

УДК 553.32(571.1+5)

Гипергенные марганцевые руды Центральной Сибири

Ростислав А. Цыкин*

*Сибирский федеральный университет,
660041 Россия, Красноярск, пр. Свободный, 79¹*

Received 1.02.2008, received in revised form 12.05.2008, accepted 30.05.2008

В зоне гипергенеза разведаны скопления оксидных и гидрооксидных марганцевых и железомарганцевых руд изменчивого качества. Среди них выделены остаточные образования, размеры и состав которых во многом определяются первичным карбонатным оруденением. Остаточно-инфильтрационные руды возникли вследствие выноса и перераспределения марганца и сопутствующих элементов при существовании первичных руд или марганценосных пород. Гидрогенное оруденение (в узком понимании) образовано в горизонтах грунтовых вод и зонах разгрузки межпластовых вод (месторождение «Сейбинское-1»). Инфильтрационные концентрации наименее масштабные и появляются в местах осаждения и замещения рудными минералами трещиноватых горных пород. В большинстве случаев гипергенное оруденение оценено в ранге проявлений, остаточные руды составляют ресурсы зоны окисления коренных месторождений Мазульского, Усинского и Николаевского, остаточно-инфильтрационные представлены средним по запасам Порожнинским месторождением.

Ключевые слова: гипергенез, марганцевые руды, остаточное, инфильтрационное, гидрогенное оруденение, месторождения, проявления.

Введение

Россия не обладает потребными запасами марганцевых руд, остро необходимых для черной металлургии, химической и других отраслей. В структуре утвержденных государственным балансом запасов преобладают карбонатные руды. Оксидного сырья, необходимого для производства марганцевых сплавов, металлического марганца и его диоксида, немного. Со временем будет организована добыча оксидных железомарганцевых конкреций со дна морей и океанов, но до создания данной инновационной технологии немаловажно обсудить особенности приповерхностных скоплений оксидных руд зоны гипергенеза.

Под гипергенезом, трактуемым геологами неоднозначно, автор подразумевает процессы изменения горных пород и минералообразования под действием подземных вод, содержащихся в них газов и органических соединений. Основные процессы – это химическое выветривание алюмосиликатных пород, растворение карбонатных, сульфатных и хлоридных отложений, окисление, выщелачивание и осаждение химических элементов, низкотемпературный метасоматоз. В Центральной Сибири гипергенное марганцевое и железо-марганцевое оруденение распростра-

* Corresponding author E-mail address: gmp@gold.sfu-kras.ru

¹ © Siberian Federal University. All rights reserved

нено в Красноярском крае, Кемеровской и Иркутской областях (рис. 1). Оно выявлено в низкогорной и предгорной местности, иногда на всхолмленной равнине в случае близповерхностного расположения сложноскладчатых комплексов рифейского и нижнепалеозойского возраста, в которых имеются марганцовистые породы и карбонатные руды Mn.

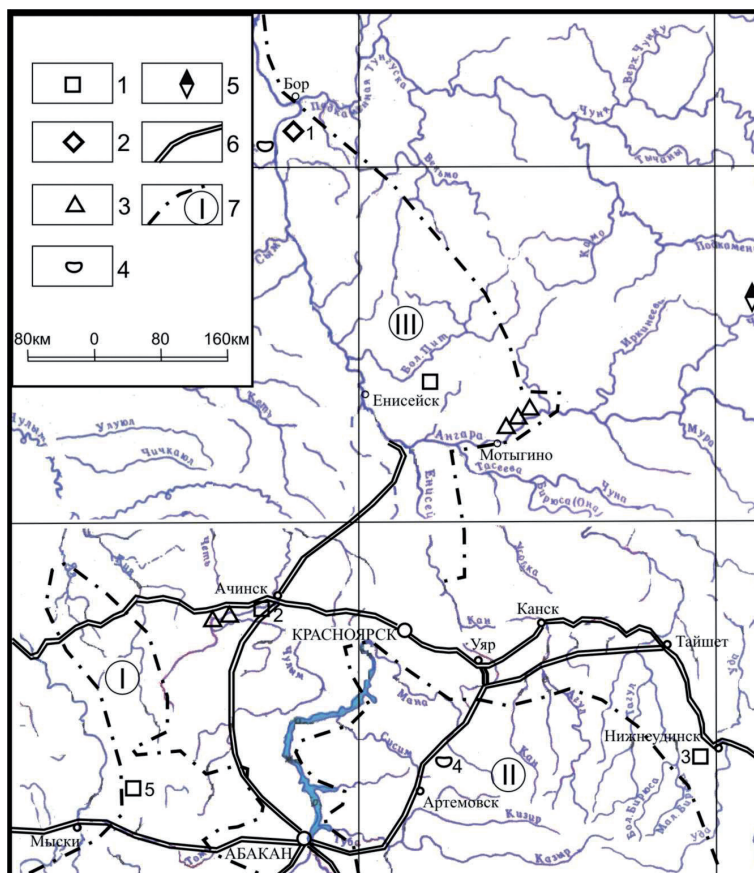


Рис. 1. Положение месторождений и проявлений марганца Центральной Сибири. Основные месторождения: 1 – Порожинское, 2 – Мазульское, 3 – Николаевское, 4 – Сейбинское-1, 5 – Усинское. 1 – полигенетические с остаточным оруденением; 2 – то же, с остаточным инфильтрационным оруденением; 3 – остаточным инфильтрационным; 4 – гидрогенные, 5 – комплексные Nb-TR-P-Mn с остаточным оруденением; 6 – границы складчатых сооружений (I – Кузнецкий Алатау, II – Восточный Саян, III – Енисейский кряж); 7 – железные дороги

Состояние проблемы рудогенеза марганца

Марганец – химический элемент переменной валентности с кларком 0,09 %, входящий в группу сидерофилов. Рудные скопления этого элемента практически не образуются при становлении интрузий, хотя породный кларк его заметно повышен в габброидах (0,20 %) и ультраосновных породах (0,15 %). В небольших количествах минералы марганца образуются в гидротермальных жилах. При вулканогенно-осадочном литогенезе редко возникают крупные месторождения (Атасуйский тип Казахстана), но небольшие объекты достаточно распространены, хотя их связь с вулканизмом нередко проблематична. Крупнейшие месторождения этого элемента связаны с прибрежными отложениями морей (Никопольский и Чиатурский типы). При

хемогенно-осадочном рудообразовании остро стоят вопросы первоисточника марганца и механизма его сегрегации от железа в оксидных рудах и дополнительно – от кальция – в карбонатных. Н.М. Страхов полагал, что разделение марганца и железа происходит в области питания, так как первый приобретает подвижность при начальном химическом выветривании в обстановке слабощелочной среды, в то время как железо подвижно в слабокислой среде каолинитового элювиогенеза. В бассейне седиментации оксиды марганца высаживаются дальше от береговой линии, не смешиваясь с рудными минералами железа. Для осадочного марганцеворудного процесса важно наличие в зоне выветривания обогащенных этим элементом пород, например габброидов. Ряд исследователей (Е.М. Гурвич, Д.Г. Сапожников и др.) полагают, что первоначально марганец концентрируется в растворенной двухвалентной форме в зоне сероводородного заражения внутренних котловинных морей. Так, в глубинных водах Черного моря содержание Mn^{+2} составляет 0,15-0,45 мг/л, в то время как в речной воде его на 2-3 порядка меньше. Исключение составляют воды ручьев, питающих малые озера с накоплением псиломелан-вадовых рудных илов, но это исключительно редкие случаи. Если вследствие восходящих или сжимающих тектонических движений емкость внутреннего моря существенно уменьшится, произойдет трансгрессия с образованием в терригенных отложениях новообразованного шельфа рудных пластов Никопольского типа. Первоначально седиментационно-диагенетические руды имели карбонатный состав, но являлись средними по качеству или богатыми (более 20 % Mn) ввиду незначительного присутствия в сероводородных водах и железа, и кальция.

В архее и палеопротерозое, в обстановке тяжелой почти бескислородной атмосферы и горячих вод первозданных морей накапливались не только карбонатные и силикатные, но и оксидные минералы марганца. Последние слагают крупные месторождения Индии и Африки. Возможно, кислород выделялся при дегазации недр. Уже в палеопротерозое, на рубеже 2,4-2,5 млрд лет, бурное развитие примитивных бактериальных форм жизни привело к накоплению богатых органикой илов и образованию в осадках карбонатных и силикатных фаз. В последующие эры в прибрежной части морей накапливались главным образом родохрозит, манганокальцит и силикаты марганца. Большая часть последних образовалась при метаморфизме. Скопления родонита, тефроита, спессартина и других минералов марганца не являются рудой, но могут стать ею при наложении интенсивного химического выветривания (месторождения Африки и Южной Америки).

В фанерозое лишь в ходе вулканогенно-осадочного процесса образовались залежи оксидных руд Атасуйского и Южноуральского типов. Оксидный состав имеют современные железомарганцевые конкреции и корки океанов и морей в связи с резко окислительной обстановкой в придонной морской воде. Марганец мигрирует в двухвалентной форме из илов и дает названные новообразования, содержащие значительное количество элементов (цветных, редких, редкоземельных и др.). Конкреции специалисты рассматривают как полиметалльные руды будущего.

Преобладание на открываемых осадочных месторождениях карбонатных руд, особенно со средними и низкими содержаниями марганца, очень удорожает получение из такого сырья марганцевых сплавов, хотя множатся попытки введения в доменные и плавильные печи шихты с добавками карбонатов марганца. Для производства из карбонатных руд марганцевых сплавов требуется обжиг этого сырья с очисткой и обогащением оксидного промпродукта, что очень удорожает стоимость производства ферромарганца и силикомарганца. В зоне окисления карбонатных руд

и марганцовистых известняков превращение их в ценное оксидное сырье происходит естественным путем. За счет отложений с нерудными содержаниями марганца в зоне гипергенеза могут сформироваться рудные залежи близповерхностного расположения.

Генетические классы гипергенного оруденения

В зоне гипергенеза, на глубинах до 100-150 м, карбонаты, а в зонах с тропическим климатом – и силикаты марганца окисляются до гидрооксидов и частично оксида (пирролюзита), давая руды зоны окисления, или остаточные. За счет отложений с повышенным геохимическим фоном марганца (более 10-20 кларков) возникают остаточно-инфильтрационные руды, залегающие на выходах или на некотором удалении от коренного источника с образованием линзо- и пластообразных рудных залежей, иногда эшелонированных в разрезе вмещающих отложений. В их строении и особенностях состава проявлены признаки перераспределения марганца и соосаждения таких элементов, как железо, фосфор, иногда кобальт и никель. Инфильтрующиеся под землю воды из зоны выветривания и карстообразования изредка заимствуют растворимые соединения марганца (гидратные, хлоридные и органические комплексы), которые образуют налеты, дендриты, прослои, гнезда, рудные брекчии. Это инфильтрационные образования, как правило, не имеющие практического значения и поэтому в дальнейшем не рассматриваемые. Наконец, существуют гидрогенные (в узком смысле этого понятия) концентрации, локализованные на удалении от коренного источника. Транспортировавшие соединения марганца подземные воды двигались в разных направлениях: в субгоризонтальном к дренирующей их реке, наклонном нисходящем или восходящем. Так, установлена связь гипергенных оксидных руд марганца Мангышлакского типа с нефтегазоносными структурами. С восходящими (эксфильтрационными) водами автор связывает формирование Сейбинского месторождения железомарганцевых руд.

Геологическое строение и минеральный состав месторождений

Остаточное оруденение развито на ряде месторождений. В частности, оно являлось объектом эксплуатации в *Мазульском* месторождении Аргинского поднятия, находящемся в 10 км юго-западнее г. Ачинска [1,7]. Окисленная руда имела средние содержания (в %): Mn 20, Fe 18, P 0,28, и по обогащенности марганцем, равно как и по содержаниям других компонентов мало отличалась от первичной. За период эксплуатации, с 1931 по 1953 гг., добываемое открытым и подземным способами сырье поставлялось на Кузнецкий металлургический комбинат, где без обогащения вводилось в состав доменной шихты. Всего было извлечено 4,2 млн т руды. Запасы оксидных руд почти исчерпаны.

Первичное карбонатное сидерит-родохрозитовое с примесями гидросиликатов марганца (мазулита и неотокита) оруденение наложено на кремнисто-сланцевые породы мазульской свиты нижнего кембрия. Отмечу, что некоторые геологи считали руды стратиформными вулканогенно-осадочными. Глубина развития остаточных руд составляет 50-60 м, в северной части месторождения вскрыты отложения средней юры, в связи с чем возраст гипергенеза считается поздне триасовым-раннеюрским (рис. 2). Во вторичных рудах развита пирролюзит-псилломелановая ассоциация минералов марганца, гидрогетит-гетитовая – железа. Фосфор представлен минералами группы апатита, неравномерно распределенными в первичных рудах и унаследованных окисленными.

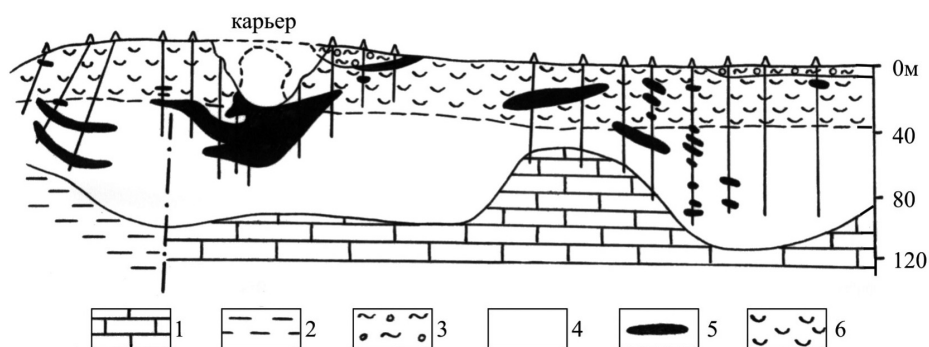


Рис. 2. Продольный геологический разрез Мазульского месторождения: 1 – серые кристаллические известняки венда – нижнего кембрия; 2 – графитисто-кремнистые сланцы нижнего кембрия; 3 – пески и суглинки средней юры; 4 – продуктивная толща нижнего кембрия (?) (глинисто-кремнистые сланцы, порфириды, метасоматиты, брекчии); 5 – рудные тела (ниже границы коры выветривания карбонатного состава); 6 – кора выветривания с остаточными рудами

В *Усинском* месторождении Кемеровской области, известном с 1940 г. и длительное время (1940-1957 гг.) разведывавшемся, оксидное остаточное оруденение составляет около 8 % разведанных запасов, или 5,7 млн т руды со средним содержанием марганца 26,7 %. Месторождение расположено в низкогорной местности в 50 км от железной дороги и по этой причине пока не эксплуатируется. Вторичные руды образовались в приповерхностной зоне крутопадающих пластов родохрозитовых и манганокальцитовых руд нижнекембрийского возраста. Глубины их распространения на Ажигольском участке достигают 180 м, в среднем равны 75 м [5]. Вторичные руды слабопрочные комковатые, имеют коричнево-черный до черного цвета и сложены псиломеланом, вернадитом, в подчиненном количестве пиролюзитом. Руды зоны окисления и гидролиза обеднены кальцием, магнием, серой, отчасти кремнием. Концентрации марганца, железа, алюминия и фосфора несколько возросли. Содержания титана, хрома, ванадия, никеля, кобальта, меди и свинца изменений не претерпели. Остаточные руды являются ценным сырьем для производства ферросплавов, но требуют предварительного обогащения и обесфосфоривания.

Николаевское месторождение Иркутской области находится в 40 км от г. Нижнеудинска в пределах Присяянского краевого прогиба. Данное и другие месторождения приурочены к крылу крупной пологой Уватской брахиантиклинали. Оруденение локализовано в полосе выходов тагульской свиты верхнего рифея. В третьей пачке свиты выявлены три пласта марганцевосных песчано-алевритовых пород и отчасти доломитов с маломощными линзами окисленных марганцевых и железомарганцевых руд, не имеющих самостоятельного значения. В коре выветривания, мощностью до 130-170 м, разведаны линзовидные залежи окисленных руд со средними содержаниями (в %): Mn 19,53, Fe 0,16 и P 0,25. Запасы этого сырья по категории C₂ оценены в 1,9 млн т. Совместно с рудопроявлениями Красное, Левобережное и Рудное, связанными с корой выветривания тагульской свиты, прогнозные ресурсы оксидного сырья Уватской группы месторождений составляют 7 млн т. По минеральному составу руды подразделены на псиломелан-пиролюзитовые, пиролюзитовые и псиломелан-вернадитовые. В составе псиломелан-пиролюзитовых агрегаций определены криптомелан и голландит. В рудах установлено присутствие кобальта (0,02-0,15 %). Характерно многообразие текстур рыхлых и рыхло-

кусовых руд с преобладанием землистых, натечных и цементационных выделений рудных минералов среди песчано-глинистой массы. Сырье требует обогащения и обесфосфоривания.

Таежное месторождение расположено в Енисейском кряже в бассейне р. Большой Пит в необжитой труднодоступной местности, в 40 км от пос. Брянка [4,6]. В отложениях токминской свиты верхнего рифея кремнисто-карбонатного состава выявлены линзы высокоуглеродистых родохрозитовых руд со средним содержанием Mn 15,3 % (рис. 3). В зоне выветривания, развитой на глубину до 50 м, по ним образовались пиролюзит-псиломелановые руды, содержащие в среднем 16,5 % Mn, при низких концентрациях Fe и P. Прогнозные ресурсы оксидных руд оценены в 0,9 млн т.

Чуктуконское комплексное месторождение расположено в южной части Чадобецкого поднятия в 120 км северо-восточнее пос. Заледеево. В геологическом строении месторождения участвуют вендские отложения, представленные алевролитами и песчаниками. Они прорваны телами ультраосновных щелочных пород и карбонатитов. На месторождении развита мощная, до 300 м, охристая (по представлениям некоторых геологов, латеритная) кора выветривания мелпалеогенового возраста, с которой связаны рудные концентрации ниобия, редких земель, железа, марганца и фосфора. В контуре ниобий-редкоземельных руд содержания железа составляют 31-42 %, марганца – около 6 % и пятиоксида фосфора – 3,8 %.

Рудными минералами-носителями являются: для ниобия – пирохлор, редких земель – монацит, флоренсит и редко черчит, марганца – псиломелан с подчиненными количествами манганита, пиролюзита, рамделлита и голландита. Определено наличие рентгеноаморфной фазы Fe-Mn в соотношении 1:1. В разработанной в ИХХТ СО РАН схеме переработки комплексного сырья предусмотрен предварительный отжиг руды с углеродом в присутствии воды. Затем продукт термической обработки, содержащий MnO, подвергали кислотному выщелачиванию, при котором в раствор переводили РЗЭ, 70-75 % марганца и небольшой процент железа. После фракционного извлечения из раствора редких земель получали химическим или электрохимическим путем MnO₂. Основной вредной примесью в растворе является железо. Его окисляют и осаждают гидролизом, а затем доочищают раствор от РЗЭ. Расчеты показали, что при переработке 120 тыс. т руды можно получить 10 тыс. т MnO₂ [3]. Освоение Чуктуконского месторождения может начаться в ближайшие годы.

Остаточно-инфильтрационное оруденение широко распространено в Центральной Сибири. В большинстве случаев установленные объекты отнесены к рудопоявлениям. В южной части Аргинского поднятия в 25 км от г. Ачинска находится *Яковлевское* рудопоявление [7].

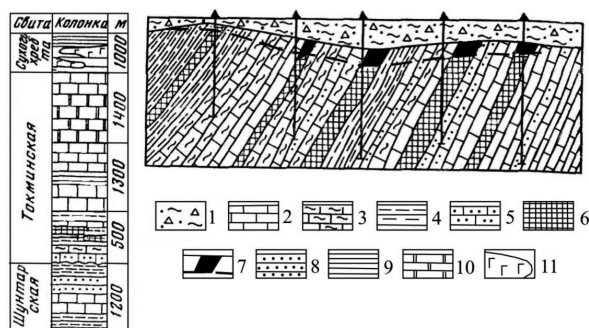


Рис. 3. Стратиграфическая колонка марганценовой свиты R₃ и геологический разрез Таежного рудопоявления: 1 – четвертичные отложения; 2 – известняки темно-серые. Сланцы: 3 – карбонатно-глинистые; 4 – углисто-кремнисто-глинистые; 5 – кремнистые известняки; 6 – графитисто-карбонатные руды (12-20 % Mn); 7 – окисленные руды и граница зоны выветривания; 8 – песчаники; 9 – глинистые сланцы; 10 – доломиты; 11 – диабазовые порфириды

В толще алевроглинистых отложений с телами микрокварцитов неясного происхождения буровыми работами вскрыты линзы марганцевых руд, которые содержат 18,5 % Mn и 12,3 % Fe (рис. 4). Коренными породами считаются известняки венда – нижнего кембрия, вскрытые отдельными скважинами. Попытки полного пересечения рыхло-глыбовых отложений предположительно олигоцен-миоценового возраста [1] из-за обилия микрокварцитов были прекращены, поэтому не выяснено наличие коренных марганценосных пород. Мощности рыхло-глыбовой толщи составляют 40-110 м. Прогнозные ресурсы объекта оценены в 1 млн т.

Бобровское рудопроявление расположено в пределах Тарутинского выступа венд-кембрийских отложений в 12 км от пос. Тарутино. На выходах кремнистых сланцев и микрокварцитов южнее поселка в начале 60-х годов XX в. была обнаружена цементационная пилломелан-пиролузитовая минерализация. Поисковыми работами конца века были вскрыты суглинки и глины с обломками, в которых было выявлено омарганцевание и три линзы преимущественно бедных марганцевых руд. Коренные породы представлены известняками венд-нижнекембрийского возраста и серицито-глинистыми, кремнисто-глинистыми сланцами и микрокварцитами. Рыхлая толща не выясненного возраста нами отнесена к переотложенным продуктам верхнетриасовой-

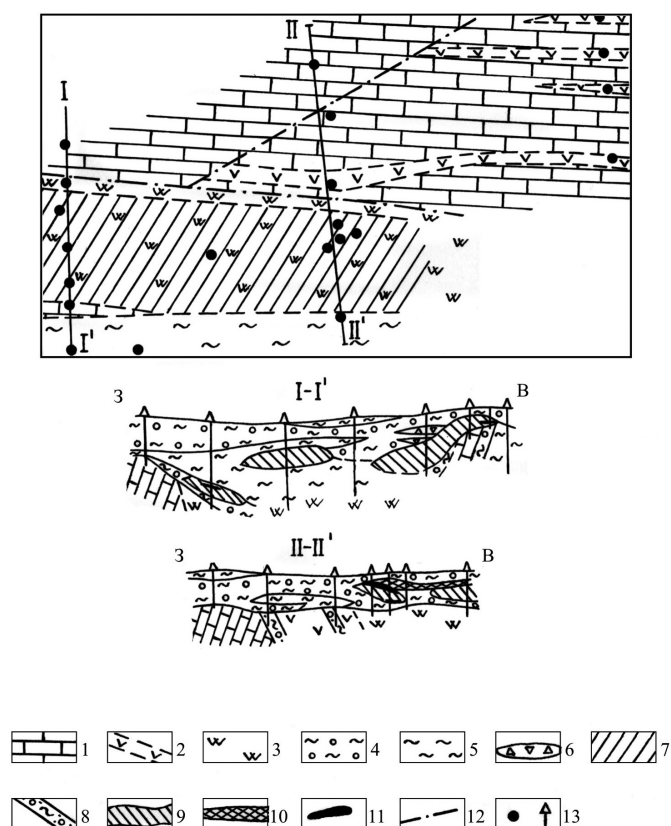


Рис. 4. План и разрезы Яковлевского проявления марганцевых руд: 1 – мраморизованные известняки венда-нижнего кембрия; 2 – диабазы и порфириды; 3 – кварциты метасоматические; 4 – глины и суглинки олигоцен-миоцена (?); 5 – глины мел-палеогена (?); 6 – щебень кварцитов; 7 – зона развития железомарганцевой минерализации на плане; 8 – линейная кора выветривания; 9 – омарганцевание глин; 10 – бедные руды (<10 % Mn); 11 – кондиционные руды (>16 % Mn); 12 – разрывные нарушения; 13 – буровые скважины на плане и разрезе

раннеюрской коры выветривания. Мощность толщи равна 25-80 м. Полоса ее распространения составляет 10 км. Содержания марганца в рудных линзовидных залежах мощностью около 2 м колеблются от 11 до 22 %, в среднем 16,8 %. Ресурсы рудопроявления – 2,5 млн т.

Карьерное рудопроявление располагалось в северной части Мазульского месторождения известняков, обрабатываемого Ачинским глиноземным комбинатом. В 1963 г., в период строительства карьера, автор изучал рыхлые пирролюзит-псиломелановые руды, вскрытые горными работами в толще пестроцветных карстовых образований мелового возраста. В плоскости уступа длиной 120 м находились три линзы сажистой руды мощностью 0,2-0,55 м и длиной 3,5-6 м. Они были хорошо заметны по почти черному цвету. Содержания марганца в пробах составляли 9,8-16,2 %. При продвижении забоя эти образования были уничтожены. В 1967 г., при структурно-геологической документации Мазульского карьера, автор отбирал геохимические пробы горных пород (известняков, диабазов, спессартитов, брекчий и др.). На поверхности уступа горизонта 265 м были встречены гнезда и цемент брекчий, сложенные гигантозернистым зонально окрашенным кальцитом молочно-белого, темно-серого и коричневого цветов, размером в поперечнике 0,6-1,2 м. Только в этом материале спектральный анализ показал содержание Mn 1% и более. Таким образом, появилось доказательство остаточно-инфильтрационного происхождения указанного оруденения.

Западноаргинское рудопроявление. Наличие марганцевых руд в рыхлых отложениях площади было установлено в работах Г.Е. Савицкого в 1944 г. В 2002-2003 гг. геологами федерального предприятия «Красноярскгеолсъемка» были проведены детализационные работы, показавшие гнездовый характер оруденения, связанного с предположительно меловыми щелнисто-глинистыми отложениями покрытого карста. Марганцевые руды землистые пирролюзит-псиломелановые. Сечения отдельных гнезд составляют от 1 до 10 м. Содержания Mn 21-40 % при низких значениях железа и фосфора. Из примесных элементов отмечено золото (до 2 г/т).

Куль-Тайгинское рудопроявление расположено на юго-западных отрогах горы того же названия в Кузнецком Алатау. Наличие пирролюзит-псиломелановой минерализации здесь было выявлено в начале 60-х годов XX в., участок изучался автором в 1963 г., наряду с рудопроявлениями Аргинского поднятия и Восточного Саяна [7]. В элювиальных развалах микрокварцитов развита цементационная пирролюзит-псиломелановая минерализация, первоисточником которой явились карбонатно-сланцевые слабомарганценозные породы (1-2 % Mn).

В южной части Ангаро-Питского синклинория в правобережье р. Ангары поисковыми работами геологов Ангарской экспедиции найдены рудопроявления рыхлых землистых и конкреционных железомарганцевых руд в переотложенных продуктах коры выветривания мел-палеогенового возраста [6].

Гремячинское рудопроявление связано с двумя эрозионно-карстовыми депрессиями в зоне контакта песчаников венда с карбонатными породами нижнего кембрия и верхнего рифея. В восточной депрессии, размером 1200 на 50-400 м, вскрыты два лентообразных тела землистой существенно псиломелановой руды протяженностью 200 и 500 м, шириной 20 и 40 м и мощностью 3 и 5 м. Содержания марганца в среднем составили 21,4 и 16,2 %. Рудные тела окаймлены конкреционными железомарганцевыми образованиями, количество которых составляет до 40 % от объема песчано-глинистой массы. Конкреции содержат в среднем 11,8 % Mn и 17 % Fe. В

западной депрессии, размером 2500x300 м, вскрыто тело конкреционно-песчано-глинистых образований протяженностью 1200 м при ширине 200 м и мощности в среднем 7,5 м. Содержание конкреций 15-30 % от объема тела, концентрации железа и марганца в конкрециях соответственно 14-48 и 17-32 %, но возможности их извлечения и использования как рудного сырья проблематичны. В целом, прогнозные ресурсы рудопроявления оценены в 9,5 млн т.

Бондурское рудопроявление расположено по соседству с Гремячинским в аналогичной геологической ситуации. Размеры эрозионно-карстовой депрессии составляют 2500 на 300-500 м при глубинах до 100 м. В приповерхностной части депрессии вскрыто тело конкреционных руд размерами 1200 м на 100–300 м с колебаниями мощности от 4-5 до 8-10 м. Содержание конкреций в песчано-глинистой массе – 15-30 %, концентрации в них марганца – 15-28 %, среднее по телу – 4,5 %. В зоне выветривания коренных пород встречены прожилки, гнезда и зонки цементации пирролюзит-псиломелановой ассоциацией, развитые на глубину в десятки метров. Содержания марганца в наиболее богатых участках – 18-19,5 %. Прогнозные ресурсы рудопроявления оценены в 1 млн т.

Верхотуровское рудопроявление расположено в низовьях р. Нижней по соседству с одноименным месторождением карстовых бокситов. В продуктивной толще палеогенового возраста геологи и в их числе автор наблюдали прожилки и гнезда псиломелановой минерализации. На рудопроявлении в толще мел-палеогеновых отложений вскрыты две линзы пирролюзит-псиломелановых руд, содержащих в среднем 16-18,5 % Mn. Протяженность залежей – 170 и 120 м, ширина – 40-50 м, мощности – 2 и 3 м. Прогнозные ресурсы рудопроявления оценены в 3,0 млн т.

Порожнинское полигенетичное месторождение расположено на всхолмленной равнине, в которую переходит Енисейский кряж на северо-западе. Расстояние от него до пос. Бор составляет 50 км. От берега Енисея, где будет построен порт, до будущего карьера 11,5 км. Автор принимал участие в изучении геологического строения, литологии продуктивной толщи и минерального состава руд в 1978-1984 гг.

Коренными на рассматриваемой площади являются отложения верхнего рифея, слагающие пологое западное крыло крупной асимметричной синклинали. В основании разреза залегают слоистые песчанистые известняки (1100 м), надстраиваемые доломитами (360 м). Выше залегают туфы, туфогенные песчаники и алевролиты продуктивной пачки, в которой есть линзы, содержащие манганоломит и родохрозит с предельными содержаниями марганца 14-16 %. Родохрозитовые породы с содержаниями Mn более 10 % отнесены к первичным карбонатным рудам. Мощность продуктивной пачки колеблется от 30 до 110 м. На ней залегает пачка туфосилицитов (120 м) и стратиграфически выше – горизонт туфоалевролитов с единичными пластами известняков, в том числе марганцовистых (1,5-3 % Mn). Мощность горизонта превышает 600 м.

Со средней юры и далее, вплоть до плиоцена, верхнерифейские отложения претерпевали гипергенез, в результате которого сформировалась толща рыхлых отложений мощностью в отдельных «провалах» до 400 м. Геологоразведчики именуют эти отложения корой выветривания, хотя в ее составе проявлена ритмичность, есть слои с обломками туфосилицитов, в том числе свежего облика. Автор считает, что карбонатные породы не корообразующие, так как содержат не более 6-10 % нерастворимого остатка. По этой причине по ним развивается покрытый карст. При его формировании важную роль сыграл структурно-геологический фактор: пологое залегание

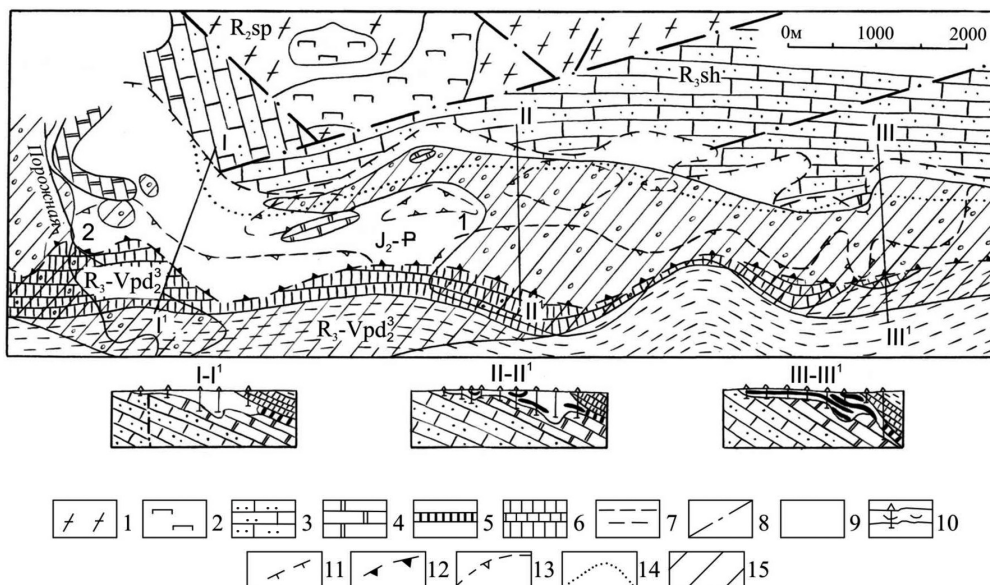


Рис. 5. План и разрезы Порожинского месторождения: 1 – метаморфические сланцы сухопитской серии R_2 ; 2 – гипербазиты; 3 – песчанистые известняки сухореченской свиты R_3 , Подъемная свита R_3 ; 4 – доломиты; 5 – марганценозные туфы, туффиты, туфопесчаники, 6 – туфосилициты, 7 – алевролиты и туфоалевролиты, пласты известняков; 8 – разрывные нарушения; 9 – мезозойско-кайнозойские отложения безрудные; 10 – окисные руды; 11 – пологий тыльный борт карстовой депрессии; 12 – крутой, ныряющий борт карстовой депрессии; 13 – контуры локальных глубоких карстовых впадин; 14 – граница сухореченской и подъемской свит под отложениями мезозоя-кайнозоя; 15 – зона развития остаточного-инфильтрационных руд

ние вулканогенно-терригенных отложений с известняками и доломитами в основании (рис. 5). По этой причине в мезозое и кайнозое функционировали фронтальная (забойная) и тыльная зоны карстификации. Динамика их варьировала во времени. Во фронтальной зоне происходило разрушение залегающих на доломитах отложений, в основании которых находилась продуктивная пачка. Продукты механического и химического разрушения поступали в тыльную зону, где шло перераспределение марганца и образование плащеобразных остаточного-инфильтрационных руд. Забойная зона смешалась в восточном направлении, по падению отложений верхнего рифея. Тыльная зона была подвержена эрозионно-денудационному срезанию. На ней залегают пески и суглинки неоген-четвертичного возраста. За 150 млн лет забойная зона продвинулась на восток на расстояние от сотен метров до 1,5 км. Накопившиеся обломочные отложения подверглись неравномерному, периодически протекавшему химическому выветриванию с перераспределением поступавшего в них марганца. В достаточно глубоких (более 120-150 м) депрессиях в восстановительной обстановке образовались вторичные карбонатные руды, содержащие 12,9-17,7 % Mn, 3,2-9,3 % Fe и 0,25-0,7 % P. Всего в разведанной части месторождения карбонатного сырья (первичного и вторичного) 75,3 млн т. Среди окисных руд есть в небольших количествах остаточные образования, в том числе металловидные манганитовые стяжения и рыхло-кусковые псиломелан-манганитовые руды. Они залегают на глубине более 200 м в «слепой» коре выветривания карбонатных руд, возникшей на контакте их с карстовыми мезозойско-кайнозойскими отложениями. Но основную часть окисных руд мы считаем остаточного-инфильтрационными образованиями. Они слагают линзо- и пластообразные залежи числом 70. Самая крупная 14-я

залежь имеет безрудные окна и расщепления, она протянулась на 7000 м при ширине 500-1400 м и средней мощности 5,3 м [2]. Оксидные руды кусково-землистые, сложены псиломеланом, пиролюзитом, манганитом, в дисперсной части присутствуют псиломелан, тодорокит и бернессит. Минералы железа представлены гётитом и гидрогётитом, фосфор дает самостоятельную фазу (фторapatит) либо сорбирован оксидами железа и марганца. Средний химический состав оксидных руд (в %): MnO – 3,9, MnO₂ – 25,1, Fe₂O₃ – 11,6, P₂O₅ – 0,62, SiO₂ – 33,7, Al₂O₃ – 10,2, CaO – 3,0, MgO – 1,12. Качество сырья в целом низкое, загрязняющими компонентами являются фосфор, железо и кремнезем. Запасы оксидной руды составляют 78,4 млн т со средними содержаниями 18,96 % Mn, 6,09 Fe и 0,46 P. Разработана технологическая схема обогащения руды с получением концентратов для производства ферромарганца и силикомарганца. На освоение месторождения выдана лицензия. Кроме подсчитанных геологами запасов, рудное поле обладает ресурсами оксидных руд в количестве 18 млн т.

Гидрогенное оруденение здесь понимается в узком смысле как осаждение оксидов и гидроксидов марганца в проницаемых отложениях из вадозовых вод. В широком смысле остаточное инфильтрационное и инфильтрационное оруденение тоже гидрогенное. Автору довелось наблюдать омарганцевание галечно-песчаного аллювия в двух пунктах. Первый находится в 1,2 км выше по течению Енисея от пос. Бор в обрыве 12-метровой террасы левого берега реки. Сажистые оксиды псиломелан-вадового состава окрашивают аллювий в черный цвет, образуя темное пятно высотой 0,6-1 м и шириной по берегу 9 м. Содержания марганца в аллювии – 2,4-4 %. Возможным первоисточником элемента, вероятнее всего, стали разгружающиеся болотные воды. Заболачивание характерно для второй надпойменной террасы, имеющей ширину до 1 км южнее пос. Бор. Мы обратили внимание, что на берегу в самом поселке песок с гравием пропитан ржаво-бурыми гидрооксидами железа. Проявление марганцевой минерализации находится за пределами зоны ожелезнения.

Второй пункт омарганцевания аллювия мы наблюдали в 1987 г., совершая сплав по р. Чадобец, на участке неотектонического опускания и меандрирования реки (Юрохтинская впадина) в 36 км ниже пос. Ярцево. Выступавший из воды пойменный аллювий песчано-галечного состава видимой мощностью 0,5 м на расстоянии около 3 м был окрашен в черный цвет сажистыми выделениями псиломелан-вадового состава. Валовое содержание марганца составило в двух пробах 1,4-2,1 %. Как и в предыдущем случае, источником марганца были болотные воды. Миграция его осуществлялась, вероятнее всего, в виде подвижного металлоорганического комплекса без значительной примеси железа. Элемент высаживался на окислительном геохимическом барьере.

Сейбинское-1 месторождение находится в низкогорной части Восточного Саяна, в 3 км южнее платформы Джотка железной дороги Абакан-Саянская. Месторождение было открыто в 1940 г. по обломкам руды в аллювии. Поисково-разведочные работы были проведены в 1946-1947 гг. Г.М. Еханиным и повторно в 2000-2001 гг. С.Л. Заморским. Автор посещал месторождение в 1964 г. и более детально ознакомился с его строением в 2001 г. [9].

В геологическом строении месторождения участвуют отложения венда и плиоцена. Первые представлены чередованием мощных пачек известняков, частью окварцованных и глинисто-кремнистых сланцев. Вторые выполняют крупную, протяженностью 1200 м при ширине 300-550 м карстовую депрессию, глубина которой превышает на западе 150 м и на востоке 200 м. Де-

прессия выполнена рыхлыми образованиями, среди которых преобладают паттумы – смеси глинистых, алевритовых, песчаных и щебнисто-глыбовых частиц. Крупные фракции представлены кварцитами. В виде плоских линз на разных глубинах залегают светло-бурые гидрослюдисто-каолинитовые глины, которые мы связываем с химическим выветриванием оползших в депрессию пластин сланцев. В паттумах развиты зоны омарганцевания и в приповерхностных частях разреза на глубинах до 50 м – линзо- и лентообразные тела железомарганцевых руд (рис. 6). В их составе преобладает пиролюзит, развиты псиломелан, вад и в подчиненных количествах криптомелан, бернессит и тодорокит. Минералы железа – гидрогётит и гётит. Из фосфатов диагностирован только крадаллит. Видимо, основная часть фосфора сорбирована оксидами и гидроксидами железа и марганца. При бортовом содержании 10 % Mn запасы руды составили 0,5 млн т, их качественные показатели (в %): Mn – 18,2, Fe – 8,2 и P – 0,4. Ресурсы объекта оценены в 1,0 млн т. Ранее автор отнес месторождение к остаточно-инфильтрационному типу [8]. Но проведенные им детальные исследования дали основание отнести его к числу гидрогенных образований и полагать, что соединения Mn и Fe были привнесены восходящими (эксфильтрационными) водами [9]. Рудные минералы отлагались в высококремнистом водопроницаемом

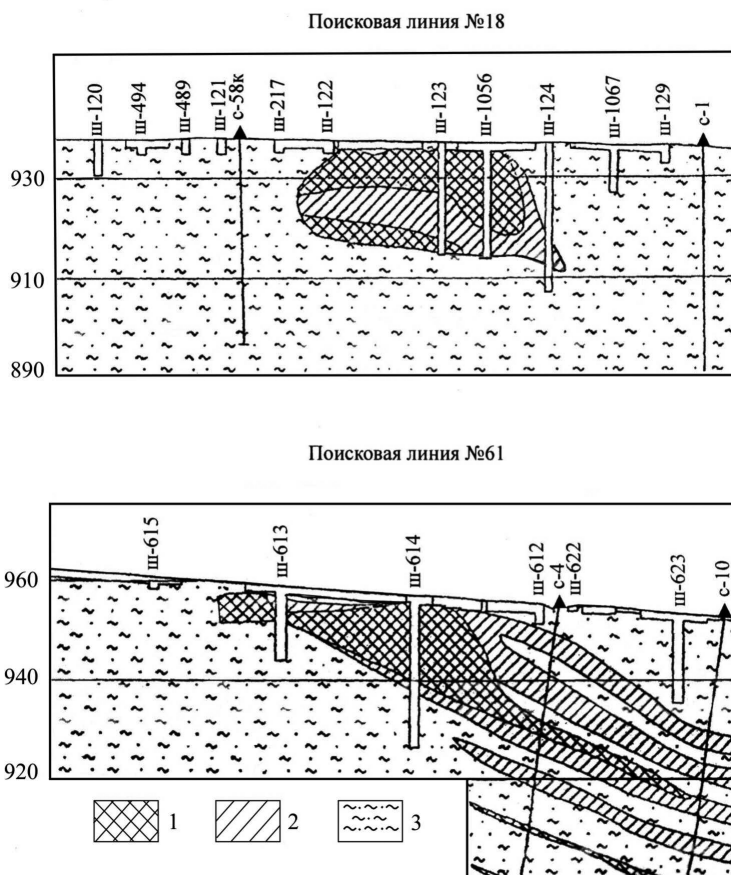


Рис. 6. Геологические разрезы Сейбинского-1 месторождения: 1 – кондиционные руды; 2 – омарганцевание паттумов; 3 – паттумы с пластинами глин и телами кварцитов

материале на окислительном геохимическом барьере. Плиоценовый возраст рудоносной толщи показан палинологическими определениями.

В 9 км южнее от Сейбинского-1 месторождения поисковыми работами 2002-2003 гг. выявлена 10-километровая полоса развития рыхлых марганценосных образований, в которых вскрыты четыре линзы железомарганцевых руд (*Большеджебартинское* рудопроявление). Средние содержания по ним (в %): Mn – 16,9, Fe – 13,4, P – 0,37. Прогнозные ресурсы площади оценены в 7,9 млн т руды. Вопросы возраста продуктивной толщи и генезиса железомарганцевого оруденения остались нерешенными.

Заключение

На рассматриваемой территории геологами открыты и оценены многочисленные марганцеворудные и железомарганцевые месторождения и рудопроявления, которые автор отнес к категории гипергенных образований. Среди них выделены типы остаточных, остаточно-инфильтрационных, инфильтрационных и гидрогенных (в узком понимании). Наиболее значимыми и часто встречаемыми являются остаточно-инфильтрационные образования, на втором месте находятся остаточные. В большинстве случаев гипергенные руды локализованы в складчатых областях Енисейского кряжа, Кузнецкого Алатау и Восточного Саяна. В древних осадочных и вулканогенно-осадочных толщах этих регионов имеются породы с повышенными концентрациями марганца. Есть и полигенные месторождения, в которых гипергенное оксидное оруденение составляет часть разведанных запасов. Другая часть представлена малоценной карбонатной рудой.

Общими особенностями гипергенного оруденения считают невысокие содержания марганца, ассоциация с железом и фосфором. Последний резко ухудшает качество сырья, поэтому требуется применение технологии его обесфосфоривания. Остаточно-инфильтрационное оруденение осаждается кварцитами, образуя рудную брекчию или рыхлую массу в глинисто-щебнистом материале. При обогащении кварц сравнительно легко удаляется.

Гипергенным является все разведанное и прогнозируемое в Центральной Сибири оксидное оруденение. Его разведанные запасы в сумме составляют 84 млн т и ресурсы – 52 млн т. Можно ожидать в ближайшей перспективе возрождения в Сибири промышленности по добыче, обогащению и переработке оксидных руд.

Список литературы

1. Берзон Е.И. Перспективы марганцевого оруденения хребта Арга / Е.И. Берзон, А.В. Голубев, В.И. Лисицын // Состояние марганцево-рудной базы России и вопросы обеспечения промышленности марганцем. – Красноярск: РИЦ КНИИГиМС, 2001. – С. 69-70.
2. Горшков Г.В. Марганцево-рудная база Красноярского края / Г.В. Горшков, Т.И. Горшкова, Г.К. Пасашникова и др. // Состояние и проблемы геологического изучения недр и развития минерально-сырьевой базы Красноярского края. – Красноярск: РИЦ КНИИГиМС, 2003. – С. 126-138.
3. Ломаев В.Г. Редкометалльные руды Чуктуконского месторождения – сырье для попутного получения диоксида марганца / В.Г. Ломаев, В.И. Кузьмин, Ю.А. Озерский и др. // Состояние

марганцево-рудной базы России и вопросы обеспечения промышленности марганцем. – Красноярск: РИЦ КНИИГиМС, 2001. – С. 77-82.

4. Мкртычян А.К. Марганценосность Енисейского кряжа / А.К. Мкртычян, Р.А. Цыкин, Ю.В. Саваньяк // Новые данные по марганцевым месторождениям СССР. – М.: Наука, 1980. – С. 205-210.
5. Рахманов В.П. Марганцево-рудная кора выветривания Усинского месторождения / В.П. Рахманов // Месторождения марганца Кузнецкого Алатау – М.: Наука, 1966. – С. 70-84.
6. Саваньяк Ю.В. Марганцевые руды центральной части Енисейского кряжа / Ю.В. Саваньяк, В.Г. Ломаев, А.П. Хохлов и др. // Состояние марганцево-рудной базы России и вопросы обеспечения промышленности марганцем. – Красноярск: РИЦ КНИИГиМС, 2001. – С. 60-64.
7. Цыкин Р.А. Марганцевые рудопроявления в Красноярском крае / Р.А. Цыкин // Марганцевые месторождения СССР. – М.: Наука, 1967. – С. 353-360.
8. Цыкин Р.А. Особенности марганцевого оруденения в корах выветривания / Р.А. Цыкин // Марганцевые месторождения СССР. – М.: Наука, 1967. – С. 361-372.
9. Цыкин Р.А. Геология и генезис Сейбинского месторождения марганцевых руд (Восточный Саян) / Р.А. Цыкин, Л.И. Свиридов // Известия Сиб. отд-ния Секции наук о Земле РАЕН, вып. 1 (27). Иркутск: Изд-во ИТГУ, 2004. – С. 26-31.

Hypergene Manganese Ores of Central Siberia

Rostislav A. Tsykin

*Siberian Federal University,
79 Svobodny, Krasnoyarsk, 660041 Russia*

The concentrations of oxide and hydroxide manganese and iron-manganese ores of variable quality are prospected in the area. The residual ores are specified, the dimension and quality of such deposits are mainly determined by primary carbonate mineralization. The residual-infiltration ores appeared as a result of evacuation and transition of manganese and associated elements, in case of existence of primary ores or manganese-bearing rocks. The hydrogenous mineralization (in the narrow sense) settle by underground water and sometime in the zones of interbedded water discharge (Sejbinsk-1 deposit). The infiltration genetic species of smaller scale are formed in deposition and replacement places of jointing rocks by ores minerals. In most cases the hypergene mineralization has been ranked as show of ores with the residual ores to form the resources of oxidation zones of the Mazulsk, Usinsk and Nicolaevsk deposits. The residual-infiltration ores are presented by the middle-sized Porozhinsk deposit.

Key words: hypergene, manganese ores, residual, infiltration, hydrogenous mineralization, deposits, show of ores.
