т.

Считается, что на обеих площадях бокситы приурочены к отложениям кийской свиты, возраст которой трактуется неоднозначно, начиная с K_1 (апт-альб) и кончая K_2 (сеноман-турон). Бокситы Татульской и Дубровской площадей железистые ($Fe_2O_3 + FeO > 10\%$) и титанистые ($TiO_2 > 1\%$), а следовательно, генетически связаны с базальтовым вулканизмом, который на ЗСП начался с K_{1-2} (альб-сеномана). Значит, бокситы кийской свиты юга ЗСП должны органично вписываться в верхнемеловой – палеогеновый этап тектономагматической активизации, широко проявившейся в субмеридиональной Приенисейской и субширотных Хатангской и Ангарской зонах растяжения на Сибирской платформе и Западно-Сибирской плите. С этим же этапом связаны основные известные мезозойские бокситовые ресурсы Сибири. Поскольку в Приенисейской зоне ЗСП альб и сеноман



(ореол 1). В последнем ореоле на р. Ледяная, впадающей в р. Хета справа, в 1979 г. В. Г. Азаровой (трест «Аэрогеология») в турон-коньякских отложениях установлено проявление бемит-гипсита аллювиев с содержанием (вес. %) SiO_2 15,64–17,72, Al_2O_3 32,30–33,60, TiO_2 3,06–3,14, Fe_2O_3 19,51–28,80.

Как уже отмечалось, строение альб-сеноманской толщи ритмичное. Каждый ритм отражает цикл вулканизма [4]. Начинается он туфо-конгломератами, конгломератами с прослоями туфогравелитов и гравелитов, переходящих в верхних горизонтах ритма в туфоалевролиты с прослоями туфоаргиллитов и глин. Обломочный материал в осадках низов ритма не сортирован по размерности. Размер обломков достигает 4 см, распределены по породе они почти равномерно и составляют до 70 % ее объема. Цемент базальный (30–40 %) кремнисто-хлоритовый, кремнисто-карбонатный, кремнистый с каолинитом, в нем присутствуют окатанные, угловатые и остроугольные, рогульчатые, веретенообразные, серповидные, часто со следами оплавления трещиноватые обломки кварца, кислых (5–6 %) и основных (94–95 %), нередко серицитизированных и пелитизированных плагиоклазов, микроклина, обрывки пластинок биотита, амфиболов, зерна рутила, лейкоксена, ильменита, титаномагнетита, циркона, турмалина, аутигенные воротничковые агрегаты каолинита, чешуйчатого монтмориллонита, змеевидные щеточки халцедона, опал и аутигенный кварц. Окатанные обломки составляют только 10–16 % терригенного материала. Среди обломков основных эффузивов встречены трахиты, щелочные базальты и диабазы, но не зафиксировано ни одного обломка траппов Сибирской платформы. Обломки кислых пород представлены различными по составу гранитами.

Южнее в скв. 6-Б и 7-Б Нижнебаиховского профиля (рис. 2) в разрезе альб-сеномана появляются прослои известковистых сидеритов, обогащенных пепловым материалом, раскристаллизация которого в туфоалевролитах привела к образованию хлорита, монтмориллонита, глауконита, а в отдельных прослоях – оолитов размером до 1 мм лептохлоритового, гидрогетит-лептохлоритового, гидрогетит-сидеритового состава. В верхах ритма отложения сложены аквагенными туфами и туффитами, которые связаны постепенными переходами с туфогенными аргиллитами. В южной части Туруханского поднятия скв. 5-Б Нижнебаиховского профиля в самых верхах альб-сеномана в интервале 159,3–160,0 м вскрыта лава сильно измененного щелочного базальта [4]. Фенокристы полевых шпатов в нем почти полностью трансформированы в тонкозернистую фельзитовую массу. Стекловатый базис замещен хлоритом. Судя по химическому составу и реликтовой структуре, эту породу можно отнести к трахитам. Встречен он и южнее в скв. 6-Б. На крайнем юге Туруханского поднятия в скв. 9-Б выявлены фрагментированные части этих же трахитов.

Что характерно для альб-сеноманских отложений? Формировались они в условиях активизации вулканической деятельности, которая выражалась в редких излияниях щелочных базальтоидных лав в периоды глыбовых подвижек, выбросами большого объема пеплового материала и проявления сейсмических колебаний. О последних свидетельствует частое присутствие следов размыва, оползания и взмучивания осадков в горизонтах, обогащенных пирокластическим материалом. Бокситоносность альб-сеноманских отложений Туруханской части Приенисейской зоны ЗСП детально изучалась В. А. Каштановым [11, 13] и А. Н. Резаповым, Г. Н. Черкасовым [15, 16]. Анализ распределения бокситового материала в альб-сеноманских отложениях рр. Турухан и Нижняя Баиха показал, что обломки (до 4 см) и более крупные угловатые фрагменты (до 15 см) красно-бурых или зеленовато-черных с бурыми бобовинами бокситов встречаются только на северо-западном склоне Туруханского поднятия в скв. 6 Туруханского профиля (см. рис. 2). По мере удаления на север и запад обломки бокситов из разреза исчезают, а гравелиты содержат бокситовые бобовины, количество которых снижается с 40–50 % на поднятии до 10–12 % в скважинах Ермаковской площади (севернее) и Туруханской опор-

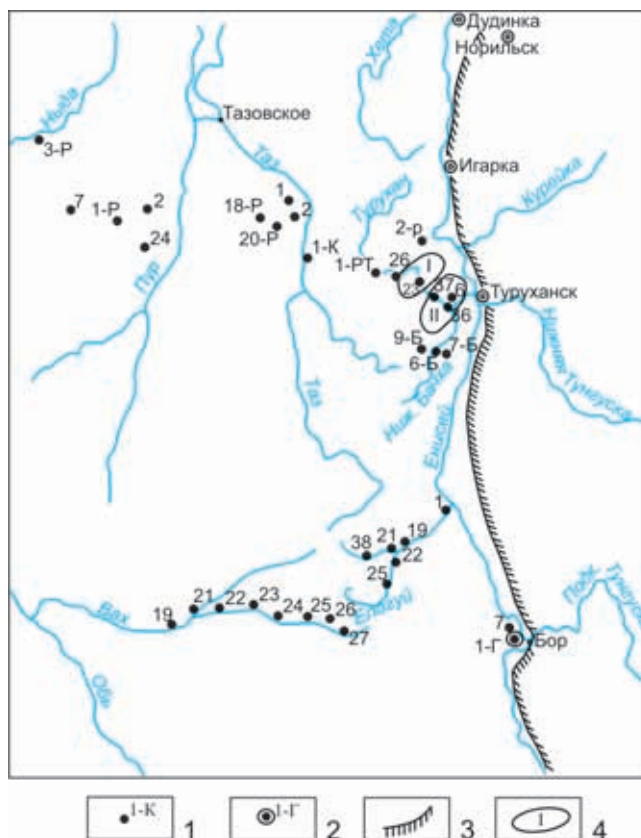


Рис. 2. Схема расположения скважин, вскрывших перотложенные продукты бокситов или отложения железомарганцевых горизонтов

1 – скважина и ее номер; 2 – обнажение Боровского железомарганцевого проявления; 3–4 – границы: 3 – Сибирской платформы, 4 – поднятия (I – Костровского, II – Туруханского)

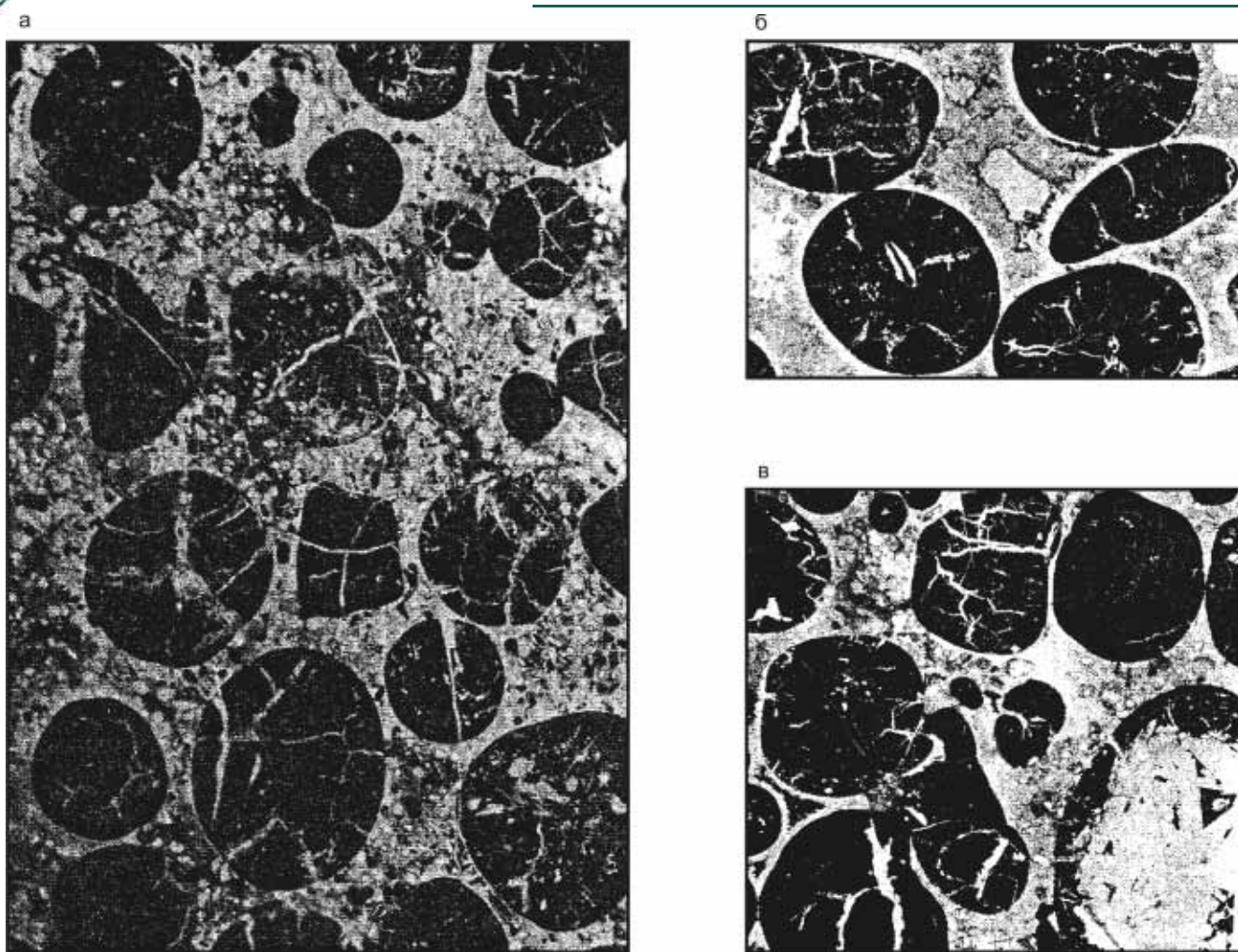


Рис. 3. Трещиноватые (следы хрупкой релаксации взрывного характера) бокситовые бобовины (а), часто с гипситами оторочками (б, в) в аутигенном хлоритовом цементе. Туруханский профиль, скв. 37, инт. 237,3–238,3 м. Шлиф: ув. 16, николи II [13]

ной скв. I-P (западнее). На юге, в бассейне р. Елогуй и на востоке, в скв. 19-Б на р. Нижняя Баиха, самой близкой к Сибирской платформе, бокситовый материал в альб-сеноманских осадках отсутствует.

По данным В. А. Каштанова [12], средний химический состав бокситов (из обломков) по 34 анализам составляет (вес. %): SiO_2 7,53, Al_2O_3 36,32 (26,04–58,20), TiO_2 2,66, Fe_2O_3 31,75, FeO 8,80, п. п. п. 16,42. Бокситы железисто-титанистые, что свидетельствует о генетической их связи с основным вулканизмом. Средний химический состав (по 30 анализам) бокситовых бобовин (вес. %): SiO_2 7,76, Al_2O_3 36,22, TiO_2 2,99, Fe_2O_3 30,73, FeO 7,16, п. п. п. 16,21. Количество бобовин в бокситах достигает 50–65 %, они цементируются хемогенно-терригенным материалом. Его минеральный состав рассчитан по данным 13 химических, петрографо-минералогических, термовесовых и рентгеноструктурных анализов. В состав цемента входят (%): кварц 25–29, полевые шпаты 4–8, железистый алюмогель 8–22, гетит, гидрогетит 15–20, шамозит 20, сидерит 5, гидраргиллит, бемит 6–10, гидрослюда 5. Иной минеральный состав имеют бокситовые бобовины (%): гематит 15, маггемит 6, магнетит 5, сростки диаспора с корундом 24–38, гидраргиллит 20–28,

в виде щеточек окаймляющий бобовины и образующий кокардовые структуры (рис. 3, б, в). Средний химический состав цемента бокситов (вес. %): SiO_2 29,84, Al_2O_3 31,78, TiO_2 1,73, Fe_2O_3 21,59, FeO 4,60, п. п. п. 11,88. По химико-минералогическому составу бобовины бокситов Туруханского участка аналогичны бобовинам позднемиоценовых – палеогеновых бокситов Татарского и Порожнинского месторождений северного Приангарья на Енисейском кряже. Особенностью бобовин бокситов Приенисейской зоны является их сильная и беспорядочная трещиноватость (рис. 3, а–в), обусловленная процессами хрупкой релаксации взрывного характера. Обломки бокситов и их бобовины скорее всего представляют собой продукты подводных взрывов, прорвавшихся через среднетриасовые бокситовые залежи и доставивших их материал в прибрежно-морские осадки альб-сеноманского моря. Зафиксированные скопления обломочного бокситового материала в альб-сеноманских осадках Туруханского участка промышленной значимости не имеют.

К югу от р. Елогуй В. А. Каштановым [13] в верховьях р. Каменный Дубчес из четвертичных террасовых отложений отобраны валуны и галька «икряных» бокситов, составляющих основную массу



бокситового материала. «Икрыные» бокситы на 75–90 % состоят из мелких алюможелезистых бобовин и оолитов концентрического строения с 2–4 концентрирами, образованными гидроокислами железа. В исключительных случаях встречаются бобовины, сформировавшиеся по обломкам эффузивных пород и сохранившие их структуру. Размер бобовин и оолитов 1,0–1,5 мм. Цемент бокситов поровый гидраргиллитовый, гидраргиллит-сидеритовый или гидраргиллит-кальцитовый. В цементе встречаются мелкие обломки окатанного и угловатого кварца, составляющего 4–10 % общей массы. Содержание Al_2O_3 в бокситах (вес. %): 29,08–38,5, SiO_2 6,13–12,56. Подобных бокситов в Приенисейской зоне больше нигде не встречено. Вероятно, бокситы местные. Неизвестно, сохранились ли они в Приенисейской зоне в коренном залегании.

Позднемезозойские железные руды Приенисейской зоны ЗСП

Первые проявления железных руд установлены в середине 1950-х гг. в процессе поисковых работ на нефть. К началу 1960-х гг. благодаря этим же работам было выявлено региональное распространение руд в морских осадках турона и сенона (K_2) в виде субмеридиональной полосы с примерными границами от пос. Усть-Порт на севере (левобережье р. Енисей) вдоль Енисея до р. Тым на юге с последующим разворотом на юго-запад в бассейн рр. Чужик и Парбиг (район пос. Бакчар). Общая протяженность железорудной полосы около 1300 км, ширина 40–260 км. По техническим причинам она изучена неравномерно, наиболее детально – по скважинам Туруханского, Нижнебаиховского (пос. Туруханск), Елогуйского и Келлогского (пос. Келлог) профилей и на юго-западе (пос. Колпашево, Бакчар) по площадям, разбуренным колонковыми скважинами. Единичными скважинами рудопроявления железа вскрыты на рр. Сым, Вах, на Ермаковской площади (вблизи Полярного круга) и в районе пос. Усть-Порт (Заполярье). Буровые работы проводились нефтепоисковыми экспедициями КГУ, НТГУ (в том числе и Томской комплексной экспедицией), а в последние десятилетия – горнодобывающей компанией «ТомГДКруда».

Самый древний железорудный горизонт K_2 приурочен к морским глинистым отложениям турона и представлен маломощными (0,6–1,0 м) линзовидными пропластками глинистых сидеритов с содержаниями валового железа 42–43 % [12]. Прибрежно-морские железозоносные отложения сенона составляют северную часть крупнейшего Западно-Сибирского железорудного бассейна. Здесь сосредоточены условно ограниченные скважинами Туруханский и Елогуйский железорудные узлы, изученные сотрудниками СНИИГиМС [7–9]. Сенонская железозоносная толща мощностью до 250 м состоит из пластов и линз оолитовых железных руд, железистых песчаников и алевролитов, включающих прослои

шамозитовых песчаников, песков и алевролитов с глауконитом и туфогенным материалом. По всей толще среднее содержание железа валового 22 %. В составе толщи выделяются два железорудных горизонта: нижний – нарымский коньяк-нижнесантонского возраста и верхний – туруханский кампан-маастрихтского. Кровля нарымского горизонта вскрыта скважинами в западной части железозоносной полосы на глубинах 346–384 м в бассейне р. Елогуй и 355–435 м в бассейне р. Турухан с постепенным погружением на запад. Мощность рудных горизонтов 1–2 м в восточной части (зона выклинивания) и 8–16 м на западе. Туруханский железорудный горизонт подсечен скважинами в бассейне р. Турухан на глубинах (по кровле) 32–330 м и 50–200 м в бассейне р. Елогуй. Мощность рудоносного горизонта, включая и безрудные прослои, колеблется от 30 до 100 м, при этом суммарная мощность рудных пластов достигает 10–22 м в бассейне р. Турухан и 7,0–12,5 м в бассейне р. Елогуй. Форма железорудных залежей и железозоносных осадков, слагающих продуктивную толщу, линзовидно-пластовая. По составу руды подразделяются на две группы: 1) шамозитовые, 2) гидрогетитовые. Среди руд первой группы В. А. Каштанов [12] выделяет гидрогетит-шамозитовые, гетит-гидрогетит-шамозитовые на сидеритовом, хлорит-глауконитовом цементе, второй группы – гетит-гидрогетитовые, гетит-гидрогетит-сидеритовые, гидрогетитовые с гидрогетит-глинистым (хлоритовым) цементом.

Макроскопически железные руды нарымского и туруханского горизонтов очень похожи. Это буровато-серые, темно- или грязно-зеленовато-серые, зеленовато-бурые неяснослоистые, рыхлые или массивные мелкозернистые породы, переслаивающиеся с железисто-глинистыми песчаниками, алевролитами, туфопесчаниками, туфоалевролитами, туфоаргиллитами или переходящие в них по простиранию. Породы и руды содержат темно-зеленые шамозитовые или бурые гидрогетитовые оолиты, затравочными ядрами для которых служат зерна гидрогетита, гетита, ожелезненных слюд, обрывки пироксенов, кварца, полевых шпатов. Оолиты составляют около 60 % общей массы руды. Наряду с оолитами в общей массе часто присутствуют (до 10–15 %) мелкие окатанные обломки гетит-гидрогетитового и гетитового состава, напоминающие бобовины. Цемент руд базальный, реже поровый, сложен сидеритом, участками с примесью кальцита, хлоритом и глауконитом. Петрографические исследования рудоносных пород показали, что терригенный нерудный материал (0,01–2,0 мм) распределен в цементе неравномерно, совершенно не отсортирован по размерности и представлен сильно трещиноватыми угловатыми, серповидными, рогульчатыми, веретенообразными обломками кварца, полевых шпатов (плагиоклазов, ортоклаза, альбит-олигоклаза, микроклина), крупными (до 5 мм) полукатанными обломками гематит-гетитовых желе-

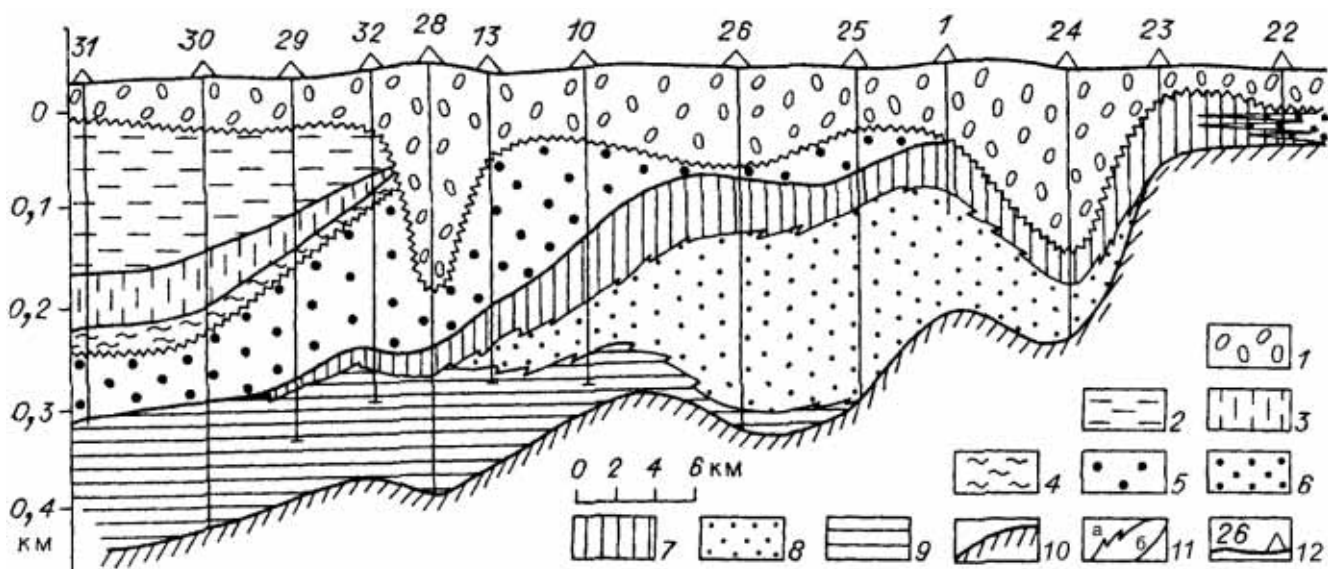


Рис. 4. Схематический геологический разрез железоносной толщи сенона бассейна р. Турухан [12]

1–5 – отложения, перекрывающие железоносную толщу: 1 – четвертичные, 2 – аллювиально-озерные (новомихайловская свита $P_3^2+P_3^3$), 3 – прибрежно-морские (корликовская свита $P_2^3+P_3^2$), 4 – морские (чеганская свита $P_2^3+P_3^1$), 5 – аллювиально-озерные и прибрежно-морские (верхнесымская подсвита K_2m+1^3d); 6–11 – осадки железоносной толщи: 6 – безрудные пески, 7 – песчано-алевритовые с окисными шамозит-гидрогетитовыми рудами, 8 – песчано-алевритовые карбонатные с бедными шамозит-гидрогетитовыми рудами, 9 – морские алеврито-глинистые с закисными оолитовыми шамозитовыми рудами, 10 – отложения, подстилающие железорудную толщу, 11 – литофациальные границы: а – несогласные, б – согласные; 12 – разведочные скважины и их номера

ных руд, включающих гидрогетитовые или гидрогетит-лептохлоритовые оолиты зонального строения размером до 0,2 мм, окатанными обломками трещиноватого кварца, кварцитов, базальтов, гранитов, микропегматитов, окатышами ожелезненных глин, фрагментами опациitizedированного, хлоритизированного, окремненного вулканического стекла основных и кислых пород. Тяжелая фракция рудоносных отложений представлена в основном зернами магнетита, ильменита, циркона, пироксенов, амфиболов и эпидота. Завершается рудный цикл обычно туфоалевролитами на хлорит-глауконитовом или туфоаргиллитами на глинисто-железистом цементе.

Туруханский железорудный узел расположен в среднем течении р. Турухан, в 90 км западнее пос. Туруханск и представляет один из неглубоко погруженных участков сенонской рудоносной толщи бассейна, залегающей на туронских, турон-коньякских существенно глинистых породах (рис. 4). Рудоносная толща перекрыта четвертичными отложениями. Участок вскрыт колонковыми скв. 22 и 23 Туруханского профиля на глубинах 30 и 40 м соответственно. В скв. 22 мощность рудоносной толщи 35 м, в скв. 23 – 70 м. Химический состав всей рудоносной толщи (по 50 пробам) следующий (вес. %): Fe_2O_3 18,7, FeO 15,7, ($Fe_{вал}$ 25,6), Al_2O_3 9,3, CaO 4,4, MgO 1,6, P_2O_5 1,1, MnO 0,4, V_2O_5 0,16. В рудоносной толще по аналитическим данным выделяются три рудных горизонта с содержанием $Fe_{вал}$ более 30 % (см. таблицу).

Подсчет ориентировочных прогнозных ресурсов железных руд участка составляет 3,2 млрд т со

Параметры железорудных горизонтов [14]

Содержание $Fe_{вал}$, вес. %	Мощность горизонта, м	Интервал залегания, м
32,19	4,0	30–34
32,22	2,0	39–41
30,40	16,0	49–65

средним содержанием $Fe_{вал}$ 31,6 % [12]. Руды Туруханского узла характеризуются повышенным содержанием CaO + MgO (4,39–10,23 %), что приближает их к высокоосновным железным рудам лотарингского типа.

Елогуйский железорудный узел площадью около 1300 км² расположен в среднем течении р. Елогуй в 90 км от устья, в 20 км южнее пос. Келлог. Колонковыми скважинами Елогуйского и Келлогского профилей (рис. 5) вскрыта сенонская железоносная толща (туруханский горизонт) мощностью 50–70 м. Глубина залегания ее кровли колеблется от 54 м в восточной части до 235 м на западе железоносной полосы. Суммарная мощность рудных пластов в толще 12,5 м. Залегающая она на глинистых отложениях сеноман-турона (верхнесимоновская подсвита) и перекрывается кварц-каолиновыми песками верхнесымской подсвиты маастрихт-датского возраста и четвертичными образованиями. Средний химический (вес. %) состав руд (по 120 пробам): Fe_2O_3 19,28, FeO 21,46, ($Fe_{вал}$ 29,46), Al_2O_3 7,09, CaO 3,87, MgO 1,72. Руды Елогуйского узла по сравнению с туруханскими более фосфатные (P_2O_5 0,96–7,23 %: апатит, вивианит) и марганцовистые (MnO 0,68–

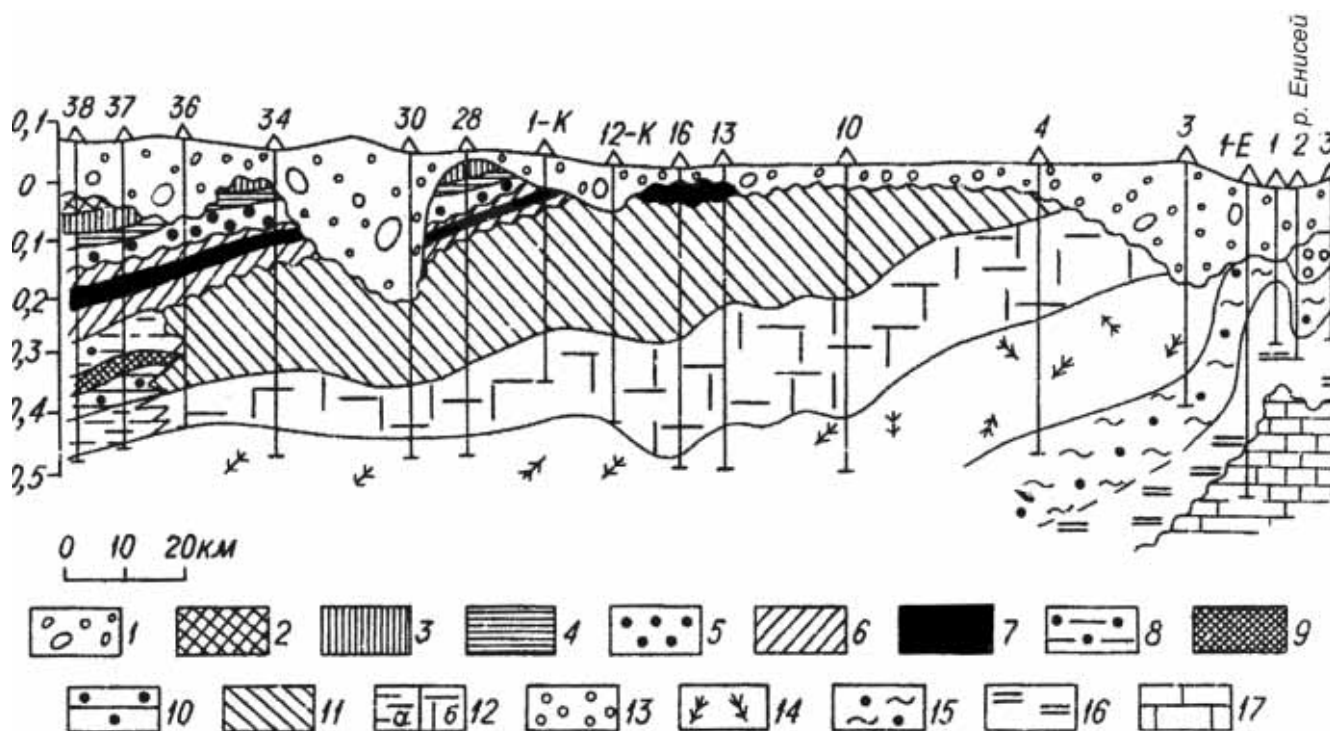


Рис. 5. Схематический геологический разрез железоносной толщи сенона бассейна р. Елогуй [12]

1 — четвертичные ледниковые отложения; 2 — лигнитоносные глины новомихайловской свиты (P_3^2); 3 — песчано-глинистые осадки атлымской свиты (P_3^1); 4 — глины чеганской свиты ($P_2^3-P_3^1$); 5 — кварц-каолиновые пески верхнесымской подсвиты ($K_2^6-P_1^1$); 6 — туруханский железоносный горизонт (K_2^{5-6}); 7 — оолитовые железные руды туруханского горизонта; 8 — песчано-алевритовые отложения славгородской свиты (K_2^{4-5}); 9 — оолитовые железные руды нарымского горизонта (K_2^{3-4}); 10 — песчано-алевритовые отложения ипатовской свиты (K_2^{3-4}); 11 — песчано-глинистые отложения нижнесымской подсвиты (K_2^{2-3}); 12 — морские глинисто-алевритовые (а) и континентальные песчано-глинистые (б) отложения верхнесимоновской подсвиты (K_2^2); 13 — бокситоносные отложения $K_1^6-K_2^1$; 14 — песчано-глинистые угленосные отложения покурской свиты (K_1^{5-6}); 15 — глинистые отложения киялинской свиты (K_1^{3-4}); 16 — песчано-глинистые отложения тарской свиты ($J_3-K_1^2$); 17 — известняки девона

3,12 %: манганокальцит). В пределах Елогуйского узла выделен участок с глубиной залегания руд 70–80 м, средней их мощностью 7,0 м и средним содержанием валового железа 31,32 %. Прогнозные ресурсы этого участка оцениваются в 4,4 млрд т. В целом по двум рудным узлам в установленных пока границах ориентировочные прогнозные ресурсы оцениваются в 40,9 млрд т, из которых для промышленного использованию пригодны 7,6 млрд т.

По данным спектральных анализов, выполненных в СНИИГГиМС под руководством Л. Д. Малюшко, в рудах Туруханского горизонта отмечается присутствие (г/т) V (100–10000), Sr (10–10000), Ce (1000), Zr (100–1000), Y (30–1000), Yb (100–300), Be (5–7). По данным 10 химических анализов в железных рудах отмечена сумма редкоземельных элементов до 500 г/т.

Южнее р. Елогуй в верховьях бассейна р. Вах скв. 19–27 вскрыт пока только туруханский (южнее он называется уже колпашевским) железоносный горизонт, залегающий на глубинах 229–364,5 м. Он слабо погружается на запад, при этом его мощность сокращается с 50 м в скв. 25 до 11,5 м в скв. 19, а мощность железоносного горизонта — от 2 м скв. 20 (см. рис. 5) до 68 м в скв. 26. Сложен он рудными песчаниками с хлоритовым и сидеритовым

цементом, среди которых встречаются рудные пески и алевриты, редко хлоритолиты (скв. 25, 26), иногда лептохлоритовые руды. Наряду с основными рудными минералами (шамозитом, гидрогетитом, сидеритом, глауконитом) фиксируются апатит и вивианит ($Fe_3^{3+}[PO_4] \cdot 8H_2O$), который иногда замещается керченитом $Fe_2^{2+}Fe_6^{3+}(OH)_6[PO_4]_6 \cdot 18H_2O$ [10]. Изучен горизонт редкими пробами. Единичные химические анализы показали, что самые высокие содержания валового железа в рудах установлены в скв. 25 (26,6 %) и скв. 27 (36,57 %) [10].

В 1991 г. Г. Н. Черкасовым проводились эколого-геохимические работы в верховьях р. Вах и по р. Енисей в районе пос. Бор. Воды р. Вах в верховьях довольно железистые, так как в значительной мере подпитываются водами восходящих источников (рН 4,8–5,8), по-видимому, пересекающих на глубине колпашевский (туруханский) железоносный горизонт и выносящих из него железо, фосфор, марганец. Содержание общего железа в воде 1–20 мг/л, марганца 0,9 мг/л. Особенностью состава вод источников является большое количество в них сульфатов, меньше гидрокарбонатов, отмечаются хлориды. В катионной части вод фиксируются элементы оснований Ca, Mg, Na и K. Воды источников не только перемешиваются с водами реки, но и на-



сыщают в береговых песках воды первого водоносного горизонта. Парциальное давление в водах находится в равновесии с атмосферным. Когда это равновесие нарушается (например, после дождей) из песков береговых обрывов реки начинают высачиваться воды первого водоносного горизонта. Этот процесс продолжается, пока не восстановится равновесие между парциальным давлением в водах первого горизонта и атмосферным давлением. По мере испарения высачивающихся вод на поверхности песков образуется буро-черная корочка толщиной до 0,5 см из гидроокислов железа (до 5–8 %) и окислов марганца (до 1,7–2,0 %), которая по мере осыпания песков взламывается, попадает в воды реки и уносится ими. В правобережье приустьевой части рч. Соц-Еган, левого притока р. Вах, восходящие воды высачиваются на поверхность в виде малобежитного источника. Из вод выпадает гелеобразный студенистый осадок, покрывающий поверхность площадью 5–6 м². Химический анализ осадка показал, что кроме воды в нем содержится (вес. %) Fe₂O₃ 8,36, FeO 1,94, MnO 1,01, P₂O₅ 0,53. После спада паводковых вод вдоль русла реки остаются изолированные старицы. В сухую и жаркую погоду в старицах вся поверхность песчаного дна покрывается выпадающим из вод слоем серо-зеленого глинисто-железистого геля мощностью 3–4 см (закисное железо). В свою очередь, серо-зеленый слой покрывается корочкой мощностью 0,2–0,3 см бурого лимонитового геля. В таком осадке содержатся (вес. %) Fe₂O₃ (7,67), FeO (6,25), P₂O₅ (0,92), MnO (0,20). Сумма гигроскопической и конституционной воды в геле составляет около 75 %.

Определенный интерес представляет Боровское проявление железомарганцевых пород, расположенное на левом берегу р. Енисей у пос. Бор (см. рис. 2, обн. 1-г) рядом с восточной границей железоносной полосы и приуроченное к первой надпойменной террасе реки вблизи уреза воды. Локализовано оно среди четвертичных слабо сцементированных песчаников и конгломератов в виде пласта (мощность 0,1–0,5 м, протяженность 1,5 км) черных железомарганцевых пород, сложенных гидрогетитом и пиролюзитом. Химический состав рудных пород (вес. %): Fe_{вал} 9,5–11,0, MnO 3,86–10,23. Проявление приурочено к субширотному разлому. По нашему предположению, рудные породы «телекопируют» залегающие на глубине железные руды с марганцем, относящиеся к туруханскому горизонту позднего мела (кампан-маастрихту).

Наиболее крупные ресурсы железных руд сосредоточены в юго-западной части железоносной полосы приенисейской части ЗСП, где выделяются два крупных рудных узла (Колпашевский и Бакчарский), объединенных в Бакчарско-Колпашевскую рудную площадь. Изучены они намного детальнее остальных. Основной вклад в их исследование внесли профильные институты СО АН СССР (геологии и геофизики, горного дела и экономики и раз-

мещения промышленных производств) и НТГУ при участии СНИИГГиМС [7–9], ИСЭХ (все Новосибирск), ТПИ, ТИСИ (Томск), Сибирского металлургического института и Рудоиспытательной лаборатории КМК (Новокузнецк). Результаты исследований изложены в коллективной монографии 1964 г. «Западно-Сибирский железорудный бассейн» (под ред. Ф. Н. Шахова). В последнее десятилетие по заданию МПР РФ, горнодобывающей компанией «ТомГДКруда» и «Гелитом+» на Бакчарском месторождении возобновились геолого-разведочные работы, в которых принимали участие СНИИГГиМС [18, 24] и ТПУ [19].

Бакчарско-Колпашевская железорудная площадь – самая крупная в Приенисейской зоне железоносной полосы. По данным [8, 9 и др.], в ее пределах установлены два рудных узла: Колпашевский и Бакчарский, в которых зафиксировано по три разновозрастных железорудных горизонта: нарымский, колпашевский (аналог туруханского) и бакчарский.

Нарымский железорудный горизонт залегает над отложениями покурской свиты (апт-альб-сеноман) и датируется по фаунистическим остаткам как K₂ (турон-коньяк, ипатовская свита). В восточном направлении он выклинивается в среднем Приобье вблизи с. Кетское на р. Кеть и с. Могочино на р. Обь. Мощность железоносных отложений изменяется от первых до 25, изредка до 35 м. Промышленно интересные железные руды с содержанием валового железа 30,2–36,7 % и мощностью больше 2 м наблюдаются только в раздувах железоносной толщи в районах сел Парбиг, Каргасок, Нарым, Бакчар, Могочино, г. Колпашево, на рч. Чузик. Например, скв. 25, пробуренная на берегу р. Обь в 10–15 км выше с. Каргасок, вскрыла рудный пласт мощностью 15 м с содержанием валового железа 34,7 %. Анализ распределения по скважинам железорудных горизонтов показал, что почти везде в железоносной толще по вертикали и по простирацию железные руды переходят в железистые песчаники и песчано-глинистые породы. Каждый железорудный горизонт имеет линзовидно-пластовую форму. Распределены они внутри железоносной толщи прерывисто и на разных гипсометрических уровнях. Ближе всего к поверхности залегают железные руды нарымского горизонта в верховьях рч. Парбиг и у с. Бакчар (150–170 м), а самая мощная надрудная покрывка установлена бурением в с. Каргасок на р. Обь и в с. Напас на р. Тым (440 и 460 м соответственно).

Колпашевский железорудный горизонт залегает в разрезе выше нарымского и имеет меньшую площадь распространения. Возраст горизонта кампан-маастрихтский. Ширина железоносной полосы 40–50 км с двумя-тремя кондиционными линзовидными горизонтами, мощность от 5 до 30 м. Мощность кондиционных железорудных горизонтов (по данным 63 скважин) изменяется от 2 до 23,2 м, в среднем 9,3 м. Максимальное содержание валового железа в рудных горизонтах не превышает 44,5 %.



Бакчарский железорудный горизонт установлен только на Бакчарско-Колпашевской площади и условно прослеживается вместе с железоносной полосой на северо-восток до верховьев р. Вах, где вскрыт скв. 25 на глубине 7 м. Залегают горизонт на кампан-маастрихтских железоносных песчано-глинистых осадках. В районе с. Бакчар он перекрывается серыми опоковидными глинами люлинворской свиты (ранний – средний эоцен) или зелеными и зеленовато-серыми листоватыми иногда слабо запесоченными глинами чеганской свиты (поздний эоцен – ранний олигоцен). На основании этого возраст бакчарского рудного горизонта считается палеоценовым. Мощность включающих его железоносных отложений более 25 м, а мощность кондиционных руд ($Fe_{вал} > 30\%$) – 2–22 м (средняя 12,4 м). На р. Парабель глубина залегания кондиционных руд ($Fe_{вал} 31–33\%$) 152 м. Горизонт погружается на запад от рр. Вах и Тым до глубины 120 и 270 м соответственно. Наиболее детально исследован Бакчарский железорудный узел площадью 530 км², на котором к концу 2007 г. было пробурено 17 поисковых скважин. Керн скважин полностью обработан комплексом геофизических, химико-аналитических и технологических методов. Это позволило М. С. Паровинчаку [14] предварительно оценить ресурсы по категориям P_1 и P_2 в 27 млрд т со средним содержанием валового железа 37,5–40,0 %. Средняя глубина залегания железоносного пласта 165–175 м при мощности 35–65 м (в среднем 50 м).

Приведем краткую **минералого-петрографическую и генетическую характеристику** железных руд Бакчарско-Колпашевской площади.

Стратиграфически железоносная толща определяется во временных границах между отложениями сеноман-турона и эоцена. Фактически минералого-литологический состав руд одинаков по всей Приенисейской зоне ЗСП. Но из всех исследованных рудных узлов железоносной полосы наиболее детально руды изучены на Бакчаро-Колпашевской площади в Бакчарском рудном узле, где геолого-разведочные работы продолжаются и в настоящее время.

По данным технологического опробования из 13 скважин по минеральному составу выделено шесть типов руд [19]: сидеритовые, сидерит-глауконитовые, шамозит-гидрогетитовые с сидеритовым цементом, богатые гидрогетитовые, шамозит-гидрогетитовые, кварц-гидрогетитовые. Первые три типа руд характеризуются значительными содержаниями сидерита (33–70 %), остальные в основном гидрогетитовые (57–71 % гидрогетитовых и шамозит-гидрогетитовых оолитов и бобовин). В целом по месторождению на долю руд с сидеритом приходится 38,9 %, гидрогетитовых – 61,1 %.

Обломочный материал составляет значительную часть. В нем преобладают кварц, полевые шпаты и обломки различных пород. Кварц – один из самых распространенных обломочных минералов

железных руд, песчаников, алевролитов, аргиллитов. Обычно он встречается в несортированных по размерности угловатых, реже серповидных, веретенообразных зернах туфогенного происхождения. Обломки кварца часто несут следы хрупкой релаксации, характерные для подводного извержения, отчего сильно трещиноваты и не способны к транспортировке водными потоками (рис. 6, б). Зерна кварца участками разъедены гидроокислами железа, сидеритом, замещены глауконитом, служат ядрами в гидрогетитовых и лептохлоритовых оолитах.

Обломки полевых шпатов угловатые, призматические и представлены плагиоклазами, ортоклазом и микроклином (см. рис. 6, а). Плагиоклазы (лабрадор и андезин) часто трещиноваты, разъедены гидроокислами железа, замещены хлоритом и серицитом. Микроклин и ортоклаз встречаются реже плагиоклазов. Присутствуют они в виде крупных угловатых обломков размером до 1,5 мм. При этом ортоклаз частично пелитизируется, а микроклин остается почти свежим. В числе других минералов-примесей отмечаются хлорит, биотит, мусковит, ильменит, магнетит, эпидот, обыкновенная роговая обманка, пироксены, рутил и циркон. Рудные обломки представлены крупными полуокатанными фрагментами (до 5 мм) гематит-гетитовых руд, включающих гидрогетитовые и гидрогетит-лептохлоритовые оолиты (до 1 мм) зонального строения (рис. 6, в, г). Цемент руд гидрогетит-лептохлоритовый и гидрогематит-гидрогетитовый. Рудные обломки иногда оторочены коллофаном, им выполнены даже пустоты от оолитов. Состав породных обломков в рудах более разнообразен. Чаще встречаются щелочные сиениты и базальты, диабазы, граниты, микропегматиты, микрокварциты, кремнистые сланцы. Рудные и нерудные обломки цементируются гидрогетитовым, гидрогематитовым, сидеритовым, кальцитовым, глауконитовым, хлоритовым (стриговит, шамозит, лептохлориты), глинистым (гидрослюда, монтмориллонит) материалом [9]. Железоносная толща завершается обычно туфоалевролитами и туфоаргиллитами, в которых пирокластический кварц цементируется, во-первых, хлорит-глауконитовым и, во-вторых, глинисто-железистым материалом (см. рис. 6, д, е).

Руды и околорудные породы в значительной мере состоят из аутигенных минералов, установленных и описанных в основном И. В. Николаевой [9]. Широко распространенные рудообразующие минералы представлены окислами и гидроокислами железа (гетит, гидрогетит, гематит, гидрогематит) и кремния (опал, гизингерит). Последний отмечен З. Т. Алескеровой, Н. Х. Белоус. Гидраргиллит, лейкоксен, анатаз, брукит, рутил и сульфиды (пирит, марказит, мельникит) определены Ю. П. Казанским; алюмосиликаты (лептохлорит, глауконит, хлорит, различные глины), карбонаты (сидерит, кальцит, сидероплезит), доломит – Н. Х. Белоус,

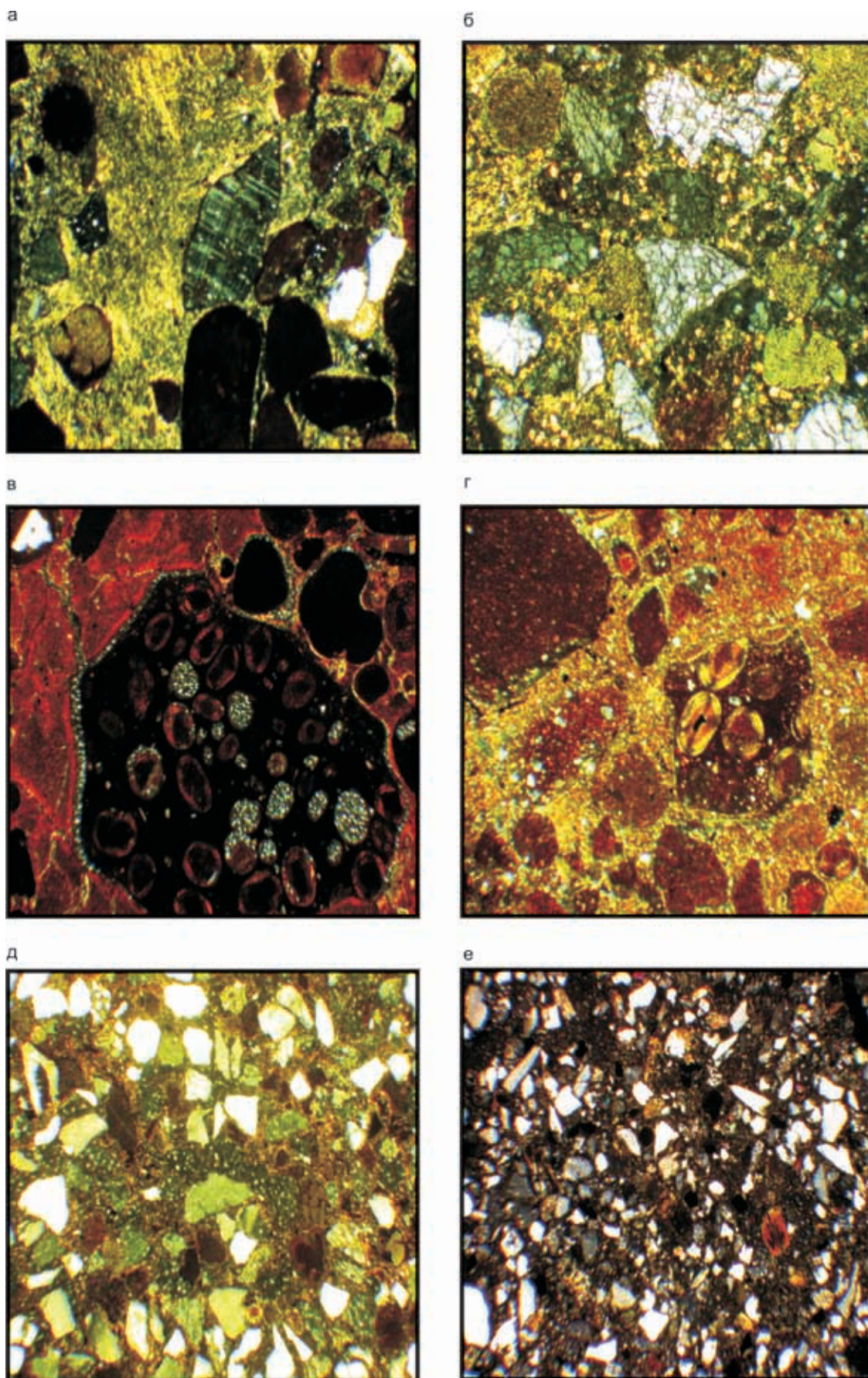


Рис. 6. Петрографо-минералогическая характеристика руд Бакcharского рудного узла

а) гидрогетит-лептохлоритовая руда: терригенно-пирокластический материал представлен угловатыми обломками гетитовых руд, кварца (белый) и микроклина (решетчатый) (скв. 119, шлиф № 2707, ув. 100, николи ×)



фосфаты вивианит, керченит, коллофан, франколит – К. В. Ивановым, Е. А. Волкомировой [9].

Гетит HFeO_2 [2] – твердый кристалл метажелезистой кислоты с содержанием воды до 10,1 %. Гидрогетит – более обводненная форма гетита $\text{HFeO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$. Ими сложены оолиты и бобовины. Наличие гетита подтверждено Д. К. Архипенко рентгеноструктурными анализами [9]. В оолитах он часто обрастает концентриями из гидрогетита, реже лептохлорита и очень редко – коллофана и сидерита. Основная же масса гетит-гидрогетитовых бобовин представлена мелким (до 1,0–1,5 мм) и крупным (до 0,6 см) окатанным резургентным материалом, не сортированным по размерности и, скорее всего, попавшим в руды как продукт подводных извержений, вынесенный из триасовых осадков переходного комплекса ЗСП.

Гематит и гидрогематит встречаются в виде примеси (включений) в крупных (до 5 мм) гетитовых обломках часто бобово-оолитовой структуры. Бобовины гидрогетитовые, а оолиты бывают лептохлоритовые (см. рис. 6, г). Довольно интересен гидрогематит, входящий в группу водных окислов и имеющий обобщенную формулу $2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (или $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{HFeO}_2$). Основываясь на практике исследовательских работ на Курильских островах и Камчатке, можно отметить, что гидрогематит, яркий кроваво-красный минерал, довольно часто образуется в закрытых системах современных горячих гидросольфатарных полей, а также встречается на закрытых холодных N–Q гидросольфатарных полях Салаира и Западного Саяна. В геологическом словаре [6] гидрогематит определяется как тонкокристаллическая разновидность гематита, содержащая до 8 % воды. Главные линии на рентгенограмме отмечают только гематит, но это отвечает всего лишь левой части формулы гидрогематита; правая часть имеет вид колломорфных масс и на рентгенограммах не отражается, однако именно она определяет судьбу всего минерала при раскрытии системы. Извлечен-

ный на поверхность гидрогематит начинает жадно поглощать влагу из воздуха и в течение 1–2 часов превращается в тонкую ржаво-бурю гематит-лимонитовую пыль.

Теперь акцентируем внимание на рыхлых оолитовых железных рудах, вскрытых скважинами в Бакcharском и других рудных узлах. При характеристике таких руд их описывают как рыхлую гидрогетит-шамозитовую оолитовую массу, пропитанную тонкой ржаво-бурой лимонитовой пылью. Надо полагать, что в первичном залегании руда была твердой оолитовой, имела гидрогетит-шамозитовый на **гидрогематитовом** цементе состав. При извлечении керна на поверхность цемент руды быстро окислялся, и она становилась рыхлой. Форма железорудных горизонтов линзовидно-пластовая. Распределение железа по мощности рудного пласта зональное. Средняя часть каждого рудного пласта содержит максимальное количество железа, к кровле и почве оно убывает, что характерно для осадочных залежей руд всей страховской триады Al-Fe-Mn, отлагающихся из вод восходящих источников. Процесс формирования рудоносной толщи из таких источников дискретный: деятельность одних источников прекращается, зарождаются новые в другом месте и в разных временных интервалах. Именно по этой причине появляется большое количество разделенных в пространстве линзовидных рудных пластов различной размерности. При попытке построить блок-диаграмму железоносной толщи Бакcharского рудного узла, мы вполне ожидаемо столкнулись с тем, что при горизонтальном залегании вмещающих нерудных осадков рудный горизонт, хотя и незначительно, начинает мигрировать по железносной толще вверх-вниз, становясь волнообразным, и менять мощность по простиранию без всякой закономерности.

При изучении геохимии хлоритов Полюнянского участка Бакcharского рудного узла Е. М. Асо-

б) глауконит-лептохлоритовый туфопесчаник: пирокластический материал представлен угловатыми сильно трещиноватыми обломками кварца (следы хрупкой релаксации взрывного характера); некоторые обломки полностью замещаются темно-зеленым глауконитом; цемент аутигенный глауконит-лептохлоритовый с примесью хлорита и гидрогетита (скв. 119, шлиф № 2750, ув. 60, николи ×)

в) гетит-гидрогетитовая руда: резургентный материал представлен несортированными по размерности обломками гематит-гетитового состава; в центре поля шлифа – крупный полуокатанный обломок (пирокластика?) оолитовой структуры; оолиты гетит-гидрогетитового состава с 1–2 концентриями; пустоты от оолитов заполнены эпигенетическим аутигенным коллофаном, который оторачивает и сам обломок; цемент гематит-гидрогетитового состава (скв. 119, шлиф № 2725, ув. 100, николи ×)

г) гидрогетит-хлорит-лептохлоритовая руда: обломочный материал не сортирован по размерности и представлен в центре поля шлифа крупным неокатанным гематит-гетитовым обломком (пирокластика?) оолитовой структуры; оолиты концентрического строения лептохлоритового состава с гетитовым центром; цемент аутигенный гидрогетит-хлорит-лептохлоритовый с редкими угловатыми мелкими обломками кварца (скв. 119, шлиф № 2730, ув. 100, николи ×)

д) туфопесчаник: пирокластика представлена угловатыми, треугольными, подковообразными, копьевидными зернами кварца, обрывками ожелезненных пироксенов; цемент базальный гидрогетит-хлоритовый с глауконитом и примесью эпигенетического сидерита (скв. 119, шлиф № 2747, ув. 100, николи ×)

е) туфоаргиллит: пирокластика представлена мелкими угловатыми различной формы зернами кварца, обрывками пироксенов, слюд и обломками гематит-гетитового состава в общей глинисто-железистой массе (скв. 119, шлиф № 2749, ув. 100, николи ×)



чаковой [1] выявлено, что алюминий в хлоритах находится в форме Al^{VI} и Al^{IV} (как и Si^{IV}). Одним словом, алюминий фиксируется как в катионной части минерала, так и в анионной, замещая часть Si^{IV} , а это признак проявления амфотерности Al . В катионной части хлорита он выполняет роль катиона щелочи типа $Al(OH)_3$, образование которого зависит от pH морского бассейна, а в анионной, замещая Si , – роль аниона метаалюминиевой кислоты $HAIO_2$. Во всех гипергенных глинах и хлоритах, где минералообразование в бассейне седиментации контролируется pH и Eh среды, алюминий присутствует исключительно в форме катиона. И только в эндогенных растворах и расплавах, когда минералообразование подчиняется Р-Т-условиям, проявляется его амфотерность. На эту особенность алюминия в своих работах обращал внимание А. Е. Ферсман [20].

Для окончательного решения проблемы происхождения бакчарских руд, был использован метод диагностики генезиса минералов (ДГМ), разработанный Л. Д. Малюшко (СНИИГГиМС) и запатентованный в 1985 г. (№ 1163302). Основан он на раскрытии валентных связей элементов в образцах горных пород. Л. Д. Малюшко обработала пробы кернa скв. 113 и 115 Бакчарского рудного узла, провела определение основных порообразующих элементов химическими анализами и методом приближенно-количественного спектрального анализа, разработанным в СНИИГГиМС. Исследования были дополнены определениями pH и Eh пород, рентгенотермолюминесцентными, рентгеноструктурными и минералогическими анализами. По этим данным рассчитан коэффициент генетической информации, дающий представление об энергетике валентных электронов атомов элементов при формировании последними собственных минеральных форм либо об энергетике валентных электронов атомов элементов при вхождении их в виде изоморфных примесей в структуру минералов, формируемых другими элементами. По значениям этих коэффициентов руды Бакчарского узла однозначно были отнесены к гидротермально-осадочным.

Выводы

Формирование железорудного бассейна Приенисейской зоны связано по времени с позднемеловым – палеогеновым этапом тектономагматической активизации. Это время раскрытия Колтогорско-Уренгойской, Худосейской, Усть-Тымской и Чукотской грабен-рифтовых систем, поставивших в позднемеловой – палеогеновый морской бассейн за счет подводных извержений громадные объемы резургентного, в меньшей мере лавового материала основных пород. Позднемеловой – палеогеновый этап вулканической деятельности разделяется на две фазы (или стадии):

1) везувияльную, когда на поверхность выбрасывается основная масса туфогенно-лавового

материала, в нашем случае это сеноман – начало турона);

2) сольфатарную, когда из недр Земли в форме горячих восходящих источников выносятся огромное количество вод, SiO_2 и часто FeO , зонально окремнявших и подвергавших сидеритизации отложения везувияльной стадии и формировавших в бассейне седиментации туфогенно-глинистые, глинисто-кремнистые (опоки, радиоляриты, диатомиты) и глинисто-железистые (сидеритовые) толщи со второй половины турона до конца среднего эоцена.

Одновременно с раскрытием грабен-рифтов начинается разгрузка в виде рудных гидротерм мантийных резервуаров, заполненных на предыдущем этапе эволюции литосферы компонентами руд фосфора, алюминия, титана, марганца и железа [21]. Предположение о возможности дифференциации рудных элементов литосферы в мантии с образованием рудных резервуаров опирается на большое количество работ, посвященных этой проблеме [17, 21, 22, 24 и др.]. В результате разгрузки мантийных рудных резервуаров сформировался крупнейший в мире позднемеловой – палеоценовый железорудный бассейн.

По различным экспертным оценкам, ресурсы промышленно ценных железных руд Приенисейского бассейна могут составить более 100 млрд т. В настоящее время продолжается разработка рациональных методов добычи руды и технологии ее переработки [17].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Асочакова, Е. М.** К геохимии оолитовых железных руд Бакчарского месторождения (Западная Сибирь) [Текст] / Е. М. Асочакова // Проблема геологии освоения недр. – Томск : ТПУ, 2008. – С. 51–53.
2. **Бетехтин, А. Г.** Курс минералогии [Текст] / А. Г. Бетехтин. – М. : Госнаучтехиздат, 1956. – 558 с.
3. **Ван, А. В.** Вулканокластический материал в осадках и осадочных породах [Текст] / А. В. Ван, Ю. П. Казанский. – Новосибирск : Наука, 1985. – 128 с.
4. **Ван, А. В.** Пирокластический материал в мезозойских отложениях северо-восточной части Западно-Сибирской низменности [Текст] / А. В. Ван, В. А. Каштанов // Изв. АН СССР. Сер. геол. – 1971. – № 12. – С. 104–107.
5. **Ван, А. В.** Происхождение меловых бокситоносных песчаников Туруханского района (Красноярский край) [Текст] / А. В. Ван // Проблемы алюминиевого сырья Сибири. – Новосибирск, 1977. – (Тр. СНИИГГиМС ; вып. 256). – С. 71–75.
6. **Геологический словарь.** Т. 1 [Текст] / Отв. ред. К. Н. Паффенгольц. – М., 1978. – 574 с.
7. **Гольберт, А. В.** Железоносные формации в мезозойских и кайнозойских отложениях Западно-Сибирской низменности [Текст] / А. В. Гольберт //



Осадочные серии мезозоя и палеогена Сибири. – Новосибирск, 1963. – С. 102–117.

8. **Гурова, Т. И.** О верхнемеловых железных рудах восточной части Западно-Сибирской низменности [Текст] / Т. И. Гурова, Е. Г. Сорокина // Изв. АН СССР. Сер. геол. – 1959. – № 6. – С. 52–61.

9. **Западно-Сибирский** железорудный бассейн [Текст] / Ред. Ф. Н. Шахов. – Новосибирск : Изд-во СО АН СССР, 1964. – 448 с.

10. **Иванов, К. В.** О керчените из верхнемеловых отложений р. Вах [Текст] / К. В. Иванов, Ю. П. Казанский, С. Б. Шацкий // Зап. ВМО. Сер. II. – 1958. – Ч. 87, вып. 6. – С. 701–704.

11. **Каштанов, В. А.** Бокситовые породы и бокситы Турухана [Текст] / В. А. Каштанов. – Новосибирск, 1983. – 208 с. – (Тр. ИГиГ СО АН СССР; вып. 598).

12. **Каштанов, В. А.** Геология и минералогия осадочного чехла Приенисейских байкалитов [Текст] / В. А. Каштанов. – Новосибирск : Наука, 1990. – 192 с.

13. **Каштанов, В. А.** К вопросу о возможности обнаружения богатых разностей бокситов в альб(?)сеноманских отложениях приенисейской части Западно-Сибирской низменности [Текст] / В. А. Каштанов // Проблемы бокситов Сибири. – Новосибирск, 1971. – С. 127–130. – (Тр. СНИИГГиМС; вып. 121).

14. **Паровинчак, М. С.** Исследования Бакчара продолжаются [Текст] / М. С. Паровинчак // Минерально-сырьевая база Сибири: история становления и перспективы : матер. науч.-практ. конф. Т. I. Полезные ископаемые. – Томск, 2008. – С. 270–272.

15. **Резапов, А. Н.** Литология и генезис альбсеноманских отложений северо-востока Западно-Сибирской плиты [Текст] / А. Н. Резапов, Г. Н. Черкасов // Геология и геофизика. – 1977. – № 4. – С. 34–41.

16. **Резапов, А. Н.** О сеноман-туронской эпохе бокситообразования в Приенисейской части Западно-Сибирской плиты [Текст] / А. Н. Резапов, Г. Н. Черкасов // Материалы по литологии и осадочным полезным ископаемым Сибири. – Новосибирск, 1976. – С. 101–105. – (Тр. СНИИГГиМС; вып. 218).

17. **Сперр, Дж.** О рудной магме [Текст] / Дж. Сперр, В. Линдгрэн, И. Фогт // Новые идеи в учении о рудных месторождениях. Сер. III, вып. 5. – М. ; Л. : Госнаучтехгоргеолнефтиздат, 1933. – С. 112–148.

18. **Сыстеров, К. Ю.** Геолого-геохимические аспекты формирования бакчарских железных руд [Текст] / К. Ю. Сыстеров, И. Ю. Воробьева // Матер. I Всерос. науч.-практ. конф. молодых ученых и специалистов, посвящ. памяти акад. А. П. Карпинского. – СПб. : ВСЕГЕИ, 2009.

19. **Тепляков, И. М.** Железорудная база XXII века (будущее делается сегодня) [Текст] / И. М. Тепляков, В. А. Домаренко, В. И. Молчанов // Минерально-сырьевая база Сибири: история становления и перспективы : матер. науч.-практ. конф. Т. I. Полезные ископаемые. – Томск, 2008. – С. 280–292.

20. **Ферсман, А. Е.** Избранные труды. Т. V [Текст] / А. Е. Ферсман. – М. : Изд-во АН СССР, 1959. – 858 с.

21. **Черкасов, Г. Н.** Геодинамические условия мантийной дифференциации вещества Земли и ее отражение в бассейнах седиментации [Текст] / Г. Н. Черкасов // Петрография XXI века, эволюция петрогенеза и дифференциация вещества Земли : матер. Междунар. и X Всерос. петрограф. совещ., г. Апатиты, 28–30 июня 2005 г. Т. 1. – Апатиты, 2005. – С. 259–261.

22. **Черкасов, Г. Н.** Причина зональности геосинклинального рудогенеза [Текст] / Г. Н. Черкасов // Литолого-геохимические и палеогеографические предпосылки рудоносности осадочных формаций Сибири. – Новосибирск : СНИИГГиМС, 1987. – С. 95–103.

23. **Черкасов, Г. Н.** Современный Центрально-Азиатский суперплюм и его нафтидо-рудогенез [Текст] / Г. Н. Черкасов // Дегазация Земли: геодинамика, геофлюиды, нефть, газ и их парагенезы : матер. Всерос. конф., Москва, 22–25 апреля 2008 г. – М. : Акад. изд-во Гео, 2008. – С. 512–515.

24. **Mezozoic iron ore basin of the Pri-Ynisei part of the West Siberian plate** [Electronical resource] / G. N. Cherkasov, M. S. Parovinchak, M. V. Viktorov [et al.] // Iron deposits. Abstract. – Oslo, 2008. – Available at: www.33ige.org.MRD-18.

REFERENCES

1. Asochakova E.M. [Geochemistry of oolitic iron ores of the Bakcharskoye field]. *Problema geologii osvoeniya nedr* [Issues of geology in subsurface development]. Tomsk, TPU Publ., 2008, pp. 51–53. (In Russ.).

2. Betekhtin A.G. *Kurs mineralogii* [The course on mineralogy]. Moscow, Gosnauchtekhizdat Publ., 1956. 558 p. (In Russ.).

3. Van A.V., Kashtanov V.A. [Pyroclastic material in the Mesozoic deposits of the northeastern West-Siberian Lowland]. *Izv. AN SSSR, ser. Geol. – AS USSR Proc. Geological Series*, 1971, no. 12, pp. 104–107. (In Russ.).

4. Van A.V., Kazanskiy Yu.P. *Vulkanoklasticheskiy material v osadkakh i osadochnykh porodakh* [Volcaniclastic material in sediments and sedimentary rocks]. Novosibirsk, Nauka Publ., 1985. 128 p. (In Russ.).

5. Van A.V. [Origin of the Cretaceous bauxite-bearing sandstones of the Turukhan Region (Krasnoyarsk Territory)]. *Problemy alyuminievogo syr'ya Sibiri* [Issues of aluminium resources of Siberia]. Novosibirsk, SNIIGGiMS Proc., 1977, issue 256, pp. 71–75. (In Russ.).

6. *Geologicheskii slovar', t. 1* [Geological dictionary. Vol. 1]. K.N. Paffengolts, ed. Moscow, 1978. 574 p. (In Russ.).

7. Golbert A.V. [Iron-bearing formations in the Mesozoic and Cenozoic deposits of the West-Siberian Lowland]. *Osadochnye serii mezozoya i paleogena Sibiri* [Mesozoic and Paleogene sedimentary strata of Siberia]. Novosibirsk, 1963, pp. 102–117. (In Russ.).



8. Gurova T.I., Sorokina E.G. [On the Upper Cretaceous iron ores of the western part of the West-Siberian Lowland]. *Izv. AN SSSR, ser. geol. – AS USSR Proc. Geological Series*, 1959, no. 6, pp. 52–61. (In Russ.).
9. *Zapadno-Sibirskiy zhelezorudnyy basseyn* [The West-Siberian iron-ore basin]. F.N.Shakhov ed. Novosibirsk, SB RAS USSR Publ., 1964. 448 p. (In Russ.).
10. Ivanov K.V., Kazanskiy Yu.P., Shatskiy S.B. [The kerchenite of the Upper Cretaceous deposits of the Vakh River]. *Zap. VMO – Proc. VMO*, 1958, series II, pt 87, issue 6, pp. 701–704. (In Russ.).
11. Kashtanov V.A. *Boksitovye porody i boksity Turukhana* [Bauxite rocks and bauxites in Turukhan]. Novosibirsk, 1983, IGiG SB AS USSR Proc., issue 598. 208 p. (In Russ.).
12. Kashtanov V.A. *Geologiya i mineralogiya osadochnogo chekhla Prieniseyskikh baykalid* [Geology and mineralogy of the sedimentary cover of the Cis-Yenisei baikalides]. Novosibirsk, Nauka Publ., 1990. 192 p. (In Russ.).
13. Kashtanov V.A. [Revising the possibility to discover rich bauxite varieties in the Albian(?)–Cenomanian deposits of the Cis-Yenisei part of the West-Siberian Lowland]. *Problemy boksitov Sibiri* [Issues of bauxites in Siberia]. Novosibirsk, SNIIGiMS Proc., 1971, issue 121, pp. 127–130. (In Russ.).
14. Parovinchak M.S. [Research into Bakchar goes on]. *Mineral'no-syr'evaya baza Sibiri: istoriya stanovleniya i perspektivy (Mater. nauch.-prakt. konf.) «Poleznye iskopaemye», t. I* [Mineral resource base of Siberia: Evolution and prospects (Proc. Research and practice conference) “Natural resources”, vol. I]. Tomsk, 2008, pp. 270–272. (In Russ.).
15. Rezapov A.N., Cherkasov G.N. [Lithology and genesis of the Albian–Cenomanian deposits of the northeastern West-Siberian Plate]. *Geologiya i geofizika – Geology and Geophysics*, 1977, no. 4, pp. 34–41. (In Russ.).
16. Rezapov A.N., Cherkasov G.N. [On the Cenomanian–Turonian epoch of bauxite formation in the Cis-Yenisei part of the West-Siberian Plate]. *Materialy po litologii i osadochnym poleznym iskopaemyim Sibiri* [Materials on lithology and sedimentary mineral resources of Siberia]. Novosibirsk, SNIIGiMS Proc., 1976, issue 218, pp. 101–105. (In Russ.).
17. Spurr J., Lindgren V., Fought I. [The ore magmas]. *Novye idei v uchenii o rudnykh mestorozhdeniyakh* [New ideas in the study on ore deposits]. Moscow–Leningrad–Novosibirsk, 1933, Gosnaughtekhgorg-geolneftizdat Publ., series III, issue 5, pp. 112–148. (In Russ.).
18. Systerov K.Yu., Vorobyova I.Yu. [Geological-geochemical aspects of formation of bauxite iron ores]. *Materialy I Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii molodykh uchenykh i spetsialistov, posvyashchennoy pamyati akad. A. P. Karpinskogo* [Proc. I All-Russia research and practice conference of young scientists and specialists dedicated to the memory of A.P.Karpinsky]. Saint Petersburg, VSEGEI Publ., 2009. (In Russ.).
19. Teplyakov I.M., Domarenko V.A. [Iron-ore base in XXII (future is being made today)]. *Mineral'no-syr'evaya baza Sibiri: istoriya stanovleniya i perspektivy, t. I «Poleznye iskopaemye»* [Mineral resource base of Siberia: Evolution and prospects (Proc. Research and practice conference), vol. I “Natural resources”]. Tomsk, 2008, pp. 280–292. (In Russ.).
20. Fersman A.E. *Izbrannye trudy, t. V*. [Collected works, vol. V]. Moscow, AS USSR Publ., 1959, 858 p. (In Russ.).
21. Cherkasov G.N. [Geodynamic conditions of mantle differentiation of the Earth's matter and its reflection in basin sedimentation]. *Petrografiya XXI veka, evolyutsiya petrogeneza i differentsiatsiya veshchestva Zemli (Mater. Mezhdunar. i X Vseros. petrograf. soveshch., t. 1)*. [Petrography in XXI, evolution of petrogenesis and differentiation of the Earth's matter (Proc. International and X All-Russia meeting on petrography, Apatity, June 28–30, 2005)]. Apatites, 2005, pp. 259–261. (In Russ.).
22. Cherkasov G.N. [The reason of zonation of geosyncline ore genesis]. *Litologo-geokhimicheskie i paleogeograficheskie predposylki rudoznosti osadochnykh formatsiy Sibiri* [Lithogeochemical and paleogeographic conditions of ore content of sedimentary formations of Siberia]. Novosibirsk, SNIIGiMS, 1987, pp. 95–103. (In Russ.).
23. Cherkasov G.N. [Current Central Asia superplume and its naphtide-ore genesis]. *Degazatsiya Zemli: geodinamika, geoflyuidy, neft', gaz i ikh paragenez* (Mater. Vseros. konf., Moskva, 22–25 aprelya 2008 g.) [Degassing of the Earth: Geodynamics, geofluids, oil, gas, and their parageneses (Proc. All-Russia conference, April 22–25, 2008)]. Moscow, GEO Publ., 2008, pp. 512–515. (In Russ.).
24. Cherkasov G.N., Parovinchak M.S., Viktorov M.V., et al. Mesozoic iron ore basin of the Pri-Yenisei part of the West Siberian Plate. *Iron deposits*. Abstract. Oslo, 2008. V. Viktorov [et al.]. Iron deposits. Abstract. Oslo, 2008. Available at: www.33ige.org.MRD-18.

© Г. Н. Черкасов, Н. В. Беляев, 2015

ЧЕРКАСОВ Геннадий Николаевич, Сибирский научно-исследовательский институт геологии, геофизики и минерального сырья (СНИИГГиМС), Новосибирск, гл. науч. сотр., д. г.-м. н. E-mail: cherkasov@sniiggims.ru

БЕЛЯЕВ Николай Владимирович, Сибирский научно-исследовательский институт геологии, геофизики и минерального сырья (СНИИГГиМС), Новосибирск, инженер. E-mail: journal@sniiggims.ru

CHERKASOV Gennady, DSc, Siberian Research Institute of Geology, Geophysics and Mineral Resources (SNIIGiMS), Novosibirsk, Russia. E-mail: cherkasov@sniiggims.ru

BELYAEV Nikolay, Siberian Research Institute of Geology, Geophysics and Mineral Resources (SNIIGiMS), Novosibirsk, Russia. E-mail: journal@sniiggims.ru