

The background of the entire page is a photograph of a mineral specimen, likely a manganese ore, showing various shades of pink, red, and brown with some dark, crystalline inclusions.

Э. Г. Кассандров

ОЦЕНКА
МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ
МАРГАНЦЕВЫХ РУД СИБИРИ
И ПЕРСПЕКТИВЫ ЕЕ РАЗВИТИЯ

Mn

АО «РОСГЕОЛОГИЯ»
СИБИРСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИИ,
ГЕОФИЗИКИ И МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ (СНИИГГимС)

Э. Г. Кассандров

**ОЦЕНКА МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ
МАРГАНЦЕВЫХ РУД СИБИРИ
И ПЕРСПЕКТИВЫ ЕЕ РАЗВИТИЯ**



СНИИГГимС

Новосибирск
2018

Кассандров Э. Г. Оценка минерально-сырьевой базы марганцевых руд Сибири и перспективы ее развития. – Новосибирск: СНИИГГиМС, 2018. – 140 с.

Рассмотрено состояние минерально-сырьевой базы марганцевых руд Сибири, марганценозные формации, геолого-генетические модели, закономерности пространственного размещения, поисковые критерии и геолого-поисковая модель марганцевых месторождений. Дана количественная оценка прогнозных ресурсов перспективных площадей. Предложена стратегия поисковых работ, направленных на ближнюю и дальнюю перспективы развития сибирской марганцеворудной базы. Для достижения первой цели рекомендуется первоочередное доизучение и оценка площадей, находящихся в наиболее благоприятных географо-экономических условиях – в непосредственной близости к металлургическим предприятиям, железным дорогам, районам с развитой инфраструктурой и т. д. Таким условиям соответствуют Тогул-Сунгайская, Аскизская, Сугульская, Кайгадатско-Усинская площади, а также Холзунско-Белорецкая в связи с первоочередным строительством рудников на Инском и Белорецком железорудных месторождениях.

В результате геолого-разведочных работ предполагается локализовать объекты с запасами категорий C_1+C_2 5–20 млн т, прогнозными ресурсами P_1+P_2 10–20 млн т. За счет объединения нескольких мелких месторождений, расположенных в рудных узлах, эти оценки могут возрасти в 1,5–2 раза.

Для широкого круга читателей, интересующихся оценкой минерально-сырьевых баз, планирующих организаций, предпринимателей, преподавателей и студентов специальных учебных заведений.

ISBN 978-5-904321-45-1

Утверждено к печати Ученым советом

Сибирского научно-исследовательского института геологии, геофизики и минерального сырья (СНИИГГиМС)

Введение

На территории бывшего СССР марганцевые руды добывались на Украине, в Грузии и Казахстане. Руды преимущественно окисные с содержанием марганца в сырой руде 20–25 %. Для Российской Федерации богатые и легкообогатимые марганцевые руды являются остродефицитным сырьем. Их запасы сопоставимы по качеству с рудами, которые используются промышленностью зарубежных стран, и составляют первые проценты от учтенных балансовых запасов и прогнозных ресурсов при отсутствии пероксидных разностей. Metallургическая промышленность России – один из основных потребителей марганца – в настоящее время использует главным образом сырье из стран ближнего и дальнего зарубежья. По неполным статистическим данным на закупку необходимого импорта ежегодно расходуется более 220 млн дол. США [89].

В Сибири разведаны два крупных месторождения марганцевых руд (Усинское в Кемеровской области и Порожинское в Красноярском крае), которые не вводятся в эксплуатацию из-за сложной технологии обогащения и ряда других причин. Сложившееся положение резко отрицательно сказывается на темпах и направлениях дальнейшего развития черной металлургии, электротехнической, химической, медицинской и других видов промышленности не только в указанных регионах, но и России в целом. Выполненные за многие десятилетия на территории Сибири геолого-разведочные, тематические и научно-исследовательские работы показали, что серьезных перспектив для обнаружения крупных месторождений никопольского или чиатурского типов здесь нет. Зато имеются многочисленные проявления, а также слабо изученные месторождения окисных, окисленных, карбонатных и силикатных марганцевых руд в вулканогенно-осадочных толщах, которые приурочены к складчатым областям.

Разнообразие геолого-промышленных, формационных, генетических и минеральных типов марганцевых месторождений и рудопроявлений, расположенных на огромной территории складчатых областей Сибири, требует обобщения и анализа имеющихся в настоящее время результатов различных видов исследований, типизации установленных месторождений и рудопроявлений, дополнительного изучения эталонных объектов и марганценосных разрезов вулканогенно-осадочных толщ, разработки поисковых критериев и методических рекомендаций по поискам богатых и легкообогатимых марганцевых руд.

Актуальность проблемы поисков марганцевых руд в Сибири и усиление научно-исследовательских работ в этом регионе неоднократно подчеркивались в решениях крупных всесоюзных совещаний по марганцу: в Москве (1965 г.), Чиатуре (1976 г.), Каражале (1982 г.), в школе передового опыта в Красноярске (1991 г.), на Межведомственном совещании в Санкт-Петербурге (1992 г.) и во многих экспертных советах.

Представленная монография написана на основе анализа и обобщения материалов поисково-сырьевых, разведочных, тематических, научно-исследовательских работ, результатов количественной оценки и переоценки прогнозных ресурсов марганцевых руд на территории Сибири, накопленных

за многие десятилетия, а также результатов полевых работ автора в районах перспективных месторождений и рудопроявлений марганца Алтая, Салаира, Горной Шории, Кузнецкого Алатау, Восточного Саяна, Тувы, Северного Прибайкалья, Забайкалья, Алданского щита и др. С 1960 г. автор участвовал в этих исследованиях как исполнитель, а в дальнейшем – как руководитель. Научной основой стало моделирование условий образования марганцевых месторождений, конечной целью которого было создание их обобщенных образов. Применение метода моделирования дает возможность глубоко исследовать построенную модель, получить с ее помощью необходимую информацию, а главное – использовать ее в практических целях. Модель – это совокупность признаков, свойственных большинству месторождений данного типа. Наиболее полно процесс рудообразования охватывается многофакторными (геолого-генетическими) моделями, в которых факторы рассматриваются как причины формирования месторождений на определенных участках земной коры. Для локального прогноза наиболее применимы такие модели месторождений, которые по комплексу элементов объективно характеризуют участки скопления рудного вещества как объекта прогноза и поисков и позволяют вычленять соответствующие перспективные площади из геологического пространства [4, 36, 38, 63, 99].

Построение многофакторных моделей марганцевых месторождений предусматривает максимально полное использование всей геологической информации: от непосредственных наблюдений в полевых условиях до гипотетических построений, которые с той или иной степенью достоверности приближают нас к пониманию сущности объекта. Естественно, максимальный объем фактического материала имеется для детально разведанных месторождений, к числу которых в Сибири относятся Усинское и Порожинское, а далее по степени уменьшения изученности – для Дурновского, Мазульского, Сунгайского, Сейбинского, Прозрачного и др. В соответствующих разделах монографии приведены многофакторные модели Усинского, Дурновского и Прозрачного месторождений. Геология, генезис и поисковые критерии месторождений Порожинской площади довольно полно представлены в литературе (Д. К. Балицкий, Э. Л. Варанд, В. А. Головкин, М. П. Кавицкий, Г. К. Пасашникова, Ю. В. Саваньяк, А. К. Мкртычян, В. В. Усталов и др.), поэтому ее характеристика здесь не приводится. В основе построения и исследования многофакторных моделей лежит историко-геологический подход, базирующийся на двух принципах: актуализма и последовательности формирования геологических тел. Ретроспективная модель реконструировалась с помощью метода актуализма, суждения о генезисе статической системы, экспериментальных данных и переноса их на геологическое прошлое. Вопрос о достоверности ретроспективной модели решается пока только в гипотетическом плане методом аналогий и эксперимента. О существовании процесса рудообразования и его хода мы судим в основном по вещественным продуктам конечной стадии процесса, которые обладают конвергентностью. При построении модели необходимо добиться непротиворечивого сочетания факторов и признаков, вытекающих из закономерностей размещения месторождений данного типа.

Наиболее важными факторами, определяющими закономерности размещения марганцевых месторождений и концентрации продуктов рудогенеза в тех или иных частях ограниченного пространства, являются тектонические, литолого-фациальные, стратиграфические, магматические, метаморфические, метасоматические, геохимические, гипергенные. Роль каждого из них зависит от конкретной обстановки рудообразования. В качестве главных элементов многофакторной модели выделены тектоническая и палеогеографическая обстановки рудонакопления и регенерации, палеовулканические структуры, рудовмещающие вулканогенно-карбонатные отложения, подрудная, рудная и надрудная пачки, морфология рудных зон и тел, структурно-текстурные особенности руд, многоэтапный вулканизм и интрузивный магматизм, гидротермальный метасоматоз, выветривание, разноранговые дизъюнктивные и пликвативные дислокации, особенности вещественного состава руд, этапы образования рудных минералов и др.

Компьютерное оформление графики, таблиц и текста монографии выполнены Е. В. Кассандровой.

Автор благодарит главного специалиста Госкомгеологии РФ по рудам черных металлов Л. П. Тигунова за помощь в организации, проведении работ по геологии, генезису и оценке месторождений руд черных металлов и за постоянное внимание к работам СНИИГГиМСа и автора в частности, а также Т. А. Воронину и Е. С. Изотову за подготовку этой книги к изданию.

Глава 1. Состояние сырьевой базы марганцевых руд Сибири

Балансовые запасы марганцевых руд на изучаемой территории по категориям А+В+С₁ составляют 115206 тыс. т; подавляющее большинство запасов (92818 тыс. т) приходится на карбонатные руды Усинского месторождения в Кемеровской области, а также на высокофосфористые окисленные и карбонатные руды Порожинского месторождения в Красноярском крае (15696 тыс. т) (табл. 1). В небольшом объеме марганцевые руды периодически добывались на Дурновском, Николаевском, Громовском и Селезневском месторождениях; Усинское и Порожинское подготовлены к освоению. Для обеспечения металлургической промышленности и других отраслей народного хозяйства марганцевым сырьем Россия более 90 % от общей потребности в нем импортирует из-за границы, в основном из Казахстана и Украины. В одном из докладов министра природных ресурсов РФ прямо говорится, что минерально-сырьевая база (МСБ) марганца России не может удовлетворить внутреннего спроса на этот металл. *Улучшить качество МСБ не позволяет отсутствие перспективных площадей, на которых могут быть выявлены высококачественные руды.* Таким образом, перейти на самооб-

Таблица 1

Балансовые запасы марганцевых руд Сибирского федерального округа на 01.01.2007

Субъект Федерации, рудный район, площадь, месторождение, проявление	Тип руды	Запасы тыс. т			Среднее содержание марганца, %
		А+В+С ₁	С ₂	Забалансовые	
Кемеровская область (Кузнецкий Алатау)					
Усинское		98516	–	50390	19,60
	Окисленные	5698	–	–	26,74
	Карбонатные	92818	–	50390	19,16
Салаир					
Дурновское	Окисленные	–	422	–	19,31
Горная Шория					
Селезеньское	Окисленные	–	–	1025	14,81
Красноярский край (Енисейский край)					
Порожинское Участок Моховой	Окисленные	15696	13767	632	18,85
	Карбонатные	–	–	–	16,69
Иркутская область (Восточный Саян, Уватская площадь)					
Николаевское	Окисленные	–	1918	–	18,12
Читинская область					
Громовское	Окисленные	755	–	297	17,39
Кроме того, отвалы	Окисленные	33	–	–	14,90

Рис. 1. Карта марганцевых месторождений и рудопроявлений Сибири

Осадочные, вулканогенные и метаморфические комплексы: 1 – Западно-Сибирская плита (Т – Q): терригенные континентальные и морские отложения; 2 – Западно-Сибирский железорудный бассейн (К – Р): терригенные прибрежно-морские отложения, месторождения оолитовых бурых фосфористых железняков; 3–5 – Сибирская платформа, платформенный чехол (PR – Q): 3 – терригенные существенно континентальные (Т₂ – Q), частично угленосные образования, 4 – вулканогенные, терригенные (С₂ – Т₁), частично угленосные отложения, 5 – терригенные и карбонатные (PR – С₁), частично гипс-ангидрит-соленосные толщи (PR₃ и Q₂); 6 – области дорифейской складчатости (AR – PR) щиты и выступы древних структур в байкалидах, каледонидах, герцинидах, кристаллосланцы, доломитовые и кальцитовые мраморы, гиперстен-плагиоклазовые и высокоглиноземистые гнейсы, кварциты, амфиболиты, метавулканиды; 7–9 – области байкальской складчатости (PR₂ – Е₁): 7 – кристаллосланцы, карбонатные породы, гнейсы, 8 – Ангаро-Питский железорудный бассейн (PR₃): карбонатно-терригенные отложения, месторождения кварц-хлоритоид-гематитовых руд, 9 – краевые прогибы терригенные, карбонатно-терригенные, вулканогенно-осадочные отложения; 10–12 – области каледонской и герцинской складчатости (PR₃ – PZ₃): 10 – вулканогенно-осадочные и карбонатные существенно морские отложения, месторождения магнетита скарново-гидросиликатные, железистых кварцитов, 11 – терригенные и вулканогенно-осадочные отложения существенно морские с малым участием карбонатных пород, 12 – железоносные вулканогенно-осадочные отложения (D₁ – D₂) с малым участием карбонатных пород; 13 – внутренние впадины и краевые прогибы (S – Т₁): осадочно-вулканогенные и существенно терригенные, угленосные, частью соленосные отложения; 14 – зоны мезозойской активизации: терригенные частью угленосные, карбонатные и вулканогенные отложения, сидериты, бурые железняки; магматические комплексы; 15 – площади распространения траппов (PZ – MZ) на Сибирской платформе; 16 – нефелиновые сиениты, щелочные сиениты, ийолит-уртиты (PZ – MZ); 17 – грацитоидные комплексы: гнейсограниты, мигматиты (AR – PZ), граниты, гранит-порфиры и др. (PR₃ – PZ), гранодиориты, тоналиты, сиениты, граниты, субщелочные сиениты и др. (PZ – MZ); 18 – габбро, габбро-диабазы, диориты, пироксениты, перидотиты, анортозиты, дуниты (AR – MZ); 19 – главные разломы; 20 – марганцевые месторождения (а) и рудопроявления (б): 1 – Лютенгское, 2 – Усть-Ботомское, 3 – Ботомские I и II, 4 – нижнее течение р. Мая, 5 – Порожинское, уч. Моховой, 6 – Порожинское, уч. Порожинский, 7 – правобережье р. Вороговка, 8 – р. Сухая Летняя, 9 – Кебектинское, 10 – Горкитское, 11 – Таежное, 12 – р. Моряниха, 13 – Тинганец, 14 – Олдакитское, 15 – Орское, 16 – Мазульское, 17 – Кайгадатское, 18 – Ромашкин Камень, 19 – Малонатальевское, 20 – водораздел рр. Палатно-Ударная и Кожух I, 21 – Корюшкинское, 22 – Грязнушкинское, 23 – рч. Кузькина, 24 – Каменское, 25 – Лебедевка, 26 – Маслянинское, 27 – Дурновское, 28 – кл. Новый, 29 – Малоурюпское, 30 – Матюжихинское, 31 – Егорьевское, 32 – водораздел рр. Фомиха и Петровка, 33 – Июньское, 34 – Ариничевское, 35 – Горскинское, 36 – Нижнетерсинское, 37 – Талойское, 38 – Анчешевское, 39 – Черемшанское, 40 – Дресвянка, 41 – Тягунское, 42 – Казанцевское, 43 – Иродов Лог, 44 – Федеровское, 45 – Сонское 1, 46 – Джебское, 47 – Шангулежское, 48 – Ханкыданское, 49 – Горбылокское, 50 – Подикатское, 51 – Икатское, 51а – Сейбинское, 52 – Пихтовое, 53 – Кеттское, 54 – Усинское, 55 – Сунгайское, 56 – Жуланихинское, 57 – Усть-Пещерское, 58 – Агульское, 59 – Николаевское, 60 – Сонское 2, 61 – Никулинское II, 62 – Никулинское I, 63 – Тагашетское, 64 – Мэдэжское, 65 – Чис-Пас, 66 – Инейское, 67 – Лог Аешин, 68 – Верхнебурлукское, 69 – Большеерминское, 70 – Тамалыкское, 71 – Багзасское, 72 – Казское, 73 – Пыхтунское, 74 – Амзасское, 75 – Малосырское, 76 – Мал. Ектаза, 77 – Чапсордаг, 78 – Чугунашское, 79 – Шерегешское, 80 – Казановское, 81 – г. Чугунаш, 82 – Солонго, 83 – Октябрьское, 84 – Озерное, 85 – р. Каз, 86 – водораздел рр. Мундыбаш и Базамла, 87 – Андотское, 88 – Утхумское, 89 – Верхнекомарихинское, 90 – Сурья Сопка, 91 – Комарихинское, 92 – Антоноевские 1–4, 93 – Антоноевское 5, 94 – Спасское, 95 – Водораздельное, 96 – Новофирсовское, 97 – Кузнецовское, 98 – Эстонское, 99 – г. Фарпус, 100 – Шик-Шакское, 101 – Паспаул, 102 – Чеболдаг, 103 – Сугульское, 104 – Малокуютское, 105 – Сарыушпинское, 106 – Сухой Селезень, 107 – Курьинское, 108 – Засурьинское, 109 – Колыванское, 110 – Бирюлинское, 111 – Бирюлинское 2, 112 – Бостокское (Ушпинское), 113 – Нижнеушпинское, 114 – Мал. Личим, 115 – Громовское, 116 – Берткинское, 117 – Апшияхтинское, 118 – Апшияхтинское 2, 119 – Бостальское, 120 – Раскатинское, 121 – Коргонское, 122 – Ночная Коксу, 123 – Стамовой Белок, 124 – Черноубинское I, 125 – Коксинское I, 126 – Коксинское II, 127 – Линейское, 128 – Кульдинское, 129 – Прозрачное, 130 – Верхнехайдунское, 131 – Чибитское, 132 – Мугурское, 133 – Малошибетинское, 134 – Большешибетинское, 135 – Уландрыкское; 21–23 – типы марганцевых месторождений и рудопроявлений: 21 – окисные и окисленные, 22 – смешанные окисно-карбонатные, окисно-силикатные, 23 – карбонатные и силикатные

спекание марганцевыми рудами Россия в обозримом будущем не сможет. За последние десятилетия поисковые работы на марганцевые руды проводились в единичных случаях.

Основные перспективы в подготовке площадей связаны с Западной и Восточной Сибирью и Дальнем Востоком. Специализированные поисковые работы на марганцевые руды здесь в течение многих десятков лет ограничивались участками Кемеровской, Иркутской областей и Красноярского края (рис. 1). Огромная территория Западно-Сибирской плиты и Сибирской платформы, включая Республику Саха (Якутия), остаются практически не изученными, как и многие рудные районы складчатых

областей: Горный и Рудный Алтай, восточный склон Кузнецкого Алатау, Западный Саян и южные районы Восточного Саяна, Забайкалье, прибортовые части наложенных впадин рифтогенного характера (Южно- и Северо-Минусинской, Кузнецкой, Коргонской и др.). В СНИИГГиМСе еще в 1960–1990-х гг. были составлены прогнозные минерагенические карты различного масштаба на марганцевые руды для юга Западной и Восточной Сибири, Хакасии, Республики Алтай и Алтайского края, Новосибирской области, а также некоторых марганцеворудных узлов. Выделены перспективные площади и конкретные объекты, оценены прогнозные ресурсы.

За последние 15–20 лет каких-либо новых региональных и локальных обобщающих работ по марганцевым рудам России не сделано. Установленные ранее марганценозные площади не представляют интереса для недропользователей в основном из-за недостаточной изученности. Следовательно, существует острая необходимость целенаправленных поисковых работ с соответствующим научным обоснованием. Всего в Сибири учтено более 500 проявлений марганцевых руд с прогнозными ресурсами около 1,0 млрд т, в том числе около 800 млн т оксидных руд. В монографии охарактеризованы первоочередные площади для выявления месторождений легкообогатимых и богатых марганцевых руд. Главный инструмент для выбора площадей – геолого-поисковая модель, в ее основе лежат поисковые и оценочные критерии, которые позволяют прямо или косвенно определить место локализации оруденения, оценить его состав и масштаб. При этом важной методической задачей построения моделей является правильный выбор суммы поисковых критериев и определение их рудоконтролирующего значения.

Для каждого геолого-промышленного типа существуют свои индивидуальные особенности поисковых критериев, но в обобщенном виде они достаточно едины. Нами использованы следующие критерии: тектонические, формационные, палеогеографические, литолого-фациальные, рудно-фациальные, литолого-стратиграфические и геохронологические, магматические, метаморфические, метасоматические, минералогические, геохимические, гипергенные. Для существующих геолого-промышленных типов марганцевых месторождений поисковые критерии в общем виде разработаны и опубликованы [50, 51, 80, 90]. За последние десятилетия они практически не менялись, не совершенствовались и не дополнялись в руководящих пособиях. В настоящей монографии учтены некоторые новые обстоятельства при применении поисковых критериев.

Для **терригенно-осадочного** типа – это пространственная, а возможно, и парагенетическая связь марганценозных, нефтегазоносных площадей и железорудных бассейнов.

Для **вулканогенно-осадочного типа и его метаморфизованных аналогов** – приуроченность оруденения к прибортовым частям рифтогенных впадин, минерализованным тектоническим зонам, офиолитовым поясам; рудно-фациальная зональность, определяющая латеральные и вертикальные (по разрезу толщ) взаимопереходы сингенетичного марганцевого, железного и колчеданно-полиметаллического оруденения; закономерные фациальные и геохимические взаимопереходы богатых и легкообогатимых, комплексных, малофосфористых и других минеральных типов марганцевых руд.

Для **гипергенного типа**, кроме благоприятных климатических, палеогеографических и других условий, – наличие достаточно крупных концентраций марганца (более 10 %) в субстрате, подвергающегося выветриванию. На этой основе выделены и дополнительно изучены марганценозные площади и оценены их прогнозные ресурсы категорий $P_1 + P_2 + P_3$.

Глава 2. Марганценозные формации и геолого-генетические модели эталонных месторождений

Вулканогенно-осадочные марганценозные формации и марганцевые месторождения формируются на участках геосинклинальных зон, где был развит подводный и отчасти наземный вулканизм. Главный геологический признак, позволяющий говорить о вулканогенно-осадочном генезисе многих марганцевых руд, по мнению Н. М. Страхова, – ярко выраженное тяготение к участкам подводного вулканизма. Эти накопления локализуются частью внутри эффузивно-туфовых толщ, частью же у верхней границы или на горизонтальном выклинивании. Имеются случаи, когда вулканогенно-осадочные марганцевые руды приурочены непосредственно к контакту вулканогенной толщи и осадочного покрова либо располагаются на расстоянии нескольких метров ниже этого контакта. При локализации по периферии на выклинивании эффузивно-туфового комплекса в разрезе рудных накоплений, как правило, все же встречаются единичные или многочисленные прослои лавовых или пепловых пород. Важно отметить, что в некоторых случаях вместе с вулканогенно-осадочными рудами встречаются жильные накопления марганцевых минералов, имеющие друг с другом тесные закономерные связи и представляющие единое генетическое целое. Вулканические накопления, с которыми связаны марганцевые руды, разнообразны по своим признакам, но довольно устойчиво проявляются два типа обстановок.

Первый тип локализуется на эвгеосинклинальных участках геосинклинальных зон (сотни километров в длину и десятки в ширину), где действовали сотни близко расположенных друг к другу вулканов центрального типа или серии трещин, по которым происходило излияние лав. Современные вулканические островные дуги востока и юго-востока Азии с их типично эксплозивным вулканизмом – своего рода современная модель эксплозивного варианта данного типа вулканических областей, а Исландия и Гавайские острова – модель эффузивного варианта того же типа.

Другим резко отличающимся типом геосинклинального вулканизма являются отдаленные вулканические очаги или небольшие по числу вулканов группы, возникшие среди обширных полей нормального осадочного процесса. В одних случаях это поля терригенной седиментации, в других – область накопления карбонатных илов. Вулканизм был как подводным, так и надводным. Он происходил на базе различных дифференциальных движений одного участка относительно другого, что приводило иногда к возникновению западин дна моря – ловушек тонкого материала. При этом не только руды, но и вмещающие их зараженные марганцем осадочные породы отчетливо тяготеют непосредственно к очагам подводной вулканической деятельности, не отходят от них за пределы 10–15 км [82].

Соответственно перечисленным двум главным обстановкам накопления марганцевых руд формируются различные сочетания их с вмещающими породами. Наиболее типичные из них выделил как марганценозные формации Н. С. Шатский [92], понимая, что формация – это естественные комплексы горных пород, отдельные члены которых – пачки, слои; отложения тесно связаны друг с другом в возрастном и в пространственном отношении. Марганцевые руды в формациях так же парагенетически связаны с вмещающими породами, как и последние между собой. Они являются членами указанных парагенезисов, но непостоянными, более редкими [92].

Формационно-генетическая классификация вулканогенно-осадочного геолого-промышленного типа месторож

Формации		Состав вулканической составляющей формации	Положение оруденения в тектоническом цикле	Фациальная обстановка рудообразования	Морфология рудных тел
Геологические марганценозные	Марганцево-рудные				
Вулканогенно-карбонатная усинского типа	Манганокальцит-родохрозитовая, браунит-пирролюзит-псиломелановая	Андезит-базальтовый, диабаз-риолитовый	Переходная стадия развития протогеосинклинали, краевая часть эвгеосинклинали	Морская относительно глубоководная, мелководная	Пластовая, линзообразная
Вулканогенно-кремнисто-карбонатная	Родохрозит-браунит-пирролюзит-псиломелановая	Андезит-риолитовый, диабазовый	Переходная стадия развития протогеосинклинали	Морская умеренно-глубоководная	Пластолинзообразная
Терригенно-карбонатно-вулканогенная алтайского типа	Браунит-гаусманит-пирролюзит-псиломелановая, родохрозит-псиломелановая	Трахиандезит-трахилипаритовый	Приразломный прогиб, рифтогенная наложенная впадина	Морская мелководная, реже субаэральная	Пластолинзо-гнездообразная
Карбонатно-терригенно-вулканогенная	Гематит-браунитовая	Андезит-базальтовый	Переходная стадия развития протогеосинклинали	Морская мелководная	Пластолинзообразная
Гондитовая	Спессартин-родохрозитовая, спессартин-якобсит-гаусманитовая	Предположительно диабаз-кератофировый	То же	То же	То же
Джеспилитовая	Манганит-родонит-псиломелановая с магнетитом и гематитом	Предположительно андезит-базальтовый, андезит-дацитовый	Начальная и переходная стадии развития протогеосинклинали	Морская мелководная, умеренно-глубоководная	Пластообразная

Н. С. Шатский выделил следующие марганценозные вулканогенно-осадочные формации: зеленокаменно-кремнистую (спилито-кератофировая, диабазово-порфировая, яшмовая, кремнисто-сланцевая, отдаленные кремнистые формации) и порфирово-кремнистую (порфировая, кремнисто-сланцевая, отдаленная кремнистая). В дальнейшем данные формации были уточнены, детализированы и значительно расширены, но главные группы по типам родоначальных вулканогенных пород сохранились почти неизменными.

Так, Е. А. Соколова [77, 78] вулканогенно-осадочные формации (группы парагенезисов) подразделяет на вулканогенно-карбонатную и вулканогенно-терригенную с дальнейшим подразделением по осадочной и вулканогенной составляющей на атасуйский, усинский, калифорнийский, даушашский типы марганценозных парагенезисов. Она также подразделила марганценозные вулканогенно-осадочные формации в зависимости от стадии развития земной коры, на которых они формируются, на три типа: 1) францисканский (вулканогенно-кремнисто-граувакковые формации) – начальная стадия развития земной коры; 2) кубинский (андезитовые вулканогенно-обломочные формации) – переходная островодужная стадия; 3) чилийский (вулканогенно-молассовые формации) – завершающая орогенная стадия [77]. К первому типу на территории бывшего СССР отнесена карамалыкташская формация Южного Урала, ко второму – усинская формация Кузнецкого Алатау, а к третьему – Атасуйская и Джездинская группы Казахстана.

Для формаций начальной стадии развития земной коры, по мнению Е. А. Соколовой, характерно присутствие большого количества мелких марганцевых и железомарганцевых месторождений и рудопроявлений, ассоциирующих с кремнистыми породами и толеитовыми базальтами (вулканогенно-кремнистая продуктивная ассоциация). Существенно иной характер носит оруденение в формациях переходной и завершающей стадий. Им свойственны исключительно марганцевые

Таблица 2

дений марганцевых руд и их метаморфизованных аналогов

Промышленный тип руд (технологический)	Химический состав, %				Обогатимость руд	Масштаб месторождений	Пример месторождений, рудопроявлений
	Mn	Fe	SiO ₂	P			
Карбонатный, окисленный, окисный	15–35	1,5–16	16–35	0,03–0,3	Обогатимы по сложным схемам; окисные руды – по простым	Крупные, мелкие	Усинское, Талойское, Олдакитское, Икатское, Озерное, Солонго и др.
Преимущественно окисный и окисленный	10–30	2–15	6–27	0,02–0,39	Обогатимы по простым схемам, карбонатные по сложным; реже не требуют обогащения	Мелкие	Дурновское, Мазульское, Сунгайское, Сугульское, Усть-Пещерное и др.
Окисный, окисленный, реже карбонатный	9–27	5–9	37–50	0,05	Обогащаются по простым схемам	Средние, мелкие	Прозрачное, Аршанское, Чапсордаг, Малосырское и др.
Окисный	10–18	20–30	30–43	0,16–0,48	Руды не обогатимы существующими методами	Средние, мелкие	Кайгадатское
Силикатный, карбонатный, окисный	18–19	2–7	9,5–40	0,2–0,5	Руды не обогатимы или обогащаются по сложным схемам	Средние, мелкие	Утхумское, Агульское, Андотское
Окисный, силикатный	2–17	25–35	35–50	0,2–0,8	Не изучалась	Не оценивался, зарубежом крупные	Мугурское, Тыйская и Абчадская зоны

руды (при полном отсутствии железорудных и железомарганцевых концентраций), которые имеют преимущественно окисный состав [77]. Как показывает анализ марганценовых формаций и приуроченных к ним месторождений и рудопроявлений в складчатых областях Сибири, далеко не все перечисленные признаки соответствуют предложенной классификации, особенно по железомарганцевому соотношению, минеральным формам марганца, петрохимическим типам вулканитов и другим характеристикам.

На основе обобщения материалов по марганценовым вулканогенно-осадочным формациям складчатых областей Сибири, известных месторождений и некоторых рудопроявлений нами принята формационно-генетическая классификация вулканогенно-осадочного геолого-промышленного типа месторождений марганцевых руд и их метаморфизованных аналогов (табл. 2). Выделяются следующие геологические марганценовые формации: вулканогенно-карбонатная, вулканогенно-кремнисто-карбонатная, терригенно-карбонатно-вулканогенная, карбонатно-вулканогенно-терригенная, гондитовая, вулканогенно-карбонатно-кремнистая джеспилитовая. В дальнейшем перечисленные формации подразделяются по составу вулканитов, а также коры выветривания [32].

2.1. Вулканогенно-карбонатная марганценовая формация усинского типа

К этой формации принадлежат Усинское марганцевое месторождение, Икатское и Олдакитское марганцевые, Талойское железомарганцевое, Озерное и Солонго марганцовистых железных руд в Байкальской складчатой области.

Усинское месторождение (крупнейшее в России) расположено в 90 км северо-восточнее Новокузнецка по обоим берегам р. Уса. Приведем его характеристику по материалам А. Ф. Быча, И. М. Варенцова, Ю. В. Миртова, А. С. Мухина, В. П. Рахманова, С. М. Тарасовой, Ю. А. Хоудака и др.

Район Усинского марганцевого месторождения находится в осевой части Кузнецкого Алатау в зоне Белоусинского глубинного разлома. Месторождение приурочено к горстовой структуре субмеридионального направления. С востока и запада его рудное поле ограничивается разломами, сопровождающимися мощными зонами дробления и линейными корами выветривания. Амплитуда смещения по этим разломам предполагается в 400–500 м. С юга и севера рудное поле, очевидно, также по дизъюнктивным нарушениям граничит с карбонатной толщей усинской свиты. Район изобилует интрузиями различного возраста и состава.

Месторождение представляет собой три разобщенные крутопадающие асимметричные марганцеворудные залежи, согласно залегающие среди известняков. С севера на юг они соответствуют Правобережному, Левобережному (центральному) и Ажигольскому участкам. На всем месторождении марганценозные отложения собраны в серию складок небольшой амплитуды, разбитых многочисленными нарушениями рудной толщи. В результате выделения четырех маркирующих горизонтов установлена сложноскладчатая структура Правобережного участка, а также серия разрывных нарушений различного характера на нем.

Наиболее древние отложения в районе, по данным С. М. Тарасовой и др. (1976), А. Ф. Быча и др. (1988), – это рифейские отложения марухинской, колтасской, кабырзинской и западносибирской свит [47]. Они согласно перекрываются вендскими отложениями, которые слагают отдельные блоки к западу от месторождения, а также вскрываются скважинами на Левобережном участке. В осевой части Кузнецкого Алатау известны три типа разреза раннего кембрия с надежной стратиграфической привязкой: 1) обломочный существенно карбонатный (стратотип усть-кундатской свиты); 2) обломочный вулканогенно-кремнисто-карбонатный (кремнисто-туфогенно-карбонатная толща района Усинского месторождения); 3) карбонатно-вулканогенный (район Кийского Шалтыря – туфогравелиты и туфы средне-основного состава).

Раннекембрийские отложения подразделяются на две свиты: нижнюю усть-кундатскую, включающую в себя карбонатные марганцевые руды, и верхнюю усинскую свиту, сложенную светлыми органическими известняками. Взаимоотношения между этими отложениями не имеют четкого однозначного толкования. Работами ПГО «Запсибгеология» (А. С. Мухин и др., 1945) установлено нормальное налегание известняков усинской свиты на отложения усть-кундатской свиты в районе левобережья руч. Ажигол. Мощность отложений усинской свиты в полном объеме не определена. Стратиграфически выше усинская свита несогласно перекрывается туфогенно-терригенной толщей полтавской свиты раннего – среднего кембрия. Завершают разрез палеозойских отложений вулканогенно-терригенные образования саргаинской свиты (рис. 2).

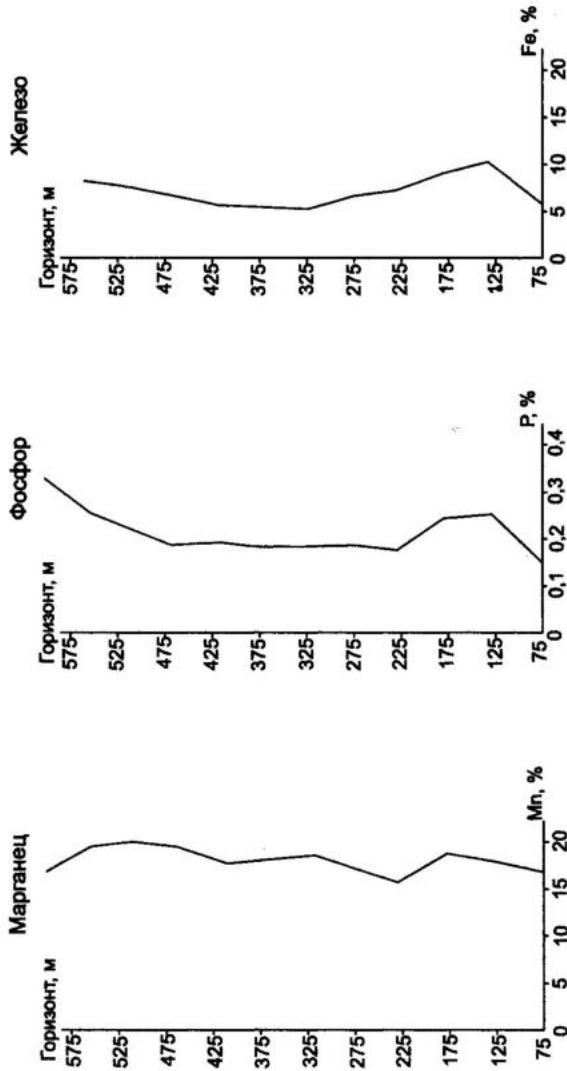
Марганценозные отложения усть-кундатской свиты на Усинском месторождении представлены ритмично-слоистой мелкообломочной карбонатной толщей мощностью 550–600 м с прослоями углисто-кремнистых и углисто-глинистых сланцев. Почти всегда в породах свиты наблюдается незначительная (от единичных обломков до 5 %) примесь пирокластического материала, представленная оскольчатыми и рогольчатыми обломочками плагиоклаза и измененного вулканического стекла. В разрезе свиты четко выделяются две толщи: нижняя ритмично-слоистая кремнисто-карбонатная и верхняя рудная кремнисто-туфогенно-карбонатная. Нижняя толща (мощностью свыше 300 м) сложена ритмично-слоистыми обломочными, часто слабо марганцевистыми (1–5 % Mn) известняками с маломощными прослоями спонголитов и бедных (5–13 % Mn) карбонатных марганцевых руд. Верхняя толща (более 100 м) вмещает 10 пластов карбонатных и хлорит-карбонатных марганцевых руд мощностью от 2,5 до 14 м, разделенных межрудными прослоями мощностью от 2 до 5–6 м. Межрудные прослои представлены родохрозит-известняковыми песчаниками, брекчиями рифогенных и археоциатовых известняков, прослоями пестроокрашенных кремней, кристаллокластических и пепловых туфов основного состава. Взаимоотношения отложений свиты с подстилающей и перекрывающей толщами согласные. Ее стратиграфическое положение устанавливается как по залеганию в разрезе между палеонтологически охарактеризованными отложениями венда и усинской свиты раннего кембрия, так и по массовым сборам органических остатков (алданский ярус раннего кембрия).

А. Ф. Быч и др. (Быч и др., 1988, Мурзин и др., 1988) подразделяют марганценозную усть-кундатскую свиту на Усинском месторождении на три пачки: подрудную, рудную и надрудную. Наиболее богатые марганцем пласты карбонатных руд сконцентрированы в рудной пачке и разделены небольшими по мощности безрудными и некондиционными прослоями, тогда как в надрудной и под-

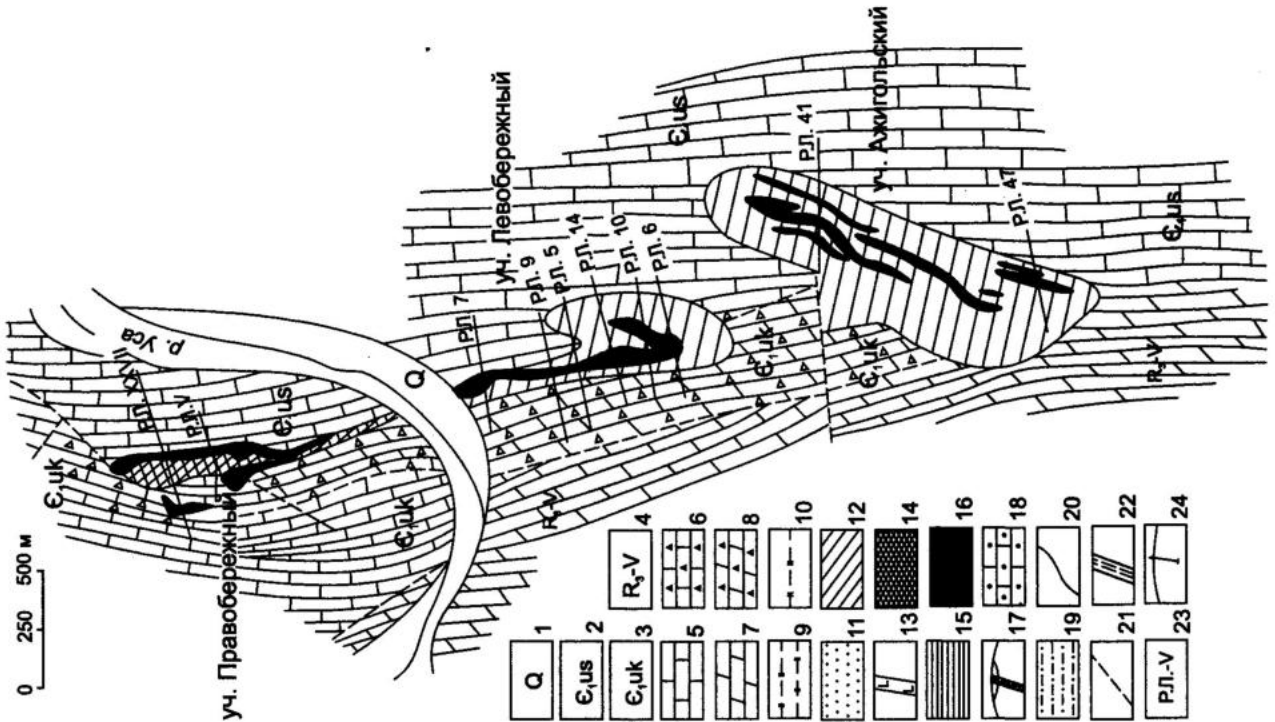
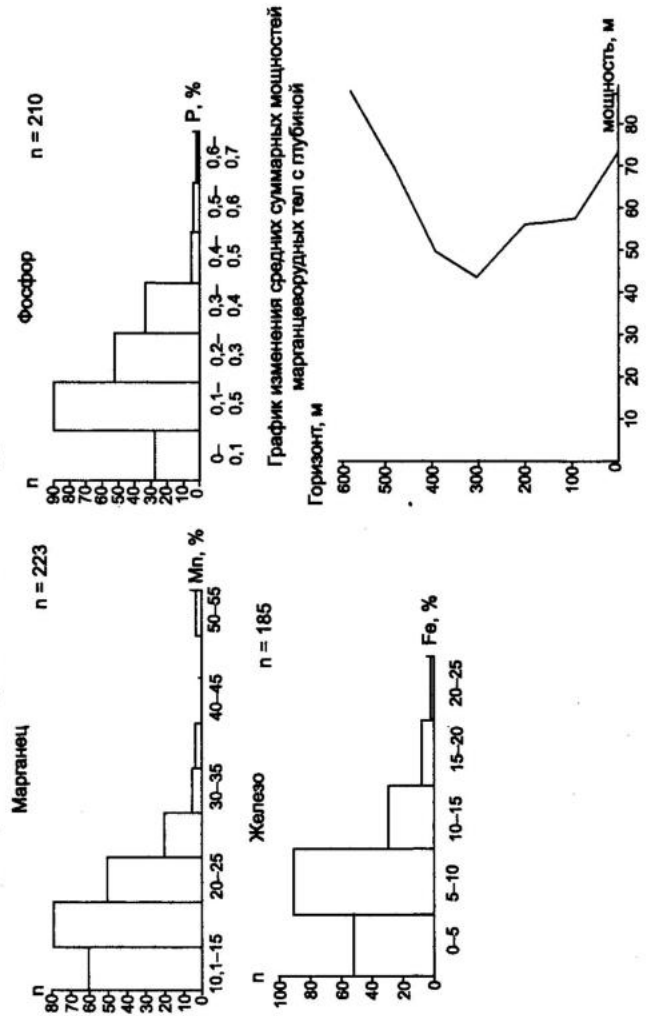
Эра		Система		Отдел		Свита		Индекс		Литологическая колонка		Мощность, м		Литологическая характеристика	
ПАЛЕОЗОЙСКАЯ															
Кембрийская															
Нижний															
Усть-кундатская															
E_1^1															
~550-600															
Темно-серые до черных обломочные известняки с прослоями спонголитов; карбонатные марганцевые руды, прослои родохрозит-известняковых туфобрекчий и туфогравелитов															
Усинская															
E_2^2, us															
>1200															
Известняки светло-серые, неясно слоистые, археоциатовые и водорослевые известняки, обломочные строматолито-онколитовые известняки с прослоями туфосланцев. В основании – чередование фосфорит-известняковых гравелитов и брекчий, фосфатных и марганцовистых сульфидно-карбонатных сланцев с горизонтами археоциатовых известняков															
Полтавская															
$E_{1-3} pl$															
>500															
Туфопесчаники, туфоалевролиты с прослоями туфов кислого состава, туфоконгломераты. Горизонты конгломератобрекчий и перетолженных существенно карбонатных пород															
Саргаинская															
$D_{1-2} sr_1, D_{1-2} sr_2$															
>450															
Переслаивание полимиктовых конгломератов, красноцветных песчаников, алевролитов, туфопесчаников. Единичные прослои андезито-базальтовых порфиритов и их туфов															
Нижний – средний?															
Девонская															
ВЕЦДСКАЯ															
Верхний															
R_3															
~800															
Серые строматолитовые и доломитовые онколиты															
Средний															
R_2															
>1000															
Темно-серые до черных ритмично-слоистые обломочные известняки с примесью пирокластического материала и многочисленными прослоями кремнистых и углисто-кремнистых сланцев, иногда фосфатных и марганцовистых															
Нижний															
Копгаская															
$R_{1-2} k_1, R_{1-2} k_2$															
~1500															
Зеленовато-серые хлоритовые, амфибол-хлоритовые и полевошпат-амфибол-хлоритовые сланцы по эффузивам средне-основного состава и их туфам. Линзовидные тела слоистых магнетитовых руд															
Марулинская															
$R_{1-2} k_1, R_{1-2} k_2$															
300-350															
Темно-серые известняки с примесью пирокластического материала средне-основного состава и прослоями сульфидизированных фосфатных и марганцовистых туфосланцев с горизонтами колчеданных руд															
$R_{1-2} m$															
300-350															
Серые мраморизованные известняки с реликтами обломочной структуры															

Рис. 2. Литолого-стратиграфическая колонка района Усинского марганцевого месторождения (по С. М. Миртовой и А. Ф. Бычу, 1992 с упрощениями)

Графики изменения содержания элементов в рудах с глубиной



Гистограммы содержания элементов в рудах



рудной пачках мощности безрудных и некондиционных слоев весьма значительны и намного превышают суммарную мощность рудных пластов. Рудная пачка (более 140 м) вмещает 13 пластов карбонатных и хлорит-карбонатных кондиционных марганцевых руд (2,5–14,0 м), разделенных межрудными прослоями от 2 до 5 м: По данным бурения мощность подрудной пачки по неперекрытому разрезу более 300 м. В нее входит шесть рудных пластов мощностью от 4,5 до 14 м. Надрудная пачка (более 900 м) вскрыта на Ажигольском участке: четыре кондиционных рудных пласта мощностью от 3 до 4,2 м. Марганцеворудные залежи Усинского месторождения прослеживаются почти на 5 км в субмеридиональном направлении (рис. 3).

Рудная залежь Правобережного (северного) участка характеризуется присутствием пирротиновых, пирротин-пиритовых родохрозитовых руд (мощностью 10–15 м) с пластами и прослоями местами пирротиновых марганцакальцитовых руд, пирротин-пиритовых и марганцовистых известняков (С. М. Тарасова и др., 1976) [88]. В центральной части залежи средние содержания (%) марганца свыше 25, железа 1–2; окиси кремния свыше 15, фосфора 0,1–0,3, серы 0,5–1, магнезии 1–2, окиси бария 0,1–0,5, окиси титана 0,1, глинозема 0,5–1. Мощность рудной залежи 140 м, местами до 200 м. В северной части участка она срезается тектоническим нарушением и резко выклинивается среди светло-серых и серых марганцовистых и немарганцовистых битуминозных известняков с археоциатовыми рифами. Фации этого типа разрезов протягиваются по простиранию на 500 м. Бурением они прослежены на глубину свыше 250 м. К северу и югу от центральной части залежи роль пирротин- и пирротин-пиритсодержащих родохрозитовых руд (количество и мощность пластов) уменьшается, мощность их достигает 30 м. Содержание марганца составляет 12 %, кремнезема 10 %, фосфора 0,1 %, серы 0,4 %. Магнезиальность пород и руд заметно увеличивается за счет доломита (до 5 % магнезии). Эти фации прослеживаются на 200 м по простиранию (до выклинивания залежи к югу) и на 100 м по падению. На южном фланге участка разрез рудной пачки представлен чередованием марганцовистых и немарганцовистых известняков видимой мощностью до 100 м. На глубине 250 м намечается выклинивание рудных пластов Правобережного участка.

Залежь Левобережного (центрального) участка имеет более сложную конфигурацию, она осложнена складчатостью 2-го и 3-го порядков. Левобережный участок, видимо, отделен от Правобережного поперечным тектоническим нарушением. Об этом говорит резкое различие в положении нижней границы коры выветривания и горизонтов развития карста, а также смещение границ горизонтов рудной пачки. Разрезы залежи отличаются от таковых Правобережного участка наличием между пластами родохрозитовых и марганцакальцитовых руд и рудовмещающих марганцовистых известково-серицит-кремнистых сланцев (0,5–10 % Mn). Мощность пластов руд и рудной залежи также меньше (120 м), чем на Правобережном участке. Средние содержания по разрезам (%): марганца до 12, железа до 15, окиси бария 0,1, окиси титана 0,1, глинозема 1,5, фосфора 0,1, серы 0,5, магнезии 2,5. К югу увеличиваются количество и мощность известково-серицит-кремнистых сланцев, появляются более марганцовистые, местами углистые сланцы. Марганцеворудные фации прослеживаются по простиранию на 900 м и по падению свыше 200 м. На восточном и западном флангах залежи средние

Рис. 3. Усинское марганцевое месторождение: элементы многофакторной модели

1 – четвертичные отложения: галечники, пески, глины; 2 – усинская свита: известняки неяснополосчатые, светло-серые, тонко-микрозернистые с остатками водорослей и археоциат; 3 – усть-кундатская свита: в нижней части – темно-серые кальцитизированные доломиты обломочные, в средней и верхней – обломочные темно-серые известняки с прослоями кремнистых сланцев и железисто-марганцовистых известняков с горизонтом карбонатных марганцевых руд; 4 – верхний рифей – венд нерасчлененные: доломиты слоистые светло-серые с тонкими (1–2 см) слоями черных кремней, иногда водорослевые и строматолитовые; 5 – известняки светло-серые; 6 – известняки обломочные, органогенно-обломочные и кремнистые; 7 – доломиты серые, светло-серые с тонкими слоями кремней; 8 – переслаивание доломитовых песчаников и брекчий темно-серого цвета; 9 – сланцы кремнистые; 10 – маркирующий горизонт (пестроцветные кремни с прослоями хлорит-родохрозитовых руд); 11 – песчаники полимиктовые грязно-зеленого цвета (кварц-полевошпат-цоизитовые); 12 – кора выветривания; 13 – дайки диабазов и диабазовых порфиритов; марганцевые руды: 14 – марганцакальцитовые и родохрозитовые, 15 – хлорит-родохрозитовые, кутнагорит-родохрозитовые, анкерит-сидерит-родохрозитовые, 16 – пиролюзит-тодорокит-нсутит-псиломелановые (окисленные); 17 – нижняя граница зоны окисления руд (на разрезах); 18 – известняки марганцовистые, с примесью анкерита, сидерита, родохрозита; 19 – сланцы кремнистые, марганцовистые; 20 – геологические границы; 21 – разрывные нарушения; 22 – тектонические зоны; 23 – разведочная линия и ее номер; 24 – скважина

содержания элементов (%) по разрезам существенно снижены по сравнению с центральной частью: марганца до 8, железа до 2,5, кремнезема до 15, фосфора до 0,1, серы до 0,4. К востоку и югу рудная пачка постепенно обедняется марганцем. Значительная роль известково-серицит-кремнистых углистых сланцев, нередко существенно марганцовистых, в рудной пачке сохраняется до самого южного фланга месторождения. Левобережный участок отделен от южного Ажигольского площадью развития известково-кремнистых сланцев и кремнистых известняков, нередко марганцовистых, прослеживающихся на 500 м по простиранию и падению (рис. 4).

Ажигольский (южный) участок характеризуется не меридиональным, а юго-западным простиранием пород и сложной складчатостью с размахом крыльев складок 100–300 м. Мощность залежи здесь больше, чем на Левобережном и Правобережном участках (около 300 м) за счет разубоживания нерудными породами. Она сложена чередованием пластов марганцовистых известково-серицит-кремнистых сланцев, нередко углистых и пиритоносных, кремнистых марганцокальцитовых и родохрозитовых руд и марганцовистых известняков. Мощность пластов руд средняя (10–15 м, иногда 50–60 м). Фации этого типа прослеживаются на 1500 м по простиранию и на 500 м по падению.

Среди первичных карбонатных руд Усинского месторождения выделяются родохрозитовые, известняково-родохрозитовые и хлорит-родохрозитовые руды (С. Н. Тарасова и др., 1976) [88].

Родохрозитовые руды представлены ритмичным переслаиванием родохрозитовых песчаников и алевролитов, иногда в основании ритмов наблюдаются прослои родохрозитовых гравелитов. Иногда наблюдаются обломки фосфорита и примесь пирокластического материала. В рудах обломочки родохрозита цементируются родохрозитовым цементом, иногда с тонкой примесью сульфидов. Содержание марганца в рудах свыше 20 %.

Известняково-родохрозитовые руды темно-серые до черных, по характеру слоистости аналогичны родохрозитовым рудам. Руды обломочные (известняково-родохрозитовые песчаники и алевролиты). В составе кластического материала наряду с обломками, описанными для родохрозитовых руд, в значительном количестве присутствуют обломки известняков, часто фитогенных и археоциатовых. Изредка встречаются обломки спикул губок. Концентрация марганца в рудах от 10 до 20 %.

Хлорит-родохрозитовые руды представлены ритмичным переслаиванием темно-серых, черных и розово-серых родохрозитовых руд, микросферолитовых, пелитоморфных и обломочно-сферолитовых (алевролитовых и псаммитовых) родохрозитовых руд с зеленовато-серыми и зелеными хлоритовыми и родохрозит-хлоритовыми слоями. Слоистость более тонкая (0,5–5 мм), чем в первых двух разновидностях руд, мощность ритмов 0,3–1 см. С рудами этого типа связано наибольшее обогащение фосфором и сульфидами. Содержание марганца 17–25 %. В небольшом количестве вдоль экзоконтактов даек встречаются силикатные руды с родонитом, бустамитом.

Родохрозит в рудах, по данным [88], представлен отдельными микросферолитами и оолитоподобными образованиями, в которых отчетливо различаются центральные ядра с окружающей их концентрической оболочкой. Микросферолиты напоминают глобулярные образования, претерпевшие перекристаллизацию при метаморфизме. Диаметр микросферолитов, оолитов и отдельных глобулей родохрозита – 0,04–0,1 мм. Отмечающиеся в родохрозитовых рудах сингенетические, диагенетические и эпигенетические выделения сульфидов по степени распространенности располагаются в следующей последовательности (от наиболее распространенных): пирротин, пирит, марказит, халькопирит, арсенопирит, галенит. Главные марганцеворудные минералы относятся к изоморфному ряду родохрозит-кальцит. Химический состав руд приведен в табл. 3.

Окисленные руды Усинского месторождения залегают в приповерхностных частях крутопадающих пластов родохрозитовых и марганцокальцитовых руд, марганцовистых известняков и марганцовистых сланцев. Они сложены псиломеланом, вернадитом, в меньшей мере пиролюзитом. Отмечается прямая зависимость мощностей окисленных руд от локальной тектонической проработки (системы разрывных нарушений с опережающими их микротрещинами). По морфологическим особенностям окисленные марганцеворудные залежи могут быть отнесены к площадному и линейно-трещинному типам. Коры выветривания и окисленные руды наиболее развиты и распространены на Ажигольском участке. Окисленные руды широкой полосой (около 225 м) простираются здесь с севера на юг при средней глубине распространения 75 м. Марганцеворудная шляпа, состоящая из ряда непрерывных залежей площадного типа коры выветривания, имеет пласто- и линзообразный характер с неровной карманообразной нижней границей. Клиновидные и языкообразные рудные

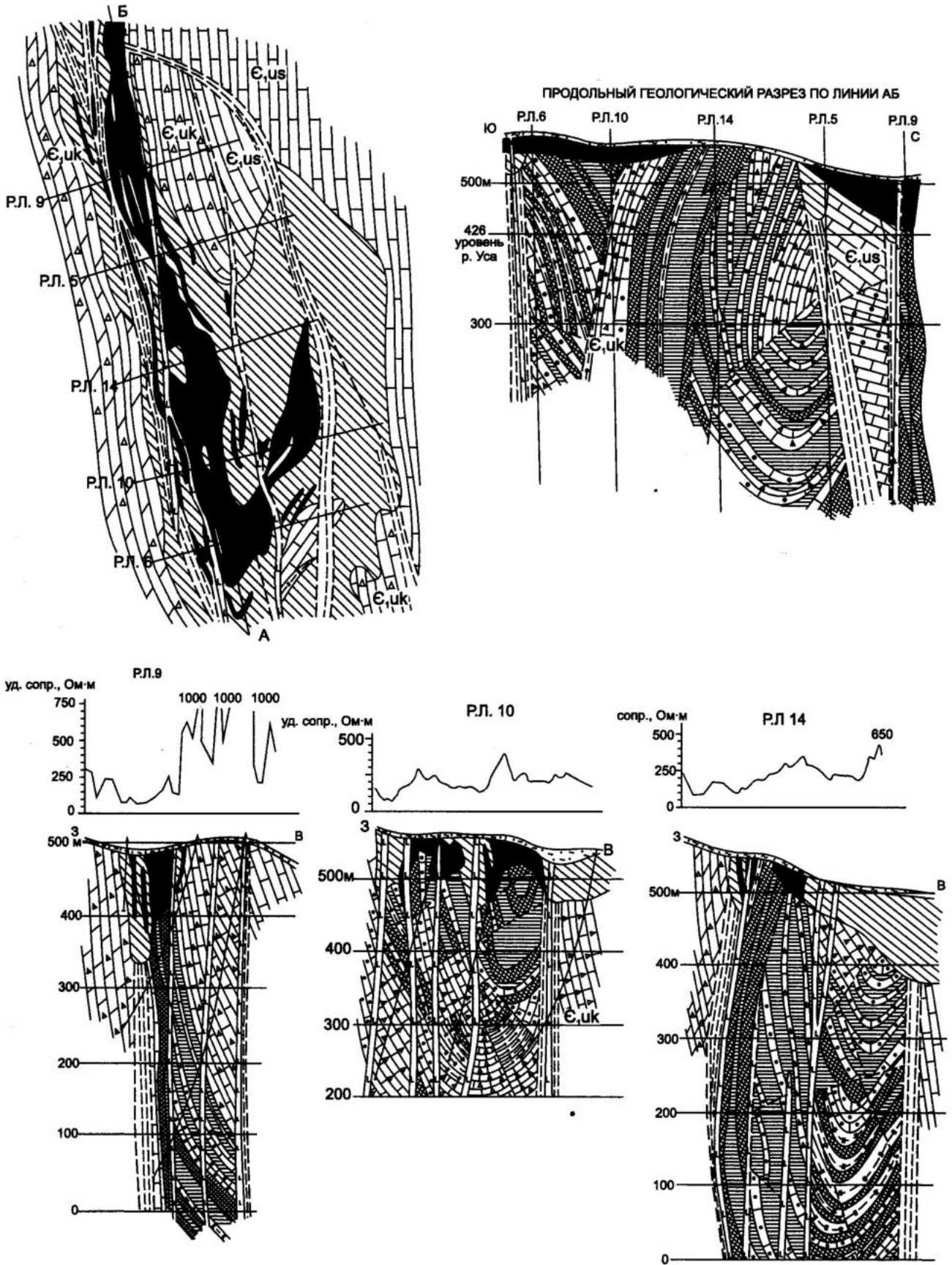


Рис. 4. Усинское марганцевое месторождение, Левобережный участок. Элементы многофакторной модели: геологический план и разрезы. Сост. Н. С. Лидин, Н. Н. Баженова, Е. В. Кассандрова (по материалам ПГО «Запсибгеология») Усл. обозн. см. на рис. 2

Таблица 3

Химический состав карбонатных марганцевых руд Усинского месторождения
(сост. по данным С. М. Тарасовой, Ю. В. Миртова, Л. Ф. Быча и др., 1976, С. С. Пожидаева и др., 1997)

№	Содержание, %															Сумма			
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	MnO	CaO	MgO	P ₂ O ₅	Na ₂ O	K ₂ O	S	BaO	CO ₂	H ₂ O	П.п.п.		Mn	P	Fe
1	8,0	0,19	0,17	8,65	38,51	6,30	2,10	0,36	0,18	0,08	0,62	0,2	Не опр.	0,84	Не опр.	29,82	Не опр.	6,04	100,04
2	10,75	0,19	0,21	8,65	34,83	6,30	2,26	0,34	0,26	0,07	0,15	0,15	—	0,90	—	26,97	—	6,04	99,58
3	21,72	1,56	0,13	4,47	28,91	9,96	5,85	0,35	0,11	0,40	0,04	Не опр.	—	Не опр.	—	22,39	—	3,12	98,65
4	5,02	0,41	0,04	4,71	45,28	9,75	2,24	0,31	0,16	0,23	0,29	Не опр.	—	—	—	35,07	—	3,30	100,58
5	9,74	0,95	0,07	2,95	13,89	31,38	4,98	0,54	0,14	0,08	0,09	Не опр.	—	—	—	10,76	—	2,06	99,44
6	17,05	1,04	0,06	2,14	18,98	21,80	3,78	0,20	0,24	0,36	1,21	Не опр.	—	—	—	14,70	—	1,50	101,35
7	6,27	0,58	0,06	6,06	19,19	30,52	2,01	0,27	0,21	0,21	1,62	Не опр.	—	—	—	14,86	—	4,24	101,23
8	12,32	0,57	0,27	9,30	35,17	9,01	2,59	0,32	0,20	0,03	0,12	0,08	—	3,60	—	27,24	—	6,50	99,52
9	16,95	0,19	0,20	19,23	27,19	8,67	2,02	0,78	0,21	0,05	0,23	0,16	—	4,70	—	21,06	—	13,44	101,97
10	15,77	0,51	0,22	10,42	30,05	8,11	1,78	0,55	0,09	0,15	1,17	0,25	—	2,32	—	23,27	—	7,28	97,47
11	17,29	0,38	0,20	21,32	26,98	6,98	2,59	1,03	0,18	0,03	0,26	0,06	—	5,20	—	20,89*	—	14,92	101,63
12	22,87	1,46	0,40	22,28	13,92	11,03	5,83	0,60	0,34	0,33	6,16	0,49	—	4,68	—	10,78	—	20,80	104,26
13	8,35	0,70	0,27	15,86	18,34	17,57	2,10	1,42	0,30	0,04	7,38	0,13	—	1,82	—	14,20	—	11,10	101,74
14	13,24	0,67	0,18	10,23	27,00	25,60	3,09	0,54	0,20	0,16	1,49	0,19	—	3,00	—	20,92	—	7,71	Не опр.
15	16,80	1,10	Не опр.	Не опр.	Не опр.	11,69	2,55	Не опр.	Не опр.	Не опр.	1,04	Не опр.	26,40	Не опр.	25,93	20,47	0,18	7,56	90,52
16	18,00	0,70	—	—	—	4,85	2,20	—	—	—	<0,1	—	29,04	—	26,59	30,71	0,11	3,01	87,46
17	14,00	0,70	—	—	—	2,95	2,40	—	—	—	0,20	—	23,32	—	23,23	37,36	0,19	3,57	86,13
18	16,80	0,90	—	—	—	8,15	3,15	—	—	—	<0,1	—	26,40	—	25,42	21,55	0,24	10,71	91,51
19	2,85	0,70	—	—	—	7,00	2,60	—	—	—	0,53	—	35,20	—	31,16	32,87	0,23	4,97	88,24
20	6,20	0,50	—	—	—	17,10	3,70	—	—	—	0,53	—	35,64	—	31,16	24,60	0,15	3,01	88,24
21	15,20	1,00	—	—	—	6,11	4,00	—	—	—	0,14	—	26,84	—	26,13	27,12	0,20	6,02	88,49
22	14,40	0,90	—	—	—	5,09	3,25	—	—	—	<0,1	—	22,44	—	22,81	32,33	0,21	6,09	87,68
23	9,80	0,50	—	—	—	7,23	3,45	—	—	—	0,25	—	34,32	—	30,78	28,92	0,15	4,41	87,38
24	6,60	0,60	—	—	—	3,55	3,85	—	—	—	<0,1	—	34,32	—	31,49	32,33	0,22	6,23	87,54
25	9,20	0,80	—	—	—	7,92	2,85	—	—	—	0,37	—	32,56	—	29,20	22,81	0,36	11,27	89,61
26	7,20	1,40	—	—	—	16,79	3,80	—	—	—	7,58	—	26,84	—	19,21	15,27	0,36	10,78	87,01
27	9,50	0,50	—	—	—	13,12	3,65	—	—	—	<0,1	—	34,32	—	31,09	25,68	0,17	3,57	88,80
28	11,27	0,79	—	—	—	8,58	3,19	—	—	—	0,85	—	29,82	—	28,11	27,25	0,21	6,25	Не опр.
29	12,25	0,73	—	—	—	17,09	3,14	—	—	—	1,17	—	Не опр.	—	Не опр.	24,08	Не опр.	6,98	—
30	17,40	1,35	—	—	—	15,85	3,50	—	—	—	1,08	—	29,48	—	—	14,91	0,47	7,7	93,67
31	13,97	0,94	—	—	—	16,68	3,53	—	—	—	1,14	—	Не опр.	—	—	21,02	Не опр.	7,22	Не опр.

Примечание. 1–14 – руды Правобережного участка; 15 – среднее содержание по Правобережному участку; 16–28 – руды Левобережного участка; 29 – среднее содержание по Левобережному участку; среднее содержание компонентов: 30 – по Правобережному и Левобережному участкам; 31 – в рудах Ажигольского участка; не опр. – не определялось.

залежи более характерны для линейно-трещинной марганцевой коры, прослеживаемой на глубину до абс. отм. 500 м. Окисленные руды Усинского месторождения сложены гидроокислами железа и марганца. Наиболее распространенным минералом в этих рудах является псиломелан. В подчиненном количестве встречаются вернадит, пиролюзит и гидроокислы железа (С. М. Тарасова и др., 1976) [88].

Псиломелановые руды черные с серовато-сизым оттенком. Для них характерны каркасные, карверозные, пористые, реликтивно-полосчатые текстуры, унаследованные от первичных руд. Псиломелан встречается как в криптокристаллических массах, так и в тонкозернистых спутанно-волокнистых агрегатах. Размер зерен и волокон до 0,0001 мм. В окисленных рудах отмечается концентрация марганца, железа, алюминия и фосфора (табл. 4). Из общих разведанных запасов Усинского месторождения на окисленные марганцевые руды приходится около 10 %. Часть из них относится к богатым ферромарганцевым рудам.

Для более полной характеристики геолого-генетической модели Усинского месторождения предприняты дополнительные исследования по обработке большого фактического материала – результатов опробования руд на марганец, фосфор и железо и мощностей рудных тел. Средние содержания по месторождению в марганцевых рудах карбонатного и окисного состава (по 223 анализам): марганца 18,74 %, фосфора 0,208 %, железа 7,58 %. Анализ гистограмм концентраций марганца в рудах (карбонатных и окисленных) показал, что гистограммы однотипные, одновершинные для всех участков и месторождения в целом, за исключением Правобережного участка (где они двухвершинные), что, вероятно, объясняется более сильной регенерацией руд. Преобладают руды с содержанием марганца 10–25 %, за исключением Ажигольского участка (Mn 10–20 %). Богатые руды (Mn 50–55 %) незначительно распространены только на Правобережном участке, бедные (Mn 10–15 %) – в основном на Левобережном и Ажигольском участках (рис. 3–5).

Анализ гистограмм содержаний фосфора в марганцевых рудах показал закономерное его возрастание от 0 до 0,4 % в направлении Правобережного, Левобережного и Ажигольского участков (с севера на юг Усинской рудной зоны), что обусловлено изменением фациальной обстановки в направлении от береговой линии (север) к более глубоким частям морского бассейна (юг). В целом на месторождении доминируют марганцевые руды с содержанием фосфора 0,1–0,3 %. Анализ гистограмм концентраций железа в марганцевых рудах (см. рис. 3, 5) показал, что в принципе оно ведет себя аналогично фосфору, т. е. с севера на юг его количество возрастает от 0 до 15 %. В основном на месторождении преобладают марганцевые руды с концентрацией железа до 10 %.

Анализ графиков изменения содержаний марганца, фосфора и железа марганцевых в рудах с глубиной позволяет сделать несколько выводов (см. рис. 3–5).

1. На Правобережном участке содержание марганца с глубиной уменьшается с 25 до 15 %, на Ажигольском, как и в целом на месторождении, меняется слабо (в пределах 15–18 %).

2. Концентрация фосфора (см. рис. 3, 5) с глубиной слабо (0,15–0,30 %) уменьшается как для отдельных участков, так и для месторождения в целом.

Таблица 4

Химический состав окисленных и полуокисленных руд (Левобережный участок)
(сост. по данным С. С. Пожидаева и др.)

№ анализа	Тип руд	Mn	P	Fe	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	S	П.п.п
1	Рамсделлит-нсутит-ансьеитовые, с реликтами родохрозита	19,7	0,375	11,53	30,18	–	4,59	1,36	–	–
2	Тодорокит-родохрозитовые	18,10	0,326	11,05	21,94	–	12,8	0,9	–	–
3	Псиломелановые	34,54	0,261	9,02	15,82	3,35	2,94	3,47	–	13,45
4	«	30,04	0,256	9,97	28,94	2,74	2,83	0,61	0,22	11,39
5	Вернадитовые	21,74	0,23	6,07	36,99	–	4,43	1,10	<0,1	–
	Среднее	26,76	0,275	8,78	26,31	3,95	4,0	1,11	0,05	11,92

Примечание. Руды: 1, 2 – полуокисленные; 3–5 – окисленные.

Гистограммы содержания элементов в рудах

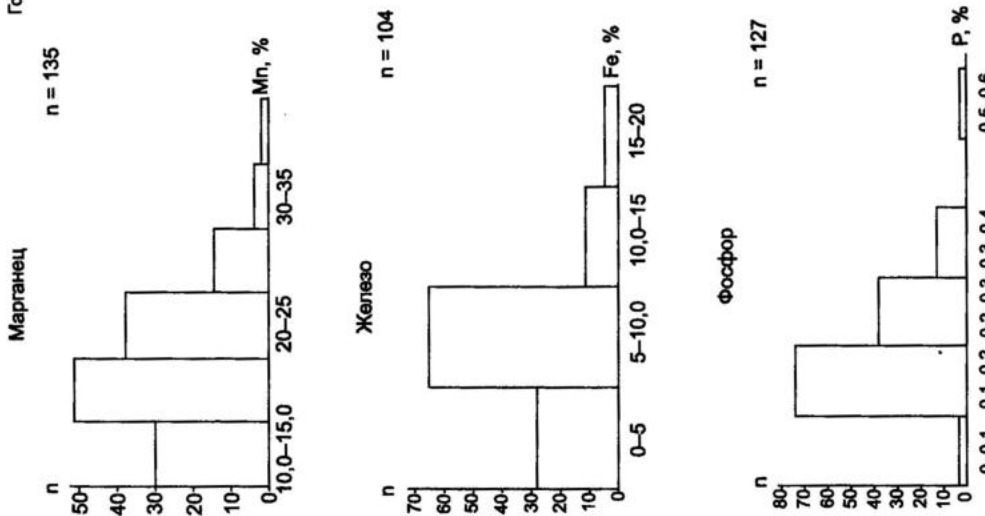
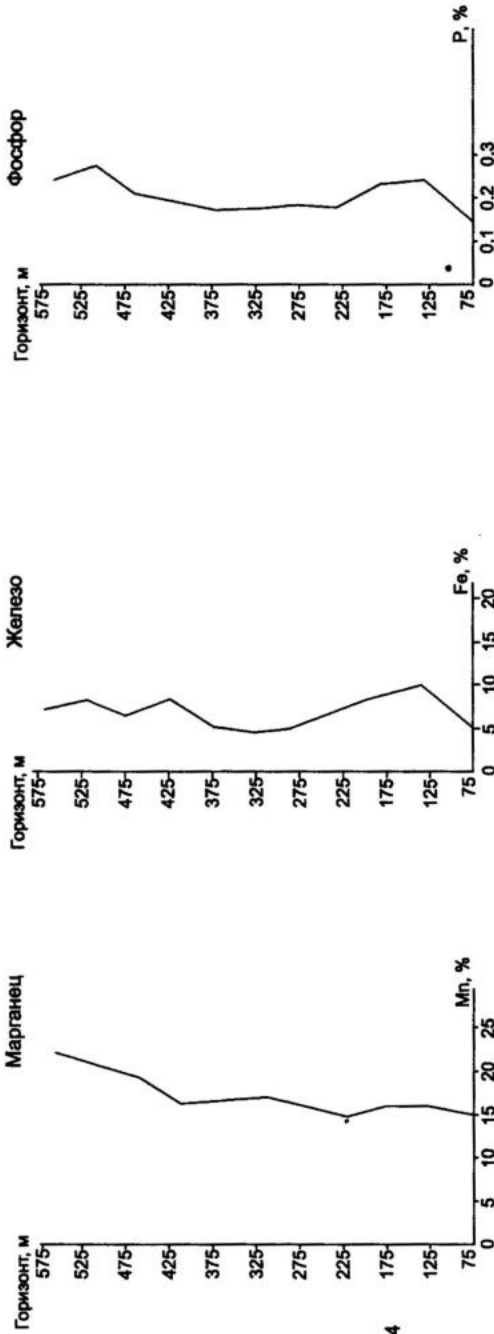


График изменения содержания элементов в рудах с глубиной



Графики изменений содержания Mn, P, Fe в окисленных рудах в продольном профиле коры выветривания (по С. С. Пождаеву), м-б 1:10 000

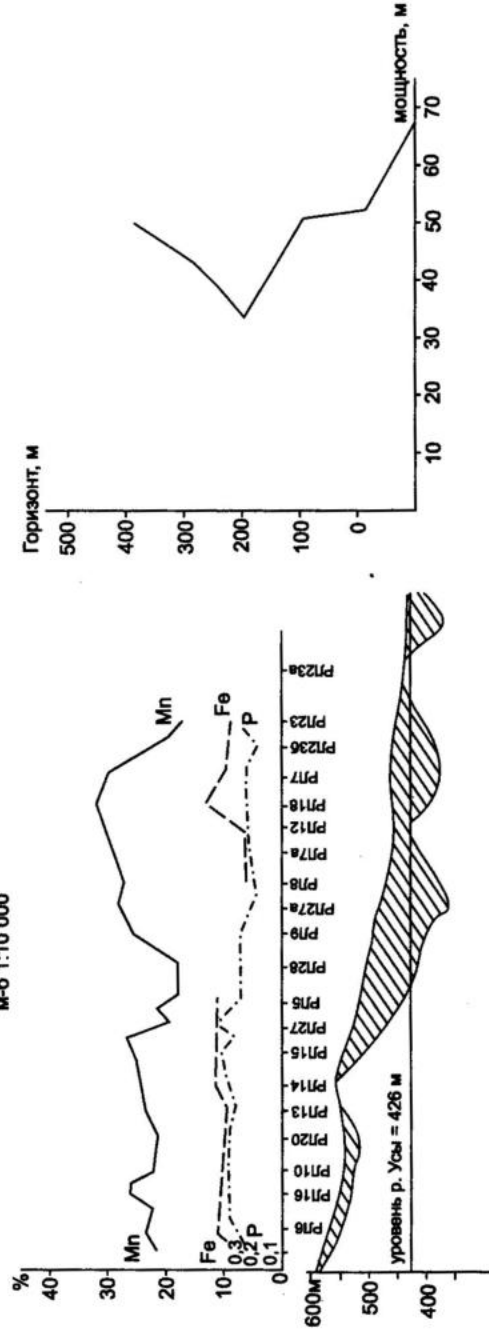


График изменения средних суммарных мощностей марганцеворудных тел с глубиной

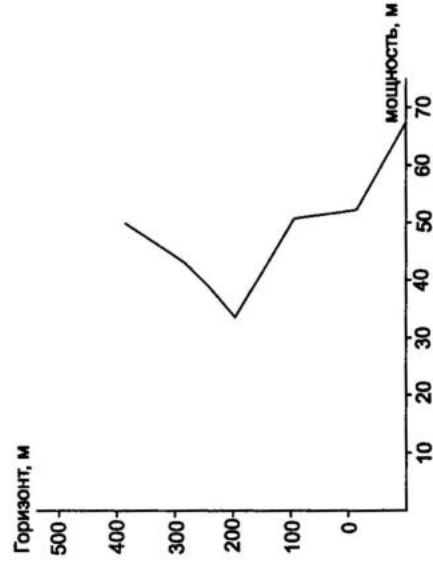


Рис. 5. Усинское марганцевое месторождение, Левобережный участок. Элементы многофакторной модели (графики и гистограммы содержания марганца, железа, фосфора в рудах). Сост. Н. С. Лидин, Н. Н. Баженова, Е. В. Кассандрова

3. Содержание железа с глубиной для Левобережного участка и для месторождения в основном слабо меняется (в пределах 5–10 %), за исключением верхних горизонтов, где железо перераспределяется в зоне окисления: к поверхности его примесь увеличивается.

Для Левобережной залежи Усинского месторождения построен продольный геологический разрез и вертикальные проекции рудной зоны с выносом на них распределения марганца, фосфора и суммарных мощностей рудных тел (см. рис. 4).

В рудах Левобережного участка выделяются три наиболее крупных максимума содержаний марганца: два (по разведочным линиям 10 и 9) в приповерхностной части (Mn 30–34 %) и один (разведочная линия 14) в центральной (Mn 24 %). Сопоставление продольной вертикальной проекции Левобережной рудной зоны с изолиниями содержаний марганца в рудах с продольным геологическим разрезом позволяет сделать заключение о том, что первые два максимума обусловлены наличием залежей более богатых первичных карбонатных и окисленных руд, а третий, вероятно, связан с богатыми первичными карбонатными рудами. Анализ распределения фосфора в марганцевых рудах в продольной вертикальной проекции рудной зоны Левобережного участка показал, что его максимум (0,5 %) приурочен к разведочной линии 5 в той части, где наиболее интенсивно проявилась кора выветривания.

Геолого-генетическая модель Усинского месторождения

Большинство исследователей [6, 54, 72, 78 и др.] генезис карбонатных марганцевых руд Усинского месторождения считают вулканогенно-осадочным. Марганцевые концентрации формировались в условиях морского режима на фоне накопления карбонатных и кремнисто-карбонатных, местами глинистых и песчаных осадков. Накопление рудного материала сопровождалось подводным и наземным вулканизмом, оно связывается с высачиванием гидротерм в область морского дна. Карбонатные руды образовались в относительно глубоководном морском бассейне. Цвет пород темно-серый и черный, постоянная обильная примесь сульфидов вплоть до образования сливных сульфидных слоев. Карбонатный состав руд и высокое содержание органического углерода показывают, что осадконакопление происходило в восстановительной среде. На некотором удалении, очевидно, имелись синхронные рифовые постройки, поставлявшие в область седиментации обломочный карбонатный материал.

По составу пирокластического материала можно сделать вывод об андезито-базальтовом составе магмы в вулканогенной области, а соотношение количества и гранулометрии пирокластических образований свидетельствует о наличии вулканов центрального типа в удалении от области марганценакопления. Скорее всего, рудоносные растворы мигрировали вдоль зоны глубинных разломов, оживление которых, очевидно, было синхронным времени активизации вулканизма. Этот вывод подтверждается приуроченностью полосы марганцовистых отложений к Белоусинскому глубинному разлому, вдоль которого марганценозная толща прослеживается от устья р. Тумуяс в верховья р. Успенка (А. Ф. Быч и др., 1988; С. Н. Тарасова и др., 1976). Не исключается и роль вызывающих выпадение марганца в осадок геохимических барьеров, удаленных от районов активного вулканизма. Обращает на себя внимание существенное количество органического углерода, сульфидов и фосфатов как по всему разрезу пород раннерифейских – раннекембрийских свит, так и в самой рудоносной усть-кундатской свите. Кроме того, в подрудных ранне-среднерифейских отложениях присутствуют линзовидные тела слоистых магнетитовых руд, горизонты колчеданных руд и марганцовистые сланцы (см. рис. 2).

Разведанные и утвержденные ГКЗ запасы марганцевых руд Усинского месторождения (Правобережный и Левобережный участки) составляют по категориям $A_2 + B + C_1$ 98,5 млн т, из них 5,7 млн т окисленных руд (см. табл. 1). На Ажигольском участке запасы окисленных руд по категориям $B + C_1$ составляют 5,4 млн т при среднем содержании марганца 15,76 %. Суммарные запасы для месторождения с учетом забалансовых руд (5–10 % Mn) по категориям $A + B + C_1 + C_2$ оцениваются в 150 млн т, в том числе около 11 млн т окисленных руд; прогнозные ресурсы района Усинского месторождения по категории $C_2 + P_1$ – 64,5 млн т карбонатных руд, P_1 – 5,0 млн т окисленных руд; ресурсы P_2 – 112,2 млн т карбонатных руд и 4,0 млн т окисленных; P_3 – 187 млн т карбонатных руд (А. Ф. Быч и др., 1988).

Вопрос технологии обогащения и карбонатных, и окисленных руд окончательно не решен. Один из лучших концентратов получен при обогащении карбонатных руд химическим путем в ВИМСе. Он удовлетворяет кондициям на сырье для выплавки чистого металла, а также для получения активного пиролюзита [46, 75, 86, 90 и др.].

Талойское месторождение расположено в Бауновском районе Республики Бурятия в 85 км к северу от с. Богдарино. Открыто в результате поисково-разведочных работ в 1951–1954 гг. Карбонатная нижнекембрийская железомарганценовая формация (мощностью 200 м) согласно залегает на сланцево-карбонатных отложениях тилимской свиты нижнего кембрия, сложенной разнообразными сланцами (глинистыми, серицито-глинистыми, карбонатно-глинистыми, углеродисто-глинистыми) и известняками (белыми, светло-серыми, слоистыми, местами массивными, окварцованными). Ее мощность 550 м. Железомарганценовая формация представлена мраморами с многочисленными линзами эффузивов, туфобрекчий и туфов, пластами и линзовидными телами железомарганцевых руд, переслаивающихся с кремнисто-карбонатными, кремнисто-гематитовыми и яшмовидными сланцами. Эффузивы разнообразны по составу: рассланцованные диабазы, кварцевые порфиры и фельзит-порфиры. Последние преобладают [66].

Протяженность рудной зоны 12 км при средней мощности 150 м. Разведаны три участка (Васильевский, Кайдакон и Бугарихте). На участках Васильевском и Бугарихте оконтурено с поверхности и опробовано семь рудных тел. Одно рудное тело на Васильевском участке подсечено скважиной на глубине. Суммарная длина рудных тел на указанных участках 310 м, средняя мощность – 2,4 м. Среднее содержание марганца 20 %, железа 3–5 %.

Выделяются следующие типы железомарганцевых руд: марганцевые ($Mn > 20 \%$, $Mn:Fe = 10$), железомарганцевые ($Mn:Fe = 2,5$), марганцовистые железистые ($Mn:Fe < 1$, $Fe+Mn$ от 40 до 60 %) и железные (гематит и магнетит) ($Mn < 5 \%$, $Fe+Mn$ от 45 до 60 %); яшмовидные породы, включающие рудные линзы, отличаются непостоянным содержанием железа и марганца. Главные рудные минералы – браунит, гаусманит, манганит, манганокальцит, родохрозит, гематит и магнетит, нерудные минералы – кварц, кальцит, барит. Последний обычно входит в состав гидротермальных образований – кварцево-сульфидных жил. Для пластовых гематитовых рудных тел характерна повышенная концентрация золота. Для гидротермально измененных пород характерна флюоритовая минерализация. Рудные тела стратиформного типа имеют ясно выраженную слоистую текстуру и иногда обладают оолитовой структурой. Талойское железомарганцевое месторождение вулканогенно-осадочного метаморфизованного генезиса приурочено к краевой части Забайкальской эвгеосинклинали [66]. Запасы марганцевых руд для месторождения по категории C_1+C_2 составляют 0,113 млн т со средним содержанием марганца 20 %. Марганцевые руды легко обогащаются, но месторождение не имеет промышленного значения ввиду незначительных запасов руды. Целесообразно проведение поисковых работ на его флангах.

Олдакитское месторождение расположено в Северо-Байкальском районе Бурятии в 180 км на северо-восток от пос. Нижнеангарск. Открыто в 1969 г. в ходе проведения геолого-съёмочных работ м-ба 1:200 000. Марганценовость установлена в составе пород анамакитской серии (протягивается на 70 км от р. Анамакит Ангарский до р. Уклонь), включающей Олдакитское месторождение, Туколамийское и Правоуклоньское рудопроявления и многочисленные ореолы и точки марганцевой минерализации.

В геологическом строении района месторождения принимают участие метаэффузивы кислого состава муйской серии раннего протерозоя, терригенно-карбонатные отложения нижней подсвиты анамакитской серии позднепротерозойского (венд) возраста (холоднинская, олдакитская, туколамийская свиты) и четвертичные отложения. Породы анамакитской подсвиты занимают большую часть площади месторождения. Пространственно и генетически марганцевое оруденение связано с отложениями олдакитской свиты. Характерная ее черта – ритмическое переслаивание пород: гравелиты, песчаники, алевролиты, сланцы, карбонатные породы, марганценовые сланцы черной окраски и омарганцованные породы. Марганцевые руды представлены двумя типами: 1) карбонатные (первичные); 2) окисленные (вторичные). Первые преобладают (Mn от 5 до 18 %), во вторичных рудах содержание марганца выше – до 28 %. Карбонаты марганца представлены в основном манганокальцитом и родохрозитом, в окисленных рудах основные минералы марганца – псиломелан, вад; в подчиненном количестве – манганит, пиролюзит. На месторождении выявлены шесть рудных тел протяженностью 900–3000 м, мощностью 4–120 м. Средняя концентрация в них марганца 6,83–12,47 %, железа 6,17–6,59 %, фосфора 0,09–0,22 %.

Карбонатные руды относятся к типу труднообогатимых: полученный концентрат пригоден для производства сплавов – нестандартных марок ферромарганца и силикомарганца, зеркального и обыч-

новенного чугуна, как подшихтовка при выплавке передельных чугунов и как флюс при выплавке сталей. Прогнозные ресурсы марганцевых руд по категории P_2 составляют 84 млн т, что позволяет отнести месторождение к разряду крупных, но с низким содержанием марганца в рудах.

Рекомендуется проведение поисков на флангах месторождения, усовершенствование технологической схемы обогащения карбонатных руд.

Икатское месторождение расположено в Курумканском районе, в бассейне рч. Икат Таргинский, левого притока р. Тарга (приток р. Баргузин). Район месторождения высокогорный (абс. отм. более 2000 м). Месторождение открыто в 1941 г. (Н. А. Михно, А. И. Носков). Наиболее интенсивные поисково-разведочные работы проводила Баргузинская экспедиция Иркутского геологического управления в 1950–1953 гг. Месторождение приурочено к верхней карбонатно-сланцевой свите, которая сложена разнообразными метаморфическими сланцами, залегающими на мраморах нижней свиты. Возраст обеих свит раннекембрийский [66]. Состав рудоносной свиты (снизу вверх): биотитовые, филлитовые, графит-карбонатные, тремолит-карбонатные, графит-кварцевые породы, сланцы с прослоями мраморов. Марганценозными являются кремнисто-карбонатные сланцы, залегающие среди мраморов и филлитовых сланцев. Мощность марганценозных пород местами до 800 м, однако размеры участков с высоким содержанием марганца незначительные (мощность до 25 м, по простиранию до 400 м). Концентрация марганца в рудах колеблется от 5 до 20 %, редко до 35 %. Основной тип руд карбонатный – манганокальцит (основной рудный минерал), гранат, графит, кварц и другие минералы. Менее распространен силикатный тип руд – родонит (преобладает), бустамит, марганецсодержащий пироксен и гранат. Силикатные марганцевые руды образуются при контактовом воздействии гранитов на кремнисто-карбонатные породы. Из-за особенностей рельефа окисленные марганцевые руды распространены на месторождении незначительно. Мощность их не превышает 1–2 м. Максимальная толщина наиболее мощной линзы марганценозных сланцев, вскрытой на Верхнем участке, 110–115 м, протяженность 500 м. При содержании марганца 15–23 % мощность таких линз 1–10 м, некоторые прослежены по простиранию на 300–400 м. Основные марганцевые минералы в окисленных рудах – пиролюзит, псиломелан.

Икатское месторождение образовалось в раннекембрийское время в миогеосинклинальном раннекаледонском прогибе, заложенном на жестком докаледонском фундаменте архейского и протерозойского возраста. Образование пород в прогибе начинается в относительно мелководных морских условиях отложением карбонатных осадков тилимской свиты, содержащих участками оксид железа в форме гематита. Позднее, в икатское время, на фоне продолжающегося углубления бассейна седиментации и усложнения процесса осадконакопления образовались терригенные тонкообломочные породы с содержанием марганца выше кларковых. Именно к зонам фаціальных переходов карбонатных и терригенных пород и приурочено марганцевое оруденение. В дальнейшем месторождение было осложнено региональным (фация зеленых сланцев) и контактовым метаморфизмом, связанным с гранитной интрузией. Влияние метаморфизма проявилось в основном в изменении минерального состава руд, образовании силикатов марганца и в перераспределении вещества в рудных телах, в усложнении формы рудных тел. Пластообразные рудные тела разбиваются на многочисленные линзы. На месторождении выделены четыре главных участка: Верхний, Второй, Третий, Четвертый. Запасы марганцевых руд по категории C_1+C_2 оцениваются следующими образом: с содержанием Mn 15 % и выше – 1,3 млн т; 10–15 % – 2,5 млн т; 5–10 % – 4,9 млн т; всего – 8,7 млн т. Обогащенность руд плохая из-за мелких размеров марганцевых минералов и тесного срастания их с кварцем и другими нерудными минералами. Руды можно применять лишь в качестве подшихтовки при выплавке передельного чугуна.

Перспективы месторождения и его района связываются с вероятностью обнаружения карбонатных руд в нижележащей (по отношению к сланцевой) карбонатной свите и переотложенных окисных руд в мезо-кайнозойских впадинах байкальского типа.

Озерное месторождение манганосидерит-колчеданно-полиметаллических руд расположено на водоразделе р. Заза и Исингинской озерной впадины. Оно приурочено к одноименной синклинали, в северо-западном крыле и шарнире которой располагаются колчеданно-полиметаллические руды, в юго-восточном крыле и отчасти в шарнире – марганценозные сидеритовые руды. Рудные тела находятся среди отложений олдындинской свиты раннего кембрия, в которой преобладают серицитизированные туфы и туффиты, известняковые брекчии, туфогравелиты, известковистые пелиты, хемогенные

и органогенные известняки. В подрудной части распространены лавы и туфы кислого и среднего состава [35]. Оба типа руд фашиально сменяют друг друга по латерали и вертикали, имея тонкое переслаивание в переходных зонах. Протяженность залежи манганосидеритовых руд 500–2000 м при средней мощности от 10–15 м до 40 м, длина по падению – от 100–150 м до 300 м. Форма залежей пластообразная, иногда сложная, что связано с фашиальной изменчивостью в областях рудообразования.

В состав руд входят сидерит, манганосидерит, сидероплезит, родохрозит, магнетит, кварц, пирит. Содержание железа в рудах от 20 до 42 % при среднем 31–32 %, средняя концентрация марганца 3,9 % при максимальном до 10–11 %, серы 1,7, фосфора 0,017 %. Обогащение руд требует применения обжиг-магнитной схемы. Магнитные концентраты обожженной руды содержат 52,0–56,4 % железа, 7,3 % марганца, 0,83 % серы. По высокой марганцовистости они могут представлять интерес как сырье для получения железомарганцевой добавки. Запасы и прогнозные ресурсы сидеритовых руд на Озерном месторождении оцениваются в 150–200 млн т [22].

Месторождение Солонго находится в центральной части Озернинского рудного узла. Сложено вулканогенно-осадочными породами нижнего кембрия (олдындинская свита), интенсивно контактово-измененными в контакте со средне-верхнепалеозойскими гранитами [35, 42]. В зоне контакта широко развиты магнезиальные и известковые скарны. Оруденение комплексное: главные руды марганцево-железные и борные, второстепенные – цинковые и молибденовые.

В восточном крыле антиклинали вдоль экзоконтакта гранитного массива закартировано восемь железорудных тел пласто- и линзообразной формы. Рудные тела залегают в основном согласно с вмещающими породами, по простиранию они прослежены на 120–2000 м, по падению на 350–670 м. Их мощность от 19 до 52 м. Все руды магнетитовые, малофосфористые, содержат значительную примесь марганца. Средняя концентрация (%) в них железа 40,5, цинка 4,1, марганца 4,05, фосфора 0,04, серы 1,67. С промышленной точки зрения очень важно, что главным носителем марганца в магнетитовых рудах является магнетит, в котором марганец присутствует в виде изоморфной примеси (твердый раствор магнетит-якобсита) [42]. Содержание марганца в магнетите часто достигает 5–10 %, максимальное 16 %. Второстепенная доля марганца в магнетитовых рудах связана с собственно марганцевыми минералами – алабандин, пирофанит, бустамит, родонит [42].

Запасы магнетитовых руд месторождения, подсчитанные по категориям C_1+C_2 (до глубины 500 м) оценены в 120,2 млн т при средней концентрации железа 40,51 %, марганца 4,05 %, в том числе 17,5 млн т руд, содержащих в железном концентрате 8 % марганца [22].

Руды могут использоваться металлургической промышленностью для производства передельных конверторных чугунов после предварительного разубоживания бедными марганцем железными рудами. Для этого необходим дополнительный отбор технологических проб и их исследование в промышленных условиях. В связи с освоением находящегося рядом колчеданно-полиметаллического Озерного месторождения необходимо составить ТЭО промышленного освоения и марганцовистых железных руд месторождения Солонго [22].

2.2. Вулканогенно-кремнисто-карбонатная марганценосная формация

Формация отличается от предыдущей собственно вулканогенно-карбонатной более значительным содержанием кремнистых и вулканогенных пород. К ней отнесены Дурновское, Сунгайское, Сугульское, Мазульское месторождения, Горскинское, Гарьское и другие рудопоявления.

Дурновское месторождение расположено на Северо-Восточном Салаире, известно с 1784 г. В начале XIX в. небольшое количество руды добывалось для Гурьевского металлургического завода. В 1941–1943 гг. проводилась детальная разведка и попутная эксплуатация для снабжения КМК. Было добыто 11565 т руды. В небольших объемах геолого-разведочные и ревизионные работы на месторождении и в его районе проводились с перерывами с 1934 по 1960 гг., поисковые с комплексом геофизических исследований – в 1976–1980 гг. (В. И. Шевырев и др., 1961; Н. И. Овсянников и др., 1981). Ниже приводится характеристика Дурновского месторождения, основанная на материалах этих работ, а также на собственных данных.

Рудоносная формация обнажается в ядре Урско-Бачатской антиклинали. Осадочные и вулканогенно-осадочные породы формации осложнены многочисленными дизъюнктивными нарушениями, придающими участку месторождения разломно-блоковый характер строения. По данным геолого-разведочных работ месторождение приурочено к вулканогенно-осадочным породам печеркинской свиты

раннего кембрия. В районе месторождения раннекембрийские отложения представлены двумя свитами: нижней печеркинской вулканогенно-осадочной рудоносной и верхней анчешевской существенно карбонатной с постепенными переходами между ними как в разрезе, так и по площади (рис. 6). Отложения печеркинской свиты формируют линейные, сильно вытянутые, опрокинутые на северо-восток складки, осложненные пологими взбросо-надвигами с сохранением юго-западных крыльев антиклинали и развитием локальных зон рассланцевания.

К собственно марганценозной пачке месторождения мощностью 60–80 м относятся пласты слабо железистых и марганцовистых кварцитов, часто яшмовидного облика, переслаивающиеся с пластами и прослойками браунитовых руд, кварцевыми порфирами. Среди кварцитов выделяются первичные осадочные слоистые, яшмовидные, сохранившие в некоторых участках органические остатки, и вторичные, образовавшиеся в результате замещения карбонатных и вулканогенных пород. Марганценозная пачка обычно залегает на карбонатных породах (известняки), а перекрывается вулканогенными (липаритовыми и дацитовыми) порфирами, редко андезитовыми и диабазовыми порфиритами, их туфами и туффитами. Также по латерали марганценозная пачка и руды залегают на переходе карбонатных пород в вулканогенные. Доломиты встречаются обычно висячем боку рудной залежи.

Породы рудоносной пачки перекрываются без видимого несогласия толщей известняков, среди которых послойно размещаются горизонты пирокластических образований, представленных туфами кислого состава, туфопесчаниками, туфосланцами и известняками с примесью пирокластике. В составе обломков в туфогенных породах преобладает кварц, встречаются вулканическое стекло, пепловые частицы, реликты измененных зерен плагиоклазов. Почти повсеместно отмечается гематитизация. Переход марганцеворудной пачки в подстилающие известняки также постепенен и осуществляется через маломощные кварцитовые, яшмовидные, кремнистые и кремнисто-известняковые породы. С отложениями печеркинской свиты пространственно и генетически связано также полиметаллическое и медноколчеданное оруденение. Отложения рудоносной свиты прорваны и метаморфизованы интрузиями гранодиорит-порфиров, плагиогранит-порфиров и кварцевых диоритов субвулканического интрузивного комплекса раннекембрийского возраста, ордовикскими габбро-диабазами, габбро-диоритами, микрогаббро, а также дайками неясного возраста. На месторождении выделяются два типа руд: 1) первичные браунитовые, марганцевокальцитовые, родохрозитовые, массивной, слоистой и брекчиевидной текстуры; 2) окисленные псиломелановые руды, представленные натечно-скорлуповатыми образованиями и почковидными агрегатами. Часто присутствуют бедные гематитовые руды и гематитовые кварциты.

Первичные руды состоят из браунита, редко присутствуют гематит, марганцевокальцит, родохрозит, гидроокислы марганца. Химический состав руд (%): марганец 18,81–28,86, сера 0,16–1,20, фосфор 0,024–0,098, кремнезем 6,18–26,86, глинозем 1,32–4,81, окись железа 4,30–18,56, магнезия 0,93–2,73, известь 7,64–16,08, окись бария 1,5–5,72. В качестве примесей установлено присутствие в рудах германия, кобальта, ванадия, никеля, олова (до 0,001 %), меди, мышьяка, свинца, цинка, бария (0,3–1,0 %), золота.

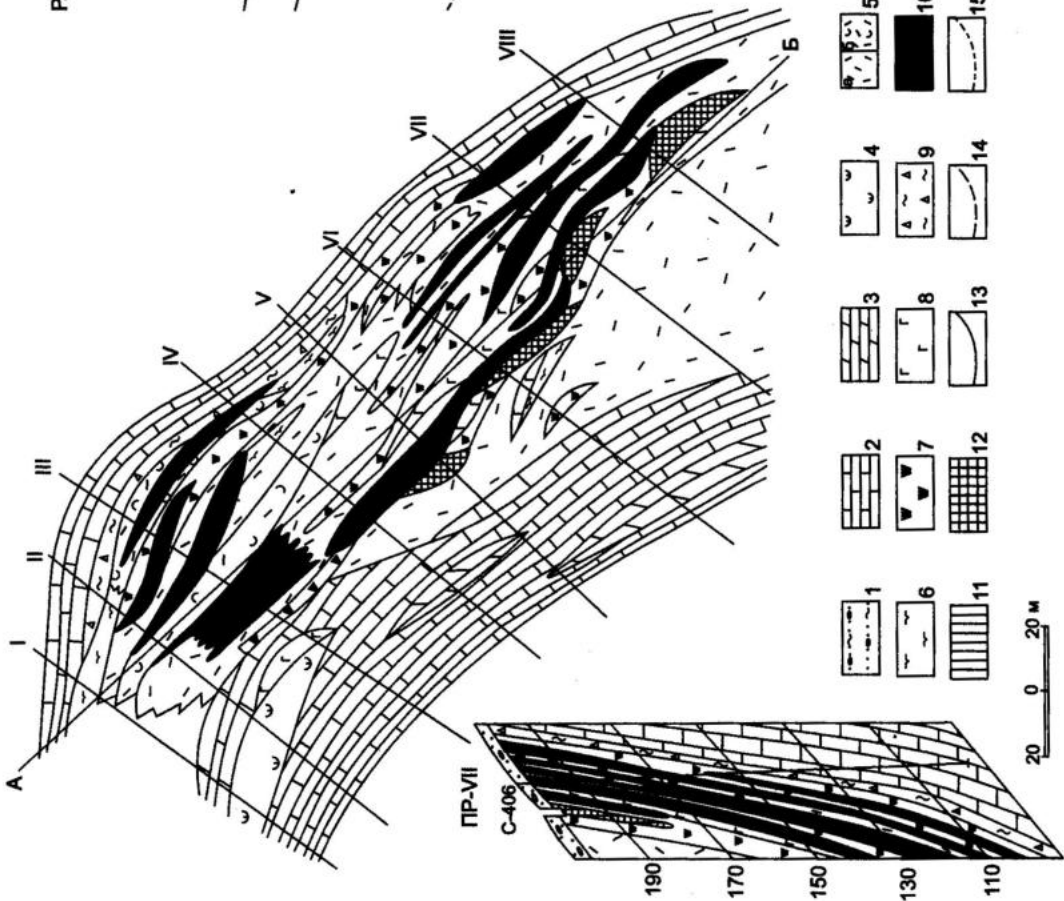
Окисленные вторичные руды распространяются до глубины 110 м от поверхности и сложены в основном псиломеланом. В подчиненном количестве встречаются пиролюзит, марганит, гематит, лимонит и нерудные – кварц, барит, кальцит. По морфологии выделяются следующие разновидности окисленных руд:

- плотные, кавернозные, стально-серого цвета с раковистым изломом;
- брекчированные, состоящие из угловатых обломков псиломелана, сцементированных марганцовистым материалом;
- натечные почковидные руды;
- рыхлые марганцевые руды.

Химический состав псиломелановых руд (%): марганец 20,14–44,63, сера 0,03–3,66, фосфор 0,011–0,16, кремнезем 7,88–25,0, окись железа 3,91–26,49, окись бария 0,65–19,33.

Кроме того, на месторождении широко развиты оруденелые раздробленные и метасоматически измененные кварциты, липаритовые порфиры, туфы, карбонатные породы, встречающиеся как в зоне окисления, так и среди первичных руд. Эти породы содержат (вес. %): марганец 5–17,81, окисное железо 1,8–12,01, окись бария 0,05–8,22, фосфор 0,028–1,28 и серу 0,04–1,70 (Н. И. Овсянников и др., 1981). В настоящее время на Дурновском месторождении установлено девять рудных тел (три не выходят

Геологический план и разрез



Содержание марганца (%) в рудах разведанной и прогнозируемой частях рудной зоны в проекции на продольную вертикальную плоскость, М-Б 1:2 000

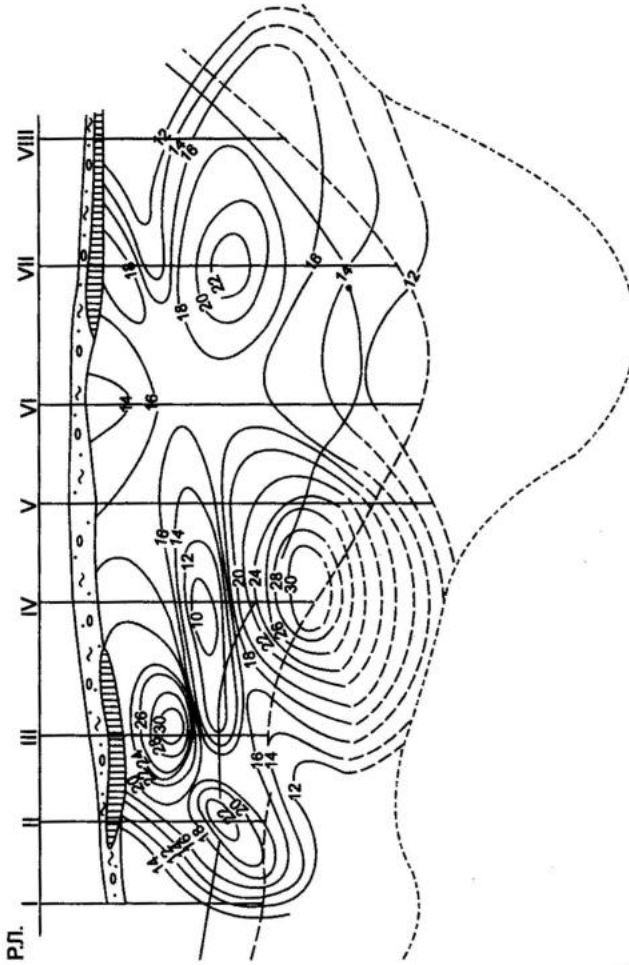


Рис. 6. Дурновское марганцевое месторождение. Элементы многофакторной модели. Сост. Н. С. Лидин, Н. Н. Баженова, Е. В. Кассандрова
 1 – четвертичные отложения; 2 – известняки с примесью туфогенного материала; 3 – доломиты; 4 – туфиты; 5 – риолитовые порфиры (а) и их туфы (б); 6 – сланцы кварц-серцитовые, кварц-хлорит-серцитовые, по лавам и туфам риолитовых порфиров; 7 – железистые, марганцовистые яшмы, кварциты; 8 – диабазовые порфиры (лавы); 9 – брекчии; 10 – марганцевые руды (тодорокит, псиломелан, пиролюзит, браунит, бернесит, рансэйт и др.); 11 – перетолженные марганцевые руды (псиломелан, пиролюзит, тодорокит), окисленная руда в коре выветривания; 12 – гематитовые руды; 13 – нижний контур разведки рудной зоны по данным Салаирской ГПП; 14–15 – нижний контур прогнозируемой рудной зоны по данным Салаирской ГПП, 15 – по данным автора

на поверхность). Форма тел линзообразная и пластовая, длина по простиранию от 6 до 230 м, по падению прослежены до глубины более 150 м от поверхности без выклинивания рудной зоны при средней мощности около 4 м. Общая протяженность рудной зоны по простиранию 350 м. Главные рудные минералы месторождения (браунит и псиломелан) подтверждены рентгеноструктурным анализом. Месторождение считается по генезису вулканогенно-осадочным. Поступление марганца и сопутствующих элементов в бассейн седиментации осуществлялось в результате подводной эксгаляционной деятельности в печеркинское время (В. С. Мурзин и др., 1988; Н. И. Овсянников и др., 1981). В марганцевых, железомарганцевых, колчеданно-полиметаллических рудах и некоторых вмещающих породах в рудном поле месторождения установлено повышенное содержание золота (до 6,1 г/т). Самородное золото в марганцевых рудах Дурновского месторождения присутствует в виде тонкой вкрапленности в пирите и кварце. Размер зерен не превышает 0,003 мм. Пробирным анализом в частных малообъемных пробах марганцевых руд Т. В. Башлыковой и др. установлено содержание золота от 1,7 до 2,5 г/т.

К этому добавим, что ознакомление с горными выработками, изучение состава и морфологических особенностей руд и вмещающих их пород позволило нам сделать вывод о более сложном происхождении Дурновского месторождения. Прежде всего обращает на себя внимание интенсивная раздробленность пород и массовые явления переотложения рудного материала в пределах рудоносной пачки. Нам представляется, что после эксгаляционно-осадочного или гидротермально-осадочного накопления первичных (видимо, бедных и средних по содержанию марганца) карбонатных и окисных руд произошло тектоническое раздробление пород и руд рудоносной свиты. В результате гидротермальным или гидротермально-метасоматическим путем образовались более богатые существенно браунитовые руды линзо-, гнездообразной, сетчатой и жильной формы. В целом оруденение не выходило за пределы рудоносной пачки. Вероятно, регенерация месторождения произошла в связи со становлением субвулканических раннекембрийских интрузий гранодиорит- и плагиогранит-порфиоров. Далее по браунитовым и реликтовым первичным карбонатным и окисным рудам в процессе выветривания сформировались псиломелановые руды.

Геолого-генетическая модель Дурновского месторождения

Модель формирования месторождения такова: эксгаляционно-гидротермальное осадочное накопление, диагенез и эпигенез марганцовистых образований, в результате которых образовались бедные и средние по содержанию марганца гидроокисные и карбонатные руды. В дальнейшем в процессе складчатости, динамометаморфизма и катаклаза, становления субвулканических раннекембрийских интрузий гранодиорит- и плагиогранит-порфиоров, ордовикских габбро-диабазов и габбро-диоритов, сопровождающихся гидротермально-метасоматическими явлениями, сформировались более богатые существенно окисные (браунит, гаусманит) руды. Затем в мел-палеогеновое время по окисным и реликтовым первичным карбонатным рудам в результате гипергенеза образовались псиломелановые с пиролюзитом и другими гидроксидами относительно богатые разности. Таким образом, современные богатые и легкообогатимые марганцевые руды Дурновского месторождения, по сути дела, являются полигенными. После осаждения марганцевых минералов в морских условиях они подверглись неоднократной регенерации в сторону их обогащения гидротермально-метасоматическим и гипергенным путем.

Запасы балансовой и забалансовой марганцевой руды на Дурновском месторождении оценены в 422 тыс. т (см. табл. 1); прогнозные ресурсы (по разным авторам) по категориям P_2+P_3 – в 11,0 млн т.

Мазульское месторождение расположено в хребте Арга, отрогах Восточного Саяна, в 15 км к юго-западу от Ачинска. Характеристика месторождения приводится по материалам Я. П. Тунина, В. П. Ярмач, Р. А. Цыкина, Р. В. Гецевой, Б. Ю. Красильникова и др. с дополнениями автора.

Месторождение известно с дореволюционных времен. Особое внимание привлекло в 1927 г. в связи с обеспечением марганцевым концентратом КМК. Эксплуатировалось с 1932 г. Участок месторождения приурочен к горст-антиклинальному выступу, сложенному вулканогенно-осадочными и осадочными образованиями раннего и среднего кембрия, среднего девона. Кембрийские отложения смяты в складки северо-восточного простирания с падением на юго-восток под углом 60–70°. Месторождение приурочено к канымской свите, относящейся по возрасту к нерасчлененным ранне-среднекембрийским образованиям (Я. П. Тунин, 1940; Р. А. Цыкин, 1963). Породы канымской свиты согласно

без видимого размыва залегают на известняках белокаменной серии. В строении участвуют серые и зеленые известково-глинистые сланцы, массивные темно-серые и реже черные кварциты, светло-серые известняки и очень редкие покровы основных эффузивов. Некоторые разновидности кварцитов содержат до 9 % окиси марганца. В верхних частях толщ имеются горизонты кварцитов с псевдобрекчиевой структурой. Эти кварциты образованы криптокристаллическим кварцем с примесью пелитовых частиц бурого цвета.

Эффузивы представлены почти исключительно зелеными или зеленовато-черными диабазовыми порфиридами с вкрапленниками уралитизированного авгита, хлоритизированного и соскюритизированного плагиоклаза. Я. П. Тунин отмечает очень сильную каолинизацию эффузивных пород. Известняки образуют мощные пачки до 20 м мощностью и тонкие прослои. Мощность свиты 800–1000 м. На всей площади месторождения широко развиты охристые сланцы с хорошо выраженной слоистостью, обильно пропитанные окислами железа. Иногда они содержат пирит. Особую разновидность составляют кремнисто-графитизированные и кремнисто-пиритовые сланцы. Характерны гидротермальные изменения рудовмещающих пород: графитизация, окремнение, каолинизация, цеолитизация, карбонатизация (Я. П. Тунин, 1940).

Марганцевые руды образуют неправильной формы тела или гнезда, линзы в кремнистых или карбонатно-кремнистых породах канымской свиты. При всей сложности конфигурации рудных тел они все-таки могут быть отнесены в целом к линзообразным, которые за некоторым исключением подчиняются общему геологическому строению участка, более или менее согласно залегая во вмещающих породах. По данным Я. П. Тунина, промышленная концентрация железомарганцевых руд почти в равной мере распределяется во всех главных разновидностях пород, но наибольшее значение оруденение приобретает в кремнисто-глинистых сланцах и эффузивах. Мощность рудных тел колеблется от нескольких до 30–40 м. По составу и строению они неоднородны. В приповерхностных зонах руды сильно окислены. Граница зоны окисления неровная. Глубина ее достигает 60 м. Всего на месторождении разведочными работами выделены семь участков. Оруденение во всех участках характеризуется неравномерным пространственным распределением богатых и убогих руд. Особенно резко это проявляется в зоне окисления. В более глубоких горизонтах месторождения, ниже уровня грунтовых вод, рудные карбонатные тела вместе с бедными рудами пространственно подчиняются элементам залегания вмещающих пород.

При подсчете запасов все руды месторождения были разбиты на две основные группы: 1) окисленные, слагающие верхние горизонты месторождения; 2) карбонатные или первичные. Кроме того, по некоторым скважинам выделены манганопелиты. Последние отличаются повышенным содержанием Al_2O_3 и состоят из мелких разрозненных вростков родохрозита. Выделены следующие сорта руд: I (Mn >30 %); II (Mn от 15 до 30 %); III (Mn от 10 до 15 %, при Fe+Mn 30–40 %); IV (Mn от 5 до 15 %, при Fe+Mn >40 %); V (Mn от 10 до 15 %, при Fe+Mn <30 %); VI (Mn до 10 %, при Fe+Mn >30 %).

Самые богатые руды встречаются в окисленной зоне: Mn в пробах до 47,28 %, а в отдельных штучных пробах до 65 %. Граница перехода карбонатных руд в окисленные находится примерно на уровне грунтовых вод. Главные минералы зоны окисления – псиломелан, пиролюзит и лимонит. Первичные руды представлены родохрозитом, манганосидеритом, манганитом, сложными силикатно-карбонатными минералами, преобладают родохрозитовые. Последние характеризуются кристаллически-зернистым строением и красноватым цветом. Кроме того, среди них встречаются тонкопористые руды желтовато-белого цвета. Из нерудных минералов распространены кварц и халцедон в виде скрытокристаллических и тонкозернистых агрегатов, иногда присутствуют галлуазит, цеолиты, хлорит, барит, апатит, сульфиды железа и др. Рентгеноструктурный анализ нескольких проб окисленной руды показал обилие в них гетита и постоянное присутствие нсутита. Кроме того, идентифицированы бернессит и тодорокит с $d = 9,65$ и $4,82 \text{ \AA}$.

Средний химический состав руд месторождения следующий. Первично-карбонатные руды содержат (вес. %) марганец 18,04–20,30, железо 3,27–20,04, фосфор 0,34–0,39, кремнезем 4,39–34,04; окисленные руды – марганец 19,33–19,70, железо 10,91–19,55, фосфор 0,43–0,50, кремнезем 5,35–20,40; элементы-примеси – NiO 0,15 %, CuO 0,10 %, As, Cr, Au – следы. Руды Мазульского месторождения относятся к классу железомарганцевых, богатых фосфором. Самые верхние горизонты заметно обогащены железом, нижние – марганцем.

Для обогащения карбонатных руд удовлетворительные результаты дали электромагнитное обогащение на сепараторах высокой интенсивности и флотация. Получены концентраты с содержанием Mn 28,5 % и 29,5 %, при извлечении Mn 86,7 и 82,5 %, при выходе концентрата 52,3 и 48,1 % соответственно. Запасы марганцевых руд по категориям A+B+C₁+C₂ составляют 9,1 млн т со средним содержанием марганца около 18 %. За период эксплуатации с 1933 по 1955 г. добыто около 4 млн т руды. В районе месторождения имеются перспективы для увеличения запасов. Генезис Мазульского месторождения идентичен происхождению Дурновского месторождения.

Сунгайское и Сугульское месторождения будут рассмотрены в гл. 5.

2.3. Терригенно-карбонатно-вулканогенная трахиандезит-трахидацит-трахилипаритовая существенно туфовая марганценовая формация алтайского типа

К этой формации относятся марганцевые месторождения и проявления Алтая в ранне-среднедевонских вулканогенно-осадочных отложениях рифтогенных прогибов, восточного склона Кузнецкого Алатау, Аршанское рудопоявление в Присаянском прогибе, Чапсордаг, Малосырское в Кузнецком Алатау и др. В формации резко преобладают туфы и туффиты кислого состава повышенной щелочности. Хотя карбонатные породы в некоторых случаях составляют до 10 % петрофунда формации.

Железо- и марганценовая зона Алтая включает Коргонскую, Холзунско-Чуйскую, частично Рудно-Алтайскую и Южно-Алтайскую структурно-фациальные зоны. Зона относится к наложенным впадинам рифтогенного типа и принадлежит к герцинской складчатой структуре [23, 29, 40, 41]. Область ограничивается двумя главными зонами глубинных разломов: Бацелакско-Южно-Чуйской на северо-востоке и Северо-Восточной на юго-западе. Обе зоны обусловили тектоническую активность области, контролировали проявления магматизма и, видимо, служили путями выноса рудных компонентов из глубин магматического очага. В этой области расположены главнейшие железорудные месторождения Алтая – Холзунское, Белорецкое, Инское, Коргонское, Коксинские, месторождение марганца Прозрачное, марганцевые рудопоявления – Кульдинские, Черноубинское, Ночная Коксу и др. (рис. 7).

Марганцевая минерализация приурочивается к двум литофациям терригенно-карбонатно-вулканогенной формации: *туфогенной и туфогенно-кремнисто-карбонатной*. Пространственно марганценовые пласты и горизонты залегают в местах выклинивания пластов и горизонтов собственно железных руд и сопровождаются сингенетичной гидротермально-метасоматической марганцевой минерализацией во вмещающих туфах и эффузивах. Подавляющее количество марганцевого оруденения связано с породами коргонской свиты ранне-среднедевонского возраста и ее аналогами. На территории Коксинско-Холзунского рудного узла автор закартировал и изучил три рудоносных горизонта, содержащих железо, марганец и фосфор: холзунский (восточный), коксинский (центральный) и кульдинский (западный). Каждый непрерывно прослежен на протяжении 25–30 км [20, 21, 24].

Туфогенные марганцевые горизонты встречаются в верховьях рр. Хайдун, Черная Уба и Кульда. В 1962–1966 гг. автор закартировал два таких горизонта, непрерывно прослеживающихся на 9 км [21, 23]. Залегают они прямо на туфах и игнимбриках кератофири-порфирирового состава. Рудоносные горизонты сложены агломератовыми, псефитовыми, псаммитовыми туффитами, туфобрекчиями, туфопесчаниками, сланцами, различающимися между собой по количеству пирокластического, терригенного и хемогенного материала. Наиболее высокая концентрация окислов марганца связана с образованием желваков, гнезд, линз, конкреций размером до 2×4 см и прожилков мощностью до нескольких десятков сантиметров. Марганцовистые стяжения рассеяны среди туффитов и сланцев неравномерно. Рудоносные породы состоят из слабо перемытых обломков кислых вулканитов, кварца, альбита и калишпата, цементированных марганцевым и железомарганцевым материалом. В качестве единичных обломков встречаются магнетит, титаномагнетит, ильменит, циркон, апатит. Кроме того, присутствуют новообразованные минералы: кварц, серицит, барит, мартит, карбонаты, эпидот, хлорит, полевые шпаты, иногда турмалин, флюорит. Цемент в породах базальный, поровый, соприкосновения. Породы слоистые. Мощность горизонтов 12–40 м.

Рудное вещество, видимо, в первичном своем виде обволакивало кристалло- и витрокластику, и каждая частичка оказывалась заключенной в «рубашку» из окислов и гидроокислов марганца. По мнению А. Г. Бетехтина и др. [85], это свидетельствует о том, что отложение геля на поверхности песчинок происходило еще во взвешенном состоянии в водной среде. Кольцевидная оболочка в рассматриваемом случае сложена браунитом, пиролюзитом, псиломеланом обычно вместе с гематитом. Такие

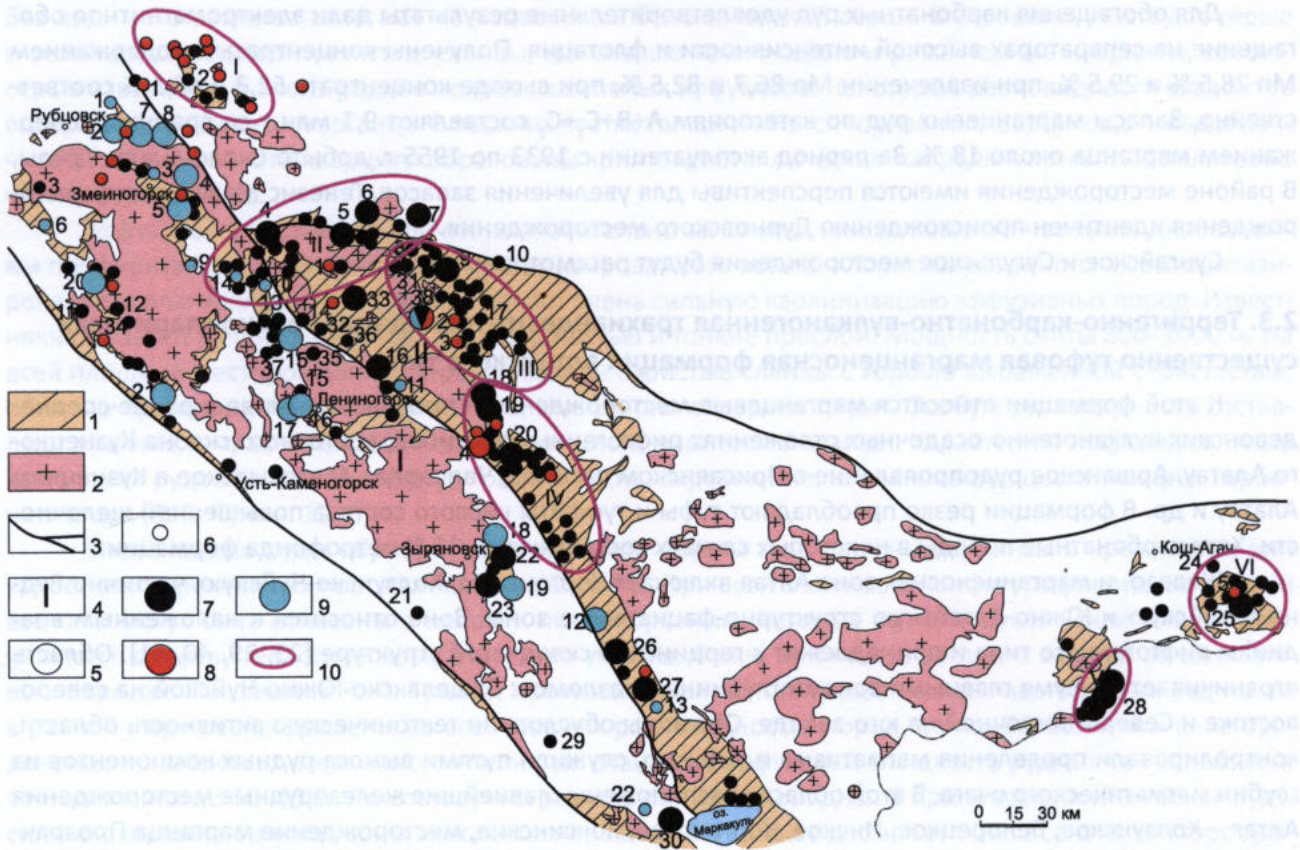


Рис. 7. Схема размещения железорудных, железомарганцевых и колчеданно-полиметаллических месторождений в девонских вулканогенно-осадочных толщах Алтая

1 – вулканогенно-осадочные отложения D₁₋₂; 2 – интрузии гранитоидов; 3 – главные разломы и зоны смятия; 4 – металлогенические пояса: I – Рудно-Алтайский колчеданно-полиметаллический, II – Горно-Алтайский железорудный; 5 – месторождения; 6 – рудопроявления; месторождения и рудопроявления: 7 – железорудные (1 – Кузнецовское, 2 – Новознаменское, 3 – Луговское, 4 – Белорецкое, 5 – Инское, 6 – Рубежное, 7 – Чесноковское, 8 – Виктор Лог, 9 – Коргонское, 10 – Куминское, 11 – Сурнинское, 12 – Глинковское, 13 – Магнитное, 14 – Абрамихинское, 15 – Таловское, 16 – Чесноковское I, 17 – Кедровское, 18 – Коксинские II и III, 19 – Кульдинский рудный узел, 20 – Холзунское, 21 – Бухтарминское, 22 – Богатыревское, 23 – Зыряновское, 24 – Красная горка, 25 – Рудный Лог, 26 – Коробихинское, 27 – Родионов Лог, 28 – Калгутинский узел, 29 – Кок-Тас, 30 – Маркакульское, 31 – Кристалльное, 32 – Полюновское, 33 – Теремковское, 34 – Белый камень, 35 – Медвежихинское, 36 – Левобережное, 37 – Сакмарихинское, 38 – Раскатинское), 8 – марганцевые и железомарганцевые (1 – Рыжнев Лог, 2 – Кедровское, 3 – Ночная Коксу, 4 – Прозрачное, 5 – Малошибетинское), 9 – колчеданно-полиметаллические (1 – Захарьевское, 2 – Рубцовское, 3 – Майское, 4 – Корбалихинское, 5 – Зmeinogorskое, 6 – Золотушинское, 7 – Таловское, 8 – Степное, 9 – Осеннее, 10 – Чекмарь, 11 – Старковское, 12 – Тенихинско-Ермиловское, 13 – Никитинское, 14 – Сакмарихинское, 15 – Стрежное, 16 – Риддер-Сокольное, 17 – Тишинское, 18 – Зыряновское, 19 – Мурзинцевское, 20 – Николаевское, 21 – Березовско-Белоусовское, 22 – Маркакульское); 10 – рудные узлы (I – Предгорный, II – Белорецко-Инской, III – Коргонский, IV – Коксинско-Холзунский, V – Калгутинский, VI – Малошибетинский)

породы с марганцовистым цементом или насыщенные стяжениями окисных марганцевых минералов местами образуют рудные тела мощностью до 9 м, которые прослеживаются на расстояние до 1,5 км и по данным штучного опробования содержат 3–6 % марганца. Рудные тела с Mn 6–12 % мощностью до 6 м прослеживаются на первые сотни метров, а с Mn 12–20 % мощностью до 1,4 м – на десятки метров. В отдельных пробах содержание марганца достигает 55,55 %. Во всех пробах отмечается окись железа (4,39–13,97 %). В значительном количестве присутствуют кремнезем, глинозем, щелочи, окиси титана и бария за счет кластических и новообразованных кварца, полевых шпатов, титаномагнетита, ильменита, барита. Содержание P₂O₅ в рудах обычно ничтожно. Во вмещающих туффидах и сланцах содержание фосфорного ангидрида на отдельных участках рудоносных горизонтов достигает 11,67 %.

Марганцевые минералы представлены браунитом, пиролюзитом, псиломеланом и криптомеланом. Браунит встречается в рудах и марганецсодержащих породах (до 20 %), цементируя вул-

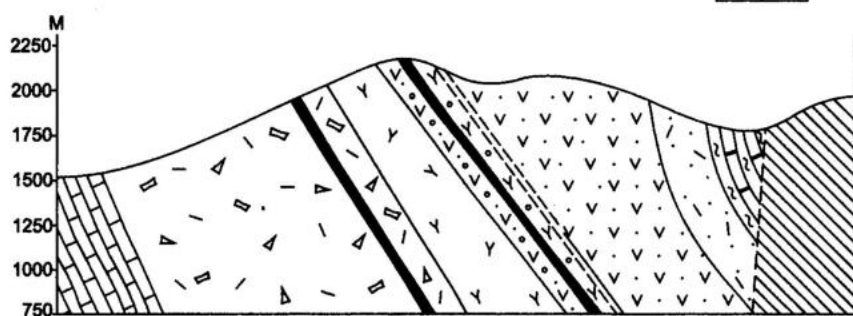
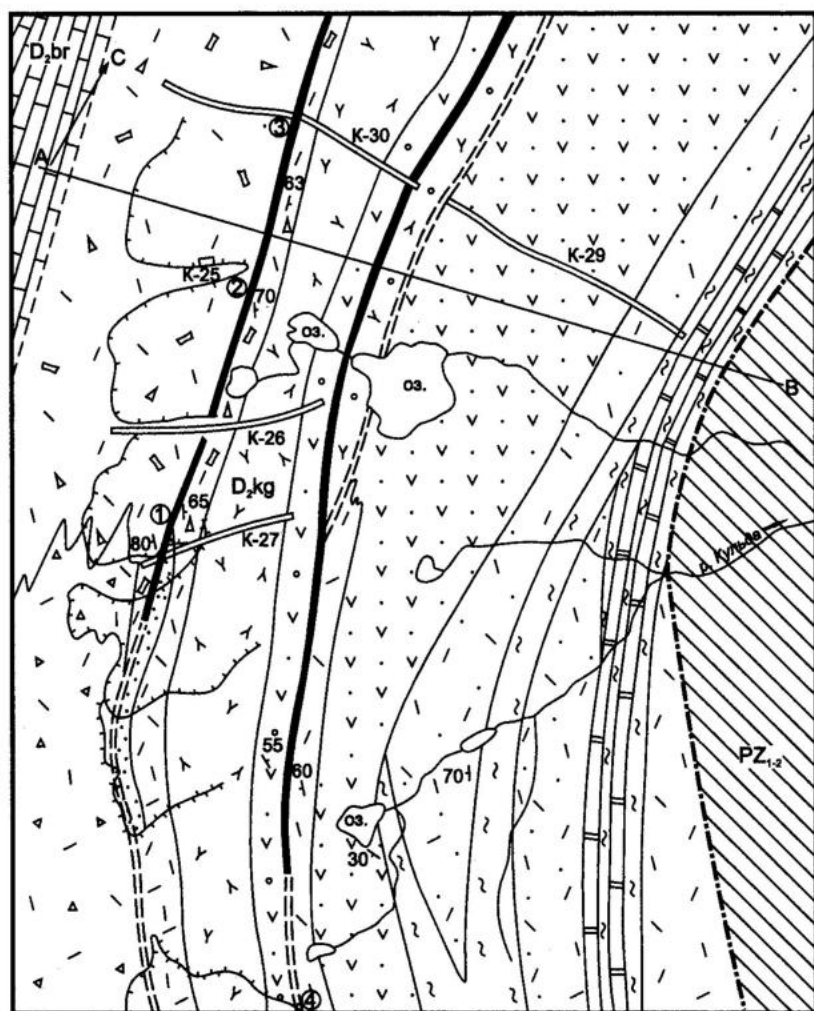


Рис. 8. Месторождение Прозрачное: геологическая карта и разрез

Усл. обозн. см. на рис. 9

ной концентрации. Рудные тела вскрыты канавами и рассечками через 700 м друг от друга по простиранию пород горизонта на протяжении 2225 м (С. А. Романович и др., 1978). По усредненным значениям рудные тела выделены при бортовом содержании марганца 9 %, мощности не менее 1 м, мощности безрудных прослоев не более 0,3 м. Средние концентрации марганца 11,86 %, максимальные до 40 %. Морфологически выделяются полосчатые, пятнисто-полосчатые, прожилковые и другие разности руд и оруденелых пород. Марганцевая минерализация представлена браунитом, ситапаритом, пиролюзитом, псиломеланом, тодорокитом, криптомеланом, голландитом, рамсделитом, спессартитом, родохрозитом. По составу здесь могут быть выделены существенно браунитовые и пиролюзит-псиломелановые типы руд. По данным результатов химического анализа рядовых и групповых бороздовых проб руды Прозрачного месторождения бедные и средние по содержанию марганца, малосернистые и малофосфористые. Путем обогащения двух технологических проб весом 5 и 30 кг по схемам маг-

канокластику, а также в составе сетчатых жил, гнезд, подобных гидротермальным проявлениям гематита, в туфах некоторых железорудных месторождений Алтая. Он образует мелкие (0,001–0,1 мм) зерна октаэдрического облика, криптокристаллические и тонкозернистые агрегаты. Встречается в ассоциации с новообразованиями кварца, гематита, барита, карбонатов. Браунит определен по оптическим данным, результатам рентгеноструктурного и химического анализов. Пиролюзит и псиломелан составляют более 5 % от общей массы, встречаются совместно в виде скоплений мелких пластинчатых зерен и их агрегатов.

В 1974–1977 гг. работами объединения «Запсибгеология» было оценено железомарганцевое месторождение Прозрачное в пределах выявленного и закартированного автором в 1962–1964 гг. кульдинского марганценового (западного) горизонта (А. К. Захаров и др., 1978; С. А. Романович и др., 1977).

Месторождение *Прозрачное* расположено в 12 км на северо-запад от Холзунского железорудного в верховьях р. Кульда. Приурочено к верхней пачке нижней подсвиты коргонской свиты (рис. 8, 9). Мощность горизонта варьирует от 25 до 100 м, в большинстве пересечений – менее 50 м. Это часть западного горизонта, где марганцевое оруденение достигло максимальной

Рис. 9. Месторождение Прозрачное: элементы многофакторной модели, литолого-геохимические колонки

1 – ранний – средний палеозой нерасчлененный: серицитовые и хлоритовые метаморфические сланцы; средний девон коргонская и березовская свиты; 2 – туфы трахитового, трахидацитового состава (а) и с шаровой и сферолитовой текстурой (б); 3 – эффузивы (а), туфы (б) кисло-щелочного состава; 4 – агломератовые туфы кисло-щелочного состава; 5 – туфы витрокластические (а) и со сферолитовой и мелкошаровой текстурой (б); 6 – игнимбриты кисло-щелочного состава (трахилипариты и трахидациты); 7 – туфобрекчии с прослоями туфопесчаников; 8 – туффиты псаммитовые, туфопесчаники; 9 – сланцы серицитовые, хлоритовые по псаммитовым и алевритовым туффитам; 10 – туфопесчаники и туфоалевролиты с прослоями туфоаргиллитов; 11 – туфопесчаники и сланцы с пластами карбонатных пород; 12 – известняки, известковые псаммитовые туффиты; 13 – горизонты железомарганцевых руд и туффитов прослеженные; 14 – горизонты железомарганцевых руд предполагаемые; 15 – марганценовые горизонты и слои; 16 – руды гематитовые слоистые, полосчатые и массивные; 17 – гематитизированные туфогенные породы с маломощными прослоями гематитовой руды; 18 – вкрапленность гематита, железные руды и породы с повышенным содержанием марганца, игнимбриты, туфы и туфобрекчии с вкрапленностью флюорита, туффиты слоистые ильменит-мартитовые; 19 – дизъюнктивные нарушения; 20 – элементы залегания слоистости; 21 – поисковая канава и ее номер; 22 – участки составления разрезов; 23 – содержание элементов по данным химического и спектрального анализов

Таблица 5

Химический состав марганценовых туфогенно-кремнисто-карбонатных пород, вес. %

Окислы	1	2	3	4	5	6
SiO ₂	39,72	35,93	11,75	41,72	49,27	42,43
TiO ₂	0,74	0,50	0,21	0,79	0,51	0,48
Al ₂ O ₃	1,79	6,20	3,81	8,46	9,22	8,71
Fe ₂ O ₃	3,86	3,07	0,65	6,18	3,56	11,50
FeO	Не опр.	3,87	6,07	Не опр.	Не опр.	Не обн.
MnO ₂	Не опр.	Не опр.	Не опр.	0,47	Не опр.	7,05
MnO	2,91	1,21	1,24	7,23	8,07	19,63
MgO	7,48	7,32	13,92	0,41	9,00	1,21
CaO	15,13	27,07	24,47	12,57	6,57	6,57
BaO	6,73	Не опр.	Не опр.	1,35	Не опр.	Не опр.
Na ₂ O	0,28	1,07	1,01	4,71	3,40	0,12
K ₂ O	0,95	0,16	0,46	1,62	3,40	0,10
P ₂ O ₅	0,03	0,12	0,04	0,12	0,17	0,14
S	Сл.	Не обн.	Сл.	0,30	0,06	Не обн.
H ₂ O	Не опр.	0,16	0,13	0,21	0,82	0,60
П.п.п.	19,48	12,84	36,90	13,55	Не опр.	1,65
Сумма	98,80	99,50	100,67	99,69	93,93	100,19

Примечания. 1–3 – образцы с Холзунского месторождения: 1 – барит-доломит-кварцевый агрегат из литофизы игниспумита, 2 – эпидот-амфибол-кальцитовый сланец, 3 – кварц-анкерит-доломитовая порода с примесью пирокластики; 4 – туффит псаммитовый с манганокальцитовым цементом; 5 – то же, месторождение Коксинское I; 6 – роговик цоизит-амфибол-спессартиновый, верховья р. Становая Уба. Анализы выполнены в химико-аналитических лабораториях СНИИГ-ГиМСа и ЗСГУ.

неиспользуемые карбонаты отмечаются и в окисных марганцевых рудах. Наиболее типичные разрезы с марганцевистыми карбонатами наблюдаются в северной части Холзунского месторождения и на Коксинском I месторождении. Характерно, что некоторые литофизы в игниспумитах (пенистых лавах) заполнены марганцевистым доломитом, баритом и кварцем. Химический состав кремнисто-карбонатного ядра из литофизы, очищенного от вернадита, приведен в табл. 5.

нитной и гравитационно-магнитной сепарации получены концентраты с содержанием Mn 45,97–48,67 %. В суммарном концентрате марганца 43,73 % при извлечении 88,63 % и выходе концентрата 61,2 %, что характеризует их как качественные, пригодные для выплавки ферромарганца (С. А. Романович и др., 1978). Прогнозные ресурсы по категории Р₁ до глубины 500 м оценены в 10,76 млн т. Район перспективен для их увеличения и обнаружения месторождений с более богатыми рудами.

Туфогенно-кремнисто-карбонатные марганцевистые породы и руды встречаются в виде пластов и горизонтов на многих участках Холзунско-Белорецкой зоны. Обычно они ассоциируют с железорудными горизонтами. Иногда марганцевистые породы сменяют железорудные горизонты по простиранию или находятся с ними в едином разрезе рудоносного горизонта стратиграфически выше или ниже железорудных. Содержание марганца в породах обычно не превышает 10 %, и лишь в редких случаях встречаются богатые родохрозитовые руды (рудопроявление Ночная Коксу).

В небольшом количестве марганца

Марганценовые породы представлены известковистыми, доломитистыми туффитами, туфопесчаниками, туфоалевролитами, реже известняками, доломитовыми и анкеритовыми породами с примесью пирокластического и терригенного материала. Карбонаты составляют от 5 до 90 % объема породы, имеющей слоистую, сланцеватую, реже массивную текстуру и обычно преобладающую псаммитовую или бластопсаммитовую среднезернистую структуру. Нередки линзы, конкреции и неправильной формы стяжения высокомарганцевых карбонатов, по которым в зоне окисления образуется вернадит, а по трещинкам скола – характерные марганцевые дендриты.

В качестве главных породообразующих минералов встречаются марганецсодержащие кальцит, доломит и анкерит, а также кварц, альбит, калишпат, серицит, гематит, гидроокислы железа и марганца, примеси магнетита, ильменита, титаномагнетита, биотита, эпидота, амфибола, турмалина, барита, апатита, пирита. В небольшом количестве присутствуют обломки кислых и средних эффузивов. Связующая масса в туффитах и туфопесчаниках состоит из серицит-кварц-карбонатного материала. Сравнительно чистые известковистые породы встречаются редко, чаще карбонаты представляют собой изоморфный ряд: кальцит – доломит, анкерит – сидерит – родохрозит (см. табл. 5).

Это высококремнистые образования с заметной примесью титана, алюминия и щелочей за счет кластики и с очень низким содержанием фосфора. Как и туфогенным марганцовистым породам, им свойственно высокое содержание бария. В контактовых ореолах гранитоидных массивов в марганцовистых туфогенно-кремнисто-карбонатных породах в значительном количестве образуются пьомонтит и спессартин. Окатанные обломки контактово-метаморфизованной марганцевой руды обнаружены нами по р. Становая Уба. Содержание окиси марганца в руде более 25 %. Руда состоит из спессартина, амфибола, цоизита и гидроокислов марганца (см. табл. 5). Иногда эти минералы встречаются и в туфах. Горизонт пьомонитовых туфов в левом борту р. Уба, прослеживается по простираению на несколько километров (рис. 10). Туфы спекшиеся кислого состава. Пьомонтит, по всей вероятности, образовался в результате термального воздействия раскаленной пепловой массы на обломки родохрозитовой или манганокальцитовой руды, захваченных эксплозией и указывающих на присутствие марганценовых горизонтов в кальдерах. По морфологии и происхождению пьомонитовый туф аналогичен гематитовым и магнетит-гематитовым агломератовым и гравелитовым туфам в рудных полях некоторых вулканогенно-осадочных железорудных месторождений Алтая. Это свидетельствует о формировании в ряде случаев марганцево- и железорудных горизонтов вблизи вулканических аппаратов, возможно, непосредственно в кальдерах.

Из акцессорных элементов-примесей марганцовистых пород и руд наиболее характерны медь, никель, галлий, ванадий, цирконий, титан, барий; для туфогенно-карбонатных марганцовистых пород, кроме того, – хром и бериллий. Примером, когда карбонатные марганцевые руды достигают высоких концентраций марганца, служит рудопроявление Ночная Коксу.

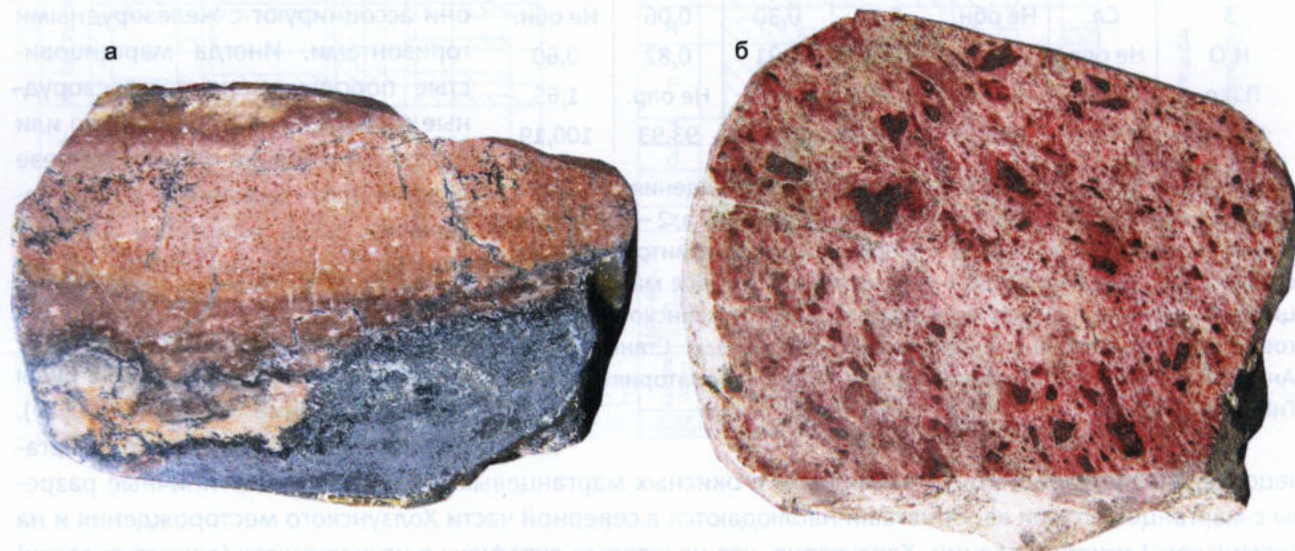


Рис. 10. Богатая родохрозитовая руда (а), пьомонитовый игнимбрит (б): в раскаленную до 900–1100 °С пепловую массу во время вулканического извержения попали обломки родохрозитовой марганцевой руды, которые в результате высокой температуры и окислительной среды псевдоморфно заместились пьомонитом

Рудопоявление *Ночная Коксу* находится на восточном склоне Коксинского хребта, в верховьях р. Ночная Коксу, на правом и левом ее бортах близ русла. Как железорудное оно известно с 1927 г., как марганцевое – с 1947 г. [18]. На левом борту горизонт сложен только бедными и средними по содержанию железа магнетит-гематитовыми рудами; на правом он имеет железомарганцевый состав. *Железомарганцевый горизонт Правобережного участка* прослежен автором в северо-западном направлении на 750 м при максимальной мощности 31 м. На флангах горизонта марганцевая минерализация затухает, присутствуют в основном туфопесчаники с вкрапленностью гематита и магнетита. В северо-западном направлении марганценовые туффиты сменяются известняками и известковыми туффитами.

Бороздовым опробованием установлено, что обогащенные марганцем пласты содержат 41,89 %, 35,58 % и 4,03 % валовой окиси марганца при содержании железа 2–3 %; концентрация фосфора не превышает сотых, серы – десятых долей процента, мышьяка – следы (табл. 6) [18].

Неокисленная родохрозитовая руда имеет тонкозернистую до пелитоморфной структуру с мелкими округлыми карбонатными тельцами и участками органогенной структуры с переходом в порфиробластовую (см. рис. 10). В родохрозитовой массе неравномерно распределены таблитчатые или призматические кристаллики и агрегаты буроватого фриделита-пиросмалита, иногда с зернами спесартина. Отмечаются также зерна и мелкие агрегаты ярко-желтого берцелиита. В протолочках также обнаружены мусковит, единичные зерна родонита, турмалина, рутила, циркона, роговой обманки, эпидота, альбита, микроклина, магнетита. Существенно родохрозитовый состав руды подтвержден рентгеноструктурным и термическим анализами [18].

Геолого-генетическая модель месторождения Прозрачное. Туфогенные горизонты с окисными марганцевыми рудами формировались в прибрежно-морских или континентальных условиях. Об этом свидетельствуют залегание рудоносных пород прямо на туфах и игнимбритах; небольшая мощность горизонтов; грубо- и крупнообломочный состав пород и их красноцветная окраска; частое присутствие знаков волноприбойной ряби на поверхности напластования туффитов; косая слоистость; наличие в основании горизонтов ильменит-мартитовых туффитов, аналогичных отмытой тяжелой фракции современных пляжевых песков вулканических областей (см. рис. 9).

Первоначально марганец, видимо, находился в рассеянной форме среди пирокластических, осадочно-пирокластических и карбонатных отложений. Высокие его концентрации возникали в период диагенеза в результате стяжения рудного вещества. В некоторых случаях образование марганцевых руд связано с гидротермальными и вадозно-инфильтрационными процессами.

Таблица 6

Химический состав родохрозитовых и гематитовых руд, вес. %

Окисел	Родохрозитовая руда (обр. 1466)	Родохрозитовая руда окисленная (обр. 1467)	Гематитовая руда (обр. 1471-1)
SiO ₂	16,65	12,63	48,92
TiO ₂	0,19	0,10	Сл.
MnO ₂	0,52	16,32	–
Fe ₂ O ₃	–	–	41,31
Al ₂ O ₃	3,89	4,68	0,58
FeO	0,94	1,56	0,01
MnO	53,95	56,98	1,08
CaO	0,23	0,01	3,76
MgO	0,51	0,07	0,50
BaO	1,45	0,60	0,50
Na ₂ O	0,09	0,05	0,47
K ₂ O	0,61	0,45	0,2
П.п.п.	19,82	4,78	3,19
P ₂ O ₅	0,057	0,064	0,07
S	–	–	0,096

Марганценовые горизонты, так же, как и железистые, представляют собой цепочку обогащенных рудным веществом участков в вулканогенно-осадочных толщах, приуроченных к линейно расположенным вулканическим очагам, которые контролировались крупной системой субмеридиональных разломов, разделяющих каледониды Горного и герциниды Рудного Алтая. Марганценовые горизонты с перерывами прослеживаются от железорудного месторождения Родионов Лог на юго-востоке до Белорецкого и Инского на северо-западе и далее на север в предгорья Алтая, составляя полосу длиной около 600 км, и вместе с железорудными являются характерными образованиями ранне-среднедевонских вулканогенно-осадочных толщ Западного Алтая.

О сингенетичности марганцеворудного процесса с проявлениями кислого, преиму-

щественно эксплозивного вулканизма свидетельствуют залегание марганценосных горизонтов среди вулканических пород, нередко вблизи вулканических аппаратов; наличие в подстилающих эффузивах и пирокластах гидротермально-метасоматических проявлений марганца, связанных с фумарольно-сульфатарной деятельностью; присутствие в районе эруптивных брекчий с обломками марганцевых руд; одинаковый состав элементов-примесей в марганценосных породах и ассоциирующих с ними вулканитах и другие особенности.

Месторождение Прозрачное и рудопроявления Западного Алтая, по-видимому, аналогичны ордовикским месторождениям Южного Урала и Северных Мугоджар, позднедевонским месторождениям атассуйского типа в Казахстане, верхнепротерозойским рудопроявлениям в Забайкалье. Их можно отнести к группе вулканогенно-осадочных марганценосных формаций порфирирового ряда, по Н. С. Шатскому [92], ассоциирующих преимущественно с вулканитами трахилипаритового состава. Как отмечает И. М. Варенцов [6], в этой группе формаций сравнительно широко развиты богатые пиrolюзитовые либо браунит-гаусманитовые руды, нередко связанные с железистыми разностями. Для них часто характерны довольно высокие содержания бария, свинца, цинка, иногда золота, олова и других элементов.

Аршанское рудопроявление расположено в 120 км на юго-восток от ж.-д. ст. Нижнеудинск. Открыто в 1961 г. В структурном отношении приурочено к юго-восточной границе Присаянского прогиба с Урикско-Ийским грабеном (В. Е. Беляевский и др., 1971; Е. П. Бессолицин и др., 1969; В. В. Корабельникова и др., 1973). Марганценосные отложения выделены в кварц-кератофирово-песчаниково-карбонатную формацию, игнимбри-пирокластовую подформацию. Оруденение железомарганцевое. Рудные тела залегают в нижней части второй пачки шангулежской свиты, представленной игнимбри-пирокластовой подформацией. Отложения рудоносной пачки простираются в северо-западном направлении и полого падают на северо-восток под углом 5–15°. Рудоносная пачка прослежена на расстояние 30 км, но на всем ее протяжении железорудные и реже марганцеворудные скопления наблюдаются фрагментарно, лишь на участке Дорожный встречены маломощные рудные тела с промышленными концентрациями марганца и железа. Общая мощность рудоносной пачки от 11 до 90 м.

Внутреннее строение рудной пачки сложное: она состоит из чередующихся слоев безрудных и слабо оруденелых конгломератов, песчаников, вулканогенных пород, железных и марганцевых руд. Рудные тела образуют линзы, гнезда и пластообразные залежи, залегающие согласно с вмещающими породами. Общая протяженность тела марганцевых руд, вскрытого на участке Дорожный, 130 м. Оно разобщено на ряд мелких линзообразных тел длиной от 0,5–1,5 до первых десятков метров при мощности от 0,05–0,2 до 0,6 м. По минеральному составу на Аршанском рудопроявлении могут быть выделены следующие типы руд: 1) браунит-гаусманитовые; 2) пиrolюзит-псиломелановые; 3) гематитовые. В браунит-гаусманитовых рудах рудное вещество служит цементом полуокатанного плохо отсортированного обломочного материала, представленного кварцем, гранатом, сланцами, эффузивами. Гаусманит преобладает над браунитом. В этих рудах содержится (вес. %): Mn 23,34–43,28, Fe 1,56–5,92, P 0,02–0,026, SiO₂ 7,4–16,5; в окисленных пиrolюзит-псиломелановых рудах Mn 24,82 %, Fe 1,62 %, P 0,02 %, SiO₂ 27,0 %.

В целом минеральный состав руд таков: браунит, гаусманит, барит, родохрозит, кальцит, гематит, калишпат, манганокальцит, фриделит, антигорит, гранат, халцедон, хлорит, гидрослюда, халькопирит, пирит, кубанит, крипомелан, пиrolюзит, гидрогетит, гидролепидокрокит, борнит, халькозин, ковеллин. Генезис рудопроявления вулканогенно-осадочный метаморфизованный.

По данным геолого-поисковых работ прогнозные ресурсы марганцевых руд оцениваются в 6400 т при среднем содержании марганца в них 36,33 %. Рудопроявление практической ценности не представляет, но может служить основой для поисков месторождений подобного типа с промышленными запасами.

2.4. Карбонатно-терригенно-вулканогенная марганценосная формация

Как и предыдущая, отличается подчиненной ролью карбонатных пород. Формируется в узких прогибах типа межгорных впадин и в грабен-синклиналях. Роль вулканогенных пород различна.

Лучше всего эту формацию характеризует *Кайгадатское* месторождение, расположенное на севере Кузнецкого Алатау в правобережье р. Бол. Кайгадат. В районе установлена целая группа марганцевых проявлений, составляющих Чумай-Кожуховское рудное поле (А. Ф. Быч и др., 1988; О. И. Никонов

и др., 1973; Б. А. Орешкин и др., 1985) [5, 47]. Характеристика месторождения приводится в основном по материалам А. Ф. Быча. На месторождении проведены поисково-оценочные работы. Рудная пачка прослежена пятью буровыми профилями по простиранию на 2000 м, по падению до 1000 м при максимальной глубине подсечений 445 м.

Месторождение приурочено к вулканогенно-осадочным отложениям чумайской свиты вендраннекембрийского возраста. Толща здесь сложена эффузивами основного состава, туфами смешанного состава, туфоалевролитами, туфопесчаниками, туфогравелитами, пепловыми туфами кислого состава, красными яшмами, кремнистыми железомарганцевыми и карбонатными марганцевыми рудами. Эти отложения образуют блоковую субмеридиональную структуру. В наиболее полных разрезах мощность толщи составляет не менее 1000 м. Руды формируют пласты и линзообразные протяженные тела мощностью от 1 до 20 м, залегающие согласно с вмещающими породами. Рудовмещающие отложения разделяются на три пачки: подрудную (300 м), рудную (500 м) и надрудную (более 200 м). Облик рудных пластов ритмично-слоистый. Часто в слойках имеются конкреции, отмечается линзовидно-косая слоистость, микроразмывы. Главные рудные минералы – гематит и браунит. В тесном сростании с ними находится кварц. Рудная пачка в субмеридиональном направлении прослеживается более чем на 25 км при ширине выхода 1–1,5 км. По условиям залегания месторождение разделено на три крупных тектонических блока, ограниченных дизъюнктивными нарушениями.

Руды Кайгадатского месторождения представляют собой плотные грубоплитчатые образования с хорошо заметной тонкослоистой текстурой, скрытозернистые с раковистым изломом. Цвет их красно-коричневый, сургучно-красный. По составу руды железомарганцевые, существенно кремнистые. Главные минералы – гематит, браунит и кварц. В среднем для всего месторождения установлены следующие содержания: MnO 10,82 %, Fe₂O₃ 20,28 %, SiO₂ 43,08 %, а также (вес. %) P₂O₅ 0,16–0,48, Al₂O₃ 6,28, TiO₂ 0,30, MgO 2,29, CaO 8,27 при очень низких содержаниях серы.

Руды практически небогатимы из-за тонкодисперсности рудного и нерудного материала. В результате проведения лабораторных исследований в Сибирском металлургическом институте, промышленных испытаний на Кузнецком заводе ферросплавов и Западно-Сибирском металлургическом комбинате (ЗСМК) было показано, что руда Кайгадатского месторождения пригодна для получения марганцевого ферросилиция и использования его для выплавки стали.

Запасы Кайгадатского месторождения оценены по категориям C₂ – 32,7 млн т, C₂+P₁ – 82,9 млн т при среднем содержании MnO 11,08 %, Fe₂O₃ 21,26 %, SiO₂ 40,9 %; прогнозные ресурсы по категории P₂ – 116 млн т. (А. Ф. Быч и др., 1988; В. С. Мурзин и др., 1988).

Вероятно, в условиях более интенсивного контактового и регионального метаморфизма, руды кайгадатского типа могут иметь более крупную зернистость и станут легко обогащаемыми. Возможно, как и на Алтае, терригенно-вулканогенная ассоциация кайгадатского типа фациально переходит в вулканогенно-карбонатную с иным, более благоприятным технологическим составом руд.

2.5. Гондитовая марганценозная формация

Как известно, гондит – это мелкозернистая метаморфическая порода, состоящая из кварца, спессартина и родонита, входящая в состав серии марганценозных метаморфических пород (гондитовая серия), относящихся к дарварской системе в Индии. При выветривании в тропическом климате образует высококачественные марганцевые руды. Главные месторождения таких руд сосредоточены в Индии, Бразилии, Западной и Южной Африке. Месторождения и рудопроявления марганца, связанные с гондитовой формацией на территории Сибири, распространены среди раннепротерозойских толщ в Дербинской и Онотской металлогенических зонах (Иркутская область), образовавшихся в геосинклинальных условиях (Утхумское, Агульское месторождения и Андотское рудопроявление). Выделенная формация несколько отличается от классической гондитовой формации Индии наличием сланцевой составляющей и более сложным составом руд, включающим не только спессартин, родонит и кварц (гондиты), но и яacobсит, гаусманит, браунит [13] (А. К. Бабкин и др., 1976; М. И. Тюменцева и др., 1988).

Наиболее перспективный представитель рассматриваемой формации – *Утхумское марганцевое месторождение*, расположенное в 180 км на юг от Нижнеудинска. Выявлено в 1967–1970 гг. при проведении поисково-съёмочных работ. Месторождение размещается на юго-восточном фланге Дербинской (Восточно-Саянской) структурно-металлогенической зоны и приурочено к нижней части утхумской (алыгджерской) свиты, залегающей в основании дербинской серии раннепротерозойского возраста.

Вулканогенно-осадочные породы свиты метаморфизованы и представлены гнейсами, мраморами, амфиболитами, кварцитами и кристаллическими сланцами. Марганцевое оруденение приурочено к нижней части свиты, в составе которой значительную роль играют двуслюдяные биотит-роговообманковые, гранат-эпидот-амфиболовые кристаллические сланцы. Структура месторождения – антиклиналь субширотного простирания.

Рудные тела пластообразной формы. Выделены два главных рудных тела. Рудное тело № 1 прослежено в крыльях антиклинальной складки на расстояние 5 км при мощности 5–8 м. Руды преимущественно силикатные; сложены тефроитом, кнебелитом, спессартином, в подчиненном количестве родохрозитом. Содержание марганца варьирует от 9 до 23 %, фосфора не превышает 1 %. Рудное тело № 2 прослежено на 1,5 км при мощности 0,6–3,0 м. Руды карбонатно-силикатные, сложены кнебелитом, тефроитом, родохрозитом, манганокальцитом, спессартином. Концентрация марганца 18 %. Прогнозные ресурсы марганцевых руд по категории P_2 (до глубины 200 м) составляют 40 млн т. Из карбонатных руд получены концентраты с хорошими показателями, но их селективно трудно обрабатывать, что делает это месторождение малоперспективным для промышленного использования.

Агульское месторождение расположено в северо-западной части Дербинской структурно-металлогенической зоны, в 182 км на юго-запад от ж.-д. ст. Нижнеудинск. Приурочено к нижней подсвите гольцовой свиты раннего протерозоя, сложенной метаморфизованными вулканогенно-осадочными породами (мраморы с графитом, кварциты, гнейсы, амфиболиты). Среди кварцитов отмечаются гранатослюдястые кварцосодержащие сланцы и гранатокварцевые породы (гондиты), содержащие до 40 % спессартина. Вмещающие образования представлены переслаивающимися мраморами, кварцитами, гранат-серицитовыми кремнистыми сланцами. Среди них выделены 12 пластообразных стратиформных рудных тел, которые по простиранию прослежены на 200–2000 м. Их мощность 0,3–15 м (в раздувах до 20 м), средняя – 6 м; суммарная мощность по разрезу участками достигает 30 м. Рудные тела, как и вмещающие породы, имеют крутое моноклиальное залегание с падением на юго-запад. Марганцевые руды образуют три геолого-промышленных типа: 1) окисный, 2) силикатно-карбонатный, 3) силикатный.

В зоне окисления марганцевые руды представлены псиломелановыми разностями со значительным содержанием галлуазита. В них также присутствуют пиролюзит, вернадит, марганит, гаусманит, фриделит, литиофорит. Концентрация марганца 10–22 %, на отдельных участках вернадитовых руд до 26–28 %, а в псиломелановых рудах до 40 %. Среднее содержание железа 3 %, фосфора 0,23 %. Прогнозные ресурсы марганцевых руд Агульского месторождения по категории P_2 составляют 95 млн т при средней концентрации марганца 17,8 %. По масштабам марганцевого оруденения Агульское месторождение представляет значительный интерес, но состав марганцевых руд и их технологические свойства изучены недостаточно. К тому же оно расположено в экономически не освоенном высокогорном районе, входящем в состав заповедной зоны.

Андотское железомарганцевое рудопроявление находится в 200 км на юго-восток от ж.-д. ст. Нижнеудинск. Выявлено в результате геологической съемки. Расположено в Онотском прогибе на юго-восточном фланге Присянской зоны.

Оруденение стратиформного типа приурочено к нижней подсвите андотской свиты, представленной марганценосными кремнисто-карбонатными породами (мраморизованные доломиты и известняки, кварциты, метаэффузивы, метаморфизованные в амфиболитовой и гранулитовой фации регионального метаморфизма). Структура рудопроявления моноклиальная с относительно пологими (20–30°) углами падения на юго-запад. Рудоносная пачка прослежена горными выработками по простиранию на 1200 м, ширина выхода рудной пачки на поверхности 400 м. В пределах пачки отдельные рудные тела имеют линзовидно-пластовую форму. Протяженность отдельных пластов-линз варьирует от 10 до 70 м при мощности 1–3 м.

Рудную пачку подстилают карбонатные породы с содержанием марганца от десятых долей до первых процентов, перекрывают карбонатно-сланцевые породы. Последние представляют собой метаморфизованные туфы диабазов с повышенным содержанием MnO (0,31–0,56 %). Собственно рудная пачка представляет собой тонкоперемежающиеся разнообразные породы: кварциты, спессартин-родонитовые кварциты, клиноцоизит-пьемонтит-полевошпат-кварцевые, хлорит-полевошпатовые, слюдисто-полевошпат-апатит-спессартиновые кристаллосланцы, рудные доломиты.

Основные типы марганцевых и железомарганцевых руд окисные и силикатные с промежуточными разновидностями. Незначительно распространены родохрозитовые руды с примесью магнетита. Окисные руды переходят в силикатные по простиранию рудной зоны и в основном распространены на флангах. Среди минеральных разновидностей А. К. Бабкин и Е. И. Наумов выделили спессартиновые, магнетитовые, магнетит-спессартиновые, родонит-магнетитовые, магнетит-спессартин-родонитовые, магнетит-якобсит-спессартиновые, пьмонтит-якобсит-спессартиновые, гаусманит-якобситовые, гаусманит-якобсит-ильменит-магнетит-браунитовые, пьмонтит-браунит-ильменит-магнетитовые, магнетит-якобсит-пирофанит-браунитовые, магнетит-якобсит-пирофанит-пьмонтитовые, браунит-пирофанитовые, пирофанитовые. Текстура руд полосчатая, сланцеватая, вкрапленная.

Прогнозные ресурсы марганцевых руд Андотского рудопоявления, подсчитанные до глубины 300 м по категории P_2 оценены в 6 млн т (Mn 12–26 %, среднее 19,5 %). Содержание железа 20–40 %. Андотское рудопоявление не представляет практического интереса в силу незначительных ресурсов руд и их невысокого качества.

2.6. Джеспилитовая марганценовая формация

Большой интерес к этой марганценовой формации вызван тем, что целый ряд крупных и гигантских марганцевых месторождений связаны с железистыми кварцитами и даже залегают среди них. Кроме того, в некоторых районах железистые кварциты обогащены марганцем, хотя промышленные месторождения такого типа встречаются редко [70].

Самые крупные в мире разведанные запасы высококачественных марганцевых руд (3120–4500 млн т) джеспилитовой формации локализованы на севере Капской провинции и в провинции Трансвааль [39] в Южной Африке. Речь идет о формации Хотазел (рудное поле Калахари) с возрастом рудовмещающих пород 2300–1900 млн лет. В рудном поле Калахари марганцевые руды, согласно переслаиваются с железистыми кварцитами и известняками. Они залегают над андезитовыми лавами Онгелун, а перекрываются доломитами [39, 70]. Руды представлены браунитом, гаусманитом, кутнагоритом, бементитом, гематитом, родохрозитом, якобситом, биксбиитом, манганитом, псиломеланом, пиролюзитом.

На юге Сибири, в Туве известна группа месторождений и рудопоявлений полосчатых железистых кварцитов. Она расположена в северо-западной части Сангиленского нагорья. Железистые кварциты образуют две параллельные полосы северо-восточного направления, отстоящие друг от друга на 10–12 км и протягивающиеся на 35 км. Среди них известны Мугурское, Центральное, Арысканское и другие месторождения и несколько рудопоявлений. Площадь проявлений железистых кварцитов пространственно размещается в Мугурском грабене, который находится на северном крыле крупной Эрзинской антиклинали. Литологически сложный комплекс пород (мощностью до 1700 м), вмещающий месторождения, залегают на архейском фундаменте, образованном гранулитами, и перекрываются терригенно-карбонатными отложениями. Возраст рудовмещающей толщи раннепротерозойский.

Высокая марганценовость выявлена в железистых кварцитах и разделяющих их прослоях Мугурского месторождения. Оруденение вскрыто серией канав, тремя скважинами до глубины 150 м и 50-метровой штольней. В основании разреза рудовмещающей мугурской свиты залегают гнейсы биотитового и амфибол-биотитового состава. Центральная (продуктивная) часть разреза сложена биотитовыми и амфибол-биотитовыми с гранатом сланцами и гнейсами, амфиболитами, железистыми и безжелезистыми с графитом кварцитами, мраморизованными известняками; верхняя (надрудная) – мраморизованными известняками с линзами кварцитов и углисто-графитовых сланцев. Железистые кварциты образуют два рудных интервала в нижней и верхней частях продуктивной пачки. Они представлены отдельными пластообразными телами и линзами различной протяженности и мощности, залегающими согласно с вмещающими их породами – сланцами, кварцитами, гнейсами и амфиболитами. Мощность рудных тел колеблется от 1,5 до 13,0 м. Марганец в железистых кварцитах установлен по результатам химического и спектрального анализов. Максимальные содержания окиси марганца достигают 16,94 %. Обычно это десятые доли и первые проценты. Рентгеноструктурный анализ марганценовой породы показал присутствие манганита, родонита, вернадита. В зонах окисления отмечается псиломелан. Пространственное распространение, состав, взаимоотношения с окружающими породами и другие особенности марганцевого оруденения не изучены. Пока лишь обращает на себя внимание повсеместно повышенный фон марганца, проявление повышенных концентраций по всему

рудному полю и наличие самостоятельного оруденения в определенных участках рудной пачки, а также высокая фосфористость железистых кварцитов.

К марганценосным можно отнести железистые кварциты Тыйской и Абчадской рудных зон в Северном Прибайкалье на территории Бурятии. Тыйская железорудная зона приурочена к юго-восточному крылу Олоkitского синклинория и расположена на северо-западном побережье оз. Байкал в 8–10 км от его береговой линии. Прослеживается по простиранию примерно на 70 км. Поисковыми работами охвачен 50-километровый участок зоны. Оруденение приурочено к зеленокаменной пачке олоkitской свиты позднепротерозойского возраста. Характерный литологический признак продуктивной пачки – наличие горизонтальной ритмичной слоистости пород, которая выдерживается на значительном расстоянии. Тонкая ритмичная слоистость наблюдается и в железистых кварцитах. Отметим, что пласты железистых кварцитов с подошвы и кровли ограничиваются горизонтами карбонатных пород. Последние рассматриваются как стратиграфические границы вертикального распространения железистых кварцитов [94]. Мощность продуктивной пачки между горизонтами карбонатных пород на разных участках различна (500–1000 м).

Рудный горизонт Тыйской зоны представляет собой ритмичное чередование пластов железистых кварцитов, хлоритовых, углисто-серицитовых, карбонатно-кварцевых сланцев и безрудных кварцитов. Суммарная мощность рудного горизонта достигает 110 м. Выделяются магнетитовые, магнетит-гематитовые и гематитовые разновидности железных руд, встречающиеся в разрезе горизонта разобщено. Изредка они связаны взаимопереходами. Среднее содержание железа в рудах на разных участках от 26,23 до 34,08 %; при этом постоянно присутствует марганец (от 0,1 до 8,29 %) [94]. Марганцевые минералы представлены спессартином и окислами марганца. Специальной оценки района на марганцевые руды не производилось.

В различной степени марганценосными являются железистые кварциты и вмещающие их толщи многих районов складчатых областей Сибири: Бийский выступ на Алтае, Саяны, Алданский щит.

2.7. Марганценозные формации коры выветривания

На территории Алтае-Саянской складчатой области (АССО) широко распространены коры выветривания. Их изучением занимались многие производственные и научные организации страны. В результате тематических исследований и поисково-съёмочных работ в АССО выявлены площадные и линейные коры выветривания, а также коры выветривания в карсте. По типам профилей выветривания установлены полные (с наиболее продуктивной верхней зоной конечного гидролиза) и неполные; по механизму формирования продуктов гипергенеза выделяются остаточные (элювиальные), в том числе и карстообразующие, наложенные (вторичные) и инфильтрационные. Всем им сопутствуют зоны ближнего переотложения продуктов выветривания, которые обычно питают россыпи полезных минералов или сами представляют собой промышленные скопления полезного ископаемого.

Несмотря на многочисленные публикации, коры выветривания даже в промышленно освоенных районах изучены поверхностно, несистематично (особенно в отношении их рудоносности). К этому следует добавить, что во многих случаях коры выветривания пространственно совмещены с зонами гидротермальных метасоматитов, с которыми связан ряд конвергентных минералов. Поэтому необходимы исследования для определения различий и значимости этих процессов, прежде всего на рудных объектах. От решения указанной задачи и других вопросов, связанных с морфологией, масштабами тел измененных пород, будет зависеть прогнозная оценка конкретных территорий на тот или иной тип полезного ископаемого. Месторождения марганца в корах выветривания известны в Индии, Бразилии, Западной и Северной Африке и др.

В качестве эталонных объектов металлоносных кор приводятся разрезы по некоторым марганцевым месторождениям и рудопроявлениям Сибири, где проведены геолого-разведочные работы различной детальности.

На Правобережном участке (наиболее приподнятом блоке) *Усинского месторождения* кора выветривания развита незначительно, имеет линейный характер и представляет собой корни «марганцевой шляпы»; на Левобережном (центральном) марганцеворудная кора наиболее распространена (см. рис. 4). Здесь присутствует как площадной, так и линейно-трещинный тип коры выветривания. Окисленные руды площадного типа широким плащом покрывают крутопадающие пласты первичных марганцевых руд и пород, располагаясь в приповерхностных частях марганцеворудной карбонатной

толщи. На Левобережном участке кора выветривания почти целиком перекрывает марганцеворудный горизонт и развивается вдоль мощных зон дробления. Нижняя ее граница весьма изменчива и опускается в зависимости от степени тектонической переработки до глубины 140 м. Признаки выветривания первичных пород и руд на отдельных участках наблюдаются до глубины 240 м. Севернее разведочной линии 5 кора выветривания опускается ниже уровня р. Уса на 60–70 м, что объясняется тектоническим погружением Левобережного участка относительно Правобережного. Глубокому химическому выветриванию подвергаются карбонатные и кремнисто-карбонатные руды, карбонатные породы (известняки и доломиты) и сланцы различного состава. Мощность зоны окисленных руд варьирует от 5 до 120 м. Средняя вертикальная мощность зоны окисленных руд 37 м. Максимальная мощность рудной зоны характерна для блоков с наибольшей трещиноватостью. При выветривании первичных карбонатных руд происходит существенное изменение минерального состава и структуры руд: легкорастворимые карбонаты не сохраняются, происходит вынос Са, Mg, CO₂ и относительное обогащение Mn, Fe и P. На Левобережном участке сосредоточено более половины запасов окисленных руд Усинского месторождения. Большая часть окисленных марганцевых руд представляет собой «марганцевые шляпы». Причем богатые разновидности (Mn 30–40 %) развиваются на выходах богатых родохрозитовых руд (Mn 20–24 %) (см. рис. 4, 5). Наблюдается прямая корреляция между мощностью зоны окисления и содержанием в рудах марганца и железа и обратная – с концентрацией фосфора. Наиболее богатые марганцем окисленные руды сосредоточены в блоке между разведочными линиями 9 и 7. Общая протяженность зоны окисленных марганцевых руд более 900 м, площадь около 60 тыс. м². Коэффициенты концентрации марганца, железа и фосфора в окисленных рудах Левобережного участка невысокие (Mn 1,26–1,41, Fe 1,3–1,7, P 1,19–1,44), что свидетельствует о масштабах перемещения этих элементов в коре выветривания (табл. 7).

Ажигольский участок располагается южнее Левобережного. Протяженность его 1,5 км. Карбонатные руды развиты незначительно и представлены двумя рудными телами. Первое сложено переслаивающимися родохрозитовыми и анкерит-сидерит-родохрозитовыми рудами. Мощность рудной пачки 19–37 м, протяженность более 200 м. Концентрация Mn 17,20–22,89 %, Fe 6,71–7,47 %, P 0,217 %. Второе рудное тело представлено кутнагорит-родохрозитовыми рудами. В разрезе 47 в карбонатных рудах содержится: Mn 15,90 %, Fe 3,85 %, P 0,168 %. Карбонатная рудоносная пачка в большей своей части перекрыта линейно-площадной корой выветривания, которая по составу и строению аналогична коре выветривания Левобережного участка. Окисленные руды образуют пачку линзопластообразных тел мощностью от 50 до 200 м. Минеральный состав окисленных марганцевых руд аналогичен такому на Левобережном участке, но руды уступают по качеству: более низкие содержания марганца (21,50 %) и более высокие – примесей (Fe 12,39 % и P 0,32 %). Коэффициент концентрации Mn в окисленных рудах для участка незначительный (1,25), хотя в разрезе 47 он более высокий (1,52) (см. табл. 7). Коэффициент концентрации Fe – 2,02, P – 1,40.

В составе окисленных руд Усинского месторождения кроме псиломелана присутствуют рамсделит, пиролюзит, нсутит, тодорокит, рансьеит. Химический состав марганцевых руд коры выветривания значительно отличается от такового первичных руд. Кальций, магний, сера выносились из коры выветривания. Концентрации марганца, железа, алюминия, фосфора значительно возросли. Самый верхний горизонт марганцеворудной шляпы относительно беден кремнеземом, с глубиной его количество увеличивается. Концентрации титана, хрома, ванадия, никеля, кобальта, меди, свинца не изменяются [88].

Среднее содержание марганца в первичных родохрозитовых рудах Усинского месторождения составляет 19,42 % (максимальное более 30–35 %); во вторичных окисленных рудах – 23,30 % (в отдельных случаях до 50–55 % при довольно резком колебании как по разрезу, так и по простиранию рудных тел). Часть окисленных руд относится к богатым ферромарганцевым типам. Залежи богатых марганцевых руд коры выветривания на Усинском месторождении отличаются отчетливым проявлением вертикальной минералого-геохимической зональности. Сверху вниз выделяются следующие зоны [88]:

- богатых остаточных (окисленных) марганцевых руд, преимущественно псиломелановых, вернадитовых и пиролюзитовых;
- полуокисленных пористых слабо уплотненных марганцевых руд;
- неокисленных, первичных тонкослоистых марганцевых карбонатных руд.

Окисленные руды сложены рансьеитом, тодорокитом, нсутитом, рамсделитом, гидрогетитом, пиролюзитом, кварцем, прохлоритом, мусковитом, тальком, родохрозитом, сидеритом, апатитом.

Таблица 7

Содержание марганца, железа, фосфора в карбонатных (первичных) и окисленных рудах Усинского месторождения (по материалам П. П. Ладыгина, С. С. Пожидаева и др.)

Руды	Содержание, %		
	Mn	Fe	P
<i>Левобережный участок</i>			
Окисленные	27,12	8,77	0,273
Первичные	19,16	6,80	0,189
Коэффициент концентрации	1,41	1,3	1,44
<i>Разрез 10 (среднее)</i>			
Карбонатные + окисленные (9/71)*	21,89	7,27	0,230
Окисленные (9/14)	25,44	8,67	0,231
Карбонатные (8/47)	20,18	5,11	0,194
Коэффициент концентрации	1,26	1,7	1,19
<i>Ажигольский участок</i>			
Окисленные	21,50	-	-
Первичные	17,20	7,47	0,22
Коэффициент концентрации	-	-	-
<i>Разрез 47 (среднее)</i>			
Карбонатные + окисленные (7/27)	18,34	5,85	0,188
Окисленные (5/12)	24,20	7,80	0,235
Карбонатные (4/14)	15,90	3,85	0,168
Коэффициент концентрации	1,52	2,02	1,40

* В числителе – количество скважин, в знаменателе – количество бороздовых проб.

Вторичные окисленные марганцевые руды распространены по всей площади месторождения и образуют «марганцевую шляпу» (см. рис. 6). Они в основном состоят из псиломелана. В подчиненном количестве встречаются пиролюзит, манганит, браунит, гематит, лимонит, из нерудных – кварц, барит и кальцит. По морфологии выделяются массивные, кавернозные, брекчиевидные и брекчированные, почковидные и рыхлые марганцевые руды. Химический состав (%) окисленных руд, по Н. И. Овсянникову: Mn 20,14–44,63, S 0,03–3,66, P 0,011–0,160, SiO₂ 7,88–25,0, Fe₂O₃ 3,91–26,49, BaO 0,65–19,33. Окисленные руды богаче первичных по содержанию марганца и бария, более железистые, содержат меньшее количество магнезии и извести. Они распространяются до глубины 110 м от поверхности.

Зона окисления *Мазульского месторождения*, связанная с корой выветривания, распространяется до глубины 60 м от поверхности, ее граница неровная. Оруденение характеризуется неравномерным пространственным распределением богатых и убогих руд. Особенно резко это проявляется в зоне окисления. В более глубоких горизонтах месторождения, ниже уровня грунтовых вод, рудные карбонатные тела пространственно подчиняются элементам залегания вмещающих пород. Самые богатые руды встречаются в окисленной зоне с концентрацией марганца в пробах до 47,28 %, а отдельные штучные пробы содержат 65 % марганца. Граница перехода карбонатных руд в окисленные находится примерно на уровне грунтовых вод. Окисленные руды представляют собой «марганцевую шляпу». Главные минералы зоны окисления – псиломелан, пиролюзит, лимонит. Рентгеноструктурный анализ нескольких проб окисленной марганцевой руды, выполненный в СНИИГГиМСе, показал присутствие в них значительного количества нсутита и гетита. Идентифицированы бернессит и тодорокит. Первичные руды представлены родохрозитом, манганитом, манганосидеритом, сложными силикатно-карбонатными минералами. Самые верхние горизонты обогащены железом, нижние – марганцем. По генезису среди окисленных руд выделяются остаточные и инфильтрационные разновидности [71]. Окисленные руды Мазульского месторождения считают продуктами триас-нижнеюрской коры выветривания.

Николаевское месторождение открыто в результате геолого-поисковых работ в 1962 г. Расположено в Нижнеудинском районе в 50 км к югу от ж.-д. ст. Нижнеудинск. Месторождение входит

Дурновское месторождение приурочено к северо-западной части Урско-Бачатской антиклинали в зоне фациального перехода вулканитов в карбонатные породы печеркинской свиты раннекембрийского возраста. Оно размещается в мощной долгоживущей тектонической зоне северо-западного простирания, в пределах которой широко развиты брекчированные и милонитизированные породы, значительно измененные вторичными процессами. Последние проявились в интенсивном окварцевании, пропилитизации, альбитизации, сульфидизации, развитии жил барита, кварца, кальцита с золото-колчеданно-полиметаллической минерализацией. Выделяются марганцевые руды браунитового, пиролюзит-браунитового, гаусманитового, изредка родохрозитового состава и окисленные руды пиролюзитовые, псиломелан-пиролюзитовые, псиломелановые с реликтами браунита, гаусманита, родохрозита. Форма рудных тел пласто-, гнездолинзообразная и штокверковая. В генезисе марганцевых руд выделяется несколько стадий: гидротермально-осадочная, метаморфическая, гидротермально-метасоматическая и гипергенная. Последняя проявилась в мел-палеогеновое время по окисдным и карбонатным рудам.

в состав Уватской группы, включающей, кроме Николаевского месторождения, восемь рудопроявлений – Рубахинское, Тележное, Кеттское, Красные I, II, Каменско-Уватское, Орик, Кагатское. Они слагают полосу протяженностью 55 км, шириной 20 км, вытянутую вдоль Транссибирской железнодорожной магистрали при среднем удалении от нее 40–50 км. Все рудопроявления располагаются в присводовой части Марско-Удинской антиклинали – основного элемента структуры Присяянской зоны (В. И. Белявский и др., 1971; О. Г. Терлецкий и др., 1968). В зависимости от погружения либо воздымания ее шарнира находится и степень проработки вмещающих пород растворами.

Рудоносная зона Николаевского участка протяженностью до 3 км, шириной 100–400 м располагается субпараллельно контакту 2-й и 3-й пачек тагульской свиты в пределах коры выветривания. Морфология рудных тел сложная: это линзо- и гнездообразные тела разных размеров (от желваков поперечником в 5–10 см до линз протяженностью 50–100 м), невыдержанные по падению. По падению рудная зона прослежена до 400 м. Общее падение рудной зоны на северо-восток под углом 5–10°, ее мощность 60–80 м. Рудная зона участками неоднократно сечет стратиграфический контакт 2-й и 3-й пачек тагульской свиты, но нигде не выходит за пределы коры выветривания. Средняя суммарная мощность рудных тел 5,65 м, в том числе марганцевых 2,1 м, железомарганцевых 4,6 м. Содержание марганца среднее по пласту 13,6 %, железа 8,1 %, фосфора 0,26 %. Выделяются два типа руд: 1) марганцевые (Mn более 5–9 %, Mn/Fe = 3:1); 2) железомарганцевые (Mn/Fe = 1:1, Mn+Fe 20 %). Наиболее распространены железомарганцевые руды. Возможна только совместная их добыча, а разделение на железный и марганцевый концентрат осуществимо лишь на стадии обогащения.

Минеральные разновидности марганцевых руд: 1) вернадито-пиролюзито-псиломелановые; 2) псиломелановые. Первые характеризуются порошковатой и землистой текстурой, в них встречаются желваки и крупные куски массивных марганцевых руд. Среди крупной и средней фракций таких руд преимущественно распространены обломки гидроокислов марганца почковидной, стилолитоподобной, корковой и цементационной текстур. Бедным (песчанистым) криптомелановым и пиролюзит-криptomелановым рудам свойственно преобладание кластического материала, сцементированного гидроокислами марганца, представленного почти исключительно криптомеланом. Порошковатые разновидности руд составляют до 50 % и более в описываемом типе руд. Усредненный состав руд: Mn 19,3 %, Fe 2 %, SiO₂ 54,12 %, P₂O₅ 0,15 %.

Псиломелановые руды прожилково-цементационной текстуры ограниченно распространены, хотя протяженность отдельных линз до 200 м при мощности 3 м. Руды сильно трещиноваты и представляют собой трещиноватые песчаники, пропитанные гидроокислами марганца, которые разбиты прожилками и содержат гнезда марганца. Их химический состав: Mn 9,0–16,0 %, Fe 0,67–2,74 %, P 0,05–0,17 %, SiO₂ 58,85–79,01 %. Запасы марганцевых руд по категории C₂ составляют 1,73 млн т со средним содержанием Mn 13,7 %, Fe 3,57 %, P 0,42 % (М. И. Тюменцева и др., 1988).

Железомарганцевые руды отличаются различным соотношением железных и марганцевых минералов: 1) гетит-вернадит-пиролюзит-псиломелановые; 2) гетит-псиломелановые. Химический состав первой разновидности – Mn 16,4 %, Fe 5,94 %, P 0,18 %, SiO₂ 47,66 %; второй – 6,4–12,6 %, 4–16 %, 0,05–0,13 % и 60–70 % соответственно. Запасы железомарганцевых руд по категории C₂ составляют 3,056 млн т со средним содержанием Mn 12,3 %, Fe 6,90 %, P 0,23 %; общие запасы марганцевых и железомарганцевых руд по категории C₂ – 4,786 млн т (Mn 13,09 %, Fe 5,68 %, P 0,25 %) (М. И. Тюменцева и др., 1988).

На участке Рудный Николаевского месторождения, расположенном севернее участка Николаевский, концентрация полезных компонентов в руде ниже, чем на Николаевском. Руды практически все железомарганцевые. Прогнозные ресурсы руд участка Рудный по категории P₂ составляют 5,2 млн т со средним содержанием Mn 9,21 %, Fe 7,26 %, P 0,25 %. Самостоятельного значения руды этого участка не имеют из-за незначительных запасов и низких концентраций полезных компонентов, но в комплексе с рудами Николаевского участка представляют практический интерес.

На Николаевском месторождении в течение нескольких лет проводилась селективная отработка богатых окисленных марганцевых руд для производства сухих батарей на Свирском заводе, а также попутно добывалась криптомелановая руда в качестве поделочного полудрагоценного материала. Предполагалась оценка марганцевых и железомарганцевых руд Николаевского месторождения для использования в металлургической промышленности.

Октябрьское месторождение находится в Еравнинской рудной зоне Центральной Бурятии, в 1,5 км от Озерного колчеданно-полиметаллического месторождения. Представляет собой желе-

зомарганцевую шляпу, развившуюся по манганосидеритовым сульфидизированным породам ольдинской свиты раннего кембрия. В структурном отношении участок вытянут в северо-восточном направлении в пологую синклиналь, в крыльях которой выходят рифогенные известняки, переслаивающиеся с кремнисто-известковистыми и гематит-известковистыми туффитами, сидеритами, пепловыми туфами, доломитами [93]. Вмещающие известняки брекчированы, баритизированы, окварцованы, хлоритизированы, сульфидизированы. Ядро синклинали заполнено интенсивно выветрелыми и окисленными породами «железомарганцевой шляпы». Протяженность омарганцованной зоны достигает 1800 м («железомарганцевой шляпы» – 500 м), ширина колеблется от 150 до 350 м, вертикальная мощность 20–80 м. Состав первичных омарганцованных пород остался до сих пор окончательно не выясненным.

Марганцевые минералы представлены псиломеланом, гаусманитом, пиролюзитом, также присутствуют лимонит, гетит, кварц, барит. Текстура руд радиально-лучистая и тонкополосчатая. Из реликтов первичных минералов присутствует родохрозит. Содержание марганца в рудах 20–25 % (иногда до 50 %), фосфора 0,1–0,02 %, железа 5–52,3 %, бария 10–16 %. Общая мощность (максимальная) рудных тел 45 м. Прогнозные ресурсы категории P_2 оцениваются в 23 млн т, или 6,7 млн т марганца. Вопрос о дальнейшей разведке и освоению месторождения не ясен.

2.8. Интегральная многофакторная модель марганцевых месторождений

Интегральная многофакторная (геолого-генетическая) модель марганцевых месторождений Сибири создана на основе обобщения многофакторных моделей Усинского, Порожинского, Дурновского, Прозрачного и других месторождений, а также геологических обстановок нахождения основных рудопроявлений этой территории. Обосновывается полигенная модель формирования месторождений с определяющей ролью вулканогенно-осадочного и гипергенного рудогенеза при участии тектонического, палеогеографического, палеофациального, рудно-фациального, литолого-стратиграфического, магматического, метаморфического и гипергенного факторов. При этом факторы рассматриваются как причины марганцевого рудообразования [57].

Марганцевые месторождения (особенно крупные) формируются в условиях растяжения земной коры – ее деструкции, в некоторых случаях связанной, по мнению ряда исследователей, с процессами рифтогенеза [87]. Накопление рудного материала проходило в двух обстановках: 1) подводно-морских условиях первичных геосинклиналей (Усинское месторождение), 2) подводно-морских и субаэральных условиях вторичных геосинклиналей – наложенных мульдах, троговых прогибах рифтогенного характера (Прозрачное месторождение, рудопроявления в ранне-среднедевонских вулканогенно-осадочных толщах Западного Алтая, восточного склона Кузнецкого Алатау, позднепротерозойских толщах Енисейского кряжа и др.).

Тектонический фактор служит первоосновой для проявления всех остальных факторов. Он действует постоянно: от зарождения магматических очагов, рудоносных растворов и эксгалций до гипергенеза месторождений; определяет обстановку накопления рудного вещества и его преобразования; формирует рудолокализирующие структуры и пути движения рудоносных растворов и флюидов.

Палеогеографический, палеофациальный, руднофациальный и литолого-стратиграфический факторы определяют пути миграции, форму переноса и условия осаждения рудных компонентов, т. е. играют рудоконцентрирующую роль.

Магматизм – главный источник металлов, энергии, растворов и газов, а также один из рудообразующих факторов [28]. Характерно, что на месторождениях, связанных с проявлением кислых или среднекислых вулканитов, руды преимущественно окисные.

Метаморфический фактор играет в основном рудообразующую роль с формированием труднообогатимых руд, превращая их в пустую породу. Но в гипергенных условиях при благоприятном климате такие марганцевистые породы – отличный субстрат для образования легкообогатимых и богатых окисленных марганцевых руд.

Гипергенный фактор – один из главных при формировании богатых и легкообогатимых марганцевых руд.

Обобщенная многофакторная модель марганцевых месторождений в вулканогенно-осадочных толщах складчатых областей представляется в следующем виде. На определенной стадии тектонического развития территории (деструкции земной коры) осуществлялось поступление горячих флюидов

и растворов из магматического очага. Марганец и железо были как ювенильными, так и заимствованными из магматических пород. Транспортирующие растворы и флюиды могли быть интрателлурическими, метеорными или смешанными. Разгрузка гидротерм происходила на дне океана или морского водоема, а также на дневной поверхности континента [3, 8, 17, 43, 53, 70 и др.]. В наших случаях предпочтительнее вариант заостроводужного спрединга со сравнительно мелководными морскими условиями, активная континентальная окраина, рифтовые зоны и рифтогенные прогибы. Например, в результате действующего подводного вулкана Бану Вуху (Индонезия) на дне водоема образовались осадки, содержащие гидроокислы железа (до 62 %), марганца (до 7 %) и фосфорного ангидрида (до 7,6 %) [17]. В Японии на о. Хоккайдо накапливаются продукты отложения горячих источников с pH 7,4–8,9, которые покрывают землю черным порошком двуокиси марганца на площади около 2000 м² [17].

Не все исследователи считают, что главным источником марганца на дне океанов и морей является подводная вулканическая деятельность (Е. С. Базилевская, Н. С. Скорнякова, Н. М. Страхов и др.). По их мнению, основной источник поставки марганца для формирования океанических Fe-Mn руд – терригенный снос с континентов [2]. В современных Fe-Mn отложениях присутствует и современный, и древний марганец, накопленный как в осадках, так и в большей степени в самой морской воде. Морская вода, по мнению Е. С. Базилевской [2], служит вмещителем для марганца, из которого он извлекается при соответствующих геологических условиях.

К. К. Зеленов [17] подсчитал, что общее годовое накопление марганца в глубоководных осадках Мирового океана составляет $7 \cdot 10^6$ т. Общий сток растворенного марганца с континентов (по А. П. Виноградову, 1967) составляет $3,5 \cdot 10^5$ т. Сравнение полученных значений убедительно показывает, что в океане имеется еще один источник марганца, существенно преобладающий над ранним стоком. Этим источником следует считать активный подводный вулканизм [17].

На дно водоема поступали металлоносные гидротермы и флюиды ультракислого состава, о чем свидетельствуют многочисленные современные исследования. Например, рудоносные растворы южной части хребта Хуан-де-Фука обогащены H₂S, металлами, кремнеземом и обладали в 2 раза более высокой хлористостью по сравнению с морскими водами. Причины отложения минералов из гидротерм обусловлены их охлаждением и изменением состава в результате смешения с океанической или морской водой. При этом происходит резкая смена температуры, изменяются pH и Eh. Гидротермы поставляют главным образом восстановленные формы марганца и железа. При их окислении в придонном слое захватывается большое количество кислорода и образуется свежее оксигидратное железомарганцевое вещество, обладающее мощными сорбционными свойствами. Осаждение хлопьев оксигидратов на дно создает скопления металлоносных осадков [43].

По мнению Н. М. Страхова и др. [10], марганцеворудные бассейны могут сильно варьировать по солености от совершенно пресноводных до нормально-морских, но они должны быть всегда очень хорошо аэрированы, изобилуют кислородом во всей массе наддонной воды и одновременно быть щелочными (pH > 7,2). В накоплении повышенных концентраций марганца важную роль играют геохимические барьеры и пограничные зоны в водной толще и донных осадках. Наиболее важными, по данным Е. М. Емельянова [15], являются окислительно-восстановительные барьеры: 1) в водной толще – переходный слой O₂ – H₂S (во взвеси до 45 % Mn); 2) в донных осадках – перепад Eh от +200 до +400 мВ (в окисленных осадках до 6 % Mn). Марганцевистые карбонатные илы, как установил Е. М. Емельянов на примере ряда современных бассейнов седиментации, наиболее интенсивно накапливаются во впадинах. В осадках марганец здесь представлен карбонатами сложного состава, которые в процессе раннего диагенеза переходят в родохрозит. В Красном море гидроксиды марганца образуются в результате окисления восстановленных форм марганца, поступающих в составе гидротерм и выпадения из раствора частиц аморфной гидратированной двуокиси марганца [76]. Важно подчеркнуть, что для седиментационного накопления марганца на дне водоема благоприятны окислительная обстановка и наличие источников металла вблизи района осадконакопления. В некоторых работах указывается на вероятность образования крупных месторождений за счет концентрации марганца в водах и наддонных илах в результате обогащения их органикой и сероводородом [45, 81].

Таким образом, первичные марганцевые осадки могут быть представлены как карбонатными, так и гидроксидными минералами. Причем литофациальная обстановка их обитания свидетельствует о том, что в существенно карбонатных толщах находятся карбонатные марганцевые руды, а в существенно терригенно-вулканогенных – оксидные [84]. Особо подчеркнем, что для оксидных наземных

и прибрежно-морских марганцевых месторождений и рудопроявлений рифтогенных прогибов характерно сочетание сингенетических седиментационных и гидротермально-метасоматических руд с постепенными взаимопереходами (Алтай).

Отложившиеся марганценовые осадки вначале подвергались раннему окислительному диагенезу, а затем – позднему восстановительному. В результате этих процессов в зависимости от литофаций и наличия органики формировались либо чисто оксидные, либо смешанные оксидные и карбонатные, либо чисто карбонатные марганцевые минералы. В ходе диагенеза и эпигенеза завершается образование первичных руд. Масштаб рудных залежей зависит от устойчивых и достаточно продолжительных поступлений марганца, длительного сохранения благоприятных тектонических, фациальных, палеогеографических обстановок, затишья активной вулканической деятельности. В некоторых случаях возможно быстрое (в геологическом смысле «мгновенное», «ураганное») поступление рудного вещества и его захоронение при обычном, относительно равномерном поступлении терригенного, вулканогенного и карбонатного материала. Причиной могут быть трансгрессии и ингрессии, вызванные катастрофическим вулканизмом и затоплением фумарольно-сульфатарных полей с марганцевыми проявлениями, апвеллинг, мутьевые потоки и др. [16, 27].

Далее наступают этапы преобразования марганцеворудных вулканогенно-осадочных залежей в период складчатости и орогенеза, динамотермального и контактового метаморфизма, гидротермального метасоматоза со стороны разновозрастных и разнофациальных интрузий, постмагматических процессов, гипергенеза. В результате гидротермально-метасоматической деятельности за счет переотложения первичных карбонатных и гидроокисных руд формируются оксидные, в том числе богатые, руды: Дурновское месторождение, отдельные рудопроявления Алтая и Кузнецкого Алатау, а также некоторые крупные месторождения за рубежом (Весселс в Южной Африке). Но чаще в процессе контактового метаморфизма и метасоматоза лишь усложняется минеральный состав карбонатных руд, появляются марганцовистые силикаты (Усинское месторождение, рудопроявления Кузнецкого Алатау, Саян, Алтая и других районов). То же происходит и в результате действия регионального метаморфизма высоких степеней. Первичные гидроксидные руды переходят в оксидные, оксидно-карбонатные, силикатные и карбонатные – в сложно переслаивающиеся карбонатные, силикатные, оксидные руды гондитовой, итабиритовой и других древних формаций [16, 27].

В гипергенный этап за счет различных по составу и генезису марганцевых руд формируются богатые и легкообогатимые гидроксидные разности [11, 55]. Более подробно о гипергенных преобразованиях будет сказано ниже.

Подчеркнем следующее обстоятельство. Богатые и легкообогатимые марганцевые руды формируются в результате трех главных процессов: 1) первичного седиментационно-диагенетического (Алтай, Атасуйская и Джездинская группы Казахстана, месторождения ЮАР и др.); 2) гидротермально-метасоматического (Алтай, Атасуйская группа в Казахстане, Нижнетерсинские рудопроявления в Кузнецком Алатау, крупное месторождение Весселс в ЮАР и др.); 3) гипергенного (подавляющее число эксплуатируемых месторождений).

Глава 3. Закономерности пространственного размещения марганцевых месторождений

Закономерности пространственного размещения марганцевых руд в вулканогенно-осадочных толщах вообще и в складчатых областях Сибири в частности освещены в работах А. Г. Бетехтина, В. Г. Беличенко, Е. П. Бессолицына, А. Ф. Быча, Г. Н. Бровкова, И. М. Варенцова, И. Л. Васильева, А. Б. Веймарна, В. И. Давыдова, Г. С. Дзоценидзе, Э. Г. Кассандрова, Б. М. Крятова, Н. С. Лидина, Ю. В. Миртова, Б. М. Михайлова, Ю. А. Нуварьевой, Е. В. Павловского, В. П. Рахманова, А. А. Рожнова, С. Роя, Д. Г. Сапожникова, Е. А. Соколовой, А. С. Столярова, Н. М. Страхова, А. Г. Суслова, М. И. Тюменцевой, Н. П. Хераскова, Ю. А. Ходака, Р. А. Цыкина, Н. С. Шатского, П. Г. Шобогорова и др.

Приведенные в предыдущих разделах сведения о марганценосных геологических формациях, геологии месторождений и рудопроявлений, а также анализ составленных в СНИИГГиМСе металлогенических и прогнозных карт, геолого-генетических моделей с учетом работ других исследователей, позволили обосновать закономерности пространственного размещения марганцевого оруденения и выявить поисковые критерии.

3.1. Тектоническое положение

Рассматриваемые марганцевые формации, марганценосные площади, марганцевые месторождения и рудопроявления расположены в складчатых областях Сибири, структура которых отличается сложностью, гетерогенностью и полициклическим развитием. Они испытали карельский, байкальский, салаирский, каледонский и герцинский циклы тектогенеза с последующей неоднократной активизацией отдельных блоков.

Марганцевые месторождения, рудопроявления и их группы контролируются крупными (протяженностью в сотни километров) региональными зонами разломов и смятий, вдоль которых располагались древние центры магматизма и которые оказывали непосредственное влияние на формирование рудоносных вулканогенно-осадочных формаций. Часто марганцеворудные узлы и районы тяготеют к участкам пересечения крупных долгоживущих разломов или находятся в непосредственной близости от них. Например, Алтайский марганцево- и железорудный районы находятся в области сочленения Северо-Восточной зоны смятия и Чарышско-Теректинского глубинного разлома; Горно-Шорский – Кузнецко-Алтайского и Бийско-Ташелгинского; Кайгадатско-Усинская марганценосная зона – в непосредственной близости от Кузнецко-Алтайского разлома и оперяющих его нарушений. Вероятно, сами разломы и зоны их высокой пористости и проницаемости служили выводящими каналами рудоносных гидротерм, образуя узловые структуры.

По А. И. Полетаеву [67], узловые структуры образуются в результате сочленения или пересечения разноориентированных и разноглубинных линейных нарушений (линеаментов, трещинных зон, разломов), обладают аномальной тектонической раздробленностью, геодинамической подвижностью

и флюидопроницаемостью. Узловые структуры могут быть локальными, региональными и планетарными. Рудные узлы контролируются региональными структурами, которым соответствуют очаговые зоны, скопления вулканических аппаратов. Рудные районы и узлы формировались в рифтоподобных приразломных прогибах или троговых зонах, в геодинамической обстановке вулканических островных дуг, задуговых бассейнов, активных континентальных окраин. В палеотектоническом плане это типичные эвгеосинклинали. В собственно эвгеосинклиналях формировались металлогенические провинции или районы фемического типа, а во вторичных эвгеосинклиналях – сиалического типа. К фемическим районам относятся Кузнецко-Алатауский, Восточно-Саянский, Горно-Шорский, а к сиалическому – Алтайский, возможно, Еравнинский в Забайкалье. Железное и марганцевое рудообразование в первичных и вторичных эвгеосинклиналях формировалось на ранней стадии их развития в теснейшей пространственной и генетической связи с контрастной риолит-базальтовой и непрерывной базальт-андезит-дацит-риолитовой формациями. Во вторичных эвгеосинклиналях резко преобладают повышенной щелочности породы дацит-риолитового ряда [29, 41].

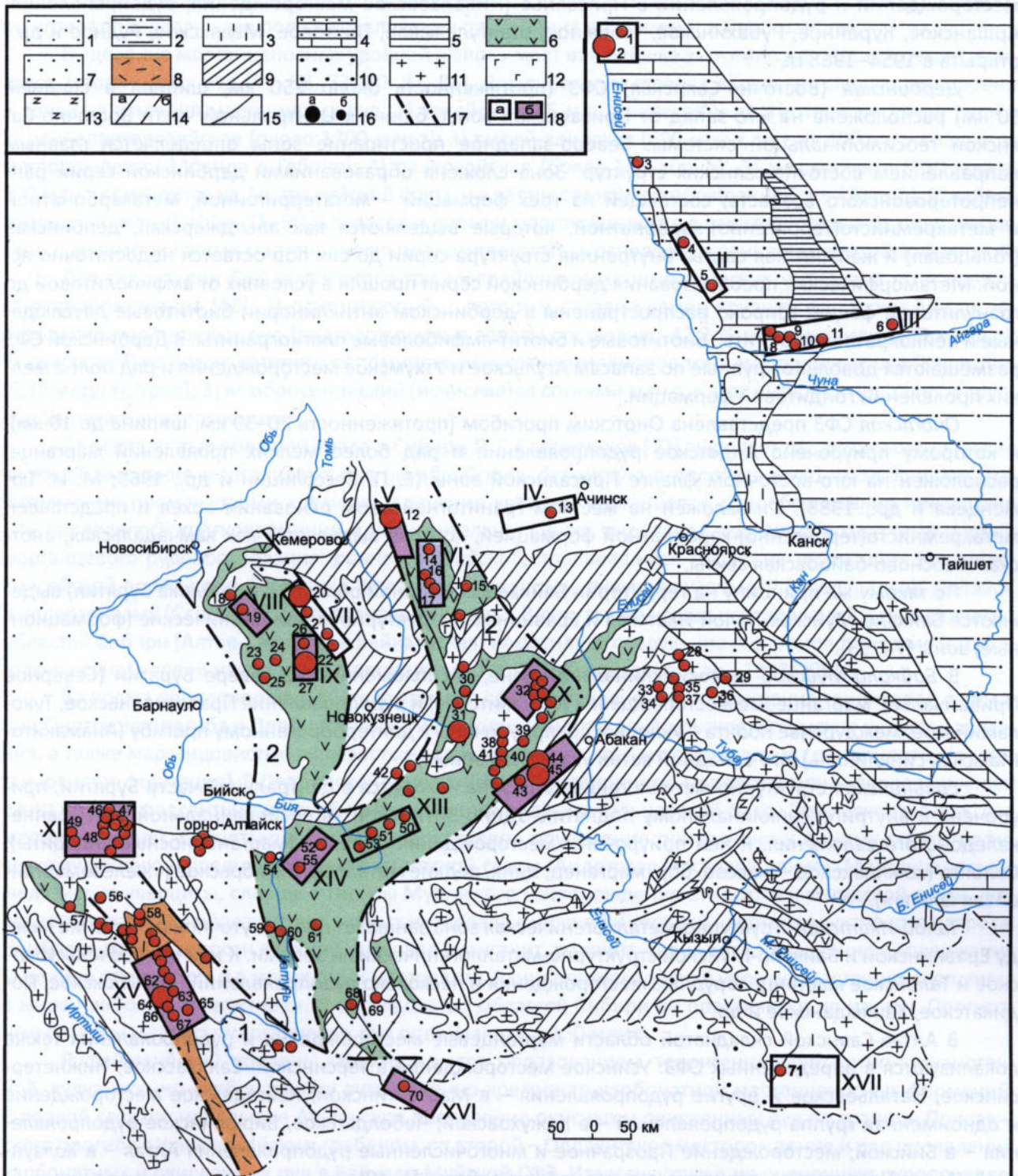
Площади в ранге рудных узлов, месторождений и рудопроявлений марганца Алтае-Саянской складчатой области автор объединяет в две крупные марганцеворудные металлогенические зоны: Алтай-Салаир-Кузнецкую и Алтайскую [60].

Марганцевое оруденение в первой зоне приурочено преимущественно к венд-раннекембрийским вулканогенно-осадочным толщам и контролируется Кузнецко-Алтайским и Бийско-Ташелгинским глубинными разломами. В этой зоне находится крупнейшее в России Усинское марганцевое месторождение. Оруденение второй зоны приурочено к вулканогенно-осадочным толщам эмса – эйфеля (D_1-D_2) и контролируется Северо-Восточной зоной смятия и Чарышско-Теректинским разломом (рис. 11).

Рис. 11. Месторождения, рудопроявления и перспективные площади Алтае-Саянской складчатой области и Енисейского края

1 – Западно-Сибирская плита и маломощный покров в складчатых областях – терригенные континентальные и прибрежно-морские отложения (Т–Q); 2 – Сибирская платформа, платформенный чехол (PR–Q); 3 – области докембрийской складчатости; 4 – области байкальской складчатости; 5 – Ангаро-Питский железорудный бассейн; 6 – вулканогенно-осадочные фемического типа существенно морские отложения, с большим участием карбонатных пород PR_3-E_1 , вмещающие главнейшие марганцевые месторождения и рудопроявления; 7 – терригенно-вулканогенно-осадочные отложения сиалического типа существенно морские с малым участием карбонатных пород PR_3-C_1 ; 8 – вулканогенно-осадочные отложения сиалического типа с малым участием карбонатных пород, вмещающие месторождения, рудопроявления железных и марганцевых руд D_1-D_2 ; 9 – внутренние впадины и краевые прогибы средних и позднеорогенных стадий развития S_1-C_1 (осадочно-вулканогенные пестроцветные существенно терригенные, угленосные отложения); 10 – зоны мезозойской и кайнозойской активизации; 11 – субщелочные и щелочные сиениты, граниты, гранодиориты, кварцевые диориты, тоналиты, сиенито-диориты, гранит-порфиры, аплиты; 12 – габбро, габбро-диабазы, габбро-диориты; 13 – перидотиты, дуниты, пироксениты, серпентиниты; 14 – разломы установленные (а) и предполагаемые (б); 15 – геологические границы; 16 – марганцевые месторождения (а) и рудопроявления и их группы (б); 17 – марганцеворудные зоны: 1 – Алтайская, 2 – Алтай-Салаир-Кузнецкая; 18 – прогнозные площади (а), рекомендованные для первоочередного доизучения и поисковых работ (б): *месторождения, рудопроявления марганца и их группы*: 1 – Северное, 2 – Порожинское, 3 – Большегремячинское, 4 – Таежное, 5 – Морянихинское, 6 – Тинганец, 7 – Маломурожнинское, 8 – Бондура, 9 – Гремячинское, 10 – р. Нижней, 11 – Южное, 12 – Кайгадатская, 13 – Мазульское, 14 – рч. Кузькина, 15 – р. Береш, 16 – Малоурюпское (кл. Новый), 17 – Нижнетерсинское, 18 – Корюшкинское, 19 – Матюжихинское, 20 – Дурновская, 21 – Горскинское, 22 – Черемшанское, 23 – Казанцевское, 24 – Федоровское, 25 – Семеновкрасиловское, 26 – Тягунское, 27 – Сунгайское, 28 – Джебское, 29 – Сейбинское, 30 – Шатайское, 31 – Усинское, 32 – Сонская, 33 – Железная Горка, 34 – Тагашетское, 35 – Никулинское II, 36 – Марганцевое 37 – Никулинское I, 38 – Тамалыкское, 39 – Инейское, 40 – Багзасское, 41 – Томское, 42 – Казское, 43 – Казановское, 44 – Малосырское, 45 – Чапсордаг, 46 – Сурья Сопка, 47 – Комарихинское, 48 – Новофирсовское, 49 – Кузнецовское, 50 – Тельбесское, 51 – Чеболдагская, 52 – Бостокская, 53 – Антроповская, 54 – Горноалтайское, 55 – Сугульская, 56 – Кольванское, 57 – Змеиногорское, 58 – Рубежное, 59 – Берткинское, 60 – Апшияхтинское, 61 – Бостальское, 62 – Ночная Коксу, 63 – Коксинское I, 64 – Прозрачное, 65 – Черноубинское, 66 – Кульдинское, 67 – Линейское, 68 – Марганцевое, 69 – Башкауское, 70 – Малошибетинская, 71 – Мугурское; *прогнозные площади*: I – Порожинская, II – Таежная, III – Южная, IV – Мазульская, V – Кайгадатская, VI – Урюпская, VII – Дурновская, VIII – Матюжихинская, IX – Тогул-Сунгайская, X – Сонская, XI – Предгорная, XII – Аскизская, XIII – Чеболдагская, XIV – Бостокско-Сугульская, XV – Коксинско-Холзунская, XVI – Малошибетинская, XVII – Мугурская

Рудные узлы контролируются также более локальными структурами: синклинными зонами и синклиниями, грабен-синклиналями, кольцевыми вулканоплутоническими структурами. Для Алтая установлена важная рудоконтролирующая роль вулканотектонических структур – кальдер, межкупольных депрессий, склонов подводных вулканов. В различных металлогенических исследованиях при характеристике тектонического положения оруденения предпочтение часто отдается структурно-формационному принципу. С этих позиций, например, для Восточного Саяна и области сочленения его с Сибирской платформой, включающих марганцевые месторождения и рудопроявления Иркутской области, выделяются три субпараллельные структурно-формационные зоны: Присаянская, Дербинская (Восточно-Саянская), Онетская (Е. П. Бессолицин и др., 1969).



Присаянская зона, приуроченная к краевой части южной части Сибирской платформы, на границе с Восточно-Саянской складчатой областью, переходная зона от платформы к геосинклинали. Переходный характер ее структур накладывает отпечаток и на свойства марганцевой минерализации зоны. Согласно тектонической схеме [49] Присаянская структурно-формационная зона (СФЗ) соответствует Урикско-Ийской миеосинклинальной мегазоне. Марганцевые месторождения и рудопроявления залегают среди отложений карагасской серии рифейского возраста. Присаянская зона (Присаянский краевой прогиб) образует полосу северо-западного простирания, вытянутую (протяженность более 300 км, ширина в средней части 60 км) согласно границе горных сооружений Восточного Саяна и Сибирской платформы от р. Ия на юго-востоке до р. Тогул на северо-западе. На северо-запад и юго-восток ширина полосы уменьшается почти до полного выклинивания. Основная часть месторождений и рудопроявлений в Присаянье (Николаевское месторождение, рудопроявления: Аршанское, Курейное, Рубахинское, Тележное, Шангулежское, Пихтовое, Мэдэксское, Рудное и др.) открыта в 1954–1968 гг.

Дербинская (Восточно-Саянская) СФЗ (протяженность около 250 км, ширина в среднем 50 км) расположена на юго-запад от Присаянской зоны, ближе к Центральной части Восточно-Саянской геосинклинальной системы. Северо-западное простирание зоны определяется главным направлением восточно-саянских структур. Зона сложена образованиями дербинской серии раннепротерозойского возраста, состоящей из трех формаций – метатерригенной, метакристаллической и метакремнисто(терригенно)-карбонатной, которые выделяются как алыгджерская, дербинская (гольцовая) и жайминская свиты. Внутренняя структура серии до сих пор остается недостаточно ясной. Метаморфические преобразования дербинской серии прошли в условиях от амфиболитовой до гранулитовой фаций. Широко распространены в дербинском антиклинории биотитовые двуслюдяные и лейкократовые граниты, биотитовые и биотит-амфиболовые плагиограниты. В Дербинской СФЗ размещаются довольно крупные по запасам Агульское и Утхумское месторождения и ряд более мелких проявлений гондитовой формации.

Онотская СФЗ представлена Онотским прогибом (протяженность 20–30 км, ширина до 10 км), к которому приурочено Андотское рудопроявление и ряд более мелких проявлений марганца, расположен на юго-восточном фланге Присаянской зоны (Е. П. Бессолицин и др., 1969; М. И. Тюменцева и др., 1988). Он заложен на жестком гранитоидном основании архея и представлен метакремнисто(терригенно)-карбонатной формацией, которая выделяется как камчадальская, анотская и сосново-байцовская свиты.

По такому же принципу на территории Байкальской горной области (Республика Бурятия) выделяются Байкало-Муйская, Талой-Икатская и Еравнинская структурно-металлогенические (формационные) зоны [74, 93].

В *Байкало-Муйской* эвгеосинклинальной зоне, расположенной на севере Бурятии (Северное Прибайкалье), марганцевые месторождения (Олдакитское) и рудопроявления Правуюклонское, Туколамийское, междуречье Коокта – Уклонь и др. приурочены к дейтероорогенному прогибу (Анамакито-Мамская синклиналь) юго-западной ветви указанной зоны.

Еравнинская структурно-металлогеническая зона находится в центральной части Бурятии, приурочена к внутригеосинклинальному поднятию Удино-Витимской эвгеосинклинальной зоны раннекаледонского заложения. К ней приурочены месторождения Озерное (марганценозные сидериты), Солонго (комплексное – железо, бор, марганец, цинк, редкие металлы), Октябрьское («железомарганцевая шляпа»).

Талой-Икатская структурно-металлогеническая зона занимает промежуточное положение между Еравнинской и Байкало-Муйской структурно-металлогеническими зонами. К ней приурочены Икатское и Талойское марганцеворудные месторождения и несколько рудопроявлений Горбылокское, Подикатское, Ханкыданское и др.

В Алтае-Саянской складчатой области марганцевые месторождения и рудопроявления также локализуются в определенных СФЗ: Усинское месторождение в Терсинской; Саянзасское, Нижнетерсинское, Натальевское и другие рудопроявления – в Мартайгинской; Кайгадатское месторождение и одноименная группа рудопроявлений – в Кожуховской; Чеболдагское, Бирюлинское рудопроявления – в Бийской; месторождение Прозрачное и многочисленные рудопроявления Алтая – в Холзунской. Подробную их характеристику можно найти в работах [1, 40].

Тектонический фактор как причина железоруднения здесь проявляется в закономерном развитии рудовмещающей структуры, ее максимальном прогибании, образования магматического очага, развитии соответствующего по составу и направлению дифференциации магматизму с его ликвидацией в главном или промежуточных очагах и отщеплением от материнских магм расплавов, гидротерм и флюидов, резко обогащенных различными элементами. Благодаря тектоническому фактору образовались большой протяженности прогибы, заключающие марганцеворудные бассейны, пояса, зоны, месторождения: Южно-Украинский (250 км), Калахари (130 км), Южно-Уральский (300 км), Северо-Уральский (более 200 км), Кайгадатско-Усинская зона (140 км), Холзунско-Белорецкая зона (300 км).

3.2. Марганценозные уровни и эпохи. Стратиграфический фактор

Стратиграфический фактор достаточно полно освещен в разделе о марганценозных формациях, он играет определяющую роль в локализации оруденения во времени и пространстве.

Выделение марганценозных уровней и эпох имеет важнейшее значение для металлогении и поисков марганцевых руд [39, 58, 72, 80, 87, 95]. В зарубежных странах выделяют следующие уровни и эпохи накопления марганцевых руд: 1) архейская (45 млн т запасов и прогнозных ресурсов руды); 2) раннепротерозойская (около 1300 млн т); 3) рифей-вендская (600 млн т, из них 400 на уникальном месторождении Моанда в Габоне); 4) палеозойская (более 500 млн т); 5) мезозойская (730 млн т, 500 млн т приходится на Австралийский Союз, и в частности на месторождение Грут-Айленд); 6) кайнозойская (20 млн т). Итак, 75–80 % запасов и добычи марганцевых руд в капиталистических странах связаны с докембрийскими марганценозными комплексами, в основном, с раннепротерозойской эпохой.

Для территории СНГ выделяются три главнейших геохронологических интервала марганцевого рудообразования [46]: 1) олигоценый, с которым связано самое крупное в истории Земли образование марганцевых руд (подтвержденные запасы составляют 42,2 % мировых, или 2,25 млрд т); 2) девонский, во время которого сформировались сотни миллионов тонн марганцевых руд (Казахстан (0,39 млрд т), Урал); 3) кембросинийский (исчисляется сотнями млн т, в этот интервал попадает и крупное Усинское месторождение).

Для складчатых областей Урала и Сибири Д. Г. Сапожников [72] выделяет три металлогенические эпохи образования марганцевых руд (*кембрийскую, девонскую и палеогеновую*), разделенные значительными промежутками времени, в течение которых марганцевое рудообразование неизвестно или проявлялось кратковременно и незначительно. Он же выделяет следующие возрастные уровни марганцевого рудообразования: *раннекембрийский*, проявившийся только на территории Кузнецко-Енисейской провинции; *девонский* (Казахстан, Урал); *раннекаменноугольный* (Предуралье); *меловой и палеогеновый* (Северный Урал, Мангышлак и др.). В результате наших исследований для складчатых областей Сибири (Алтае-Саянская и Байкальская) наметились следующие геохронологические (стратиграфические) уровни накопления марганцевых руд (Э. Г. Кассандров и др., 1993) [95].

Во время *раннепротерозойского* уровня сформировались месторождения гондитовой формации Онотского прогиба и Дербинского антиклинория: Андотское, Агульское, Утхумское и рудопоявления, а также марганцовистые железистые кварциты Мугурского месторождения (джеспилитовая марганцовистая формация). В Дербинской зоне наиболее марганценосны и перспективны первая (нижняя) пачка нижней подсвиты утхумской свиты и нижняя подсвита гольцовской свиты (Утхумское и Агульское месторождения). В Онотском прогибе марганцевое оруденение приурочено к одному стратиграфическому уровню – средней подсвите андотской свиты (Андотское месторождение). Марганценозные железистые кварциты, сланцы и гнейсы Мугурского месторождения относятся к мугурской свите. Железистые кварциты образуют два рудных интервала в нижней и верхней частях продуктивного разреза. Наиболее марганценосен верхний интервал (манганит, родонит, вернадит). Повышенные содержания марганца отмечаются и в междурудных интервалах. Раннепротерозойский уровень марганценонакопления в мире наиболее продуктивен. Для складчатых областей Сибири он практически не изучен. Прогнозные ресурсы и запасы марганцевых руд оцениваются в 150 млн т.

Рифей-вендский уровень характеризуется образованием терригенно-карбонатно-вулканогенной, вулканогенно-карбонатной и вулканогенно-кремнисто-карбонатной марганценозных формаций. С первой связано небольшое Аршанское проявление окисных и окисленных руд по границе Присяянского прогиба с Урикско-Ийским грабеном, со второй – Олдакитское месторождение и ряд проявлений карбонатных и окисленных руд в Байкало-Муйской СФЗ. Известны также не оцененные рудопоявления

ния марганцевых руд в Кузнецком Алатау и на Алтае. Запасы и прогнозные ресурсы марганцевой руды данного уровня составляют 400 млн т. Но если принять во внимание разведанные запасы и прогнозные ресурсы Порожинского месторождения и его района на Енисейском кряже, принадлежащие также к указанному стратиграфическому уровню, то общий потенциал запасов и ресурсов возрастет еще на несколько сотен миллионов тонн карбонатных и окисленных марганцевых руд.

Раннекембрийский (венд-раннекембрийский) уровень – один из наиболее продуктивных марганцевых уровней складчатых областей Сибири. С ним связаны марганцеворудные районы – Кузнецкий Алатау, Салаир, Алтай, Еравнинский в Забайкалье. Марганценосными являются вулканогенно-карбонатная (Усинское, Талойское, Икатское месторождения и множество рудопроявлений), вулканогенно-кремнисто-карбонатная (Дурновское, Мазульское месторождения), карбонатно-терригенно-вулканогенная (Кайгадатское месторождение и множество рудопроявлений) формации, а также известные марганцево-железородные месторождения (Озерное и Солонго). Они формировались в эв- и миогеосинклинальных условиях с различной ролью вулканизма. Усинское месторождение связано с породами свит раннего кембрия – усть-кундатской, Талойское – тилимской, Икатское – икатской, Дурновское – печеркинской, Сунгайское – аламбайской, Сугульское проявление – баратальской, Мазульское – канымской, Озерное и Солонго – олдындинской. Руды этих месторождений самые разные по составу. Преобладают карбонатные, затем окисные и окисленные. Запасы и прогнозные ресурсы этого возрастного уровня оцениваются в 400 млн т (учитывались только категории P_2 и P_1).

Среднекембрийскому уровню свойственны отдельные проявления, наличие марганцевистых железных руд и вмещающих пород известных скарново-магнетитовых месторождений Горной Шории (Шерегешевское и др.).

Ранне-среднедевонский уровень связан с периодом отложения коргонской свиты и ее аналогов в пределах Горного и Рудного Алтая, восточного склона Кузнецкого Алатау, Салаира и др. Имеются оцененные поисковыми работами месторождения: Прозрачное (Алтай), Чапсордаг и Малосырское (Хакасия) окисных и окисленных марганцевых руд, а также многочисленные рудопроявления, образующие Белорецко-Холзунскую марганцево-железородную зону на Алтае, которая отвечает крупному рифтогенному прогибу между каледонидами Горного Алтая и герцинидами Рудного. Марганценосной является терригенно-карбонатно-вулканогенная формация. Руды окисные, окисленные, карбонатные, силикатные и смешанного состава. Запасы и прогнозные ресурсы, связанные с этим уровнем, оцениваются в 200 млн т.

На *раннепермском* уровне сформировались гигантские концентрации осадочных марганцевых руд с прогнозными ресурсами категорий P_2 , P_3 30 млрд т в Пойхой-Новоземельской провинции. Рогачевско-Тайнинской и Сульменевском районах архипелага Новая Земля [46, 61, 90].

Мел-палеогеновый уровень отвечает марганценосным формациям коры выветривания на марганцевых месторождениях и рудопроявлениях, а также в различных породах, в основном кремнисто-карбонатных, отличающихся достаточно высоким содержанием марганца. Наиболее существенные месторождения и рудопроявления этого уровня – Усинское, Мазульское, Сунгайское, Сугульское, Николаевское, Октябрьское, Большеерминская зона, Урская и др. Запасы и прогнозные ресурсы оцениваются в 100 млн т преимущественно легкообогатимых марганцевых и железомарганцевых руд. Более качественные и значительные концентрации марганцевых руд этого уровня формируются по первичным карбонатным и карбонатно-окисным рудам.

Выделенные уровни отвечают известным металлогеническим эпохам: раннепротерозойской, рифей-вендской, кембрийской, девонской, раннепермской и мел-палеогеновой. Причем три последние характерны только для стран СНГ. Обращает на себя внимание следующая особенность, а может быть, и закономерность распределения запасов марганцевых руд по уровням и эпохам: в каждой крупной эпохе имеются от одного до трех уникальных или крупных месторождений, на которые в основном и приходятся запасы и прогнозные ресурсы указанных эпох. Для раннепротерозойской эпохи это месторождения Маматван, Весселс и Блек-Рок (ЮАР); рифей-вендской – Моанда в Габоне; кембрийской – Усинское в России; девонской – Ушкатын, Западный Караджал в Казахстане, мезозойской – Грут-Айленд в Австралийском Союзе; олигоценовой – Никопольское, Большетокмакское на Украине и Чигатура в Грузии. Максимумы марганцевого и железомарганцевого накопления соответствуют эпохам широкого распространения углеродистых формаций и глобальным эпохам интенсивного проявления тектономагматической активности и метаморфизма [80].

3.3. Палеогеографическая и палеофациальная обстановка

Палеогеографическая обстановка накопления марганцевых руд более или менее достоверно изучена для Усинского месторождения, на примере которого ее и рассмотрим [54, 88 и др.].

Марганцевые руды Усинского месторождения формировались в условиях морского геосинклинального режима на фоне накопления карбонатных и кремнисто-карбонатных, местами глинистых и песчаных осадков. Накопление сопровождалось подводным вулканизмом с выносом многих рудных и нерудных компонентов.

По данным Ю. В. Миртова, С. М. Тарасовой и др., в Кузнецком Алатау для раннекембрийского времени выделяются четыре палеогеографические и отвечающие им палеотектонические зоны. Наиболее глубоководная часть морского бассейна, совпадающая с троговой частью раннекембрийской геосинклинали, протягивается узкой полосой вдоль осевой зоны региона. Заложение трога, видимо, связано с образованием серии ступенчатых сбросов в районе Кузнецко-Алатауского глубинного разлома. Отложения раннего кембрия этой палеогеографической зоны представлены существенно вулканогенной толщей мощностью более 1000 м. В нижней ее части отмечается горизонт слоистых железистых кварцитов гематит-магнетитового состава с марганцевым оруденением. Преимущественно эффузивный состав пород, отсутствие грубообломочного туфового материала и тонкообломочная структура известняков позволяют предполагать формирование толщи на достаточно больших глубинах (до 2000 м) (см. рис. 2).

Вторая палеогеографическая зона окаймляет троговую часть бассейна, а также развита вдоль восточной ветви Кузнецко-Алатауской зоны глубинных разломов. Она характеризуется карбонатно-вулканогенным типом разреза (участок Кийский Шалтырь). Нижняя его часть существенно вулканогенная и представлена андезито-базальтовыми порфиритами. Средняя часть разреза сложена переслаивающимися обломочными известняками, углисто-кремнистыми, углисто-известково-кремнистыми сланцами и пепловыми туфами. К ней приурочены линзы карбонатных марганцевых руд и горизонт тонкослоистых фосфоритов. Верхняя часть разреза – мощная (600 м) толща туфоконгломератов, туфогравелитов и туфобрекчий с единичными потоками андезит-базальтовых порфиритов. Структурно-текстурные особенности и состав пород характеризуют эту зону как область достаточно расчлененного моря в пределах которой имелись и мелководные, и глубоководные участки. Расчлененность дна бассейна была обусловлена ростом вулканических построек. Часть из них, видимо, выходила из-под уровня моря, создавая гряды небольших островов, вокруг которых возникали известняковые рифы. Тектонический режим в целом был относительно стабильным, что привело к оживлению осадочно-биогенной седиментации, формированию рифов и накоплению карбонатно-кремнистых осадков в глубоководных западинах. С кратковременной активизацией вулканов связывается примесь пирокластического материала и прослой пепловых туфов в карбонатно-кремнистых осадках. В это же время поступали гидротермальные растворы, обогащенные марганцем, фосфором, кремнеземом, халькофильными элементами. Во второй половине раннего кембрия вулканическая деятельность вновь активизируется.

Третья палеогеографическая зона расположена между зоной расчлененного моря и областью развития рифогенных карбонатных отложений, глубинное строение которой по типу близко к строению срединных массивов. В литолого-фациальном аспекте это зона накопления мелкообломочных известняков. К юго-восточной части этой зоны (бассейн р. Уса) приурочено Усинское марганцевое и Тамалыкское фосфоритовое месторождения, а также проявления марганца по рр. Черная Уса и Успенка. Особенности состава пород, их текстур и структур, описанных при характеристике Усинского месторождения, говорят о достаточно больших глубинах морского бассейна, некомпенсированном прогибании дна и наличии придонных течений. Сочетание благоприятных факторов (замедленного темпа осадконакопления, соседства с зоной активного вулканизма, из которой по разломам транспортировались рудогенерирующие растворы) создало предпосылки для формирования крупных скоплений марганцевых руд. Подобные условия, очевидно, существовали на достаточно обширных площадях. По мнению Ю. А. Ходака [88], наиболее благоприятными для накопления значительных марганцеворудных концентраций были известковые фации межрифовых впадин, огражденных от сноса глинистого материала. Северный участок этой палеогеографической зоны характеризуется стратотипом разреза усть-кундатской свиты, представленный ритмично-слоистой толщей тонкообломочных известняков, в которых отмечается примесь туфового материала. Осадконакопление на этом участке происходило

в более мелководных условиях, чем в районе Усинского месторождения; где глубина, скорее всего, превышала 1000 м.

Четвертая палеогеографическая зона – это область развития рифогенных известняковых построек. Характер биоценоза (красные водоросли, археоциаты) указывает на существование относительно мелководного моря с нормальной соленостью. Глубина, вероятно, составляла не более 60–80 м. Эта зона являлась источником материала для накопления обломочных известняков. Анализ мощностей и литофаций (вулканогенные и карбонатные породы) Кузнецкого Алатау для периода с протерозоя по ранний кембрий показывает высокую тектоническую стабильность района Усинского месторождения, что подтверждает его роль как срединного массива.

Прямо противоположна была палеогеографическая ситуация для времени формирования марганценовой терригенно-карбонатно-вулканогенной существенно туфовой формации алтайского типа и связанного с ней марганцевого оруденения преимущественно окисного типа (месторождение Прозрачное, рудопроявления Холзунско-Белорецкой зоны). Железомарганцевые руды формировались в субаэральных и субмаринных обстановках [19, 23–25].

Субаэральное накопление марганца и железа происходило в озерах, в том числе кратерных, долинах и дельтах рек, в прибрежных условиях при периодическом осушении и затоплении морем. Руды бедные с редким проявлением богатых браунит-пирролюзит-псиломелановых разновидностей, залегают прямо на игнимбриках и туфах, реже туффитах, среди псаммитовых литофаций нередко красноцветных. В туффитах и рудах отмечается косая слоистость и волноприбойная рябь. Характерна тесная пространственная сопряженность гидротермально-метасоматического жильного и вкрапленного марганцевого оруденения со слоистым осадочным.

Субмаринные руды образуют рудные концентрации марганца и железа в затопленных морем кальдерах, крупных межвулканических депрессиях, склонах подводных вулканических построек в условиях двух фаций: мелководной прибрежной мало- или бескарбонатной и относительно более глубоководной и более удаленной от берега, нередко со значительным количеством карбоната накопления. В первом случае рудовмещающие пачки почти целиком сложены вулканогенно-терригенными образованиями с градационной слоистостью. Марганцевая минерализация присутствует в окисной и карбонатной форме. Во втором случае рудовмещающие пачки содержат органогенные и хемогенно-обломочные известняки. Они сложены вулканогенно-карбонатно-терригенным материалом. Марганцевая руда имеет существенно карбонатный состав, а вмещающие породы могут быть обогащены сульфидами железа и цветных металлов, а также апатитом. Палеогеографический и фациальный факторы играют рудо локализирующую роль в определенной литолого-фациальной обстановке.

3.4. Рудно-фациальная зональность и взаимопереходы марганцевых, железных, колчеданных, фосфорных и алюминиевых руд

Существует тесная пространственная и парагенетическая связь между марганцевым, железным, фосфорным оруденением и рудами колчеданного семейства в вулканогенно-осадочных толщах складчатых областей. Примером тому служат железомарганцевые и колчеданно-полиметаллические ассоциации Западного Алтая (см. рис. 7), Бурятии (Талой-Икатский прогиб, Удино-Витимская зона), Кузнецкого Алатау и других районов.

В эпоху формирования рудоносных толщ и самих руд пограничная территория Горного и Рудного Алтая (крупный рифтогенный прогиб) представляла собой область окраинных морей и островодужного вулканизма либо окраину вулканической суши на переходе к обширному морскому бассейну. Выделяются две главные подформации, с которыми связываются различные типы оруденения: терригенно-вулканогенная, сформировавшаяся в начале трансгрессивных циклов в прибрежно-морских, лагунных, континентальных фациях в зоне отложения алеврито-псаммитовых, гравелитовых и других грубообломочных пород, и вулканогенно-карбонатная, сформировавшаяся в период максимума трансгрессии в субмаринных условиях. В ритмично построенных разрезах осадочно-вулканогенных толщ эти подформации сменяют друг друга снизу вверх по разрезу и по латерали. На Алтае относительно хорошо изучены два основных района, в которых имеются комплексные по составу месторождения и рудопроявления, – Коксинско-Холзунский и Коргонский.

В Коксинско-Холзунском районе наиболее характерны взаимопереходы железных, ванадий-фосфор-железных, железомарганцевых и марганцевых руд, иногда с баритом и сфалеритом: Холзунское

и Коксинское железорудные месторождения, железомарганцевое месторождение Прозрачное, Кульдинские и другие рудопроявления. Пространственно марганценозные пласты и горизонты залегают в местах выклинивания железных руд и сопровождаются гидротермально-метасоматической марганцевой минерализацией во вмещающих туфах и эффузивах. Наиболее крупные скопления железомарганцевых руд, приуроченных к терригенно-вулканогенной (туфогенной) подформации, сосредоточены на Кульдинских участках. Высокая концентрация окислов марганца связана с образованием желваков, гнезд, линз, конкреций и пропластков марганцевых минералов: браунита, пиролюзита, псиломелана, крипомелана, тодорокита и др. Рудные тела с содержанием марганца 6–12 % и мощностью до 6 м прослеживаются на расстояние в первые сотни метров. Обычно в разрезах марганценозных горизонтов отмечается от одного до трех уровней оруденения [19, 21, 25].

Вулканогенно-карбонатная (кремнисто-карбонатно-туфогенная) формация содержит проявления бедных манганокальцитовых, манганоделомитовых, манганосидеритовых и редко родохрозитовых руд (Холзунское, Коксинское I, Становое и другие рудопроявления). Проявление богатых родохрозитовых руд лишь одно – Ночная Коксу. Марганцевые карбонаты либо служат цементирующей массой туфогенных песчаников, либо образуют конкреции, самостоятельные линзы и пласты. В контактовых ореолах гранитоидных массивов в марганцевистых туфогенно-кремнисто-карбонатных породах образуются марганцевые силикаты – пьомониты, спессартины, амфиболы и пироксены.

Например, в ранне-среднедевонских отложениях Холзунско-Белорецкой железорудной зоны Горного Алтая в подошве разреза коргонской свиты среди относительно крупнозернистых вулканогенно-осадочных пород залегают гематитовые, магнетит-гематитовые и окисные марганцевые руды. В средней части свиты, где присутствуют более мелкообломочные и карбонатные литофации, находятся залежи сульфидно-магнетитовых и сульфидно-апатит-магнетитовых руд (Инское, Холзунское месторождения). На этом же уровне появляются свинцово-цинковое оруденение и карбонатные марганцевые руды. В пределах зоны установлена следующая вертикальная зональность оруденения (снизу вверх по разрезу): Fe, Mn, Ba → Fe, V, P, Zn, Cu, Pb, латеральная с юго-востока на северо-запад: Fe, Mn → Fe, Mn, Ba → Fe, Cu, Zn, Pb [25]. В этой же зоне на Раскатинском месторождении Ю. В. Робертусом установлена вертикальная зональность оруденения (снизу вверх стратиграфически): Mn → Fe, Mn → Fe → Zn, Pb. Месторождение находится в железорудном поясе Горного Алтая в 60 км к северо-востоку от Лениногорска. Оно протягивается на расстояние более 5 км, содержит около тридцати рудных тел протяженностью от 50 до 1300 м при мощности от 1,8 до 38 м. Преобладают магнетитовые и пирит-магнетитовые руды со средним содержанием (%): Fe 30,70, MnO 1,21, Pb 0,11, Ba 0,44; далее следуют железомарганцевые (Fe 15,2, Mn 22,42, Ba 0,50) и свинцово-цинковые (Pb+Zn 2,38 %) руды. Месторождение обладает существенными прогнозными ресурсами железных, железомарганцевых и свинцово-цинковых руд.

Близкая картина в размещении железных и марганцевых руд наблюдается в Кузнецком Алатау. На ряде участков установлены прямые переходы железных (магнетит, гематит) руд в железомарганцевые и марганцевые. Например, в Кожуховской структурно-формационной подзоне – Кайгадатская группа железомарганцевых рудопроявлений и одноименное месторождение; в Мартайгинской структурно-формационной подзоне, по данным А. М. Прусевича, на Нижнетерсинском гематит-магнетит-гаусманитовом рудопроявлении, где отмечаются небольшие марганцеворудные линзы с содержанием марганца 55–65 % [69].

Комплексные месторождения Центральной Бурятии сформировались в Удино-Витимском геосинклинальном прогибе раннекаледонского этапа тектонического развития территории. Для прогиба характерно развитие вулканогенно-терригенной и вулканогенно-карбонатной формаций, сменяющих друг друга по вертикали и латерали. Металлогеническую основу составляют железорудные, колчеданно-полиметаллические, железомарганцевые, медно-железорудные месторождения гидротермально-осадочного типа, которым свойственно тесное пространственное и временное совмещение.

Наибольшая концентрация руд приурочена к Озернинскому останцу площадью около 200 км², который выделяется в Озернинский рудный узел. В его пределах находится несколько синклинальных и грабен-синклинальных структур протяженностью до первых километров и шириной сотни метров. Именно к ним приурочены основные месторождения района. Во всех случаях месторождения представлены многоярусными лентообразными залежами сульфидных, марганцево-железоокисных и манганосидеритовых руд, залегающих в терригенно-карбонатных, карбонатных и вулканомиктовых

породах [35, 74, 93]. Рудные горизонты и рудные тела, по данным К. Р. Ковалева, тяготеют к кровле крупных и мелких градационных ритмов, располагаясь среди их тонкообломочных или карбонатных литофаций [35]. Эволюция окислительно-восстановительного потенциала от подошвы к кровле ритма происходит в направлении последовательного образования минералов пирит-манганосидерит-магнетит-гематит. В существенно рудных ритмах в основании отлагаются свинец и цинк, в средней части – пирит, а кровля обогащается сидеритом и манганосидеритом. Обычно ритмы начинаются минералами восстановительных условий отложения и кончаются окислительными. По простиранию рудных осадков и рудных тел сульфиды могут фациально замещаться карбонатами и затем окислами. Например, марганцовистые сидериты Озерного месторождения занимают тот же стратиграфический уровень, что и колчеданно-полиметаллические руды, но находятся в противоположном крыле синклинали. Наряду с пространственным разобщением колчеданных руд и манганосидеритов в обоих крыльях и особенно в шарнире синклинали наблюдается согласное их переслаивание.

Тесные закономерные взаимопереходы железных и марганцевых руд как по вертикали разреза, так и по латерали вулканогенно-осадочных формаций для Забайкальской эвгеосинклинали установили Е. В. Павловский и В. Г. Беличенко [66]. Аналогичная картина наблюдается и на эксплуатирующихся и разведанных месторождениях Атасуйского рудного района Казахстана [62].

Таким образом, фациальные переходы железных, марганцевых и колчеданно-полиметаллических руд имеют важнейшее значение для прогнозирования руд марганца, совместного применения геофизических (магнитометрия) и геологических методов (фациальный, рудно-фациальный, формационный и структурный). Примером служит обнаружение Парнокского железомарганцевого месторождения в Приполярном Урале, где при разбуривании магнитной аномалии были обнаружены переслаивающиеся и фациально взаимопереходящие марганцевые (карбонатно-силикатно-окисные и окисленные) и железные (магнетит, гематит, мартит, лимонит) руды [46].

Парагенезис руды и нефти давно отмечали многие ученые (В. И. Вернадский, Д. И. Горжевский, Ф. Я. Корытов и др.), в том числе параллельное и зональное размещение рудных районов и нефтегазовых бассейнов [37]. Анализ, приведенный Ф. Я. Корытовым, показывает, что границы их весьма условны и многие из них являются частями единых крупных нефтегазоносных и одновременно рудоносных провинций [37]. Большинство линейных нефтегазоносных бассейнов сосредоточено в трансконтинентальных минерагенических поясах. Например, бассейны, приуроченные к Урало-Ирано-Оманскому и Восточно-Африкано-Аравийско-Кавказскому поясам рифтогенеза и магматизма. В этих поясах, между ними и вокруг них находятся Баренцево-Карский, Западно-Сибирский, Тимано-Печорский, Волго-Уральский, Каспийский, Персидский и другие нефтегазоносные бассейны. В пределах Баренцево-Карского бассейна расположена крупнейшая в мире Новоземельская (Южно-Карская) марганценовая провинция с прогнозными ресурсами марганцевых руд около 30 млрд т, из них 18 млрд т оценены по категории P_2 [46, 61, 90]. Пространственная связь нефтегазоносных бассейнов и рудных поясов (в том числе и марганценозных) намечается и на Сибирской платформе.

Источник углеводородов, рудоносных флюидов и растворов предполагается за счет дифференциации мантийных и трансмантийных флюидов [37].

Обращает на себя внимание и пространственная, а возможно и парагенетическая, связь марганценозных площадей и крупных бассейнов с бассейнами бурых оолитовых железных руд, например, Никопольского марганцеворудного и Керченского железорудного, марганцевых проявлений Енисейского кряжа и месторождений кварц-хлоритоид-гематитовых руд Ангаро-Питского бассейна. Имеются и другие примеры. И нефтегазовые, и железорудные бассейны, таким образом, являются поисковыми критериями для рудных месторождений, в том числе для марганцевых.

3.5. Роль магматизма и метаморфизма в рудообразовании

Марганценозные толщи и приуроченные к ним месторождения, расположенные в подвижных тектонических зонах, тесно связаны с активной магматической деятельностью, которая проявляется в эффузивной, эксплозивной и интрузивной формах. Наиболее важными для образования месторождений марганцевых руд спилито-кератофировая и порфировая (альбитофиры, кварцевые порфиры и их туфы) вулканогенные формации [29, 41 и др.]. Обычно для конкретного месторождения или их группы в составе рудоносных формаций складчатых областей Сибири выделяются вулканические породы следующего состава: субщелочные базальты, диабазы, спилиты, андезиты, трахиандезиты, да-

циты и пантеллериты, липариты и трахилипариты (эффузивы, туфы, субвулканические тела). Для марганцевых рудопроявлений Алтая, как и для железорудных, характерна приуроченность к этапу смены вулканического цикла с более основными разностями пород циклом с кислото-щелочными и кислыми породами. Последним свойственны метасоматические проявления марганца, синхронные образованиям самой вулканической толщ.

Марганцевое оруденение ассоциирует с лавами и туфами, либо залегает среди яшм, кремнистых сланцев и кремнисто-карбонатных пород, которые, как правило, связаны постепенными переходами с обычными вулканогенными сериями. Месторождения и рудопроявления находятся на различных расстояниях от вулканических сооружений, но наиболее богатые и крупные месторождения формируются вдали от центров извержений и после завершения главной фазы вулканизма. С увеличением значения кремнистого и карбонатного накопления, когда процесс рудо- и породообразования приближается к собственно осадочному при сохраняющемся эндогенном источнике марганца и многих сопутствующих элементов.

Это обстоятельство особенно подчеркивается Н. М. Страховым и др. [10, 82]. В условиях околоочагового марганцеворудного процесса характерна его пространственная и временная распыленность при малых размерах самих рудных тел.

Огромные поступления марганца вследствие с подводным и наземным вулканизмом сейчас ни у кого не вызывают сомнений. Примеры Японии, Индонезии, Курильских островов, Красного моря, океанические накопления марганца у срединных хребтов, в рифтовых зонах достаточно убедительны. Магматическая деятельность для описываемой группы месторождений, таким образом, главный, если не единственный источник марганца [3, 8, 9, 12, 17, 28, 30, 43, 59, 68, 76, 78, 92].

Роль магматизма в формировании марганцевых месторождений чрезвычайно важна. Магматизм – это источник металлов, энергии, растворов и эксгаляций, а также рудопреобразующий фактор. Все большее число исследователей доказывают на примере природных объектов и экспериментов, что главный вклад в концентрацию рудного вещества при магматической деятельности вносит ликвация, при которой от материнской магмы отделяются в данном случае рудоносные флюидизированные расплавы и растворы [30, 53].

Для поисковых целей важно следующее.

1. Нахождение марганцевого оруденения в участках перехода вулканических пород в кремнистые и карбонатные, с которыми оно связано парагенетически.

2. Мощность, морфология и состав рудных залежей, зависящие от интенсивности и типа вулканизма, с одной стороны, состава и количества осадочных пород и обстановки их образования – с другой стороны.

3. Выделение двух главных групп вулканогенных пород, составляющих марганценозные формации: базальтоидной и андезито-риолитовой, обе повышенной щелочности, сформированных в период растяжения земной коры.

Роль метаморфизма в формировании и даже преобразовании марганцевых руд изучена мало. На ряде месторождений и проявлений марганца лишь отмечают случаи их контактового метаморфизма и перехода окисных и карбонатных руд в силикатные, т. е. руда перестает быть рудой и переходит в марганцевистую породу. В массовом количестве марганцевые силикаты образуются по первичным рудам при региональном метаморфизме докембрийских марганценозных формаций, которые в дальнейшем при выветривании в тропическом климате дают высококачественные марганцевые руды.

При метасоматозе, связанном с динамометаморфизмом, образованием разломов, зон катаклаза и смятия, а также вулканической деятельностью и становлением интрузивных массивов, формируются небольшие марганцеворудные тела. Но при определенных условиях при контактовом и региональном метаморфизме образуются, а точнее, облагораживаются первичные марганцевые концентрации, переходя в окисную легкообогатимую форму при этом формируются более крупные и богатые рудные тела, отличающиеся более высокой кристаллическостью (месторождение Весселс в ЮАР). На наш взгляд, кайгадатские руды, не поддающиеся обогащению из-за своей дисперсности, в условиях контактового воздействия интрузивных масс перейдут в легкообогатимые разности. Подобное известно на рудопроявлениях Алтая (Коксинско-Холзунская зона), Нижнетерсинском в Кузнецком Алатау, на некоторых рудопроявлениях и месторождениях Иркутской области и Бурятии. Но, повторяю, мне не известны случаи специального изучения подобных процессов.

3.6. Роль гипергенеза в формировании богатых и легкообогатимых руд

Гипергенные месторождения марганца обычно формируются за счет первичных, в том числе и вулканогенно-осадочных руд, имеют важное практическое значение и отличаются высоким качеством (48–55 % Mn).

Приведем краткое обобщение роли гипергенеза в образовании богатых и легкообогатимых марганцевых руд, основанное на ранее изложенном материале по конкретным месторождениям. Следует подчеркнуть, что гипергенные марганцевые образования Сибири изучены несравнимо лучше остальных. Их характеристику можно найти в работах А. Ф. Быча, В. А. Головки, Л. А. Ивани, Н. А. Лизалека, Р. А. Цыкина и мн. др. Гипергенные марганцевые руды известны практически на всех месторождениях и рудопоявлениях марганца в складчатых областях Сибири. Наиболее качественные гипергенные руды в значительном количестве установлены на Усинском, Порожинском, Мазульском, Дурновском, Николаевском, Курейном, Октябрьском месторождениях и многих рудопоявлениях.

Марганцевые руды, возникшие в результате гипергенных процессов, относятся к остаточному-инфильтрационному генетическому типу, приуроченному к формации кор выветривания. Содержание марганца в первичных карбонатных, силикатных и окисных рудах составляет 10–35 %; в марганценовых породах 5–10 %. Сформировавшиеся марганценовые коры выветривания относятся к площадному и линейному типам. Их мощность колеблется от первых до 200–250 м. Они образуют вытянутые зоны длиной до 25 км и шириной до 3–4 км [11, 48, 55], которые с перерывами прослеживаются на площадях до 100–150 км² (Енисейский кряж, Восточное Присяянье).

Возникшие окисленные руды обычно наследуют морфологию первичных рудных тел: пласто-, линзо- и гнездообразную. В зависимости от среднего содержания в них марганца и железа руды подразделяются на марганцевые (Fe до 2 %), железомарганцевые (Fe до 6 %), марганцево-железные (Mn 2 %, Fe 32 %). Марганцевые минералы представлены группой псиломелана (криptomеланом, голландитом, рансьеитом), пиролюзитом, вернадитом и др.; железные – гетитом, гидрогетитом, лимонитом, гематитом и гидрогематитом. Руды рыхлые и плотные. Наиболее благоприятный субстрат для формирования гипергенных марганцевых руд карбонатный, терригенно-карбонатный и кремнистый. Стадийность и зональность развития коры выветривания марганценовых пород хорошо изучена и отражена в литературе. Тем не менее по Сибири (да и России в целом) материал по гипергенным марганцевым рудам в достаточной степени не обобщен, перспективы нахождения крупных и средних месторождений, аналогичных индийским, бразильским, африканским, не изучены, методика их поисков и разведки не разработана.

Наиболее важными геологическими критериями поисков месторождений марганца в корях выветривания являются: 1) палеогеографический, 2) тектонический, 3) геоморфологический, 4) субстрата, 5) стратиграфический.

Палеогеографический критерий включает в себя такие параметры, как рельеф, палеоклимат, соотношение суши и моря. Описываемая территория в мезо-кайнозойскую эпоху преимущественно была сушей с интенсивным выветриванием с преобладанием химической денудации над физической при теплом и влажном климате.

Установлено, что из всех периодов мезозойско-кайнозойской истории Земли самым мощным по воздействию на ее поверхность (с образованием латеритов) и самым обширным по охвату территории суши был мел-палеогеновый период. В Сибири наиболее интенсивное химическое выветривание с образованием латеритов происходило в мел-палеогеновый этап, а результат этого процесса проявился на Сибирской платформе (в виде бокситов): барзасская группа латеритных бокситов Кузнецкого Алатау, подобные месторождения и проявления Салаира и т. д. Климат имеет глобальное значение. Наиболее благоприятен для формирования коры выветривания теплый влажный климат.

Тектонический критерий имел двойное значение. Тектонический покой благоприятствовал образованию площадных кор выветривания, а интенсивное развитие дизъюнктивных процессов – линейных, что характерно для Алтае-Саянской складчатой области.

Геоморфологический критерий важен для обнаружения поверхностей выравнивания и останцов форм рельефа, как наиболее благоприятных для формирования кор выветривания.

Роль *субстрата* в образовании гипергенных марганцевых руд важна, но неоднозначна, поскольку качество и количество руды определяется не только содержанием полезного компонента в исходной

Таблица 8

Среднее содержание марганца в окисленных рудах коры выветривания в субстрате (n = 20–100), вес. %

Месторождение	Окисленные руды	Субстрат	Коэффициент концентрации
Усинское	23,30	19,42 (карбонаты марганца)	1,2
Порожинское	18,29	18,20 (карбонаты марганца)	1,0
Дурновское	32,38	28,50 (оксиды и карбонаты марганца)	1,1
Мазульское	19,50	19,15 (карбонаты марганца)	1,0
Чиатурское	30,60	19,8 (карбонаты марганца)	1,5
Никопольское	41,10	26,07 (карбонаты марганца)	1,6
Эксплуатирующиеся месторождения Индии	52,50	50,53 (оксиды марганца)	1,0
Серра-ду-Навиу (Бразилия)	45,0	31,6 (карбонаты, силикаты, оксиды марганца)	1,4
Моанда (Габон)	44,0	10,0–30,0 (карбонаты марганца)	2,4

породе, но и его подвижностью в профиле выветривания, способностью к новоминералообразованию, минеральной форме нахождения в субстрате и т. д.

В западной части Алтае-Саянской складчатой области (Салаир, Кузнецкий Алатау, Томь-Колыванская складчатая зона, Горная Шория) преобладающим субстратом для образования гипергенных марганцевых руд являются марганценозные карбонатные и кремнисто-карбонатные породы, кварциты, сланцы, и туфогенно-терригенные образования, а также карбонатные, силикатные и оксидные марганцевые руды.

Если с субстратом, необходимым для накопления того или иного металла в коре выветривания, все довольно ясно, то вопрос о минимальной процентной концентрации металла в исходной породе, которая приводит к формированию промышленных руд в зоне гипергенеза, недостаточно изучен. Б. М. Михайлов [55] утверждает, что промышленные руды марганца в корях выветривания могут образо-

ваться, если валовое содержание марганца в субстрате более 3–5 %. Н. А. Лизалек и др. [71] считают, что практический интерес могут представлять исходные породы при первичной концентрации марганца в них около 1 %. Однако, как показывает практика, более вероятно формирование промышленных месторождений марганца, если его содержание в субстрате несколько процентов. Выполненный автором обзор промышленных марганцевых месторождений в корях выветривания континентов показал, что средние и крупные с богатыми и легкообогатимыми рудами формируются по первичным, сравнительно богатым (Mn 10–20 % и более) рудам и марганцовистым породам. Как пишет С. Рой [70], при благоприятных условиях материнской может выступать любая горная порода с низким, но заметным содержанием марганца. При этом главными агентами его гипергенной концентрации являются метеорная вода и воздух. Тем не менее, как бы активно ни действовали все перечисленные критерии, на «пустом месте» сколько-нибудь существенное скопление марганцевых руд не образуется. Как показал обзор мировых марганцевых месторождений, практически все эксплуатирующиеся месторождения кор выветривания сформировались на достаточно богатом марганцевом субстрате. В результате анализа приведенных в табл. 8 данных установлено:

1. Окисленные руды образуются по карбонатному, силикатному, оксидному и более сложному поликомпонентному марганцевому субстрату.

2. В окисленных рудах по сравнению с субстратом содержание марганца увеличивается в 1,1–2,4 раза, а в некоторых случаях остается неизменным (Порожинское месторождение и месторождения Индии, коэффициент концентрации равен 1).

3. Самые богатые окисленные руды – в Индии, где руды субстрата состоят из оксидов марганца.

4. В результате выветривания идет в основном облагораживание руд, значительное улучшение их технологических свойств, превращение марганцовистой породы в легкообогатимую и богатую руду.

Как правило, в гипергенных железомарганцевых рудах присутствуют в качестве заметных примесей, вплоть до промышленных содержаний, такие металлы, как кобальт (0,1–1,2 %), реже никель (до 1 %), иттрий, литий и др. Обзор марганцевых месторождений мира показал, что практически все эксплуатирующиеся месторождения кор выветривания сформировались на достаточно богатом марганцевом субстрате (Mn более 15 %).

Таким образом, для поисков легкообогатимых марганцевых руд наиболее важны зоны окисления на первоначально обогащенных марганцем породах (Mn 10 %), т. е. «марганцевые шляпы». В западной части АССО марганценосны углеродсодержащие вулканогенно-кремнисто-карбонатные формации венда – раннего кембрия. Большинство известных марганцевых месторождений и проявлений Сибири находится именно в этих отложениях и приуроченной к ним коре выветривания. Они охватывают все главные структуры западной части АССО – Горный Алтай, Салаир, Кузнецкий Алатау, Горную Шорию, Саяны.

3.7. Геохимические особенности вулканогенно-осадочных марганцевых руд

Марганцевые руды вулканогенно-осадочного происхождения имеют специфический химический состав: во-первых, очень тесная связь с железом, о которой говорилось ранее, во-вторых, своеобразный состав элементов-примесей, что может являться одним из поисковых критериев.

Для геохимического облика вулканогенно-осадочных марганцевых руд мира, по данным Н. М. Страхова и др. [10], характерны три особенности: 1) чрезвычайная изменчивость отношений Mn:Fe, а также набора и количества содержаний микроэлементов; концентрации последних часто

Таблица 9

Коэффициенты корреляции микроэлементов с Mn и Fe

Микроэлемент	Mn	Fe
Mn	1,000	-0,1308
Fe	-0,1308	1,000
Ti	-0,2752	-0,1418
P	-0,0603	-0,0859
B	-0,0077	-0,0198
Pb	0,4538	-0,0841
Ga	-0,2129	-0,3226
Cr	-0,0680	-0,0223
Ge	0,0329	0,4944
Ni	0,4056	0,1625
Co	0,4120	0,3479
V	-0,2244	0,1925
Be	0,2146	-0,2082
Nb	0,1444	-0,1056
Mo	-0,0575	-0,2052
Sn	-0,1568	-0,1337
Cu	-0,0140	0,0030
Y	0,0371	0,2012
Yb	-0,0484	-0,1147
Zn	0,6021	0,0404
Sc	-0,1472	-0,0967
Zr	-0,2872	0,4308
Ba	0,6343	-0,1255
Sr	0,1767	0,1671
Ag	-0,0908	0,0728
Bi	-0,0552	0,0122
Tl	-0,0446	-0,0094
Li	0,0398	0,2488
As	0,2495	0,0948
La	-0,0966	-0,1158
Sb	0,5784	-0,1095
Se	-0,0366	0,0546
U	-0,0412	0,1675

низкие, но резко изменяются в пределах даже одного небольшого месторождения; 2) резко выраженное в подавляющем большинстве случаев обогащение Cu, Pb, Zn, Mo, W, Ba, Co и Ge (иногда марганцевые руды ассоциируют с полиметаллическими или переходят в них по простиранию); 3) тесная ассоциация марганца с кремнеземом.

Перечисленные особенности справедливы в основном и для марганцевых руд в осадочно-вулканогенных толщах Сибири. Для определения геохимических характеристик марганцевых руд нами были выполнены опробование и анализ микропримесей по ряду месторождений и рудопроявлений Коксинско-Холзунской и Рудно-Алтайской зон Алтая, Салаира, Мазульского месторождения, а также Мугурского месторождения марганцевистых железистых кварцитов в Туве. Цель работы заключалась прежде всего в установлении какой-либо зависимости содержания ряда микроэлементов от концентрации марганца в породах и рудах различных месторождений. Исходным материалом служили результаты 138 спектральных и химико-спектральных анализов пород с содержанием Mn не менее 0,5 %. Исследования проводились по 33 элементам: Mn, Fe, Ti, P, B, Pb, Ga, Cr, Ge, Ni, Co, V, Be, Nb, Mo, Sn, Cu, Y, Yb, Zn, Sc, Zr, Ba, Sr, Ag, Bi, Tl, Li, As, La, Sb, Se, U. Данные спектральных анализов были обработаны на компьютере с помощью программы «Statgraphics», в результате чего получены коэффициенты корреляции элементов между собой. Так как в нашу задачу входило установление корреляционных связей между элементами-примесями и Mn и Fe, то рассматривались только соответствующие коэффициенты (табл. 9).

Положительные коэффициенты корреляции с Mn дают Pb (0,4538), Ge (0,0329), Ni (0,4056), Co (0,4120), Be (0,2146), Nb (0,1444), Y (0,0371), Zn (0,6021), Ba (0,6343), Sr (0,1767), As (0,2495), Sb (0,5487). Из них наибольший интерес представляют Pb, Ni, Co, Zn, Ba (Sb далее не рассматривается ввиду недостаточного количества исходных данных (11 анализов).

Для того чтобы более наглядно показать зависимость между содержанием перечисленных выше элементов-примесей и количеством Mn и Fe в пробах, были изучены графики для наиболее интересных, с нашей точки зрения, элементов.

Выявленные геохимические особенности позволяют:

- 1) по соответствующим ореолам концентрации или даже присутствию определенных элементов оконтуривать возможные марганцеворудные тела;
- 2) в комплексе с другими методами выделять участки богатых марганцевых руд;
- 3) выделять участки собственно марганцевых и железомарганцевых руд.

Естественно, что геохимические поисковые критерии марганцевого оруденения нуждаются в более фундаментальном обосновании на примере обобщения детальнейших материалов по конкретному месторождению по различным фаціальным и формационным типам месторождений и по группе вулканогенно-осадочных месторождений в целом.

Глава 4. Поисковые критерии и геолого-поисковая модель марганцевых месторождений

Под геолого-поисковой моделью рассматриваемых месторождений понимается обобщенный образ объектов, подлежащих прогнозированию, поискам и локализации с подсчетом прогнозных ресурсов, что осуществляется с применением геологических и геофизических методов. В основе модели лежат составляющие ее элементы – поисковые критерии (признаки), которые прямо или косвенно позволяют определить место локализации оруденения, оценить его состав и масштаб. Именно ими определяются базисные положения поисковой модели марганцевых месторождений. Важной методической задачей при построении поисковой модели является выбор суммы поисковых критериев (признаков) и оценка их рудоконтролирующего значения [33].

На основе характеристики марганценосных формаций, интегральной многофакторной модели марганцевых месторождений и закономерностей их размещения разработаны следующие поисковые критерии: структурно-тектонический, формационный, магматический, стратиграфический, литолого-фациальный, рудно-фациальный, минералогический, геохимический, гидротермально-метасоматический, гипергенный, генетический, геолого-экономический (табл. 10).

Таблица 10

Геолого-поисковая модель марганцевых месторождений складчатых областей

Прогнозно-поисковые критерии (элементы модели)	Краткая характеристика критерия	Поисковое значение критерия
Структурно-тектонический	Марганцевые месторождения, рудопроявления и их группы контролируются крупными (протяженностью сотни километров) региональными зонами разломов и смятий, вдоль которых располагались древние центры магматизма, оказывавшие непосредственное влияние на формирование рудоносных вулканогенно-осадочных формаций. Нередко марганцеворудные узлы и районы тяготеют к участкам пересечения крупных долгоживущих разломов или находятся в непосредственной близости от них. Марганцевые месторождения, особенно крупные, формируются в условиях растяжения земной коры – ее деструкции, в некоторых случаях связанной, по мнению ряда исследователей, с процессами рифтогенеза (Варенцов и др., 1992; Веймарн и др., 1994 и др.). Накопление рудного материала проходило в двух обстановках: подводно-морских условиях первичных геосинклиналей (Усинское месторождение), подводно-морских и субаэральных условиях вторичных геосинклиналей –	Один из главных рудоконтролирующих признаков. Ограничивает площадь поисков, локализуя перспективные участки

Прогнозно-поисковые критерии (элементы модели)	Краткая характеристика критерия	Поисковое значение критерия
	наложенных мульдах, троговых прогибах рифтогенного характера (Прозрачное и, возможно, Порожинское месторождения). Тектонический фактор служит первоосновой для проявления всех остальных. Он действует постоянно: от зарождения магматических очагов, рудоносных растворов и эксгаляций до гипергенеза месторождений; определяет обстановку накопления рудного вещества и его преобразования; формирует рудолокализирующие структуры и пути движения рудоносных растворов и флюидов	
Формационный	Марганцевое оруденение контролируется распространением вулканогенно-карбонатной, вулканогенно-кремнисто-карбонатной, терригенно-карбонатно-вулканогенной, гондитовой, джеспилитовой, гипергенной формаций	Локализует площадь поисковых работ
Магматический	Магматизм – это источник металла, энергии, растворов и эксгаляций, а также рудопреобразующий фактор. Характерна пространственная связь марганцевых месторождений со спилито-кератофировыми формациями ранних деструктивных периодов развития фемических районов и субщелочной базальт-риолитовой с преобладанием пород дацит-риолитового состава в наложенных рифтогенных прогибах сиалических районов	Определяет место и время образования месторождений, а также положение в разрезах рудоносных толщ
Стратиграфический и литолого-фациальный	По возрасту для складчатых областей Сибири наметились следующие уровни накопления марганцевых руд: раннепротерозойский, рифей-вендский, раннекембрийский, среднекембрийский, ранне-среднедевонский, мел-палеогеновый. Рудоносная пачка – закономерный член рудоносной формации. Она сформировалась в сравнительно неглубоких подводно-морских условиях островного моря, затопленной кальдеры, вулканической депрессии или вытянутой вдоль берега цепочки морских заливов. В разрезе пачки рудные тела залегают в приконтактной части вулканогенных и карбонатных пород. Рудные залежи стратиформные и подчиняются напластованию вмещающих слоистых вулканогенно-осадочных толщ	Играют определяющую роль в локализации во времени, пространстве и определенной литолого-фациальной обстановке, а также в образовании богатых руд и крупных месторождений
Рудно-фациальный	Для марганцевых месторождений складчатых областей характерны парагенетическая связь и фациальные переходы с рудами железа, рудами колчеданного семейства и фосфоритами	Определяет положение марганцевых месторождений и руд в латеральном и вертикальном профиле рудоносной толщи, перспективы обнаружения комплексных руд и месторождений
Минералогический	Главные рудные минералы: браунит, гаусманит, пиролюзит, псиломелан, манганит, родохрозит. Форма, состав, стадийность, условия образования рудных и нерудных минералов, их сростания определяют качество, технологические свойства, область применения и прогнозную оценку марганцевых руд	Определяет генезис, технологические свойства марганцевых руд. Минералого-геохимическое картирование позволяет локализовать участки высококачественных руд
Геохимический	Контрастные геохимические аномалии марганца, железа, бария, фосфора, меди, кобальта, никеля, свинца, благородных металлов	Локализует площадь поисковых работ. Определяет технологические свойства и необходимость комплексной оценки и методику переработки руд
Гидротермально-метасоматический	Один из главных преобразующих факторов вулканогенно-осадочных руд. При этом часто происходит улучшение их технологических свойств. Реже гидротермально-метасоматические оксидные марганцевые образования сингенетичны с вулканогенно-осадочными рудами	Локализует площадь поисковых работ и участки с высококачественными рудами

Прогнозно-поисковые критерии (элементы модели)	Краткая характеристика критерия	Поисковое значение критерия
Гипергенный	Характеризует кору выветривания, которая наиболее ярко проявлена в зонах разломов и дробления. Выражена в дезинтеграции и образовании гидроксидных минералов марганца и железа, развитие коалинита, гидрослюд, маршалита и других характерных минералов. Чаше встречается кора остаточного-инфильтрационного типа. Особенно важна роль субстрата	Определяет качество руд и их положение в приповерхностных условиях рудоносной толщи
Генетический	Один из главных поисковых критериев, суммирующий важнейшие особенности перечисленных критериев. Характеризует стадии зарождения месторождений и их эволюцию в процессе геологической истории участков земной коры	Определяет направление поисковых работ, методику их проведения и оценку прогнозных ресурсов и запасов
Геолого-экономический	Определяет предварительные параметры оценки выявленного объекта: прогнозные ресурсы, качество руды, возможности ее промышленного использования. Характеризует географо-экономическую обстановку в районе месторождения и др.	Рекомендации по направлению работ и переходу к следующей стадии геолого-разведочного процесса

Таким образом, с помощью геолого-поисковой модели решаются две главные задачи: 1) *стратегическая* – обоснование, исходя из анализа поисковых критериев, наличия промышленного марганцевого оруденения; 2) *тактическая*, оценивающая степень достоверности заключений о закономерностях образования и размещения рудных залежей, их поисковые признаки и предлагаемую методику дальнейших исследований.

Глава 5. Оценка марганценосных площадей Сибири

Первая оценка марганцевых руд Сибири была выполнена в 1993 г. коллективом сотрудников СНИИГГиМС уже после распада СССР (Э. Г. Кассандров и др., 1993). Были выделены перспективные площади, месторождения и рудопроявления для проведения поисковых работ. Составлены методические рекомендации по поискам легкообогатимых и богатых марганцевых руд, программа научно-исследовательских и тематических работ.

Предлагаемая в монографии оценка сырьевой базы марганцевых руд Сибири выполнена исходя из следующих критериев:

- наличие марганцевых месторождений и проявлений;
- присутствие марганценосных формаций;
- благоприятные для накопления марганца стратиграфические, палеогеографические, лито- и руднофациальные условия;
- проявление гидротермально-метасоматических и гипергенных (наличие кор выветривания) процессов;
- экспертная оценка и сравнение с построенными многофакторными моделями эталонных марганцевых месторождений.

Для конкретных объектов (месторождений, рудопоявлений) подсчет ресурсов производился общепринятым способом с учетом суммарной длины рудных тел, их средней суммарной мощности и глубины распространения, а также ограничений экономическими условиями отработки, объемного веса руды (t/m^3) в соответствии со средним содержанием марганца и железа. Для оценки прогнозных ресурсов всей перспективной площади подсчитывалась площадь распространения рудоносной формации, толщи, пачки или горизонта, определялся коэффициент рудоносности (отношение мощности, площади или объема рудоносной формации, рудного участка, рудных пачек, горизонтов и тел к общей мощности, площади или объему формации, рудоносной толщ, пачки).

В данной главе представлены первоочередные площади для поисковых работ.

5.1. Алтай

Первая прогнозно-металлогеническая карта по марганцу м-ба 1:500 000 с выделением структурно-формационных зон, характеристикой их перспектив для поисков марганцевых месторождений составлена в СНИИГГиМСе в 1963–1966 гг. А. С. Калугиным и др. Всего на карту было нанесено 560 рудопоявлений и точек минерализации марганца. В качестве первоочередных для дальнейших исследований рекомендовались следующие СФЗ: Прителецкая, Среднечарышская и Рудно-Алтайская. В дальнейшем (1967–2015 гг.) карта и перспективные зоны уточнялись и дополнялись фактическим материалом, в том числе количественной оценкой их прогнозных ресурсов [23, 31, 65].

В настоящее время наибольшие перспективы связываются с Сугульской, Коргонской, Коксинско-Холзунской, Малошибетинской перспективными площадями и в целом с Белорецко-Холзунской марганцево-железородной зоной Западного Алтая, которая охватывает Холзунско-Чуйскую, частично Рудно-Алтайскую СФЗ и принадлежит к герцинской складчатой структуре [40]. На северо-востоке она ограничивается Бащелакско-Южно-Чуйской и Северо-Восточной зонами глубинных разломов, на юго-западе – Иртышской.

Глубинные разломы обусловили тектоническую активность района, контролировали проявление магматизма, служили путями выноса рудного вещества из глубин магматического очага. Марганцево-железородная зона сформировалась в ранне-среднедевонское время на активной континентальной окраине Сибирского палеоконтинента [64]. Главные марганцево-железородные узлы (Малошибетинский, Коксинско-Холзунский, Коргонский, Белорецко-Инской) приурочены к рифтогенным депрессиям тыловодужных бассейнов (см. рис. 7).

5.1.1. Сугульская площадь

Сугульская марганценосная площадь (около 200 км²) охватывает бассейны рр. Майма, Карасук, Паспаул, Улалушка, Шикшак, Мал. Иша в северо-восточной части Горного Алтая. Административно она входит в состав Майминского и Чойского районов Республики Алтай. Через площадь проходит шоссе, соединяющее Горно-Алтайск с Телецким озером. Сугульская марганценосная площадь выделена автором в рамках распространения рудоносных венд-раннекембрийских отложений. Рудопроявления марганца здесь были открыты в начале XX в. местным краеведом. В дальнейшем площадь изучалась Г. Д. Афанасьевым, А. П. Берзиным, И. А. Ваниевой, Ю. Н. Земцовым, Г. Я. Барышниковым, В. Н. Коржневым, А. В. Кривчиковым, Ю. С. Носковым, А. А. Месяниновым, В. М. Сенниковым, Э. Г. Кассандровым и др. Сугульская площадь состоит из нескольких участков: Сугульского, Бирюлинского, рр. Сафроновская Уба, Учаян и др.

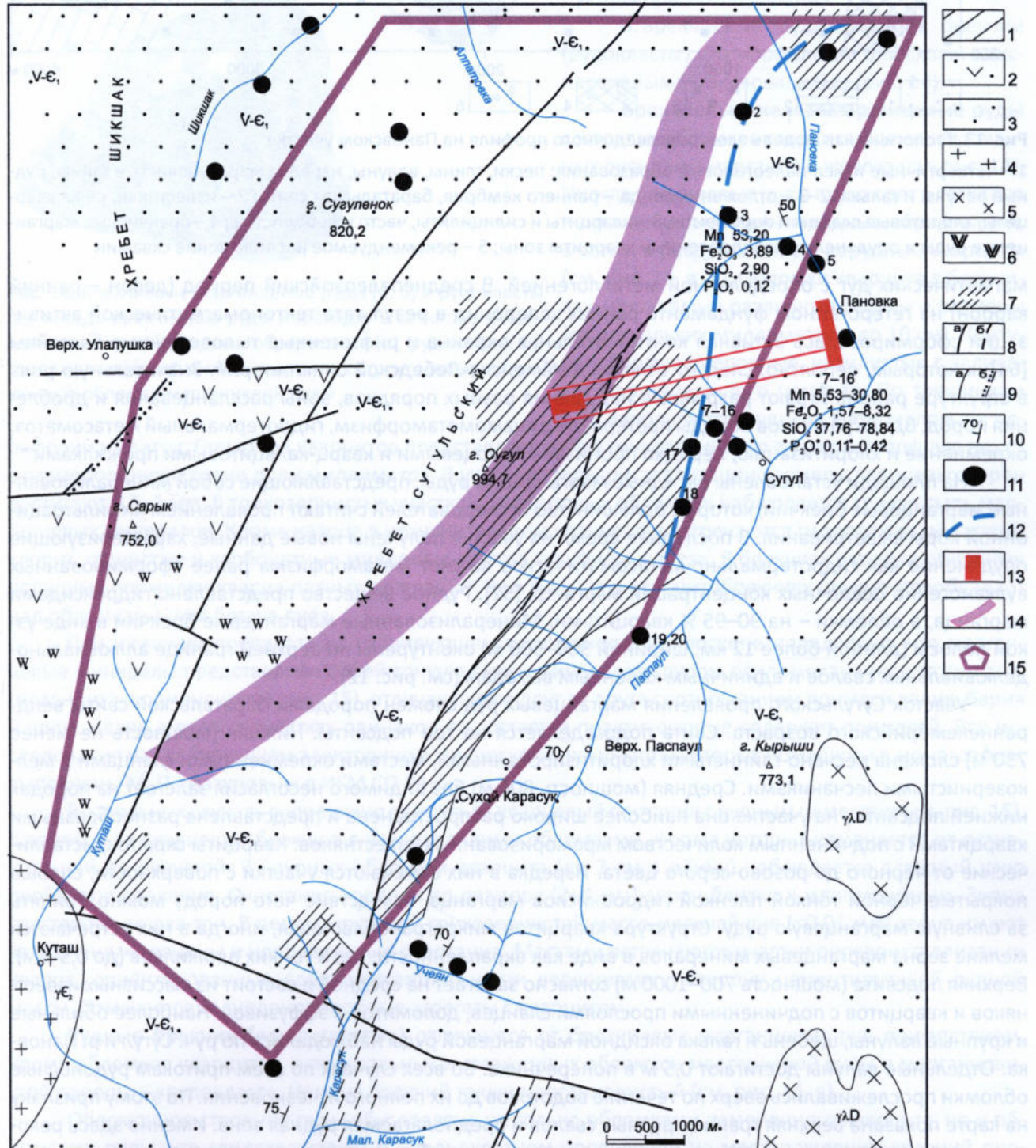
Сугульский участок (более 100 км²) является главным. Он оконтурен по границе распространения свалов руды по левым притокам р. Паспаул, вершинам рр. Улалушка и Шикшак (рис. 12). В центральной части участка проходит Сугульский хребет с вершинами Сугул и Сугуленок. В 2005–2008 г. здесь проведены поисковые работы ФГУП «Запасибгеолсъемка» (отв. исп. В. М. Шкарбань). Для локализации возможного коренного источника марганцевых руд, предварительного определения морфологии, условий залегания трехмерной модели марганцевородной зоны и мощности четвертичных отложений СНИИГТиМСом были выполнены опытно-методические электроразведочные работы методами ИНФАЗ-ВП и МПП. В результате на западном участке работ (вершина г. Сугул) по трем профилям выделена субвертикальная проводящая зона с повышенной поляризуемостью, вероятно, обусловленная наличием валунчатых марганцевых руд в виде обломков, взвешенных в песчано-глинистой массе продуктов коры выветривания (рис. 13); на восточном – зона повышенной поляризуемости, возможно, обусловленная присутствием свалов брекчиевых марганцевых руд (см. рис. 12). В эпицентральной части этих аномальных зон рекомендуется провести разведочное бурение. Прогнозные ресурсы валунчатых

Рис. 12. Прогнозно-поисковая модель Сугульской площади на марганцевые руды

1 – кора выветривания (К–Р): глины с обломками кварцитов и гнездами гидроокислов марганца, обохренные серицитовые сланцы, кварцитовые брекчии с гидроокислами марганца и железа; 2 – венд – нижний отдел кембрия (V–Є₁): конгломераты, гравелиты, лавобрекчии основного состава, туфоконгломераты, туфы, туфобрекчии, порфириды основного – среднего состава, известняки, доломиты, песчаники, алевролиты, филлитизированные сланцы, силицилиты, фосфориты; 3 – средний – поздний рифей, баратальская свита (R₂₋₃ br): известняки серые, светло-серые, темно-серые, черные, доломиты, песчаники, алевролиты, филлитизированные сланцы, кварциты полосчатые и массивные углеродистые, марганцовистые, участками осветленные, брекчиевые, фосфориты; 4 – среднекембрийские плагииграниты, кварцевые диориты, габбро, гранит-порфиры, диориты; 5 – девонские кварцевые диориты, диориты, гранодиориты, граниты, гранит-порфиры; 6 – метасоматические кварциты; 7 – рассланцевание; 8 – разрывные нарушения: а – достоверные, б – предполагаемые; 9 – геологические границы: а – достоверные, б – предполагаемые; 10 – элементы залегания слоистости; 11 – проявления марганца: № 17, 18 – по карте Ю. Н. Земцова, Г. Я. Барышникова и др. (1977), № 3–5, 7–16, 19, 20 – Э. Г. Кассандрова, проявления марганцевых кварцитовых брекчий и гравелитов в аллювии рр. Шикшак, Улалушка и др. (на карте без номера) взяты с карты А. П. Берзина и И. А. Ваниевой (1960); 12 – верхняя граница рудных свалов, прослеженная по ручьям; 13 – аномалии повышенной поляризуемости по данным ЗСБ и ИНФАЗ-ВП; 14 – предполагаемая марганцевородная зона; 15 – участок Сугульской площади, перспективный для поисков марганцевых руд

марганцевых руд по категории P_2 оценены в 36 млн т (сильно завышены и не локализованы). Практически велись поиски только переотложенных руд коры выветривания. Коренные источники руды не обнаружены. Площадь как по коренным, так и по валунчатым рудам осталась недоизученной.

В геологическом плане Сугульская площадь находится на стыке двух крупных структур: Катунско-го антиклинория и Уйменско-Лебедского синклинория, резко отличающихся друг от друга тектоникой, магматизмом и стратиграфическими разрезами. В Катунском антиклинории распространены в основном рифей-вендские и ранне-среднекембрийские отложения, гораздо меньшую роль играют образования позднего кембрия, ордовика и девона. В Уйменско-Лебедском синклинории преобладают девонские отложения. Эта разница объясняется геодинамическим развитием Палеоазиатского океана и его континентальных окраин. В раннепалеозойский период (рифей – силур) АССО представляла собой область развития островодужных, аккреционно-субдукционных зон и окраинно-континентальных



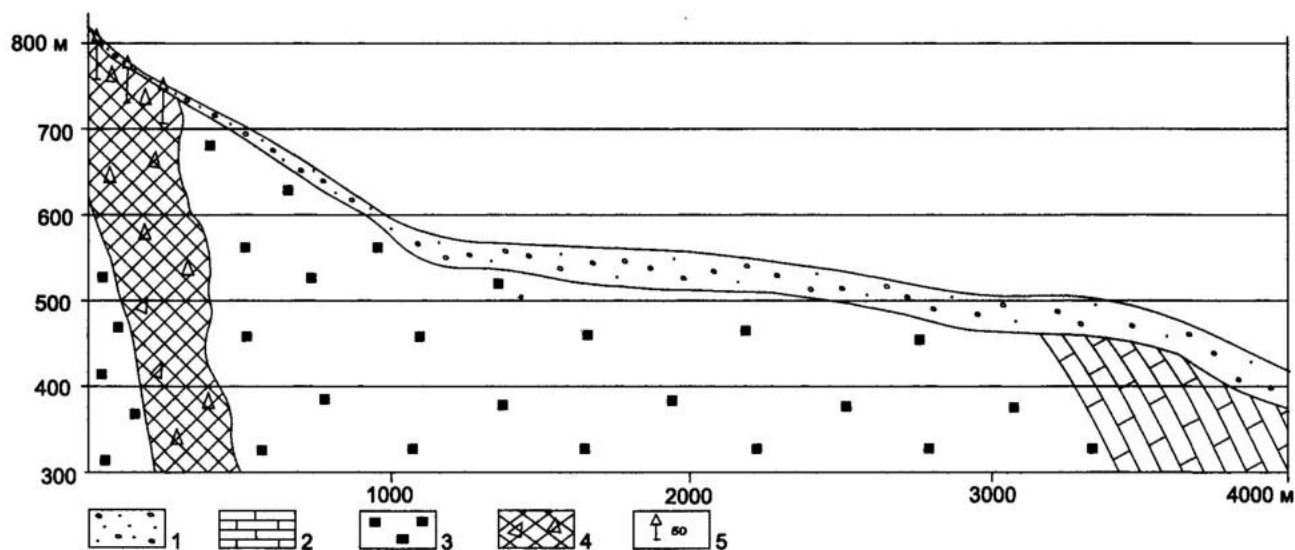


Рис. 13. Геологическая модель электроразведочного профиля на Пановском участке

1 – четвертичные и мел-палеогеновые образования: пески, глины, валуны, изредка марганцевистые глины, рудные валуны и галька; 2–3 – отложения венда – раннего кембрия, баратальская свита: 2 – известняки, реже кварциты, хлоритовые сланцы и порфириды, 3 – кварциты и силицилиты, часто углеродистые; 4 – брекчиевые марганцевые руды и оруденелые раздробленные кварциты зоны; 5 – рекомендуемое расположение скважин

магматических дуг с определенной металлогенией. В среднепалеозойский период (девон – ранний карбон) на гетерогенном фундаменте ранних каледонид в результате тектономагматической активизации сформировалась активная континентальная окраина и рифтогенные тыловодужные бассейны [64], к которым, вероятно, следует отнести и Уйменско-Лебедской синклиний. Значительную роль в структуре района играют разрывные нарушения разных порядков, зоны расщепления и дробления пород. Вдоль разломов породы претерпели динамометаморфизм, гидротермальный метасоматоз, окремнение и хлоритизацию, нередко пронизаны кварцевыми и кварц-кальцитовыми прожилками.

На площади установлены окисные марганцевые руды, представляющие собой минерализованные марганцевые брекчии, которые большинство исследователей считают проявлением инфильтрационной коры выветривания. В последнее время на участке получены новые данные, характеризующие оруденение как гидротермально-метасоматическое за счет метаморфизма ранее сформированных вулканогенно-осадочных концентраций марганца [52]. Рудное вещество представлено гидроксидами марганца, а обломки – на 90–95 % кварцитами. Минерализованные марганцевые брекчии в виде узкой полосы (длиной более 12 км, шириной 300–500 м) оконтурены по верхней границе аллювиально-делювиальных свалов и единичным коренным выходам (см. рис. 12).

Участок Сугульского проявления марганцевых руд сложен породами баратальской свиты венд-раннекембрийского возраста. Свита подразделяется на три подсвиты. Нижняя (мощность не менее 730 м) сложена песчано-глинистыми хлоритизированными, местами окремненными сланцами и мелкозернистыми песчаниками. Средняя (мощность 800 м) без видимого несогласия залегает на породах нижней подсвиты, на участке она наиболее широко распространена и представлена разнообразными кварцитами с подчиненным количеством мраморизованных известняков. Кварциты скрытокристаллические от черного до розово-серого цвета. Изредка в них отмечаются участки с поверхности, сплошь покрытые черной тонкой пленкой гидроокислов марганца, вследствие чего породу можно принять за сливную марганцевую руду. Структура кварцитов микрогранобластовая, иногда в них встречаются мелкие зерна марганцевых минералов в виде как вкрапленности, так и тонких прожилков (до 0,5 мм). Верхняя подсвита (мощность 700–1000 м) согласно залегает на средней и состоит из массивных известняков и кварцитов с подчиненными прослоями сланцев, доломитов и эффузивов. Наиболее обильные и крупные валуны, щебень и галька окисной марганцевой руды наблюдались по руч. Сугул и р. Пановка. Отдельные валуны достигают 0,5 м в поперечнике. Во всех случаях по всем притокам рудоносные обломки прослеживались вверх по течению водотоков до их полного исчезновения. По этому признаку на карте показана верхняя граница рудных свалов и предполагаемая рудная зона. Именно здесь рекомендовалось и рекомендуется сосредоточить поисковые работы.



Рис. 14. Брекчиевые марганцевые руды (а, б) и рудокласты (в); иногда брекчиевые руды переходят в сетчатые и прожилковые брекчиевидные образования (а); рудокласты (в) содержат, кроме обломков кварцита, остроугольные и сглаженные обломки марганцевой руды

риферии к центру. Структура кварцитов представляет собой тонкозернистую аллотриоморфную массу с размером зерен сотые доли миллиметра. В участках перекристаллизации размеры кварцевых зерен достигают 0,5–1 мм. В тонкозернистых участках кварцитовых обломков наблюдается тонкая сыпь марганцевых минералов. Кроме кварца в незначительном количестве встречаются гидрослюда, мусковит, хлорит, глинистые и карбонатные минералы, иногда сульфиды железа. В брекчиях нередко обильные дорудные прожилки кварца разных генераций. Чем больше в кварцитобрекчиях цемент преобладает над обломками, тем богаче руда.

При изучении препарата на сканирующем электронном микроскопе определено, что марганцевые минералы представляют собой тонкую смесь минералов группы псиломелана (криптомелана, голландита и романешита) (рис. 15), отличающихся друг от друга соотношением примеси калия, бария и воды. Кварц в разных участках одинаков по составу и практически не содержит примесей. Все исследования на сканирующем электронном микроскопе, результаты которых помещены в монографии, выполнены М. П. Мазуровым в ИГМ СО РАН.

В отдельных случаях руду можно принять за кварцевый песчаник с рудным цементом (см. рис. 15), в других – за кварцевую брекчию с разновеликими обломками, форма которых изменяется от остроугольной до округлой. В крупных обломках кварцита (до 2 см в длину) наблюдается сложный узор двойников давления. Очертания средних по размеру (2–4 мм) зерен близки к идиоморфным. Зерна срastaются по два-три. В цементирующей тонкозернистой массе мельчайшие (<0,01 мм) зерна имеют зазубренные границы и неправильные очертания. Местами встречаются участки перекристаллизации кварца, ориентированные псевдогексагональными вершинами в сторону цементирующей рудной массы. Отмечается халцедоноподобные агрегаты с кварцитом.

Рудные брекчии («рудокласты») отличаются от брекчиевых марганцевых руд присутствием, кроме обломков кварцитов, остроугольных и сглаженных обломков марганцевой руды и марганцевистой породы – «рудокласт». Цемент брекчий также марганцевистый (см. рис. 14, в).

Обломочное строение руды обусловлено не только обломками измененного кварцита, но и обломками руды, что свидетельствует о неоднократном проявлении на месторождении явлений дро-

Выделяются следующие разновидности **марганцевых руд:**

1. В виде конкреций (до 30–40 см в поперечнике), гнезд и линз в рыхлой толще пестроцветных глин коры выветривания, нередко заполняющих карстовые полости в известняках. В коричневых глинах коры выветривания установлено содержание марганца более 10 %.

2. Валунчатые руды в виде обломков, взвешенных в песчано-глинистой массе продуктов коры выветривания.

3. Брекчиевые руды, рудные брекчии (рудокласты). По морфологии они схожи с эксплозивными образованиями (рис. 14).

Брекчиевые железомарганцевые руды состоят из обломков кварцита, сцементированных оксидами марганца и железа (см. рис. 14). Иногда брекчиевые руды переходят в сетчатые и прожилковые брекчиевидные образования, а затем в раздробленные нерудные кварциты (см. рис. 14, а, б). Обломки кварцита в брекчиях имеют самые различные формы и размеры (от нескольких миллиметров до 10 см). Контурь обломков неровные, извилистые с заливами марганцевистого цемента. По трещинкам они заполняются рудным материалом от периферии к центру.

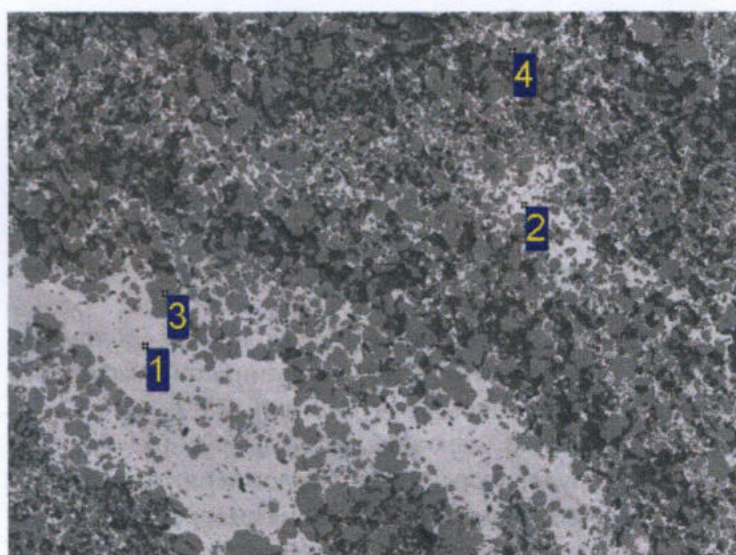
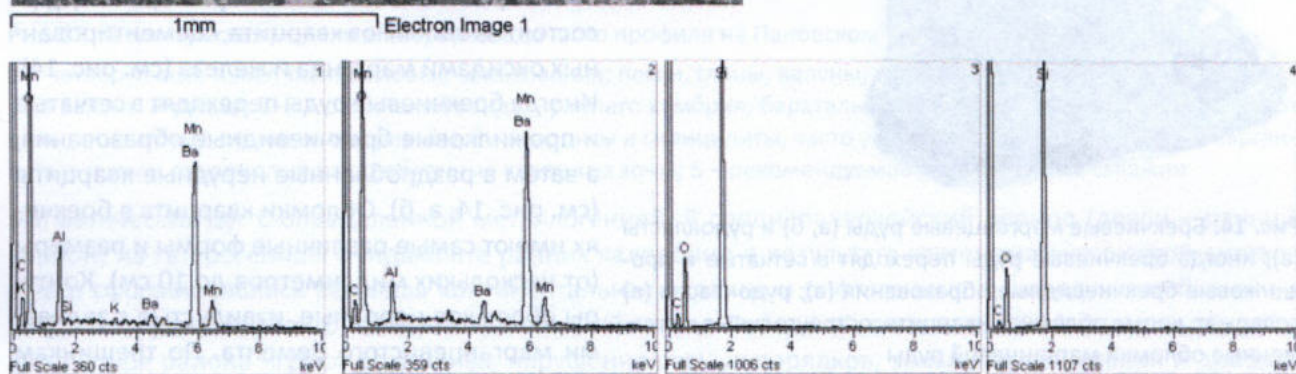


Рис. 15. Богатая брекчиевая марганцевая руда с элементами полосчатого и пятнистого строения, структура тонкозернистая. Электронно-микроскопическое изображение участка шлифа со спектрами составов отдельных зерен

1 – криптомелан; 2 – голландит; 3, 4 – кварц



бления и рассланцевания. В таких обломках кроме марганца и железа присутствует примесь алюминия, кремния, фосфора, калия за счет тонкорассеянных минеральных примесей. Обнаружены неоднородные обломки с голландитом и псиломеланом, а также гнездово-колломорфные обособления более сложного строения с маннардитом и литиофоритом (рис. 16–18). Присутствуют обломки марганцевой руды с обычным катаклазированным кварцитом и обломки кварц-гетитового состава. Последние рассекаются сетью трещин, в которых происходила регенерация кварца, рост его кристаллов ортогонально зальбандам с последовательным укрупнением опаловидной массы. В крупных обломках развита тонкая сеть волосовидных прожилков псиломелана. В шлифах иногда наблюдается замещение обломков браунита минералами группы псиломелана и пиролюзита с сохранением его реликтов.

В образцах, где кварциты неоднородны, линзовидные обособления сложены до 30 % объема породы сланцеватым слюдястым веществом. Рудные прожилки включают разноориентированные кусочки слюдястого кварцита. В таких местах встречаются метакристаллы кварца, ориентированные перпендикулярно рассланцеванию. В единичных образцах встречаются обломки изверженной породы, где гетит образует псевдоморфозы по пириту и титаномагнетиту, а с кварцем ассоциирует плагиоклаз.

В рудах установлены псиломелан, криптомелан, голландит, пиролюзит, браунит, манганит, маннардит, романешит, литиофорит, гетит, образующие тесные срастания друг с другом и с нерудными минералами, среди которых преобладает кварц и незначительная примесь серицита, каолинита, рутила и других минералов, в том числе встреченных в единичных шлифах барита, пирита, титаномагнетита. Химический состав марганцевых руд следующий (вес. %): Mn 11,80–53,20, MnO 1,72–8,41, MnO₂ 16,55–79,90, SiO₂ 2,90–58,85, Al₂O₃ < 0,01–5,82, TiO₂ < 0,01–0,78, Fe₂O₃ 1,57–8,32, MgO 0,05–0,17, CaO 0,20–0,87, Na₂O 0,07–0,17, K₂O 0,38–1,31, P₂O₅ 0,12–0,42, H₂O 0,46–0,76, п.п.п. 1,93–7,00. Именно брекчиевые руды и рудные брекчии Сугульской площади – главная и наиболее перспективная разновидность марганцевых руд. На их поиски и оценку должна быть направлена основная часть геолого-разведочных работ, что не было сделано ФГУП «Запсибгеолсъемка», выполняющим эти работы в 2005–2008 гг.

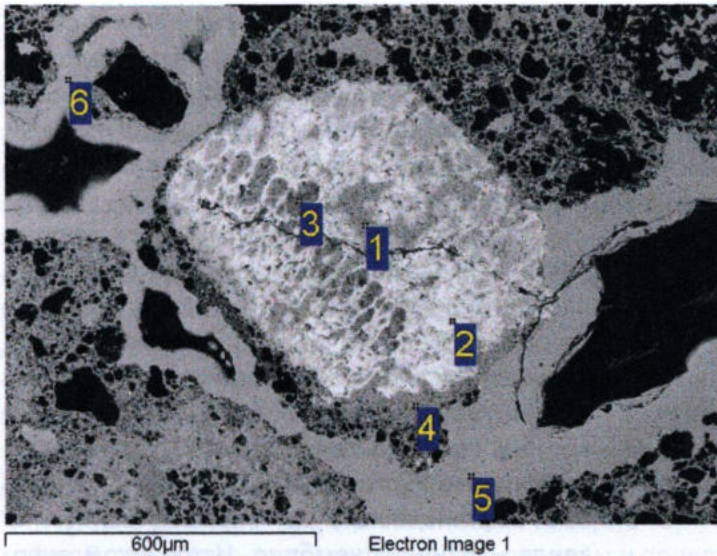
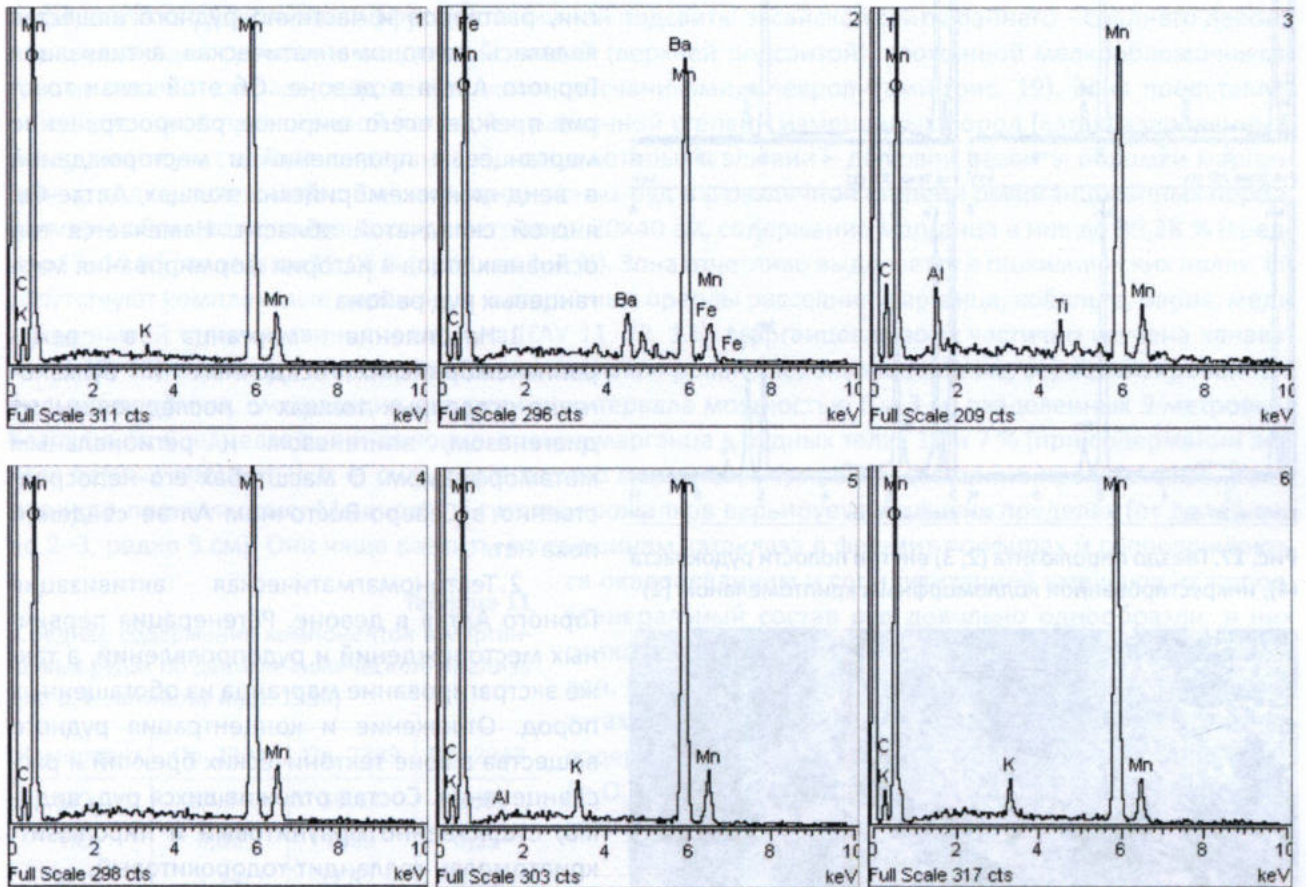


Рис. 16. Обломок криптомелана (1) в рудокласте (см. рис. 14, в) с баритом (2), мангнитом (3) и пиролюзитом (4), обрамленный колломорфным криптомеланом (5, 6)



Полученный материал свидетельствует о наложении процессов выветривания на образовавшиеся ранее гидротермально-метасоматические руды. Об этом говорят следующие обстоятельства.

1. Состав минералов, последовательность их образования и текстурно-структурные особенности руды. Марганцевые минералы представлены как низкотемпературными образованиями группы псиломелана, криптомелана, пиролюзитом, мангнитом, так и реликтами браунита – минералом, кристаллизующимся обычно из более высокотемпературных растворов. Из других минералов в марганцевых рудах отмечаются реликты пирита, в том числе фрамбоидального, который замещается гетитом, халькопирита и борнита. Пирит присутствует как в кремнистой породе, так и в марганцевистом цементе.

2. В железомарганцевом цементе брекчий нередко флюиальность, выраженная ориентацией в одном направлении мелких таблитчатых обломков кварцита, а в рудокластах – цементация обломков колломорфной марганцевой руды флюиальным кремнисто-псиломелановым агрегатом.

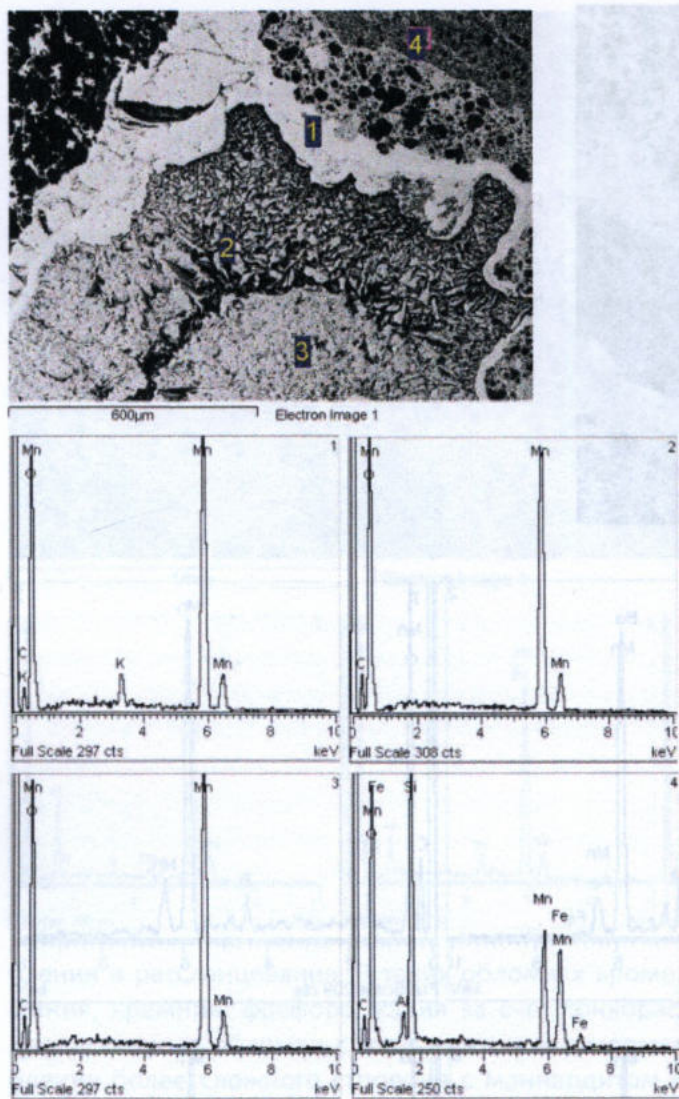


Рис. 17. Гнездо пиролюзита (2, 3) внутри полости рудокласта (4), инкрустированной колломорфным криптомеланом (1)

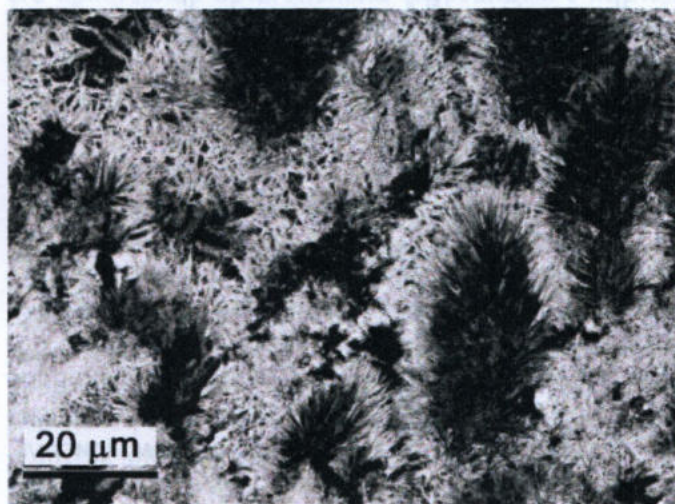


Рис. 18. Литиофорит в гнезде рудокласта

3. Химический состав руд и марганцевистых пород в своей нерудной части мало чем отличается от вмещающих кварцитов и кремнистых сланцев. Это в основном двухкомпонентная порода, состоящая из кремнезема и оксидов марганца.

Таким образом, главная масса марганцевых и железомарганцевых руд Сугульской площади является, как нам представляется, гидротермально-метасоматическими образованиями. Источником марганца для них, вероятно, послужили обогащенные марганцем кремнистые, углисто-кремнистые, карбонатно-кремнистые породы и вулканогенно-осадочные марганцевые руды баратальской свиты венда – раннего кембрия. Источником энергии, растворов и частично рудного вещества являлась тектономагматическая активизация Горного Алтая в девоне. Об этой связи говорит прежде всего широкое распространение марганцевых проявлений и месторождений в венд-нижнекембрийских толщах Алтае-Саянской складчатой области. Намечается три основных этапа в истории формирования марганцевых руд района:

1. Накопление марганца в венд-раннекембрийских осадочных и вулканогенно-осадочных толщах с последующим их диагенезом, эпигенезом и региональным метаморфизмом. О масштабах его непосредственно в Северо-Восточном Алтае сведений пока нет.

2. Тектономагматическая активизация Горного Алтая в девоне. Регенерация первичных месторождений и рудопроявлений, а также экстрагирование марганца из обогащенных пород. Отложение и концентрация рудного вещества в зоне тектонических брекчий и рассланцевания. Состав отложившихся руд, видимо, существенно браунитовый и пиролюзит-криptomелан-голландит-тодорокитовый.

3. Гипергенез и формирование коры выветривания в мел-палеогеновое время. В этот период руды частично были дезинтегрированы, переотложены и окислены.

Сформировались пиролюзит-псиломелановые и гетит-пиролюзит-псиломелановые разновидности с манжироитом, романешитом, тодорокитом, рамсделлитом и другими гидроксидными минералами. Выдвинутые

представления о генезисе с учетом детального изучения состава руд существенно увеличивают перспективы Сугульского проявления для получения запасов оксидных марганцевых руд промышленных категорий в том числе валунчатых, конкреций и других скоплений в пестроцветных глинах.

5.1.2. Малошибетинская площадь

Малошибетинская площадь расположена в 6 км от Чуйского тракта, в 14 км от пос. Ташанта и в 7,5 км к северу от разведанного месторождения спекулярита Рудный Лог в легко доступной местности. Малошибетинское проявление оксидных марганцевых руд открыто Ю. Г. Ивановым во время геофизических работ на железные руды, цветные и благородные металлы участка проявления железных руд Красногорский (1983–1990 гг., отв. исп. В. Г. Логинов, Ю. Г. Иванов). Ранее в рассматриваемом районе были отмечены и вынесены на карту марганцевых месторождений и проявлений несколько пунктов марганцевой минерализации (А. С. Калугин и др., 1966). Марганценосная зона, выделенная Ю. Г. Ивановым, была рекомендована для дальнейшей оценки. До настоящего времени, включая геологическое доизучение м-ба 1:200 000 нового поколения (2009 г.), работ по оценке проявлений марганцевых руд в районе не проводилось. Авторы последнего геологического отчета по доизучению района (А. Л. Пономарев и др., 2009) отнесли Малошибетинское рудопроявление марганца к неперспективным ввиду низкого содержания в рудах марганца. Однако, кроме работ В. Г. Логинова, Ю. Г. Иванова и др. (1990) по оценке выявленной ими марганценосной площади, других специализированных исследований не было.

Малошибетинская марганценосная зона, по Ю. Г. Иванову, расположена в северной части Аксайской структурно-металлогенической подзоны и приурочена к тектонически осложненным породам зоны контакта существенно эффузивной нижней подсвиты аксайской свиты раннего – среднего девона с вышележащей туфогенно-осадочной толщей (верхней подсвитой), сложенной мелкообломочными туфами кислого состава, туфопесчаниками, песчаниками, алевролитами (рис. 19). Зона представлена субширотной протяженной полосой в различной степени измененных пород (катаклазированных, окварцованных, серицитизированных), среди которых в элювии – делювии развиты обломки марганцевых, редко железомарганцевых гидроокисных руд и в различной степени омарганцованных пород. Размеры обломков от первых сантиметров до 20×40 см, содержание марганца в них до 39,28 % (среднее 13–15 %), железа до 10,05 % (среднее 3–5 %). Зона отчетливо выделяется в геохимических полях. Ей сопутствуют комплексные первичные и вторичные ореолы рассеяния марганца, кобальта, бария, меди и в меньшей степени свинца и висмута (ГАУ 11, 12, 13). Марганцевая зона частично изучена канавами (К-17, 18), в которых вскрыты умеренно катаклазированные, окварцованные, серицитизированные фельзит-порфиры, вмещающие два рудных интервала мощностью 6 и 3 м, разделенных 9-метровым безрудным. Средневзвешенная концентрация марганца в рудных телах 10 и 7 % (при содержании железа первые проценты), т. е. руды существенно марганцевые, преимущественно прожилковые, реже пятнисто-прожилковые. Мощность и густота прожилков варьирует в больших пределах (от долей мм до 2–3, редко 5 см). Они чаще развиты по трещинам катаклаза в фельзит-порфирах и сопровождаются окварцеванием и серицитизацией вмещающих пород.

Таблица 11

Среднее содержание компонентов в марганцевых рудах по данным химического анализа (по В. Г. Логинову и др. 1990)

Компонент	Пр. 2328	Пр. 2339	Пр. 2348
SiO ₂	64,04	50,14	49,05
TiO ₂	0,02	0,09	0,23
Al ₂ O ₃	1,24	7,62	8,92
Fe ₂ O ₃	2,97	2,55	2,05
FeO	–	–	–
MnO	21,10	23,03	19,74
MgO	0,20	0,27	0,79
CaO	0,73	0,63	1,12
S	<0,10	<0,10	<0,10
P ₂ O ₅	0,17	0,07	0,094
П.п.п.	–	–	–
K ₂ O	0,49	3,58	3,40
Na ₂ O	<0,05	0,05	<0,05

Минеральный состав руд довольно однообразен, в них резко преобладает голландит, реже отмечаются псиломелан, пиролюзит, пирит, гидроокислы железа. По результатам полного химического анализа определено среднее содержание в рудах (%): SiO₂ 64,41, TiO₂ 1,11, Al₂O₃ 5,92, Fe₂O₃ 2,5, MnO 21,32, CaO 0,93, P₂O₅ 0,11, K₂O 2,5, Na₂O 0,05 (табл. 11, 12).

Характерная особенность руд – повышенное содержание в них меди (от 0,01–0,05 до 0,2 %), кобальта (0,1–0,3 %) и бария (до 1 %). Из табл. 11, 12 следует, что на Малошибетинской площади присутствуют преимущественно бедные марганцевые руды с редкими интервалами средних и богатых (Mn от 20,0 до 39,28 %). Руды малофосфористые и маложелезистые, по аналогии с месторождением Прозрачное они легко могут обогащаться по простым схемам. Общая протяженность аномалий в пределах геохимических ореолов и геофизической аномалии 8 км. Прогнозные ресурсы при глубинах распространения 200 и 500 м составят 21,6 и 54 млн т. Автор оценивает прогнозные ресурсы оксидной марганцевой руды по категориям P₂+P₃ на

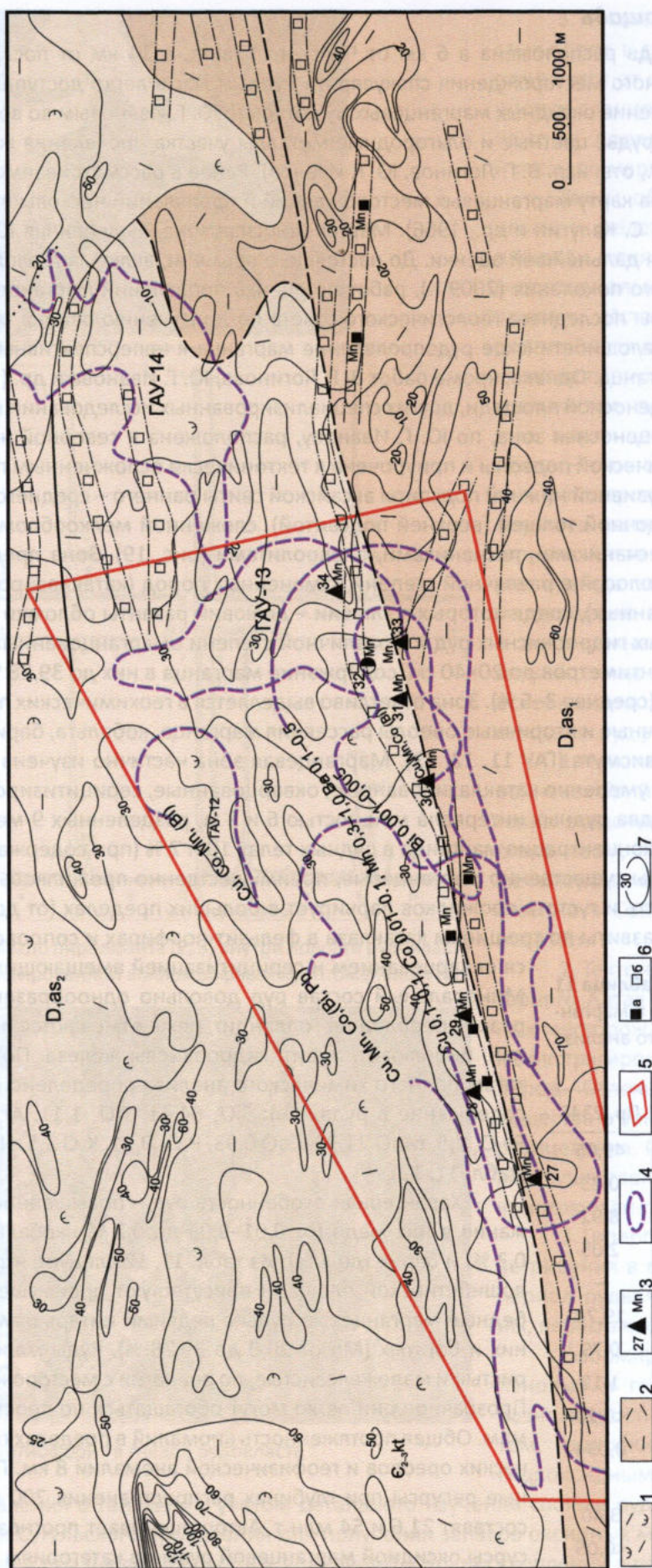


Рис. 19. Геолого-геофизический план района Малошибитинской марганценоносной площади (по В. Г. Логинову и Ю. Г. Иванову, 1990, с упрощениями)

1 – верхняя подсвита (D₁as₂) аксайской свиты (Das): в нижней половине риолиты и риодациты, туфы пизолитовые пестроцветные, в верхней половине преимущественно риолиты, трахириолиты и трахириодациты; туфы пепловые, кристаллокластические и спекшиеся, игнимбриты, туффиты, туфопесчаники, туфоалевролиты, конгломераты, песчаники, алевролиты; в основании туфоконогломераты (360–1100 м); 2 – нижняя подсвита (D₁as₁): лавы и туфы трахиандезитов, андезитов, трахидацитов, дацитов, трахиандезитобазальтов, трахибазальтов серо-зеленых, темно-зеленых, редко серо-лиловых; туфопесчаники, туфоалевролиты, туффиты, песчаники, алевролиты, дресвяники, брекчии, туфоконогломераты серые, серо-зеленые, серо-лиловые (менее 400 м); 3 – проявления оксидных марганцевых руд и их номера; 4 – геохимические ореолы марганца и сопутствующих элементов; 5 – контур перспективной площади; 6 – линии шурфов; а – вскрывших марганцевые руды, б – не вскрывших; 7 – геофизические аномалии

Таблица 12

Результаты химического анализа бороздовых проб марганцевых руд Малошибетинской площади, % (по В. Г. Логинову и др., 1990)

Номера точек наблюдения и горных выработок	Номера проб	Mn	Fe	Номера проб и точек наблюдения	Mn	Fe
Канавы 17	К-17-7	7,20	2,79	2329/7	26,16	5,25
"	К-17-8	6,32	2,90	2329/8	23,32	3,46
"	К-17-9	7,52	2,57	2328	19,12	1,89
"	К-17-10	3,24	3,24	2339/1	11,0	2,68
Канавы 18	К-18-4	8,76	2,57	2339/2	21,56	1,68
"	К-18-5	11,8	2,57	2339/3	15,28	7,04
"	К-18-6	10,56	2,68	2348/3	15,32	10,05
"	К-18-7	9,84	2,46	2352/1	12,52	2,57
"	К-18-8	9,76	3,13	2356	29,8	7,37
"	К-18-9	11,76	2,57	2365	11,44	1,89
Т. н. 2329	2339/1	18,16	4,91	2366	2,36	3,91
"	2329/2	12,72	2,01	2367	5,96	2,23
"	2329/3	13,8	1,89	2389	12,16	2,79
"	2329/4	20,0	4,8	2412	13,96	2,46
"	2329/5	24,88	3,8	2414	13,04	9,72
"	2329/6	21,0	2,01	2614	39,28	4,35

Малошибетинской площади в 30 млн т (из них 15 млн т по категории P_2). С учетом геофизических данных для категорий P_2+P_3 принята длина рудной зоны 8000 м, средняя суммарная мощность рудных тел 6 м, глубина подсчета 200 м, среднее содержание марганца в рудах 12 %, объемный вес руды 3,2 т/м³ (8000 м × 6 м × 200 м × 3,2 м = 30,7 млн т). Из этих ресурсов на категорию P_2 приходится 15,0 млн т при длине рудной зоны 4500 м, средней суммарной мощности рудных тел 5 м и аналогичных других параметров.

Отметим главные критерии положительной оценки Малошибетинской площади на оксидные марганцевые руды.

1. Имеются прямые признаки оксидного марганцевого оруденения: наличие руд с Mn от 10 до 40 %.
2. Площадь входит в Холзунско-Чуйскую структурно-формационную зону, отличающуюся большим количеством рудопроявлений марганца оксидного состава. Одно из них (Прозрачное) оценено и занесено в баланс ресурсов: P_1 – 20 млн т, P_2 – 30 млн т.
3. Малошибетинское рудопроявление приурочено к отложениям терригенно-карбонатно-вулканогенной марганценосной формации алтайского типа с вулканитами преимущественно щелочно-кислого состава.
4. Проявление относится к стратиформному типу, отличающемуся сочетанием пятнисто-прожилковых и стратифицированных руд. Имеются перспективы для обнаружения последних.
5. Наличествует рудно-фациальная зональность, представленная взаимопереходами по латерали и разрезу железных и марганцевых руд.
6. Имеются промышленные аналоги мелких, средних и крупных месторождений с первично оксидными рудами.

Таким образом, предмет поисков на Малошибетинской площади – оксидные марганцевые руды вулканогенно-гидротермально-осадочного типа.

Площадь весьма перспективна и доступна для освоения, поскольку через нее проходит Чуйский тракт. Но она удалена от металлургических заводов Кузбасса (возможных потребителей) на 650 км по шоссе и железной дороге. Хотя ситуация может измениться в случае ориентации на зарубежных потребителей – КНР и МНР, тем более в связи со строительством газопровода в КНР, который пройдет вблизи Малошибетинской площади.

5.2. Салаир

В северо-западной части Салаира выделены три марганценосные площади: Матюжихинская, Егорьевская, Корюшкинская (А. И. Неволько, Э. Г. Кассандров и др.). Из них наиболее перспективны Матюжихинская и Егорьевская (рис. 20).

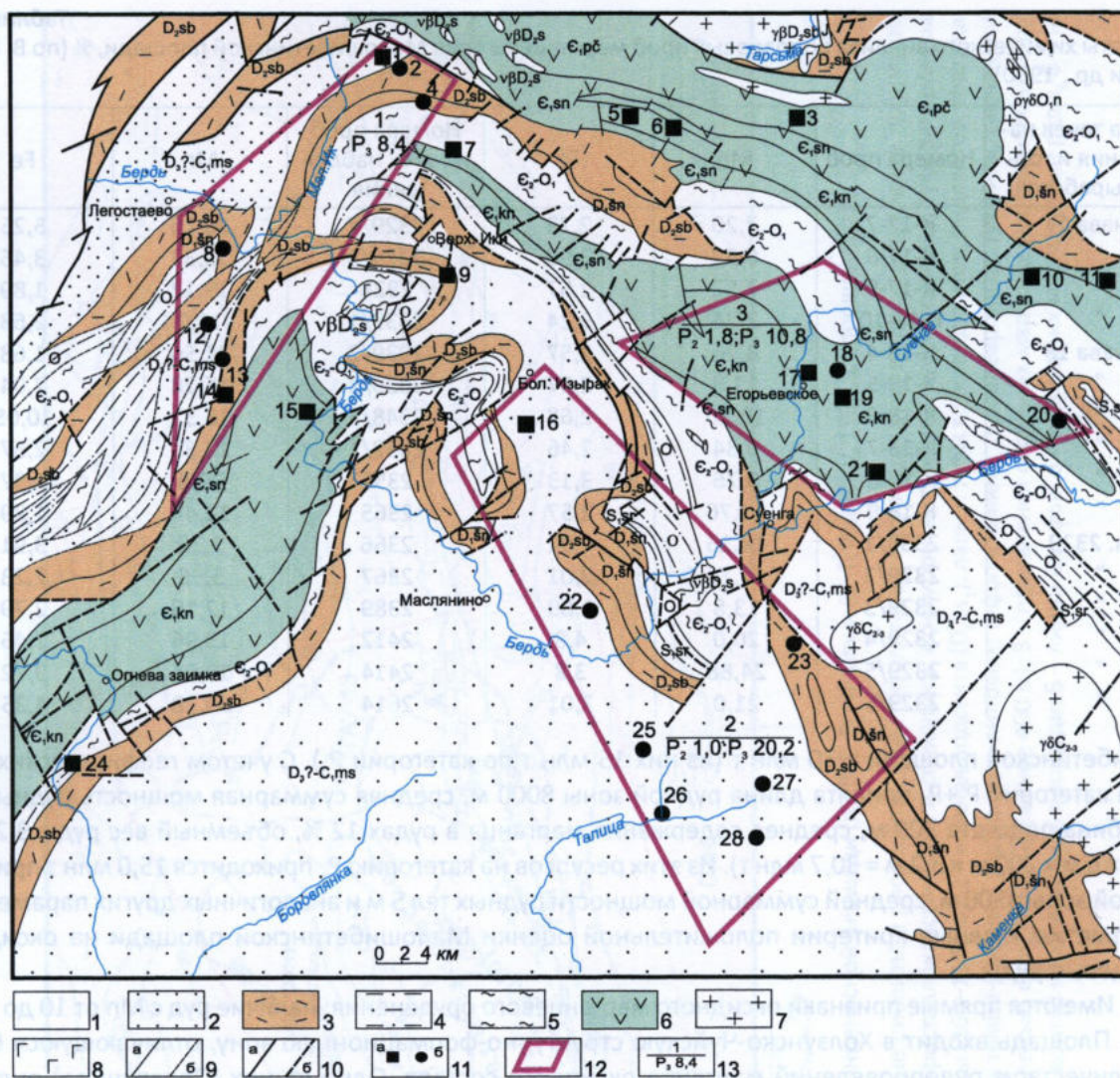


Рис. 20. Прогнозная карта на марганцевые руды северо-западной части Салаира. Сост. Э. Г. Кассандровым, Г. В. Бугаевой, Е. В. Кассандровой по материалам КПр Новосибирской области и Новосибирского территориального управления

1 – поздняя пермь – ранняя юра (J_1 – P_2), осинонская, абашевская, распадская свиты, кузнецкая подсерия: алевролиты, аргиллиты, песчаники, конгломераты, пласты и прослои каменного угля; 2 – девон и карбон нерасчлененные, поздний девон (D_3 ?– C_1), маслянинская толща, абышевская, укропская, подонинская свиты: известняки, глинистые сланцы, песчаники, алевролиты; 3 – девон средний и ранний (D_1 – D_2), ранне-среднедевонская марганценосная формация, соболевская, шандинская и мочегинская свиты: песчаники, алевролиты, глинистые сланцы, известняки, конгломераты, базальты, андезиты, дациты и их туфы, пласты и горизонты бокситов; 4 – ранний силур – ордовик (S_1 , O), серебрянниковская, зырянская, зайчихинская, изыракская, чупинская свиты: глинистые и кремнистые сланцы, песчаники, алевролиты, известняки конгломераты; 5 – кембрий – ордовик нерасчлененные, средний кембрий (E_2 – O_1 , E_2), зелено-фиолетовая серия, матюжихинская и сафатовская свиты: песчаники, алевролиты, конгломераты, туфогравелиты, туфопесчаники, андезитовые порфириты и их туфы, линзы мраморов; 6 – ранний кембрий (E_1), раннекембрийская марганценосная формация, суенгинская, печеркинская и кинтерепская свиты: известняки, песчаники, гравелиты, конгломераты, кремнисто-глинистые и углеродистые с сульфидами сланцы, андезитовые порфириты и их туфы, метариодациты и их туфы, сланцы кварц-эпидот-хлорит-актинолитовые и кварц-альбит-актинолитовые; интрузивные образования: 7 – граниты, плагиограниты, тоналиты, гранодиориты, диорит-порфиры; 8 – габбро, габбро-диабазы, габбро-диориты, габбро-андезиты и др.; 9 – геологические границы: а – достоверные, б – предполагаемые; 10 – разрывные нарушения: а – достоверные, б – предполагаемые; 11 – рудопроявления марганца: а – коренные, б – элювий, делювий, аллювий; 12 – перспективные марганценозные площади, рекомендуемые для первоочередных работ; 13 – номер площади, прогнозные ресурсы, млн т

5.2.1. Матюжихинская марганценосная площадь

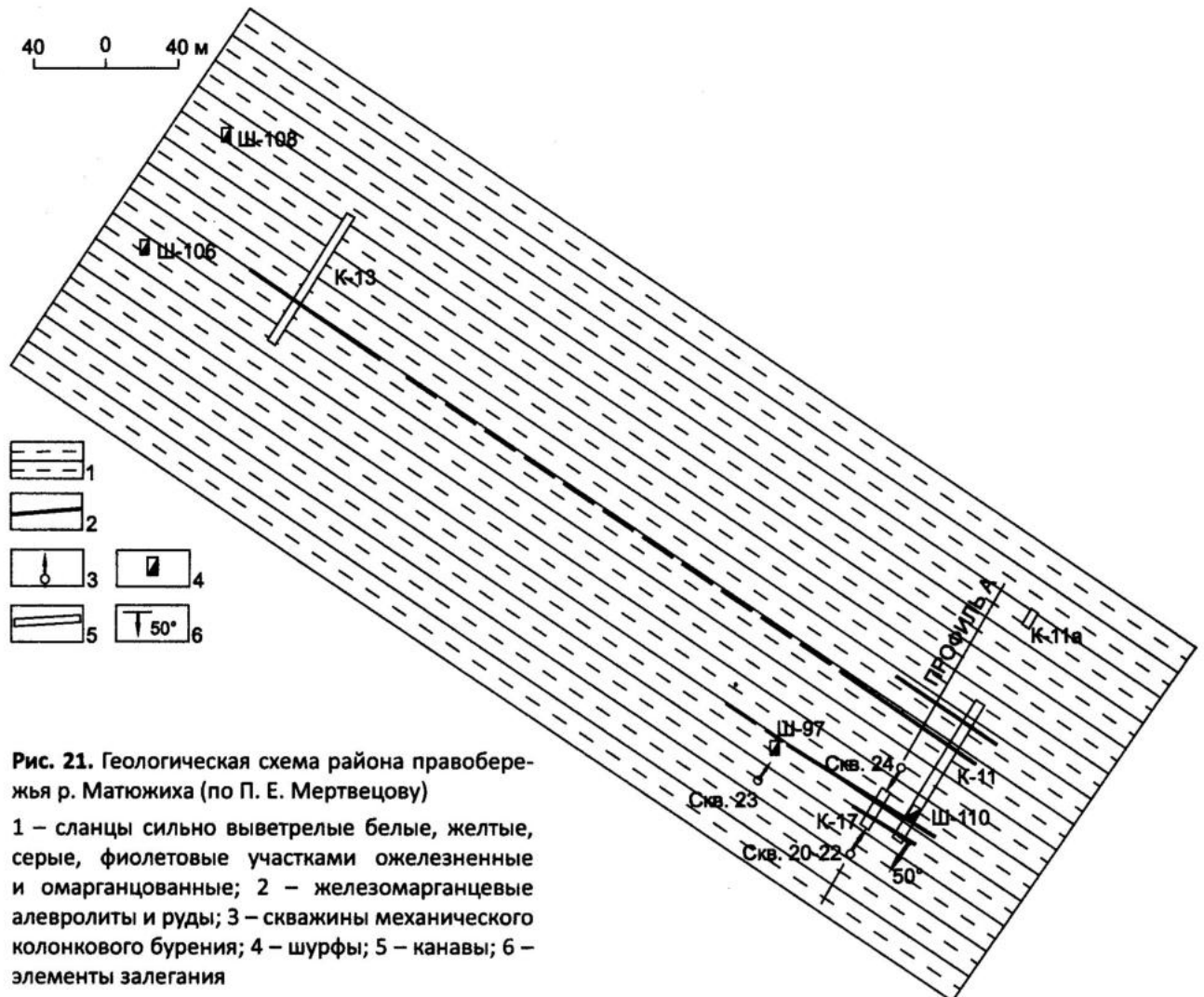
Приурочена к ранне-среднедевонским вулканогенно-осадочным породам и включает следующие рудопоявления марганца: Матюжихинское (наиболее крупное), Зырянка, Елбань, Талицкое, Дресвянка, Журавлиха.

Матюжихинское рудопоявление расположено в бассейне среднего течения р. Матюжиха, в 3,5 км к юго-западу от с. Бол. Изырак. Открыто П. Е. Мертвецовым в 1950 г. при поисках палеозойских бокситов. С поверхности железомарганцевые алевролиты вскрыты тремя канавами, а на глубину 50–100 м – колонковыми скважинами. По простиранию оруденение прослежено на 600 м. Всего на участке пройдены четыре скважины суммарно 374,5 пог. м, 124 пог. м глубоких и 51 пог. м мелких шурфов, 761,46 м³ канав.

Наиболее полно разрез рудоносной части сланцево-песчаниковой толщи вскрыт канавой № 11, в которой установлено три участка марганцевых руд и железомарганцевых алевролитов мощностью 5,0, 1,1 и 1,0 м. Железомарганцевая минерализация оксидного типа распространяется по данным бурения на глубину до 75 м без выклинивания, а по простиранию на 600 м. Она имеет явно стратифицированный характер, неоднократно повторяясь в разрезах (рис. 21–23).

Содержание оксида марганца в оруденелых породах и рудах колеблется от 0,85 до 35,0 %, оксида железа – от 4,8 до 81,61 %, что свидетельствует о присутствии в районе богатых марганцевых и железных руд. Концентрация и соотношение оксидов других элементов (в частности SiO₂, Al₂O₃, CaO и MgO) показывает незначительное изменение пород в результате выветривания и наличие, как нам представляется, зоны окисления, распространяющейся, видимо, до уровня грунтовых вод.

Спектральным анализом единичных образцов железомарганцевых алевролитов установлено содержание кобальта и никеля от 0,1 до 1 % и более. Отметим, что анализу подверглись пробы, взятые



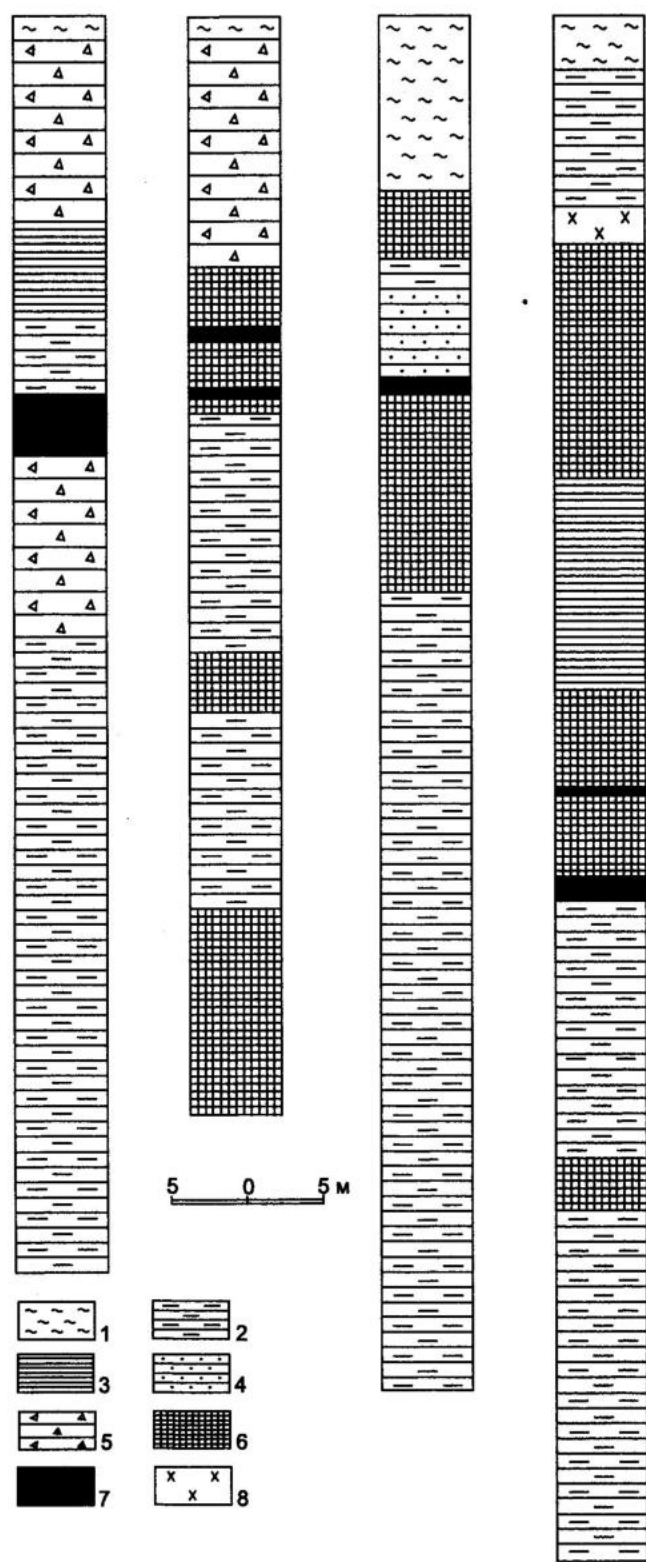


Рис. 22. Литолого-стратиграфические колонки рудоносной толщи Матюжихинского рудопроявления (мощность пород – видимая по скважинам) (по П. Е. Мертвецову)

1 – глины, суглинки, с обломками сланцев, ожезненных и омарганцованных пород; 2 – сланцы желтые, серовато-черные; 3 – сланцы желто-красные до кирпично-красных; 4 – песчаники рассланцованные; 5 – сланцы желтые и белые сильно выветрелые до состояния глины с обломками железомарганцевой породы и руды; 6 – сланцы желтые, коричневые ожезненные и омарганцованные с обломками марганцовистых пород, прожилками, прослойками, стяжениями железомарганцевых минералов; 7 – железомарганцевые породы и руды; 8 – изверженные породы измененные

в канаве № 11 и шурфах, а также штупные пробы с поверхности. К сожалению, керн скважин не анализировался, а вероятно, и не опробовался. Поэтому судить о составе руд и изменении его по разрезу не представляется возможным. Достаточно хорошая выдержанность оруденения по простиранию и на глубину свидетельствует, на наш взгляд, о наличии сингенетичных железомарганцевых горизонтов и пластов в составе алевролито-сланцевой толщи района.

Аналогичные железомарганцевые алевролиты и руды, по данным П. Е. Мертвецова, отмечены еще на ряде участков: Петушихе, Талицком, Журавлихе, Зырянке и Дресвянке. В целом намечается рудоносная площадь, вытянутая в северо-западном направлении почти на 42 км. Как видно на рис. 1,

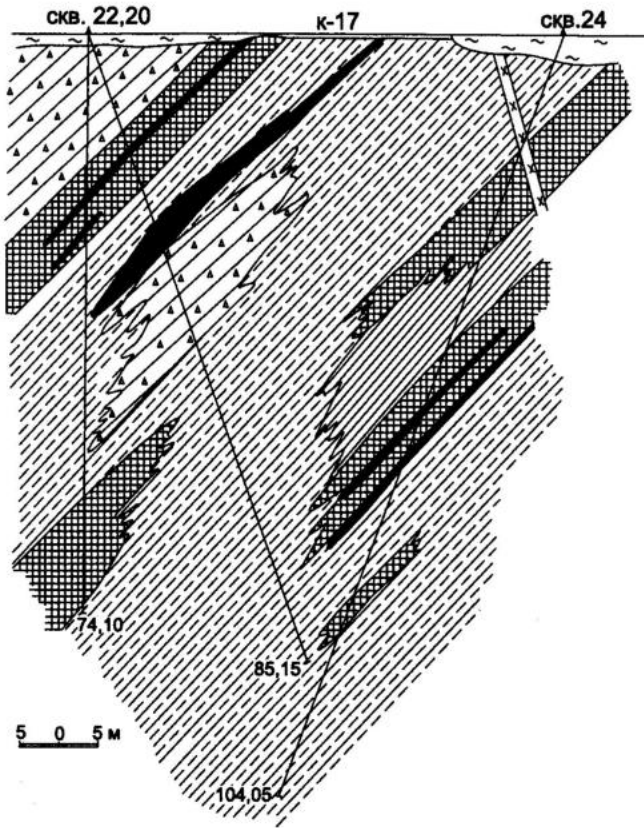


Рис. 23. Разрез по профилю А (по П. Е. Мертвецову)

Усл. обозн. см. на рис. 22

гатимых и богатых марганцевых руд в Горном Алтае и Южно-Минусинской впадине, обрабатываемое промышленностью Парнокское месторождение в Республике Коми, а также рудопроявления Пай-Хоя (Полярный Урал). Последние интересны еще и тем, что там парагенетически связаны девонские марганцевые руды и бокситы [56]. Некоторое сходство геологической обстановки и состава рудопроявлений девонской толщи Северо-Западного Салаира наблюдается с широко известными промышленными объектами Жайильминской мульды в Центральном Казахстане.

В связи с изложенным Матюжихинское рудопроявление рекомендуется для проведения первоочередных поисковых работ на оксидные марганцевые руды.

5.2.2. Егорьевская площадь

Расположена в восточной части района, полностью соответствует Егорьевскому золотоносному узлу. Выделена в границах вулканогенно-кремнисто-карбонатной марганценосной формации (кинтерепская и сунгинская свиты раннего кембрия). На этой площади находятся рудопроявления Егорьевское (17), водораздела рек Фомихи и Петровки (18), Петровское (19), Матвеевское (20) и др. (см. рис. 20).

Главный интерес представляют горизонты марганцевой руды, выявленные при бурении золотоносных кор выветривания Егорьевского узла. Основой для оценки Егорьевской площади послужил хорошо разбуренный и изученный Петровский участок, в пределах которого А. И. Неволько закартирован марганценосный горизонт. Прогнозные ресурсы подсчитывались при следующих параметрах: длина участка 300 м, ширина 300 м, средняя мощность марганценосного горизонта 20 м, объемный вес руды 2 т/м³ (принимая во внимание высокую пористость пород), среднее содержание марганца 10 %. Для категорий P₂+P₃ они составили 3,6 млн т, из них 1,8 млн т категории P₂. Глубина залегания марганценосного горизонта от поверхности составляет от 15 до 30 м. Прогнозные ресурсы Егорьевской площади при указанных параметрах и коэффициенте рудоносности 0,3 оцениваются (млн т) по категории P₂ в 1,8; P₃ – 10,8; P₂+P₃ – 12,6. Обрабатывать месторождение можно методом СГД.

оруденение от места его выхода на поверхность в виде свалов (канавы № 11) прослеживалось только в северо-западном направлении и совсем не изучалось на юго-восток. Кроме того, в 2000 г. из расчистки на Матюжихинском рудопроявлении были взяты и проанализированы три пробы железомарганцевых пород. Результаты по ним нам были переданы А. И. Неволько. Пробы содержат (%): Mn 4,5, 14,5, 13,0; Fe 46,9, 34,7, 23,5; Ni 0,02, 0,3, 0,02; Zn 0,12, 0,18, 0,70; Cu 0,01, 0,07.

Исходя из следующих параметров: средняя суммарная длина рудных тел 600 м, их мощность 5 м, глубина распространения 100 м, среднее содержание марганца 10 %, железа 20 %, объемный вес руды 3,2 т/м³, прогнозные ресурсы железомарганцевой руды по категории P₂ собственно Матюжихинского участка оценены в 1 млн т.

Судя по приведенной характеристике Матюжихинского рудопроявления, его руды представляют собой железомарганцевые «шляпы» в зоне окисления рудоносной формации. Вероятно, это терригенно-карбонатно-вулканогенная формация с вскрытой скважинами только терригенной частью. С данным стратиграфическим уровнем связаны оцененные объекты легкообогащаемых и богатых марганцевых руд в Горном Алтае и Южно-Минусинской впадине, обрабатываемое промышленностью Парнокское месторождение в Республике Коми, а также рудопроявления Пай-Хоя (Полярный Урал). Последние интересны еще и тем, что там парагенетически связаны девонские марганцевые руды и бокситы [56]. Некоторое сходство геологической обстановки и состава рудопроявлений девонской толщи Северо-Западного Салаира наблюдается с широко известными промышленными объектами Жайильминской мульды в Центральном Казахстане.

В связи с изложенным Матюжихинское рудопроявление рекомендуется для проведения первоочередных поисковых работ на оксидные марганцевые руды.

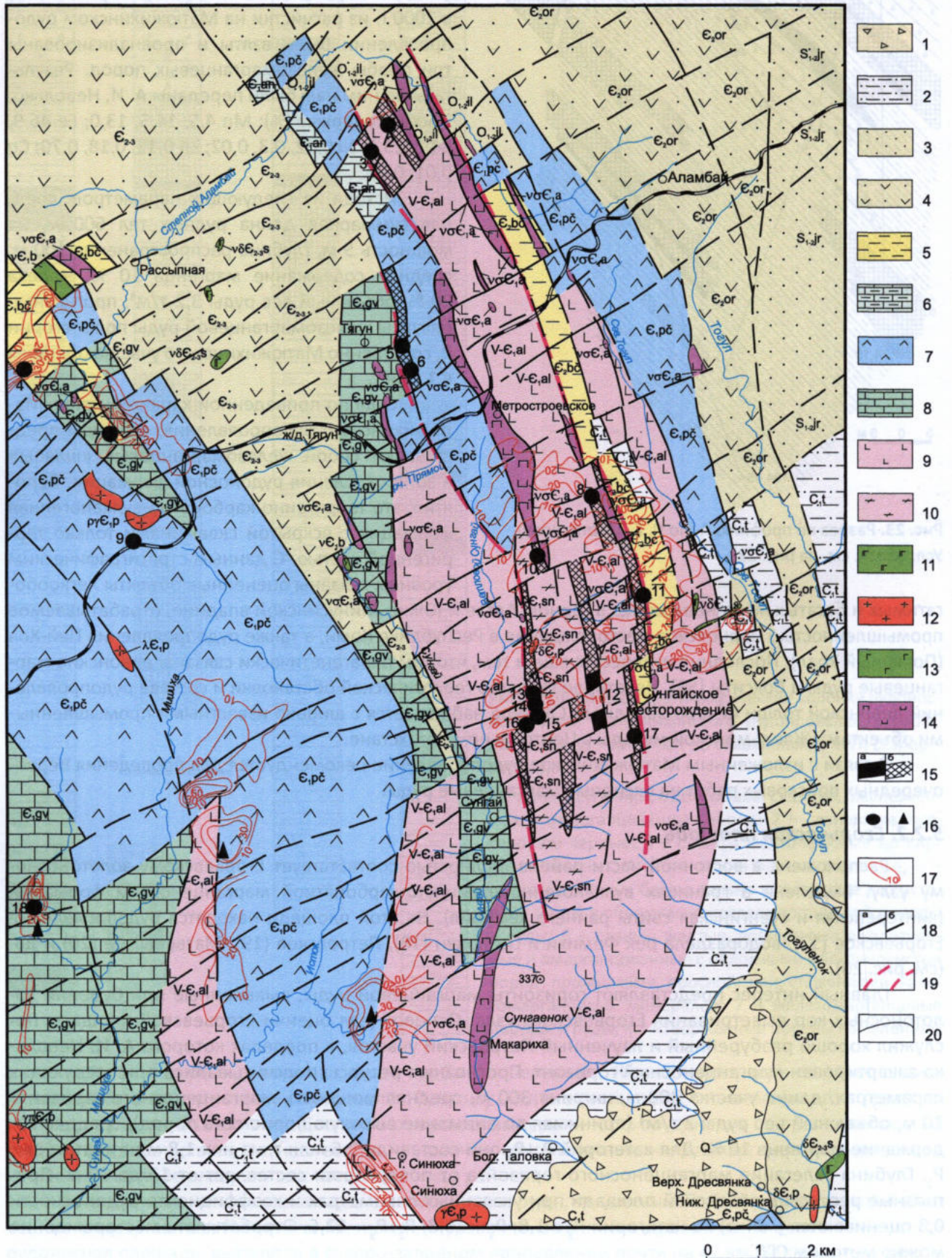
5.2.2. Егорьевская площадь

Расположена в восточной части района, полностью соответствует Егорьевскому золотоносному узлу. Выделена в границах вулканогенно-кремнисто-карбонатной марганценосной формации (кинтерепская и сунгинская свиты раннего кембрия). На этой площади находятся рудопроявления Егорьевское (17), водораздела рек Фомихи и Петровки (18), Петровское (19), Матвеевское (20) и др. (см. рис. 20).

Главный интерес представляют горизонты марганцевой руды, выявленные при бурении золотоносных кор выветривания Егорьевского узла. Основой для оценки Егорьевской площади послужил хорошо разбуренный и изученный Петровский участок, в пределах которого А. И. Неволько закартирован марганценосный горизонт. Прогнозные ресурсы подсчитывались при следующих параметрах: длина участка 300 м, ширина 300 м, средняя мощность марганценосного горизонта 20 м, объемный вес руды 2 т/м³ (принимая во внимание высокую пористость пород), среднее содержание марганца 10 %. Для категорий P₂+P₃ они составили 3,6 млн т, из них 1,8 млн т категории P₂. Глубина залегания марганценосного горизонта от поверхности составляет от 15 до 30 м. Прогнозные ресурсы Егорьевской площади при указанных параметрах и коэффициенте рудоносности 0,3 оцениваются (млн т) по категории P₂ в 1,8; P₃ – 10,8; P₂+P₃ – 12,6. Обрабатывать месторождение можно методом СГД.

5.2.3. Тогул-Сунгайская площадь

Сунгайское марганцевое месторождение расположено в центральной части Салаирского кряжа, в междуречье рр. Ветловой Сунгай и Большая. Административно входит в состав Алтайского края, на-



ходится в 20 км на юго-восток от ж.-д. ст. Тягун железнодорожной ветки Барнаул – Новокузнецк, вблизи промышленных предприятий Кузбасса, Алтайского края и Новосибирской области. Известно с конца 1950-х гг. В районе месторождения проведены геолого-съёмочные, поисковые, поисково-оценочные и тематические работы: А.Ф. Быч и др. (1988), В.А. Введенский и др. (1963, 1966), Е.М. Ярославцева и др. (1996), Д.И. Портянников (1976), В.А. Рожченко и др. (2002), Э.Г. Кассандров, Н.С. Лидин и др. (2007), В.М. Шкарбань и др. (2010) и др.

В последние годы (начиная с 2005 г.) на месторождении геологами ФГУП «Запсибгеолсъёмка» (В. М. Шкарбань и др.) проведены поисково-оценочные работы с проходкой поверхностных горных выработок (канавы, шурфы, траншеи) и неглубоких скважин (в среднем 50 м) колонкового бурения. От научной организации (ФГУП «СНИИГГиМС») в работе в качестве субподрядчика принимали участие сотрудники института Э. Г. Кассандров, Н. С. Лидин и др.). В результате работ были подсчитаны прогнозные ресурсы марганцевых руд и получены новые материалы по геологии и геолого-экономической оценке месторождения, строению рудной пачки, вещественному составу руд и рудной зональности, технологическим качествам руд и др.

Геологическая позиция Сунгайского рудного поля определяется его приуроченностью к Тягун-Таловской горст-антиклинали субмеридионального простираения (протяженностью 50 км, шириной 8–10 км), входящей в состав Центрально-Салаирского антиклинория. Ядерная часть этой структуры сложена метаморфизованными вулканогенно-осадочными отложениями аламбайской свиты вендраннекембрийского возраста, крылья – известняками гавриловской и вулканитами печеркинской свит раннекембрийского возраста. К нижней части аламбайской свиты (черносланцевая формация)

Рис. 24. Прогнозно-минерагеническая карта на марганцевые руды Тогул-Сунгайской площади (на геолого-формационной основе). Сост. по материалам В. А. Введенского, А. И. Введенской и др. (1963, 1966), Е. М. Ярославцевой и др. (1985, 1986), Д. И. Портяниковой (1976), В. А. Рожченко (2002), Э. Г. Кассандрова, Н. С. Лидина (1993, 1998, 2002) и др.

1 – четвертичная система (Q), современные отложения: суглинки, пески, галечники; 2 – угленосная карбонатно-глинистая формация (C_1t): угленосные алевролиты, черные и серые, реже песчаники, гравелиты, конгломераты, известняки; 3 – внутренняя моласса (юрманская свита (S_{1-jr}): алевролиты, песчаники, серые, зеленовато-серые, реже гравелиты, конгломераты; иловатская свита (O_{1-2-il}): алевролиты, песчаники, зеленовато-серые, фиолетово-серые, парасланцы, горизонты гравелитов, конгломератов, благоприятные для локализации золото кварцевой рудной формации; ельцовская свита (O_{1-el}): песчаники, алевролиты, преимущественно зелено-серые, слоистые; 4 – вулканогенная моласса (ариничевская свита (E_3ar): песчаники ритмично-слоистые, алевролиты фиолетовые и темно-серые, реже гравелиты, конгломераты, известняки, редко метаандезиты крупнопорфировые и их туфы; орлиногорская свита (E_2or): metabазальты, метаандезиты-базальты, их туфы, лавовые брекчии, тефроиды, песчаники, алевролиты, гравелиты, известняки); 5 – флишоидная формация (бачатская свита (E_2bc): песчаники, алевролиты, реже гравелиты серые, фиолетовые, редко известняки, туфоконгломераты); 6 – терригенно-карбонатная формация, анчевская свита (E_1an): известняки, известняковые конгломераты, песчаники, алевролиты; вулканогенно-карбонатная формация; 7 – дифференцированная базальт-андезит-дацитовая субформация, печеркинская свита (E_1pc): metabазальты, метаандезиты, метадациты и их туфы, тефроиды, алевролиты, песчаники, известняки, благоприятные для локализации колчеданного полиметаллического, марганцевого, железного и другого оруденения; 8 – карбонатная субформация, гавриловская свита (E_1gv): известняки, в том числе глинистые, мергелистые, песчаники, алевролиты, горизонты метаандезитов, благоприятные для локализации фосфоритов и марганцевых руд; вулканогенно-карбонатно-кремнистая формация, перспективная на железомарганцевое, золото-платиноидно-колчеданно-полиметаллическое, фосфорное оруденение; 9 – кремнисто-метабазальтовая субформация, аламбайская свита ($V-E_1al$): metabазальты толеитовые, их туфы, лавовые брекчии, ортосланцы, силициты, редко алевролиты, песчаники, известняки, доломиты; 10 – черносланцевая субформация, сунгайская свита ($V-E_1sp$): сланцы глинистые, углеродисто-глинистые, углеродисто-кварцевые, углеродистые силицилиты, известняки; 11–14 – интрузивные комплексы: 11 – салаирский (E_{2-3s}): диабазы, габбро-диабазы, диабазовые порфиры ($v\delta$), силлы метаандезитов (λ); 12 – печеркинский (E_1p): плагииграниты, аплиты (py), плагиигранит-порфиры (pyt), субвулканические тела метадацитов (ξ), силлы метаандезитов (λ), диоритов (δ); 13 – бехтемирский (E_1b): габбро пироксеновое (v), верлиты, клинопироксениты (v); 14 – аламбайский (E_1a): серпентинизированные дуниты (σ), перидотиты ($v\sigma$), ортопироксениты (v); 15 – марганценосные горизонты: а – прослеженные; б – прогнозируемые; 16 – рудопроявления марганца гидрогетит-пиролозит-псиломеланового состава; 17 – изолинии мощностей линейно-площадных кор выветривания вулканогенно-осадочных (гидрослюда-гидрохлорит-каолинитовый тип) и карбонатных (карстовые впадины) пород; 18 – тектонические нарушения: а – установленные, б – предполагаемые; 19 – предполагаемая марганцеворудная минерализованная зона; 20 – геологические границы

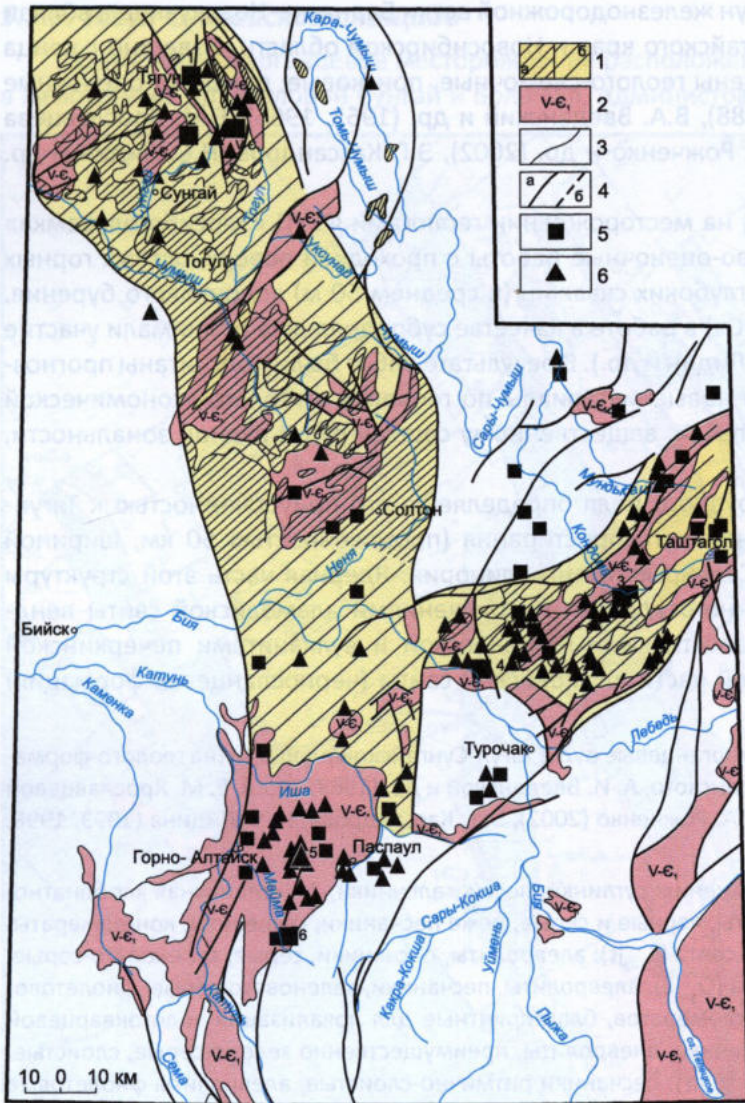


Рис. 25. Карта рудопоявлений марганца в коре выветривания венд-раннекембрийских толщ Салаира, северо-восточного Алтая и юга Горной Шории

1 – марганценосная кора выветривания: а – установленная, б – предполагаемая; 2 – венд – ранний кембрий, баратальская и манжерокская свиты Северо-Восточного Алтая и Горной Шории, аламбайская и сунгайская свиты для Салаира: углеродистые терригенно-карбонатные сланцы, кварциты, доломиты, известняки, кварц-серицитовые и хлорит-кварц-серицитовые сланцы, нередко с пластами марганцовистых и фосфористых пород; вулканиты преимущественно основного состава; 3 – геологические границы; 4 – тектонические нарушения: а – прослеженные, б – предполагаемые; проявления гидроксидных марганцевых руд: 5 – коренные, 6 – делювий, аллювий; главные рудопоявления: 1 – Тягунское, 2 – Сунгайское, 3 – Чеболдагское и Селезень, 4 – Бостокское, 5 – Сугульское, 6 – Бирюлинское

преобразованы. Широко развиты линейная и площадные коры выветривания мел-палеогенового возраста. Марганценосная кора выветривания повсеместно распространена в центральной и южной частях Салаира, северо-восточной Горного Алтая и юго-западной Горной Шории (рис. 25).

В разрезах скважин, вскрывших руду, последняя подстилается и перекрывается полосчатыми и массивными кварцитами (силицилитами) от почти черных до светло-серых и белых с редкими при-

приурочена основная часть марганцевого оруденения. В осевой части горст-антиклинали проходит зона глубинных разломов субмеридионального простирания, рассеченная более поздними разрывными нарушениями северо-восточного и субширотного простирания. Субмеридиональные нарушения являются региональными долгоживущими глубинными разломами, которые контролируют марганценозные пачки и гипербазитовые массивы (рис. 24).

Северо-восточные и субширотные разрывные нарушения представляют собой серии сближенных разрывов сбросо-сдвигового типа. Они смещают марганцеворудные пачки и, вероятно, гипербазитовые тела. Амплитуда горизонтального смещения предположительно варьирует от первых десятков метров до нескольких километров.

В Сунгайском рудном районе выделяются три субпараллельные меридиональные марганценозные пачки – Западная, Центральная и Восточная – протяженностью до 10 км, мощностью до 600 м. В Центральной марганценозной пачке выделена Главная рудная залежь Сунгайского месторождения, включающая участки Сунгай I и Сунгай II. Она наиболее полно разведана и включает большую часть ресурсов марганцевых руд Сунгайского месторождения.

Марганцеворудные тела приурочены к тектонической минерализованной зоне дробления, выполненной кварцитовой брекчией, которая сцементирована гидроксидными марганцевыми и железными минералами. Пока не ясно, это несколько более мелких раздробленных линейных зон, составляющих единую более крупную зону, или одна ветвящаяся зона. Падение залежи западное, крутое (70–90°) с отклонением на отдельных участках, особенно в южной части, на крутое восточное. В поверхностной части марганцевые руды и вмещающие их породы претерпели значительные гипергенные

месями хлорит-серицитовых и других сланцев. Вблизи рудных интервалов темно-серые кварциты часто обесцвечены с реликтами темных участков. Иногда здесь присутствует жильный белый кварц, который встречается редко и в составе обломков в руде. До глубины 168,9 м от поверхности резко преобладают микрокварциты, к которым приурочены рудные интервалы. В единичных случаях руды приурочены к серицит-кварцевым сланцам. Все породы, особенно рудных интервалов, до глубины 168,9 м дезинтегрированы до песчано-дресвяного и щебнистого, а также глиноподобного состояния. Причины могут быть разные: от действия процессов выветривания по зонам разломов до технических условий бурения.

В кварцевой толще марганцевая минерализация носит неравномерный гнездово-линзовидный характер, обусловленный неравномерностью тектонической проработки кварцитов. Рудные тела не имеют четких геологических границ и выделяются в основном по результатам опробования. Часты постепенные переходы от марганцевых руд в кварциты, в различной степени обогащенные марганцем. Мощность рудных тел от нескольких до 10–15 м, протяженность от десятков до первых сотен метров. Тела группируются в несколько минерализованных зон, которые отличаются друг от друга по содержанию марганца, железа и фосфора.

Силициты имеют тонкозернистую структуру, массивную, иногда неяснополосчатую текстуру. Под микроскопом характеризуются панидиоморфнозернистой и гранобластовой структурой (размер зерна кварца – от тысячных долей миллиметров до 0,05 мм в поперечнике). Они в различной степени перекристаллизованы (гранобластовая структура) с зернами кварца от 0,02 до 0,05 мм, рассеяны редкими маломощными (до 0,3 мм) кварцевыми прожилками, к которым приурочен псиломелан. Размеры зерен сотые доли мм, содержание рудного минерала – до 4–5 %. Мощность отдельных прослоев силицитов в черносланцевой толще по разным данным не превышает 70–80 м, а суммарная составляет 500–600 м.

В марганцевых рудах присутствует один технологический (промышленный) тип – оксидный; минеральные типы – марганцевые, железомарганцевые, марганцево-железные; морфологический тип – минерализованные рудные брекчии (рис. 26).

Текстура руд брекчиевидная и брекчиевая, реже отмечаются прожилковая и массивная. Участками можно проследить переходы от бедных прожилковых руд через брекчиевые к сплошным мас-



Рис. 26. Марганцевые и железомарганцевые руды: брекчиевые, прожилково-брекчиевые, рудокласты Сунгайского месторождения: а – марганцеворудная брекчия: обломки силицита с реликтами темно-серых углеродистых участков; б – брекчиевая марганцевая руда; в – рудная брекчия (рудокласт) с рудными и кварцевыми обломками, сцементированными псиломелан-гетитовым агрегатом (в верхней части снимка – обломок железомарганцевой руды); г – богатая прожилково-брекчиевая марганцевая руда; д – кварцитобрекчия яшмовидная марганцево-железистая с элементами слоистости. Дурновское месторождение, полированный штаф



Рис. 27. Брекчиевая псиломелан-гетитовая руда с порфирированными обломками кварцита. Сунгайское месторождение

сивным богатым рудам. Нерудные обломки представлены на 95–100 % кварцитом обычно остроугольной, изометричной либо вытянутой формы. Брекчиевая текстура обусловлена неоднократным дроблением вмещающих кремнистых пород и выполнением образующихся проницаемых зон сплошными массами и крустификационными агрегатами тонкозернистых и колломорфных рудных минералов. Размер обломков кварцита в поперечнике варьирует от миллиметров до десятков сантиметров. Структура кварцитов тонкополигонально-зернистая, часто с признаками значительных деформаций, перекристаллизации и реомобилизации.

В редких случаях встречается порфиридная структура среди марганцево-железных руд, очень напоминающая структуру магматических горных пород (рис. 27). Образоваться подобные породы могли как тектоническим путем (тектонические брекчии), так и взрывным (флюидогенные-взрывные брекчии). Возникновение последних происходит за счет твердых цокольных пород «под действием глубинных раскаленных и в то же время находящихся под высоким давлением, флюидов и (или) флюидонасыщенных магм газовой-твердой взвеси („кипящего слоя“), обладающей как взрывной, эксплозивной, так и абрадирующей и инъекционной способностями» [91, с. 744]. По классификации [91], сунгайские брекчии можно отнести к группе аутигенных литокластических. В любом случае происхождение сунгайских марганценовых кварцито-брекчий имеет прямое отношение к прогнозной оценке запасов марганцевых руд Сунгайского месторождения.

Из других нерудных минералов, кроме кварца, в цементирующей массе присутствуют серицит, мусковит, каолинит, в незначительных количествах – фосфаты железа, апатит, полевошпат и др. [34].

Цементирующий материал представлен минералами марганца и железа. Главная составляющая руд – минералы группы псиломелана (криптомелан и голландит), реже встречаются пиролюзит, литиофорит, манганит, вернадит, из минералов железа преобладает гетит, редко присутствуют акаганеит и лепидокрокит. Криптомелан и голландит находятся в тесном сростании друг с другом и распознаются только с использованием электронного сканирующего микроскопа в режиме обратно рассеянных электронов. Взаимоотношения кварца и псиломелана свидетельствуют о более позднем образовании последнего. По предварительным данным возможно выделение легко- и труднообогатимых марганцевых руд. Обогащаемость контролируется размерами кварцевых и рудных зерен, тонкостью их сростания и вкрапленности. Контакты кварца с псиломеланом обычно неровные, имеют зазубренный характер. Под микроскопом отчетливо устанавливается рассечение прожилками псиломелана микрокварцевой массы. При формировании жилок псиломелана в раздробленном кварците видны реакционные явления – замещение кварца псиломеланом вдоль трещинок. В псиломелановом цементе часто присутствуют мелкие (сотые и десятые доли мм) остроугольные обломки кварца разнообразной формы. Незначительное распространение имеет и более поздний кварц, который в виде прожилков сечет брекчиевую марганцевую руду.

Содержание марганца в рядовых рудах варьирует в пределах 10–20 %. Богатые марганцевые руды (Mn более 40 %) распространены значительно меньше. Они сконцентрированы преимущественно в южной части рудной зоны – канава № 52, траншея № 2. По минеральному составу они не отличаются от средних и богатых руд. В среднем руды содержат 10–15 % марганца. Возможно выделение участков с богатыми и средними рудами с вероятностью их селективной отработки.

Характерная особенность марганцевых и железомарганцевых руд месторождения – широкое развитие текстур, обусловленных неоднократным дроблением вмещающих кремнистых пород, выполнением образующихся проницаемых зон сплошными массами и крустификационными агрегатами тонкозернистых и колломорфных минералов.

Наиболее важны в генетическом и технологическом отношениях вопросы однородности рудных минералов, особенности их сростаний и последовательности кристаллизации. В качестве примера приведем микротекстуру и локальный состав богатой марганцевой руды. Содержание марганца обще-

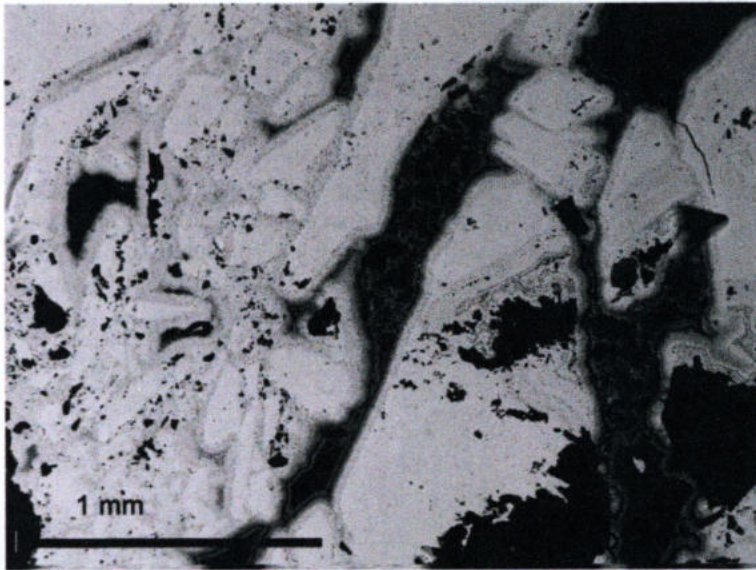


Рис. 28. Микротекстура богатой марганцевой руды: изображение в обратно рассеянных электронах (пояснения в тексте)

с фосфатно-глиноземистыми блоками (спектр 3), криптомелана с примесью никеля и кремнисто-глиноземистых частиц (спектр 4), криптомелана с примесью кремния, фосфора и алюминия (спектр 5) (рис. 29). Размер сторон участков сканирования составлял первые микроны. По относительному отражению участков препарата (а именно различиями химического состава определяется интенсивность отражения при сканировании в режиме обратно рассеянных электронов) видно, что неоднородность этих участков руды прослеживается на микронном уровне. Количество примесей малых элементов в отдельных точках значительно варьирует. Во всех спектрах отмечается калий, что дает основание определить видовое название минерала марганца как криптомелан (концентрация калия от 1,01 до 3,43 %). Совместное присутствие примесей алюминия, никеля и меди (как и фосфора), вероятно, обусловлено гипергенной природой вторичных фаз.

Сканирование многочисленных образцов приводит к выводу, что в ранних генерациях марганцевых минералов примесь железа минимальна. Гетит как главный минерал – носитель железа в марганцевых рудах находится в кристификационно-полосчатых колломорфных скоплениях на стенках полосстей, корках обломков перекристаллизованного крупнозернистого кварца. По-видимому, отношение железа и марганца в минералообразующих растворах в разные стадии было неодинаковым: количество железа в них становилось больше при понижении температуры. Гетит местами образует округлые обособления, на которые нарастают голландит-криptomелановые агрегаты. Один из типичных примеров такого строения показан на рис. 30.

На рис. 30 видно, что зональные колломорфные агрегаты нарастают на мелкозернистую марганцевую руду с многочисленными мелкими реликтовыми зернами кварца (черные остроугольные зерна в левой части снимка). Сравнение спектров состава показывает, что первые зоны, как и однородная рудная масса, представлены тонкой смесью криптомелана и голландита с примесью глинистых и фосфатных частиц (точки 6, 5, 4, 3). В гетитовой зоне (точка 1) содержится примесь марганца, глинистых частиц и фосфора; во внешней (точка 2) примесь бария и калия, характерная для марганцевых минералов, отсутствует. В ней есть примесь кремния, алюминия, основных компонентов глинистых минералов и фосфора. Поскольку кальций в таких участках не определяется, а количество фосфора больше в более железистых участках, то логично считать, что фосфор сорбирован в соединениях железа.

Наличие образцов, в которых присутствует только гетит, создает необходимость выделить отдельный **железный** минеральный тип руды. Железные руды распространены в восточном контакте рудной пачки (лежащий бок). Содержание железа в них более 25 %, имеется примесь марганца (до 5 %). Текстурное разнообразие данной разновидности руды во многом сходно с марганцевыми рудами. Это прожилковые и брекчиевидные разности, сосредоточенные в катаклазированных кварцитах. Обломки кварцита, как и в марганцевых рудах, остроугольные, по форме изменяющиеся от удлиненных до изометричных, а по размеру 0,1–7 мм в длину и 3 мм в ширину. Некоторые из них мономинеральные, сложенные толь-

го в ней составляет 41,64 %. На рис. 28 хорошо видно брекчиевидное строение руды: относительно однородные рудные обломки разной формы и размера (светло-серые) цементируются темно-серой массой марганцевых минералов с реликтами остроугольных зерен кварца (черное). Частично минерализованные полости в руде инкрустированы колломорфно-полосчатыми агрегатами. Последние образуют также тонкие прожилки и каймы вокруг частично перекристаллизованных обломков кварцита (черное).

В промежутках относительно однородных обломков наблюдается тесное срастание частиц кварца (спектр 1), криптомелана и кварца с примесями меди и никеля (спектр 2), криптомелана

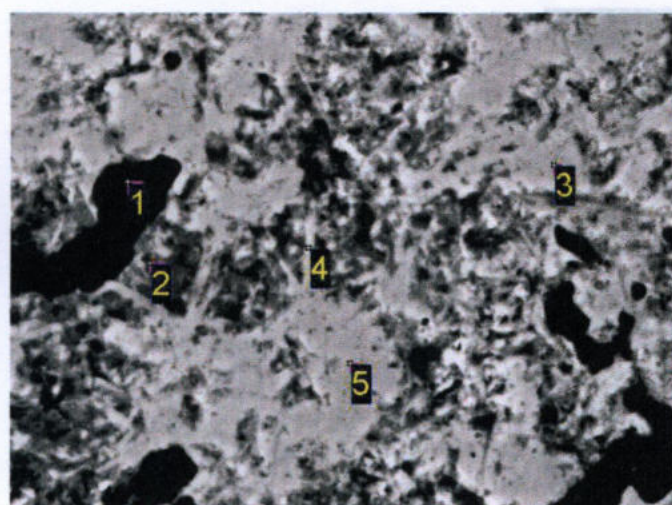


Рис. 29. Микротекстура и энергодисперсионные спектры состава участка между обломками марганцевой руды (фрагмент рис. 28), площади сканирования составов отмечены квадратами; съемка в режиме обратно рассеянных электронов

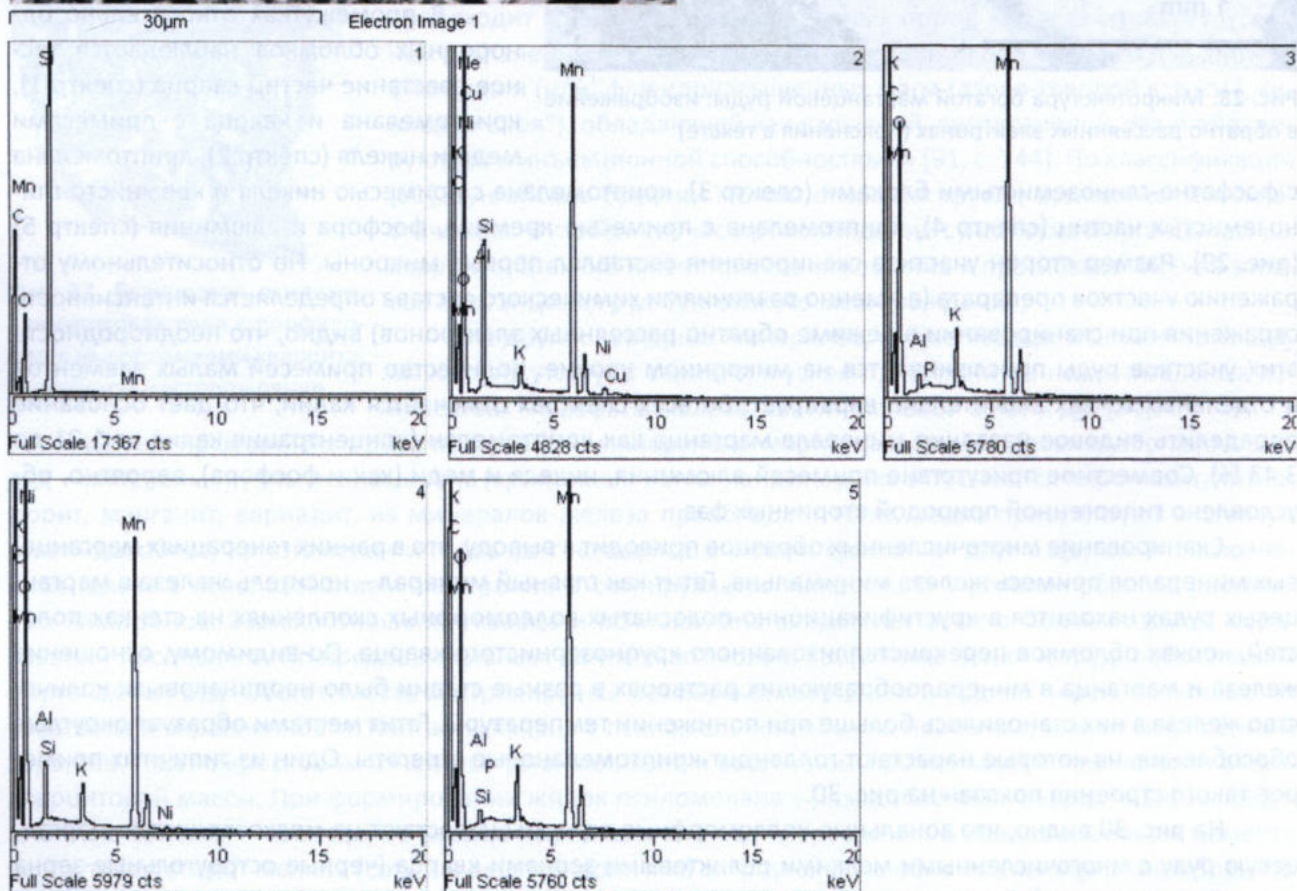


Таблица 13

Спектры состава отдельных зон псевдосталактита гетита

Спектр	O	Al	Si	P	V	Fe
1	46,55	3,07	1,21	0,69	—	48,49
2	36,55	1,01	0,94	—	—	61,60
3	44,55	0,79	0,73	0,56	0,18	53,09

ко кварцем полигональной структуры с индивидами меньше 0,005 мм, а другие содержат примесь непрозрачных минералов, образующих микропрожилки или ориентированные пятна, придающие породе линзовидный облик. В самых тонкозернистых кварцитах есть участки укрупнения, собирательной перекристаллизации в виде то прожилков, то гнезд протяженностью первые миллиметры.

Гетитовая руда, как и марганцевая, представлена преимущественно тонкозернистым агрегатом сростающихся частиц гетита, кварца и слюдисто-глинисто-хлоритовых фаз. Однородные почковидные корки гидроксидов железа чередуются с псевдосталактитами (рис. 31). В поперечном сечении отдельные ветви их имеют концентрически, зональное строение (рис. 32). Состав зон несколько отличается не только по размеру индивидов, но и количеством примесных элементов и адсорбированной воды (табл. 13).

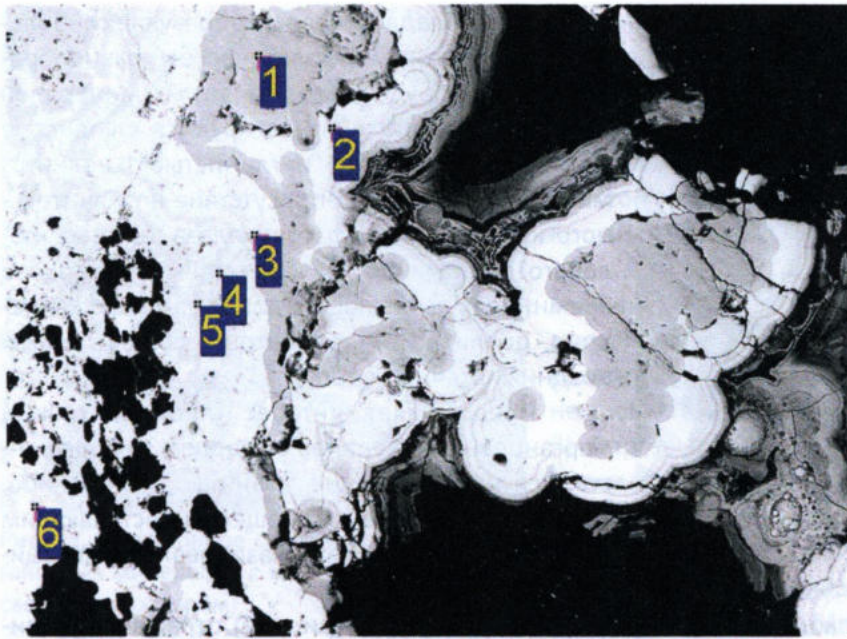
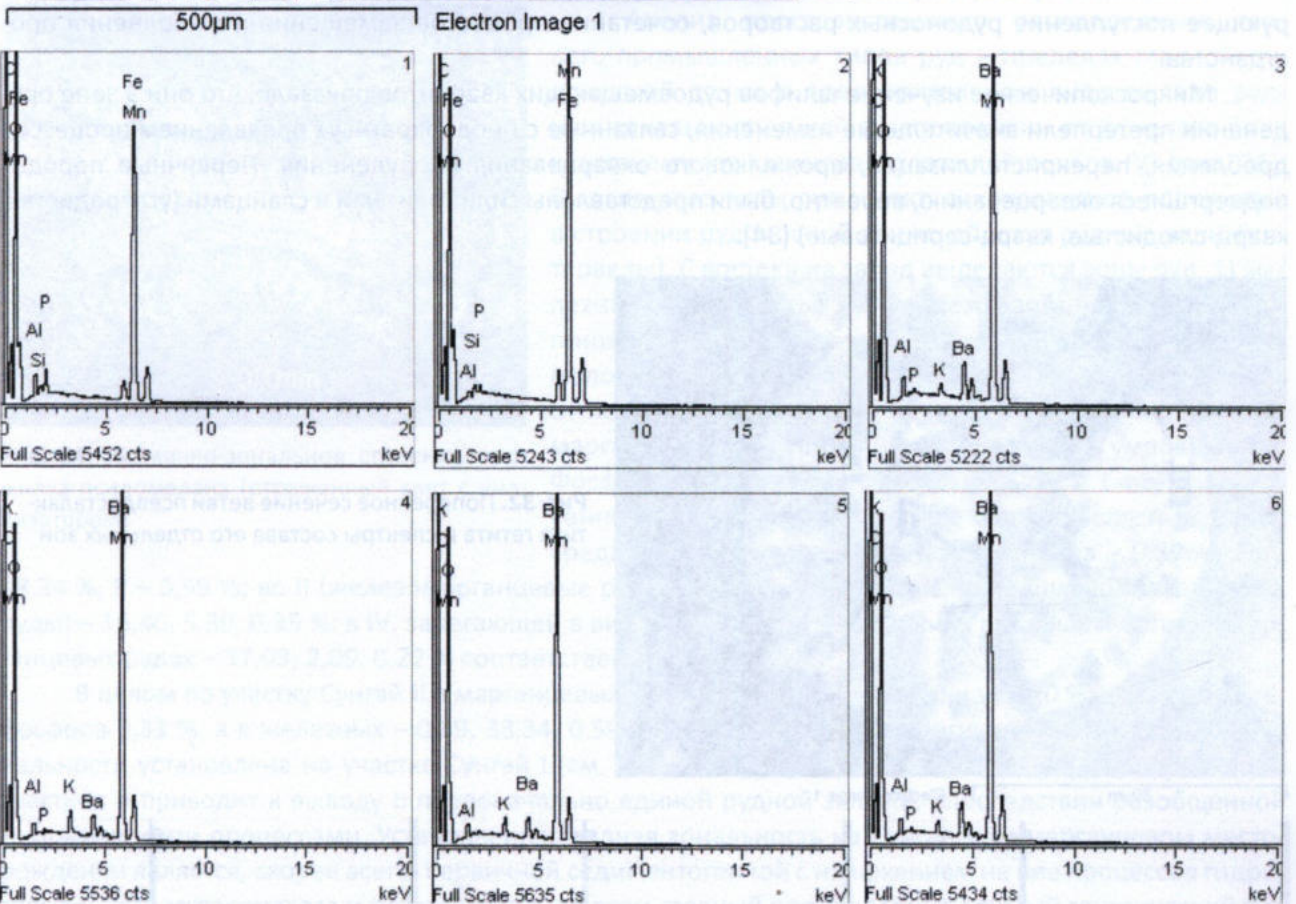


Рис. 30. Строение и состав почковидных крустификационных обособлений с гетитом в полостях марганцевой руды (пояснения см. в тексте)



Глинистые частицы отмечаются во всех зонах, а десятые доли процента ванадия определяются только во внешней зоне. В целом минеральный состав марганцевых и железных руд месторождения не очень разнообразный. Главная составляющая руд – минералы группы псиломелана (криптомелан и голландит), реже встречаются пиролюзит, литиофорит, манганит. В литературе отмечались находки браунита в районе месторождения, но в исследованной коллекции он не обнаружен. Из минералов железа встречается гетит, который более разнообразен в обособленных железорудных телах. Не исключено и наличие других полиморфных модификаций гидроксидов железа. В частности, при изучении на сканирующем микроскопе обнаружен акаганеит. Среди тонкозернистых колломорфных рудных масс диагностируются единичные зерна лепидокрокита, гидрогетита; среди нерудных мине-

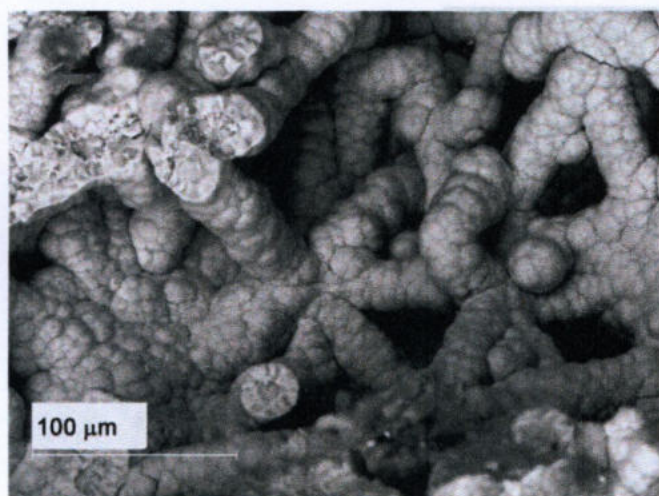


Рис. 31. Ветвящиеся псевдосталактиты гетита в минерализованной полости

Зональное строение прожилков и гнезд марганцевых минералов (рис. 34) отражает пульсирующее поступление рудоносных растворов, сочетание процессов замещения и выполнения пространства.

Микроскопическое изучение шлифов рудовмещающих кварцитов показало, что они в зоне оруденения претерпели значительные изменения, связанные с неоднократным проявлением процессов дробления, перекристаллизации, прожилкового окварцевания и оруденения. Первичные породы, подвергшиеся окварцеванию, вероятно, были представлены силицилитами и сланцами (углеродистые кварц-слюдистые, кварц-серицитовые) [34].

ралов преобладает кварц, образующий большое структурно-морфологическое разнообразие в зонах оруденения. Из других минералов в рудах уверенно диагностируются слюдястые (серицит и мусковит) и глинистые (каолинит) минералы, возможно присутствие незначительного количества фосфатов железа, апатита, полевого шпата и других реликтовых минералов кремнистых вмещающих пород, а также халцедона, цеолитов и карбонатов в составе самых поздних натечных корок.

Представляет интерес строение границ марганцевых минералов с кварцем. В большинстве случаев строение границы зазубренное, свидетельствующее о замещении поступающим рудным веществом катаклазированных кварцитов (рис. 33).

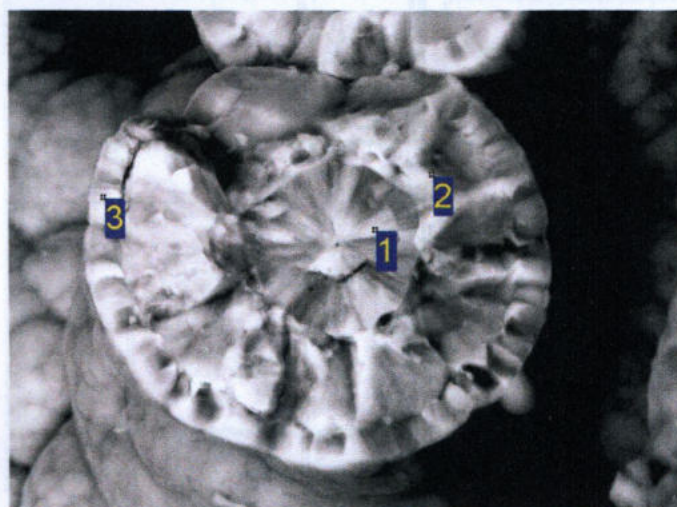
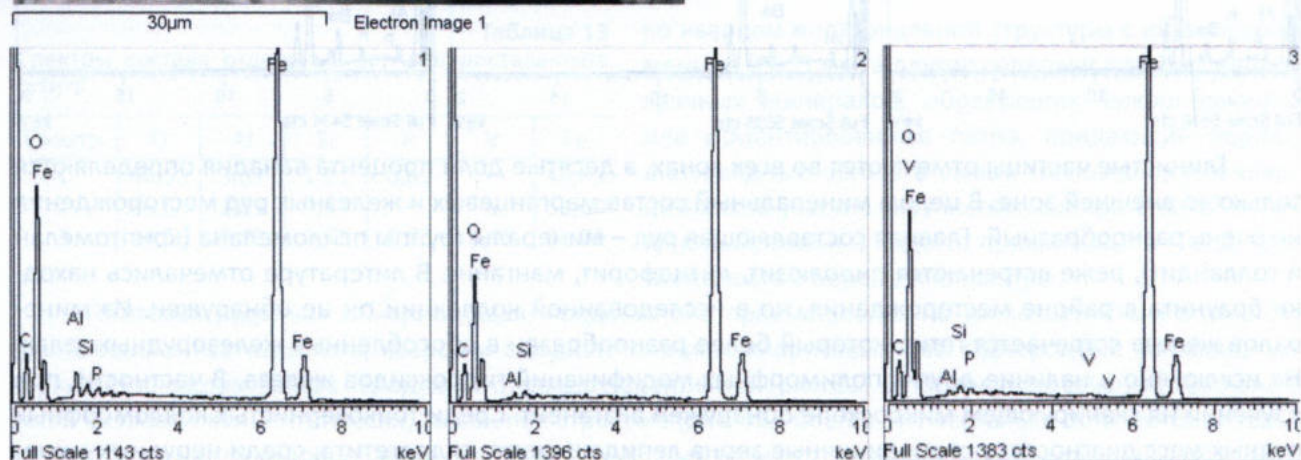


Рис. 32. Поперечное сечение ветви псевдосталактита гетита и спектры состава его отдельных зон



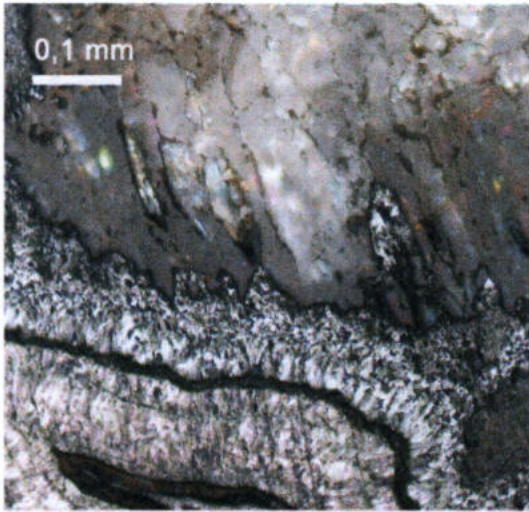


Рис. 33. Реакционное строение границы марганцевых минералов с кварцем (отраженный свет с анализатором)

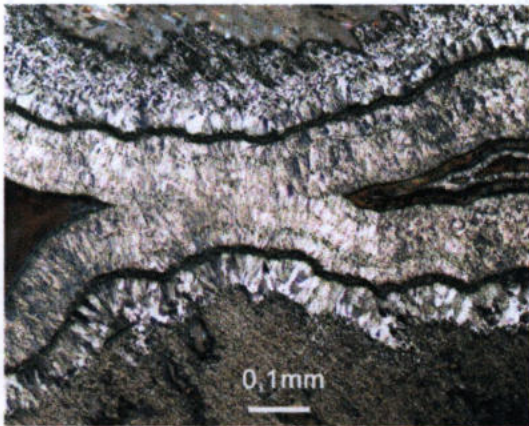


Рис. 34. Ритмично-зональное строение прожилка псиломелана (отраженный свет с анализатором)

С ранней прожилковой стадией окварцевания, вероятно, связано основное марганцевое оруденение прожилкового, сетчато-прожилкового и гнездового типов. Содержание псиломелана в среднем до 5–10 %. Рудные прожилки секут как первичные силициты, так и гранобластовый перекристаллизованный кварц. Концентрация прожилкового оруденелого кварца достигает 40 %.

Согласно классификации марганцевых руд в соответствии с требованиями промышленности окисидные марганцевые руды Сунгайского проявления можно подразделить на несколько типов: 1) марганцевые богатые, не требующие обогащения ($Mn > 35 \%$, $Fe < 5 \%$, $P < 0,3 \%$); 2) марганцевые руды, подлежащие обогащению (рядовые марганцевые руды) ($Mn 10\text{--}35 \%$, $Fe < 5 \%$, $P < 0,3 \%$); 3) железомарганцевые фосфористые руды, подлежащие обогащению ($Mn > 10 \%$, $Fe 5\text{--}10 \%$, $P 0,3\text{--}0,5 \%$). Кроме того, выделены фосфористые железные руды с примесью марганца ($Fe > 25 \%$, $Mn < 5 \%$, $P > 0,5 \%$).

Анализ пространственного распределения геолого-промышленных типов руд в пределах главной рудоносной пачки в предварительном виде выявил рудную зональность в ней в направлении от лежачего бока к висячему (от I минерализованной зоны к IV) (рис. 35). Выделенные типы руд имеют закономерное положение в строении рудоносной пачки, образуя рудные зоны (интервалы). С востока на запад выделяются зоны руд: 1) железных фосфористых, 2) железомарганцевых, 3) марганцевых средних и богатых по содержанию марганца, маложелезных и малофосфористых [83]. В направлении от лежачего бока рудной пачки к висячему содержание марганца в рудах увеличивается, а железа уменьшается. Фосфор коррелируется с железом. Так, в I минерализованной зоне (подошва рудной пачки, железные руды) средняя концентрация Mn незначительна – 0,89 %, Fe –

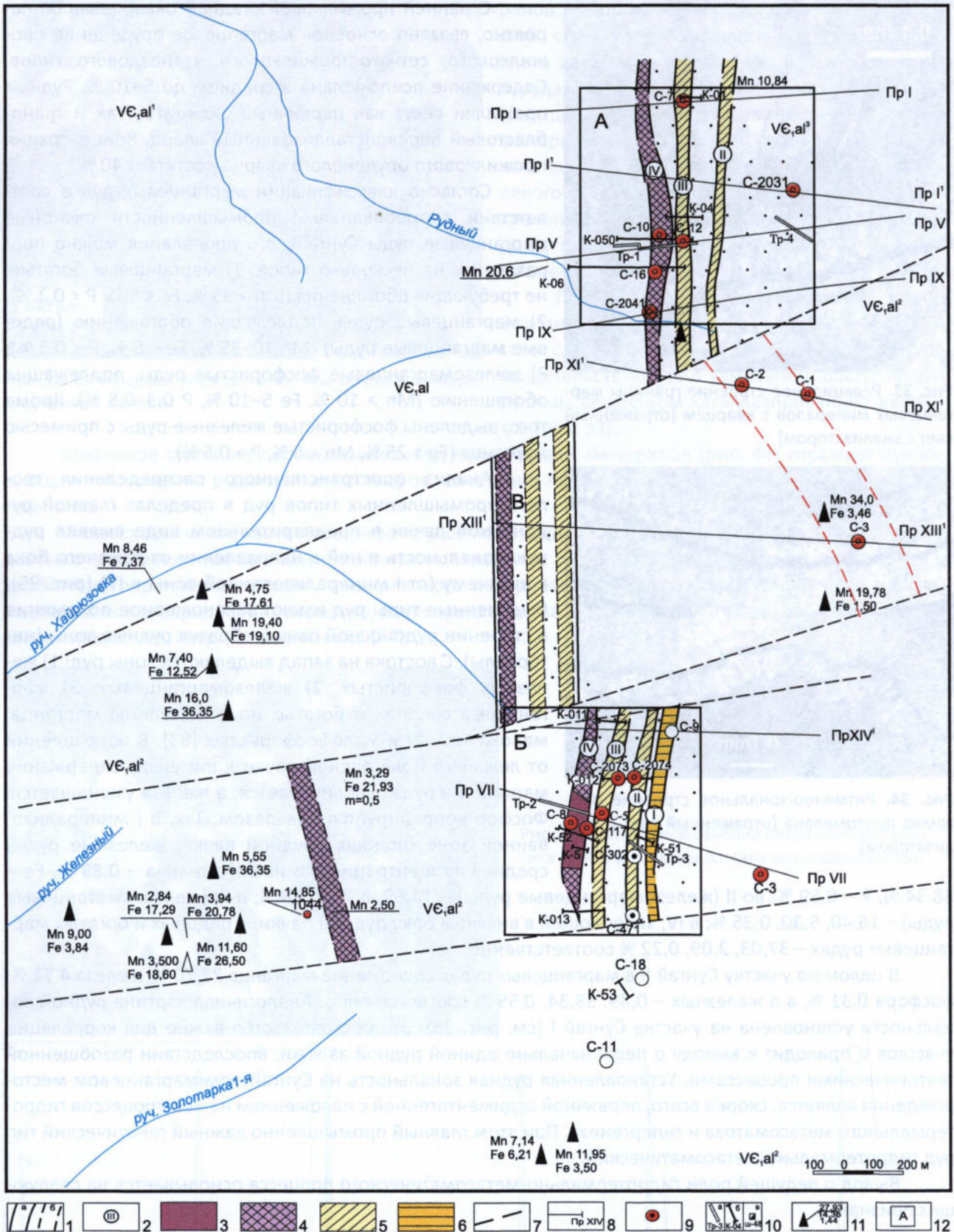
38,34 %, P – 0,59 %; во II (железомарганцевые руды) – 14,69, 6,76, 0,36 %; в III (железомарганцевые руды) – 16,40, 5,30, 0,35 %; в IV, залегающей в висячем боку рудной пачки, в рядовых и богатых марганцевых рудах – 37,03, 2,09, 0,22 % соответственно.

В целом по участку Сунгай II в марганцевых рудах содержание марганца 22,70 %, железа 4,71 %, фосфора 0,31 %, а в железных – 0,89, 38,34, 0,59 % соответственно. Аналогичная картина рудной зональности установлена на участке Сунгай I (см. рис. 35). Это обстоятельство важно для корреляции участков и приводит к выводу о первоначально единой рудной залежи, впоследствии разобщенной тектоническими процессами. Установленная рудная зональность на Сунгайском марганцевом месторождении является, скорее всего, первичной седиментогенной с наложением на нее процессов гидротермального метасоматоза и гипергенеза. При этом главный промышленно важный генетический тип руд гидротермально-метасоматический.

Вывод о ведущей роли гидротермально-метасоматического процесса основывается на следующих признаках.

1. Широкое развитие многостадийности процессов марганцевого минералообразования в длительно живущей тектонической проницаемой зоне.

2. Повсеместное распространение текстур, обусловленных неоднократным дроблением вмещающих кремнистых пород как более хрупких, выполнение образующихся проницаемых зон сплошными массами и крустификационными агрегатами тонкозернистых и колломорфных рудных минералов.



3. Наличие среди обломков, кроме кварцита, марганцевых руд более ранней стадии образования.

4. Присутствие жильных марганцевых руд и молочно-белого кварца. Причем линзовидные мелкие обособления кварца сливаются в прожилки, притягивающие на десятки сантиметров и рассекающие даже колломорфные крустификационные каймы марганцевых минералов в богатой руде.

Рис. 35. Схема зональности марганцевых руд Сунгайского месторождения

1 – рудные горизонты: а – установленные, б – предполагаемые; 2 – рудная зональность в продуктивной пачке; 3 – богатые марганцевые руды ($Mn > 35\%$, $Fe < 5\%$, $P < 0,3\%$); 4 – рядовые марганцевые руды ($Mn 10-35\%$, $Fe 5-10\%$, $P < 0,3\%$); 5 – бедные фосфористые железомарганцевые руды ($Mn > 10\%$, $Fe 5-10\%$, $P > 0,3\%$); 6 – фосфористые железные руды с повышенным содержанием марганца ($Fe > 25\%$, $Mn < 5\%$, $P > 0,5\%$); 7 – разрывные тектонические нарушения; 8 – линии разведочных профилей; 9 – скважины колонкового бурения; 10 – горные выработки и их номера: а – траншеи, б – канавы, в – шурфы, вскрывшие марганцевые руды; 11 – места отбора проб и содержания в них (сверху вниз) марганца, железа и фосфора; 12 – рудные участки: А – Сунгай I, Б – Сунгай II

5. Руды брекчиевые с остроугольными обломками кварцита и брекчиевидные с округлыми, сглаженными обломками. Последний тип преобладает из-за замещения и частичного растворения обломков под влиянием растворов.

6. Реакционное строение марганцевых минералов с кварцем в прожилках, заполняющих трещины в кварците.

7. Зональное строение прожилков марганцевых минералов, которое отражает пульсирующее поступление рудоносных растворов, а также сочетание процессов замещения и выполнения пространства.

8. Выветрелые участки марганцевой руды, представляющие собой рыхлые массы вернадита, маршаллита и глинистых минералов, в то время как гидротермально-метасоматические образования сложены очень плотными скальными образованиями.

9. Неравномерный характер марганцевой минерализации в кварцевой зоне – гнездово-линзовидный, обусловленный неравномерным характером тектонической проработки кварцитов, особенностью залегания первичных руд и характером выветривания.

10. Рудные тела без четких геологических границ, выделяющиеся в основном по результатам опробования. Часты постепенные переходы марганцевых руд в различной степени минерализованные марганцем кварциты.

Начальное накопление марганца происходило в геодинамической обстановке континентальной окраины с широким развитием вулканических островных дуг в течение протерозоя – раннего кембрия. Предлагается фумарольно-гидротермальная субмаринная модель такого накопления марганца. Однако следует учесть пространственную связь марганцевого оруденения с гипербазитовым комплексом Тогул-Сунгайского хромитоносного массива (рис. 36). Гипербазитовые массивы сложены аподунитовыми, апогарцбургитовыми, апоперидотитовыми серпентинитами с сопутствующими габбро и пироксенитами. Пространственно они связаны с аламбайским базитовым вулканическим комплексом и находятся, по мнению некоторых исследователей, в комагматическом отношении с последним, образуя офиолитовую формацию. Возраст тех и других датируется вендом – ранним кембрием. Пространственная связь марганцевого оруденения с гипербазитовым комплексом носит не случайный, а закономерный характер и является важным поисковым критерием.

Приведенные материалы позволяют предполагать начальное накопление марганца в геодинамической обстановке вулканической островной дуги или задугового бассейна в условиях океанической коры [64] в виде кобальтсодержащих марганцевых корок или железомарганцевых конкреций. Об этом свидетельствует высокая концентрация в отдельных образцах марганцевой руды Co (до 2,37%), Ni (до 1,69%), Cu (до 1,60%), установленная рентгеноспектральным и спектральным анализами.

На определенной стадии тектонического развития территории (деструкции земной коры) осуществлялось поступление металлоносных флюидов и растворов из магматического очага (рис. 37). Марганец и железо были как ювенильными, так и заимствованными из магматических пород и пород субстрата. Транспортирующие растворы и флюиды могли быть интрателлурическими, метеорными или смешанными. Разгрузка гидротерм происходила на дне океана или морского водоема, а также на дневной поверхности континента [3, 17, 43, 70].

На дно водоема поступали металлоносные гидротермы и флюиды ультракислого состава, о чем свидетельствуют многочисленные современные исследования. Например, рудоносные растворы южной части подводного хребта Хуан-де-Фука обогащены H_2S , металлами, кремнеземом и обладают в 2 раза более высокой хлористостью по сравнению с морскими водами. Отложение минералов из гидротерм обусловлено охлаждением и изменением состава в результате смешения с океанической или морской водой. При этом резко меняется температура, pH и Eh. Гидротермы поставляют главным об-

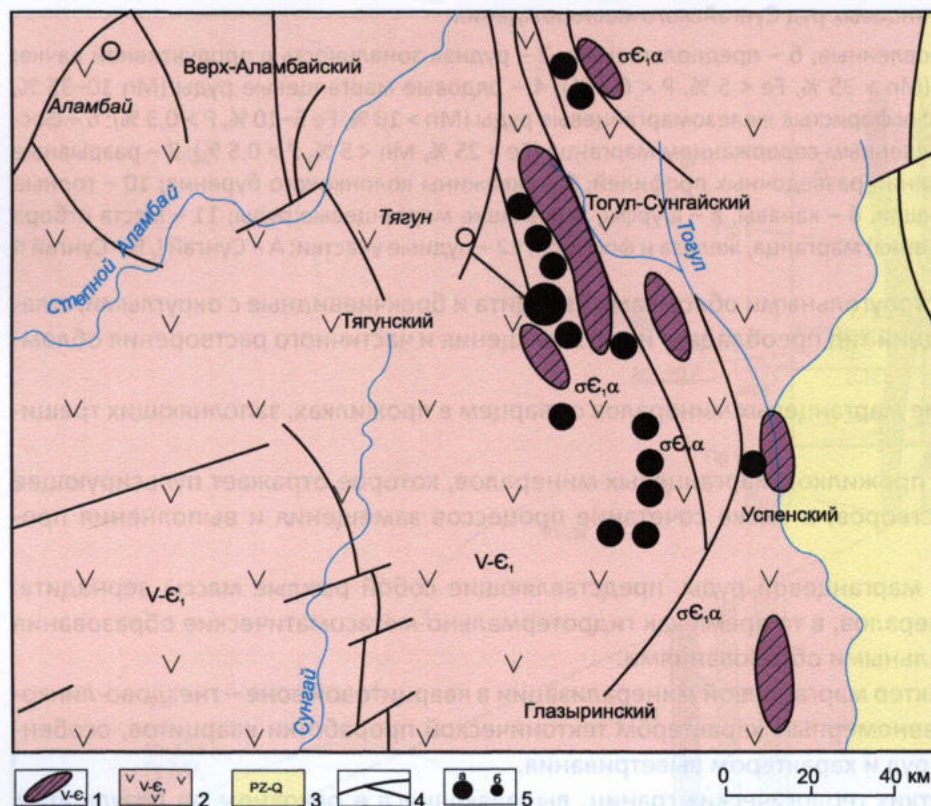


Рис. 36. Схема пространственной связи проявлений оксидных марганцевых руд и гипербазитовых массивов Салаира

1 – гипербазитовые массивы: аподуниты, апогарцбургиты, апоперидотиты, серпентиниты, габбро-пироксениты; 2 – аламбайская свита: известняки, доломиты, силицилиты, сланцы углеродистые с сульфидами, базальты, андезиты и их туфы, вулканогенно-осадочные породы; 3 – терригенные, вулканогенно-осадочные и вулканогенные образования; 4 – разломы; 5 – Сунгайское марганцевое месторождение (а) и проявления марганца (б)

разом восстановленные формы марганца и железа. При их окислении в придонном слое захватывается большое количество кислорода и образуется свежее оксигидратное железомарганцевое вещество, обладающее мощными сорбционными свойствами. Осаждение хлопьев оксигидратов на дно создает скопление металлоносных осадков [43].

В некоторых работах указывается на вероятность формирования крупных месторождений за счет концентрации марганца в водах и надонных илах в результате обогащения их органикой и сероводородом [45, 81]. Этим обусловлена и связь месторождений с черносланцевыми формациями. Марганец представлен карбонатами сложного состава, которые в процессе раннего диагенеза переходят в родохрозит. Масштаб рудных залежей зависит от устойчивых и достаточно продолжительных поступлений марганца, длительного сохранения благоприятных, тектонических, фациальных, палеогеографических обстановок, затишья активной вулканической деятельности.

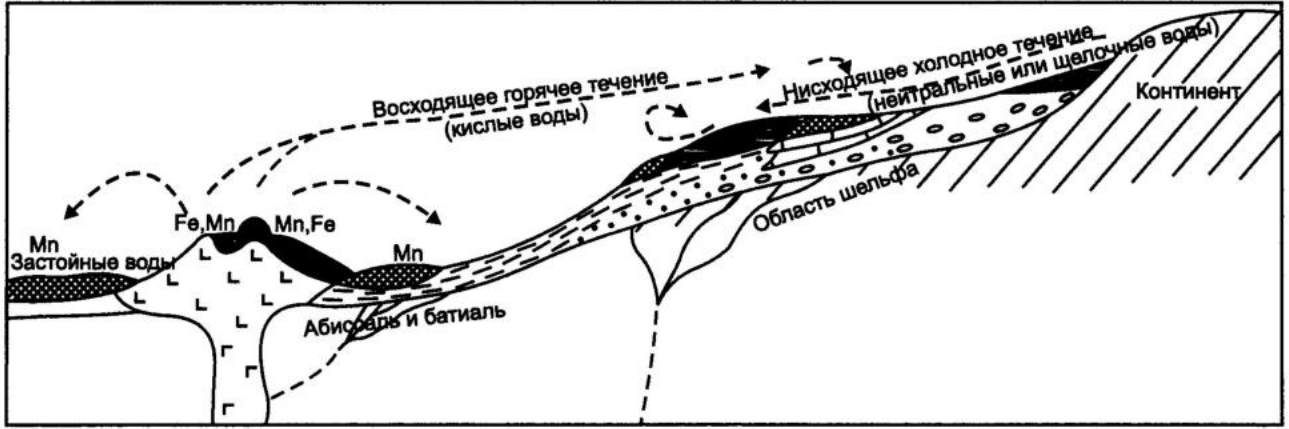
После отложения металлоносных осадков и их литификации произошел целый ряд тектономагматических циклов: от горизонтальных движений, связанных со спредингом и субдукцией крупных блоков поверхности Земли, до континентального рифтогенеза, сопутствующей им гидротермально-метасоматической деятельности, а также гипергенеза, которые обусловили современный состав и морфологию марганцевых руд.

В результате гидротермально-метасоматической деятельности и гипергенеза за счет перекристаллизации и переотложения первичных карбонатных и гидроксидных руд сформировались оксидные, в том числе богатые руды. Главную роль в образовании оксидных руд сыграла гидротермально-метасоматическая деятельность в зонах тектонического дробления. Источником марганца, вероятно, послужили первичные карбонатные его концентрации в составе карбонатно-кремнистой толщи.

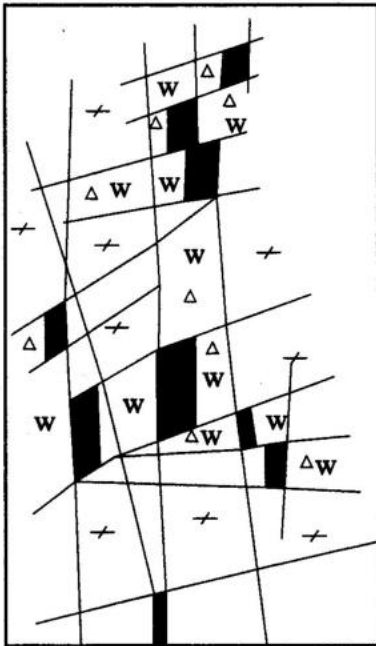
Гипергенез наложился на гидротермально-метасоматические руды оксидного состава. Как уже отмечалось, на Сунгайских участках развита кора выветривания площадного и линейного типа. Наиболее важную в практическом плане роль играла кора линейного типа, приуроченная к зонам разломов. Возраст кор выветривания мел-палеогеновый, тип остаточного-инфильтрационный, в том числе «марганцевые» и «железные шляпы».

Цель поисково-оценочных работ 2008–2010 гг. заключалась в локализации и оценке прогнозных ресурсов и запасов окисленных марганцевых руд в пределах Сунгайского участка (по категории P_1 – 15 млн т, C_2 – 1 млн т). В результате выполнения этих работ по инфильтрационным марганцевым рудам

Этап 1. Фумарольно-гидротермальная субмаринно-осадочная модель.
Первоначальное накопление марганца в осадках



Этап 2. Тектонические нарушения и гидротермальный метасоматоз (план участка)



Этап 3. Гипергенез и формирование марганцевых кор выветривания (разрез)

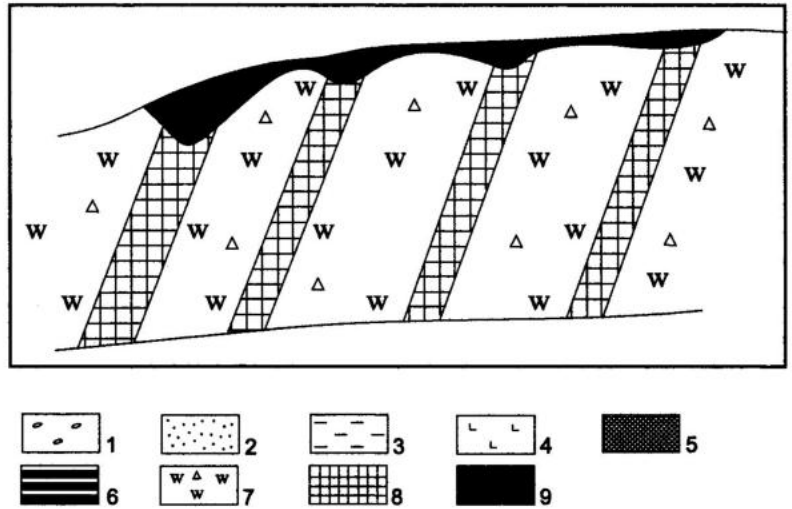


Рис. 37. Геолого-генетическая модель Сунгайского марганцевого проявления

1 – галечники, гравелитовые и псаммитовые туфы; 2 – пески, алевриты, туффиты; 3 – пелиты кластические и хомогенные кремнистые, туффиты пелитовые; 4 – базальты, диабазы; 5 – марганцевистые осадки и гидротермально-метасоматические образования; 6 – железистые осадки и гидротермально-метасоматические образования; 7 – кварциты и кварцито-брекчии с редкими прослоями сланцев; 8 – гидротермально-метасоматические руды; 9 – остаточно-инфильтрационные пиролюзит-псиломелановые руды

оценены прогнозные ресурсы категории P_1 (253,1 тыс. т со средним содержанием марганца 16,9 %). Технологическими исследованиями установлено, что руды Сунгайского проявления легкообогатимы по простым технологическим схемам с получением оксидного марганцевого концентрата: Mn 43,0 %, Fe 2,3 %, SiO_2 19,5 %, P 0,17 %. При налоговых льготах Сунгайское месторождение может рентабельно обрабатываться небольшим предприятием с годовой добычей 10–20 тыс. т марганца. По итогам работ Сунгайский участок получил отрицательную оценку на выявление промышленного марганцевого объекта. Отмечу, что кроме невыполнения целевого задания остались практически не изучены геологическое строение Сунгайского участка, структура рудного поля, закономерности пространственного размещения оруденения, не оценены сопутствующие элементы-примеси в рудах и вмещающих их породах (Au, ЭПГ, Co, Ni, Cu, Zn и др.), не учтены в достаточной степени результаты предыдущих геологоразведочных работ на Сунгайском участке и Тогул-Сунгайской площади. В 1973–1976 гг. (Д. И. Портян-

ников и др.) и 1997–2001 гг. (В. А. Рожченко и др.) уже проводились поисковые и поисково-оценочные работы на Сунгайском участке, и оценка его была положительной. Запасы и прогнозные ресурсы категорий $C_2+P_1+P_2$ составили 65 млн т со средним содержанием марганца более 10 %, часть из которых была локализована. Поэтому считаю, что отрицательную оценку заслуживает деятельность ответственных исполнителей поисковых и поисково-оценочных работ 2005–2010 гг., а не Сунгайский участок и Тогул-Сунгайская площадь, которые являются частью крупной Алтай-Салаир-Кузнецкой марганценовой зоны (см. рис. 11). По моим расчетам, прогнозные ресурсы Сунгайского участка составляют (млн т) по категориям $P_1 - 2,0$, $P_2 - 30$, $P_3 - 60$; Тогул-Сунгайской марганценовой площади (1512 км²) (участки Сунгайский, Федоровский, Тягунский, Кедровский, Хайрюзовский и др.) до глубины 100 м при среднем содержании Mn 12 % – 2, 60, 120 соответственно. Алтай-Салаирская часть марганценовой зоны лучшая в Сибири по географо-экономическим условиям. Она находится в 120–150 км от Новокузнецка, Новосибирска и Барнаула – вероятных потребителей марганца, вблизи железных и шоссейных дорог.

Сунгайский участок – лишь фрагмент крупной марганценовой металлогенической зоны, в пределах которой расположено значительное количество неизученных проявлений марганца подобного типа. Рассматриваемый участок может и должен послужить эталоном для их оценки. Необходимо доизучение Сунгайского месторождения и Тогул-Сунгайской площади.

5.3. Кузнецкий Алатау и Горная Шория

Кузнецкий Алатау и Горная Шория представляют собой сложно построенный антиклинорий, складчатая структура которого значительно усложнена многочисленными дизъюнктивными нарушениями в виде зон смятия, сбросов и трещин различных направлений. Простирающиеся преобладающего количества крупных нарушений совпадает с общим простираем основной складчатости от северо-западного в Кузнецком Алатау до северо-восточного в Горной Шории. Геодинамическая обстановка формирования металлогенических поясов Кузнецкого Алатау и Горной Шории в раннем палеозое (венд – силур, по [64]) – островные дуги и задуговые бассейны. Важная составляющая тектонической структуры рассматриваемой территории – Кузнецко-Алтайский глубинный разлом как система глубинных разломов, образованная сближенными субпараллельными крупными Кузнецко-Алатауским и Козеюльским разломами. Они протягиваются от северной части Кузнецкого Алатау до южной границы Горной Шории с Горным Алтаем.

Как и на Салаире, в Кузнецком Алатау существует гипербазитовый пояс (точнее, его фрагменты), который расположен в узкой приразломной зоне, состоящей из двух ветвей – Западной и Восточной. Гипербазитовые тела дислоцированы вместе с вмещающими их толщами. Наиболее крупные гипербазитовые массивы закартированы в верхнем течении рр. Кия, Нижняя и Средняя Терси (Бархатный, Северный, Краснореченский, Ивановский и др.). Всего здесь установлено более 30 массивов, которые расположены среди вулканогенно-осадочных отложений раннего кембрия. Месторождения и проявления марганца иногда пространственно связаны с гипербазитовыми массивами и находятся в сфере влияния Кузнецко-Алтайского глубинного разлома.

5.3.1. Урюпская марганценовая площадь

Рудопроявления марганца Урюпской площади связаны с вулканогенно-карбонатной и вулканогенно-карбонатно-терригенной марганценовыми формациями. Вулканогенно-карбонатная марганценовая формация усинского типа объединяет отложения гидринской, кургусюльской и усинской свит вендского и раннекембрийского возраста. Оруденение отвечает широко известному венд-раннекембрийскому геохронологическому уровню марганцевого оруденения. Формация состоит преимущественно из карбонатного материала (известняки, доломиты), нередко углеродистых пород, а также вулканогенных, кремнистых и терригенных образований, играющих резко подчиненную роль. С этой формацией связано большинство рудопроявлений района руч. Банный, Шумливый, Кузькина и др. (рис. 38). Специализированные полевые экспертно-оценочные работы на перечисленных участках проведены Э. Г. Кассандровым и Н. С. Лидиным в 2001 г.

Малоурюпское рудопроявление (некоторые исследователи называют его месторождением) расположено на водоразделе руч. Новый и Банный, левых притоков р. Малый Урюп, в 6 км северо-восточнее Белогорска. Изучалось в 1963–1964 гг. геологами нефелиновой партии ЗСГУ. В дальнейшем участок неоднократно охватывался геолого-съёмочными (А. А. Ярмач и др., 1970; В. Н. Марков и др., 1983),

поисковыми и тематическими работами (А. Ф. Быч и др., 1988; Э. Г. Кассандров и др.; 1998, Р. А. Цыкин, 1968 и др.).

Наиболее полные данные по характеристике Малоурюпского рудопоявления приводятся в работах ЗСГУ (А. Ф. Быч, 1988; В. В. Протопопов и др.; 1965, Г. В. Махова, 1966 и др.). Согласно этим материалам среди кремнисто-хлоритовых сланцев низов раннего кембрия установлены два пласта родохрозитовых руд – нижний (мощностью 0,4–0,5 м) и верхний (1,3–1,9 м) с содержанием марганца 20–38 % по бороздовым пробам. Контакты пластов четкие, резкие. По простиранию они прослежены на 90 и 60 м соответственно, без признаков фациального выклинивания. Падение крутое, северо-западное, под углом 85–90°. Средняя концентрация (%) для верхнего пласта (по трем бороздовым пробам): Mn 34,3, Fe_{вал} 10,7, SiO₂ 18,7, Al₂O₃ 3,2, Fe₂O₃ 15,3, CaO 1,95, MgO 0,28, P₂O₅ 0,028.

Пачки сланцев, включающих руды, прослежены по простиранию на 250 м и на глубину до 100 м, их мощность 30–100 м. Химический состав вмещающих кремнисто-хлоритовых сланцев (%): Mn 0,5–2, FeO 8–11, CaO 0,5–1,6, MgO 0,5–3, Al₂O₃ 11–14, SiO₂ 60–70, P₂O₅ 0,1–0,6. Марганцевые руды розовато-серого до темно-серого цвета, ритмично-слоистой, пятнисто-полосчатой, плейчатой, брекчиевидной, реже массивной текстуры. Структура тонко- и мелкозернистая до среднезернистой, колломорфная с элементами оолитовой. Руды метаморфизованные, родохрозитового, кварц-родохрозитового, якобит-родохрозитового, родохрозит-псиломеланового, родохрозит-магнетит-псиломеланового, магнетит-родохрозитового состава.

Минеральный состав руд: родохрозит и железистый родохрозит 50–90 %, якобит 2–24 %, магнетит до 22 %, кварц 5–30 %, хлорит до 17 %, псиломелан до 1 %, вернадит, гаусманит, браунит, сидерит, родонит, тефроит, бустамит, гранат, кальцит, полевой шпат, биотит, мусковит, флюорит, циркон, апатит, пирит, галенит, лимонит. Нередко руды раздроблены, пронизаны серией жил различного состава, вторично изменены и перекристаллизованы. По первичным карбонатным минералам марганца часто развиваются бустамит и родонит, иногда марганцовистые гранаты.

Химические анализы штучных проб руды показали следующее содержание окислов (%): MnO 29,5–51,76, FeO+Fe₂O₃ 14,0–18,8, SiO₂ 14,05–18,18, TiO₂ 0,05–0,21, Al₂O₃ 1,06–3,5, MgO 0,1–1,52, CaO 1,0–3,65, P₂O₅ 0,04–0,71, K₂O 0,02–1,5, Na₂O 0,04–0,1, CO₂ 9,36–28,7, S 0,02–0,67.

Таблица 14

Химический состав проб, % (Г. В. Махова, 1966)

Элемент и окисел	Проба № 1	Проба № 2
Mn	29,03	17,97
MnO	37,47	23,2
Fe	14,02	16,1
Fe ₂ O ₃	20,0	23,0
P	0,28	0,31
S	0,09	0,16
SiO ₂	23,79	31,04
Al ₂ O ₃	3,18	3,76
CaO	1,98	1,98
MgO	0,87	0,65
TiO ₂	0,23	0,27
V ₂ O ₅	0,01	0,02
Cr ₂ O ₃	0,01	0,01
Cu	Сл.	Сл.
Ni	0,32	0,25
Co	Сл.	Не обн.
Mo	0,004	Сл.
Pb	0,005	0,005
Zn	0,03	0,03
As	0,01	0,02
П.п.п.	11,58	12,54
CaO+MgO	0,1	0,07
SiO ₂ +Al ₂ O ₃		
P		
Mn	0,0096	0,0172

Спектральным анализом 30 проб установлено концентрации элементов (%): P 0,1–1, Ba 0,01–0,03, Ti 0,003–1, Ni 0,003–0,03, Co 0,001–0,003; Pb, Zn, Cu – 0,001–0,01 %, а также следы Mo, Be, Ga (0,002), As (0,03), Sr (0,03), Sn, V, Zr (0,01).

Для испытания обогатимости марганцевых руд валовым способом по забоям шурфов с включением в пробу как руды, так и вмещающей породы отобраны две технологические пробы: № 1 из шурфа 297 в инт. 1,92–2 м (273 кг), № 2 из шурфа 291 в инт. 2,9–3 м (210 кг). Пробы представлены метаморфизованной родохрозитовой рудой, текстура массивная, брекчиевая и слоистая. В состав также вошли кремнисто-хлоритовые сланцы и жильный кварц (табл. 14, 15).

Спектральным анализом в отобранных пробах марганцевой руды установлено содержание (%): Ni, Ti, As 0,01; Co, V, Cr, Mo, Pb 0,001; Cu 0,005.

По результатам обогащения сделаны выводы о том, что железомарганцевые концентраты обеих проб являются кондиционными для выплавки шпигеля и силикошпигеля; кроме того, марганцевый концентрат пробы № 1 (Mn 30,2 %, Fe 7,42 %, SiO₂ 20,5 %, P 0,13 %) пригоден для производства ферромарганца. По содержанию фосфора концентраты удовлетворяют требованиям, установленным кондициями на указанные Fe-Mn руды и концентраты.

Рис. 38. Карта размещения перспективных марганценосных площадей в пределах Кайгадатско-Усинской марганценосной зоны

1 – рифей-раннекембрийский стратиграфический уровень марганцевого оруденения; 2 – месторождения (а), рудопроявления (б) и их номера (месторождения: 6 – Кайгадатское, 71 – Усинское; рудопроявления: 5 – руч. Кия, 7 – руч. Каменный, 8 – Гостеприимное, 11 – Малонатальевское, 12 – водораздел рр. Палатно-Ударная и Кожух I, 13 – Воскресенское, 14 – Малоурюпское, 15 – Кундустуюльское, 16 – Талановское, 17 – Кедровское, 18 – Нижнетерсинское, 19 – водораздел р. Нижняя Терсь и вершина р. Левая Кия, 20 – Ильинское, 32 – Пезасское, 33 – руч. Южный, 36 – Успенское, 50 – Черно-Усинское, Шатайское); минеральные типы марганцевых месторождений и проявлений: 3 – оксидные и гидроксидные марганцевые, 4 – оксидные и гидроксидные железомарганцевые, 5 – окисленные марганцевые, 6 – окисно-карбонатные, 7 – карбонатные; 8 – Кайгадатско-Усинская марганценосная зона; 9 – перспективные площади: I – Кайгадатская, II – Урюпско-Нижнетерсинская, III – Пезасская, IV – Успенская; *разрез по линии II-II'*: 1 – четвертичные отложения; 2 – переслаивание туфопесчаников и туфоалевролитов смешанного состава; 3 – базальтовые порфириды, в верхней части миндалекаменные; 4 – кремнистые железомарганцевые руды (а), их дресва и щебень (б); 5 – кварцевые порфиры; 6 – метасоматиты по туфогенным породам; 7 – границы: а – стратиграфические, б – тектонические; 8 – скважина, ее номер и глубина

Обращает на себя внимание высокое содержание никеля в концентратах (0,12–0,305 %) и пробах сырой руды (0,32 и 0,25 %).

При посещении участка Малоурюпского рудопроявления автор изучил свалы богатой марганцевой руды из старых канав и шурфов, пройденных в 1963–1983 гг., а также обследовал аллювиальные образования всех водотоков участка. Обломки богатых марганцевых руд обнаружены только по бортам и руслу руч. Банный – левого притока руч. Новый. Обломки прослежены на 200 м. Поисковыми маршрутами были покрыты и все водоразделы системы руч. Новый и его притоков. Коренных выходов богатых марганцевых руд не обнаружено.

Изученные богатые марганцевые руды несут на себе явные следы контактового метаморфизма. Они значительно ороговикованы, перекристаллизованы, достаточно сильно магнитны. Структура мелкозернистая, текстура неясно полосчатая, массивная, брекчиевая, пятнистая. По трещинкам и на

Химический состав концентратов, %

Таблица 15

Элементы и окислы	Концентрат		
	Железомарганцевый		Марганцевый
	Проба № 1	Проба № 2	Проба № 1
Mn	34,66	23,62	30,2
MnO	44,71	30,68	38,8
Fe	19,1	24,13	7,42
Fe ₂ O ₃	27,29	34,50	10,6
P	0,14	0,135	0,13
S	0,03	0,1	0,07
SiO ₂	13,76	12,53	20,5
Al ₂ O ₃	1,23	0,99	3,74
CaO	1,86	2,08	3,36
MgO	0,02	0,03	0,7
TiO ₂	0,18	0,13	0,25
V ₂ O ₅	Сл.	Сл.	Сл.
Cr ₂ O ₃	0,01	0,008	0,01
Cu	Сл.	Сл.	Сл.
Ni	0,3	0,18	0,12
Co	Сл.	Н/обн.	Сл.
Mo	Сл.	Сл.	Сл.
Pb	0,08	0,08	0,08
Zn	0,01	0,01	0,01
As	0,01	Сл.	0,01
П.п.п.	7,06	12,86	17,11
CaO+MgO	0,125	0,15	0,34
SiO ₂ +Al ₂ O ₃			
P	0,004	0,006	0,004
Mn			

поверхности выветривания руды покрыты тонкой корочкой гидроксидов марганца. Обломки замещены гидроксидами марганца с реликтами родохрозита, манганокальцита, известняка. Марганценосные породы и бедные руды представлены кремнистыми сланцами, известняками и роговиками. Редко встречаются полосчатые и массивные марганцовистые мраморизованные известняки.

Основной объем богатой якобит-магнетитовой руды составляет марганцовистый магнетит (якобит-магнетитовый твердый раствор). Индивидуальных зерен якобита не обнаружено; по-видимому, марганец изоморфно распределен в магнетите. В большинстве зерен магнетита содержатся мелкие включения кальцита и силикатов, а также выделения пирофанита. Более крупные, соизмеримые с магнетитом призматические зерна пирофанита встречаются в межзерновых участках. Они тоже содержат включения силикатов. Из сульфидов встречаются сфалерит, пирит, халькопирит и сложные сфалерит-алабандин-пиротиновые агрегаты с пирофанитом и включениями силикатов.

Более поздние прожилки (мощностью 1 мм) сложены псиломеланом и пирролюзитом, скрытозернистый агрегат которых имеет

поперечно-шестоватое строение. В прилегающих к прожилкам участках магнетит частично замещен псиломеланом. По минеральным ассоциациям и строению эта руда напоминает метаморфизованные железомарганцевые осадочно-вулканогенные руды Еравнинского рудного района Бурятии. Руда высокомагнитная. Прожилки псиломелана и пиролюзита связаны с гипергенными процессами.

Прогнозные ресурсы богатой марганцевой руды на Малоурюпском рудопоявлении по категории P_2 автором оцениваются в 0,7 млн т при следующих кондициях: суммарная мощность рудных тел 2 м, их длина 1000 м, глубина оценки 100 м, объемный вес руды 3,6 т/м³.

Принимая во внимание аналогию по генезису, составу рудоносной формации и первоначальному составу марганцевых руд Малоурюпского рудопоявления и крупного Усинского месторождения, а также их нахождение в единой марганцеворудной зоне (см. рис. 38), считаю, что кроме установленных рудных пластов указанного рудопоявления в районе руч. Банный возможно выделение еще нескольких подобных объектов с суммарной мощностью рудных тел 10 м и средним содержанием марганца не менее 10 % на каждом. Прогнозные ресурсы марганцевой руды района руч. Банный при указанных обстоятельствах оцениваются по категории P_3 в 10 млн т. Такие участки здесь намечаются по результатам проведенных ранее литогеохимической и гидрохимической съемок.

Рекомендуются поисковые работы на марганцевые руды в районе руч. Банный. При этом следует учесть магнитные свойства железомарганцевых руд и, возможно, достаточно высокую эффективность магнитометрических методов их поисков. По всей вероятности, рудопоявления района залегают в усть-кундатской свите раннекембрийского возраста, в которой находится и широко известное Усинское месторождение.

5.3.2. Сонская марганценосная площадь

Расположена в центральной части восточного склона Кузнецкого Алатау, протягивается с юго-запада на северо-восток примерно на 40 км. В центре площади проходит железная дорога Абакан – Ачинск, на которой находится ж.-д. ст. пос. Сонский (рис. 39). Площадь достаточно хорошо изучена. Главное внимание уделялось геологическому строению и поискам руд цветных и благородных металлов, а также железных руд. Поискам и оценке марганцевого оруденения посвящены единичные работы Н. П. Храмова и др. (1968), Г. А. Иванкина и др. (1969), А. П. Липишанова и др. (1993), а также автора настоящей монографии.

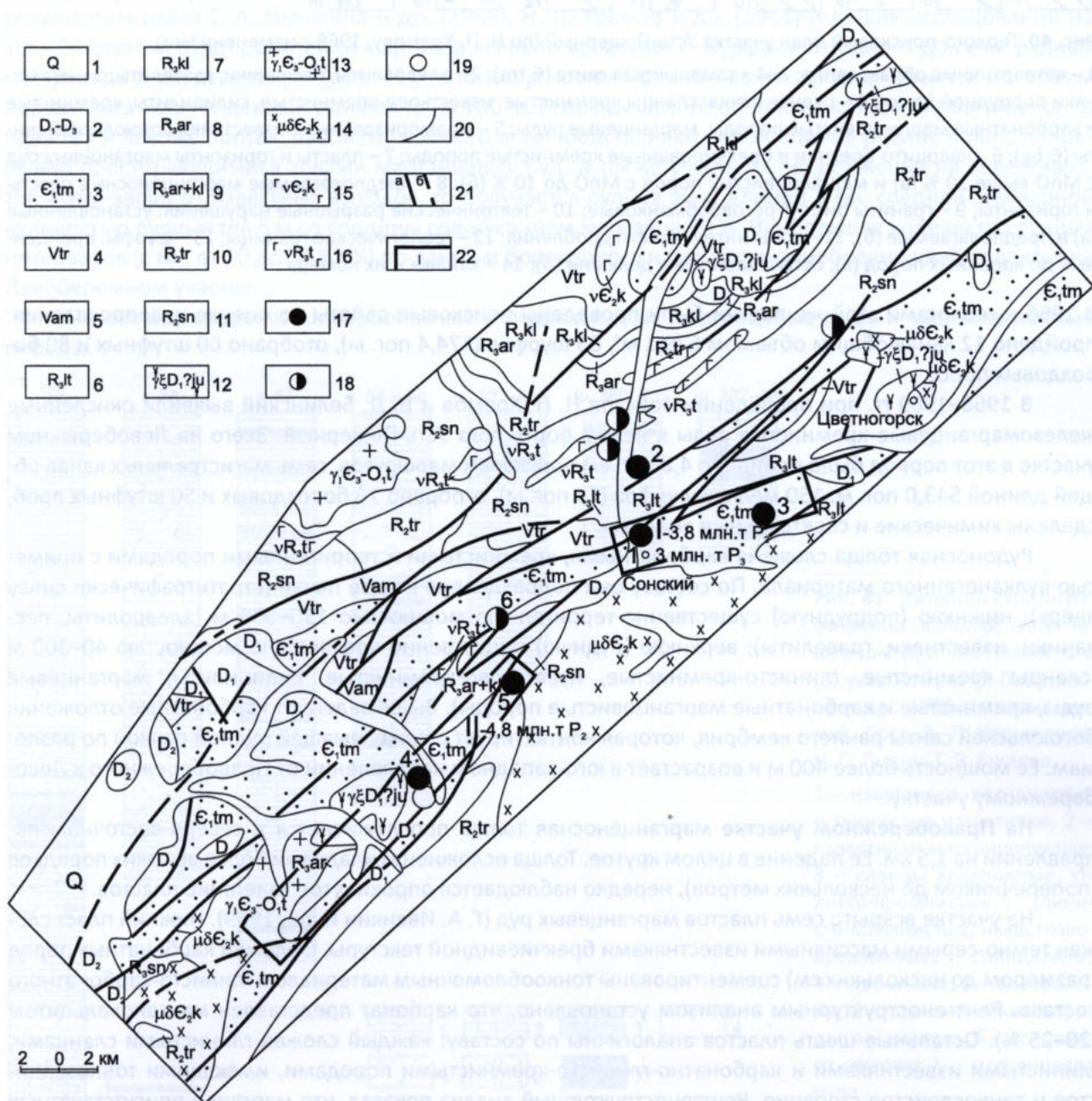
Рис. 39. Схематическая геологическая карта Сонской марганценосной площади и участки, рекомендуемые для проведения поисковых работ

1 – четвертичные отложения (Q): галечники, пески, глины; 2 – вулканогенно-осадочные отложения (D_1-D_3): эффузивы, туфы, туфогенные породы основного, среднего и кислого состава, известняки, алевролиты, песчаники, гравелиты, конгломераты; 3 – тамалыкская свита (E_1tm): известняки, силицилиты, песчаники, алевролиты, эффузивы и туфы основного и среднего состава, марганценозные породы и марганцевые руды; 4 – таржувская свита (Vtr): доломиты, известковистые доломиты, известняки, силицилиты; 5 – амарская свита (Vam): пестроцветные песчаники, гравелиты, конгломераты, алевролиты, аргиллиты, прослои доломитов и известняков; 6 – литвинская толща (R_3lt): известняки, доломиты, прослои силицилитов, туфов, песчаников, алевролитов; 7 – кульбюрстюгская свита (R_3kl): эффузивы основного и кислого состава, туфы, туфопесчаники, туфоконгломераты, известняки; 8 – арамонская свита (R_3ar): известняки, песчаные известняки, сланцы кремнистые, туфопесчаники; 9 – арамонская и кульбюрстюгская свиты объединенные (R_3ar+kl): известняки, песчаные известняки, эффузивы основного и кислого состава, туфы, туфопесчаники, туфоконгломераты, сланцы кремнистые; 10 – тюримская свита (R_2tr): известняки темные плитчатые, прослои песчаников, алевролитов, сланцев кремнистых; 11 – сынныгская свита (R_2sn): туфопесчаники, туфогравелиты, туфоконгломераты, туфоалевролиты, туффиты, эффузивы и туфы среднего и кислого состава, известняки, сланцы кремнистые, в зонах повышенного метаморфизма – сланцы метаморфические; 12 – юлинский комплекс ($\gamma\zeta D_1?ju$): граносиениты, сиениты (ξ), субщелочные граниты ($\epsilon\gamma$); 13 – тигертышский комплекс ($\gamma_1 E_3-O_1 t$): лейкократовые граниты и микрограниты, граниты, гранодиориты, гибридные диориты, кварцевые диориты, кварцевые монзониты, габбро-диориты, горнблендиты; 14–15 – когахский комплекс: 14 – вторая фаза ($\mu\delta E_2 k$): монцодиориты, монзониты, кварцевые монзониты, кварцевые монцодиориты, диориты, 15 – первая фаза ($\nu E_2 k$): габбро, габбро-нориты, эссекситы, лейкогаббро, габбро-пироксениты, габбро-горнблендиты; 16 – тюримский комплекс ($\nu R_3 t$): зеленокаменноизмененные габбро, габбро-диориты, диоритовые порфириды; 17 – рудопоявления марганца; 18 – шлиховые ореолы марганцевых минералов; 19 – солевые ореолы марганца; 20 – геологические границы; 21 – разрывные нарушения: достоверные (а) и предполагаемые (б); 22 – участки, рекомендуемые для проведения поисковых работ: I – Усть-Пещерный, II – Чис-Пасовский; рудопоявления марганца: 1 – Сонское I, 2 – Сонское II, 3 – Усть-Пещерное, 4 – Чис-Пас, 5 – Малая Сора, 6 – Сухой Лог

На Сонской площади выделяются следующие главные рудопроявления марганца: Усть-Пещерное (Лево- и Правобережное) (№ 3), Сонское I (№ 1), Сонское II (№ 2), Чис-Пасовское (№ 4), а также шлиховые ореолы марганцевых минералов и солевые ореолы марганца. На Усть-Пещерном и Сонском I рудопроявлениях нами в 2000 г. были проведены полевые работы с отбором штуфных проб.

Усть-Пещерное рудопроявление расположено в 7,5 км к северо-востоку от ж.-д. ст. Сон по шоссейной дороге ст. Сон – с. Боград на правом и левом бортах лога Усть-Пещерный. Характеристика рудопроявления приводится по материалам Г. А. Иванкина и др. (1969), А. П. Липишанова и др. (1993), Н. П. Храмова и др. (1968) и нашим данным (рис. 40). Марганценосную толщу на Сонской площади автор относит к тамалыкской свите по аналогии с находящейся рядом Багзасской, где в сходной геологической обстановке расположены Багзасское, Инейское, Тамалыкское и другие марганцевые рудопроявления. Все главные рудопроявления Сонской площади относятся к единой вулканогенно-кремнисто-карбонатной марганценосной формации.

Марганцевое оруденение в виде карбонатных и окисных руд было обнаружено в 1965 г. Сонской поисково-съёмочной партией в правобережной части рудопроявления при изучении базальных слоев карасукской свиты и ее взаимоотношений с подстилающими породами (Г. А. Иванкин и др., 1969).



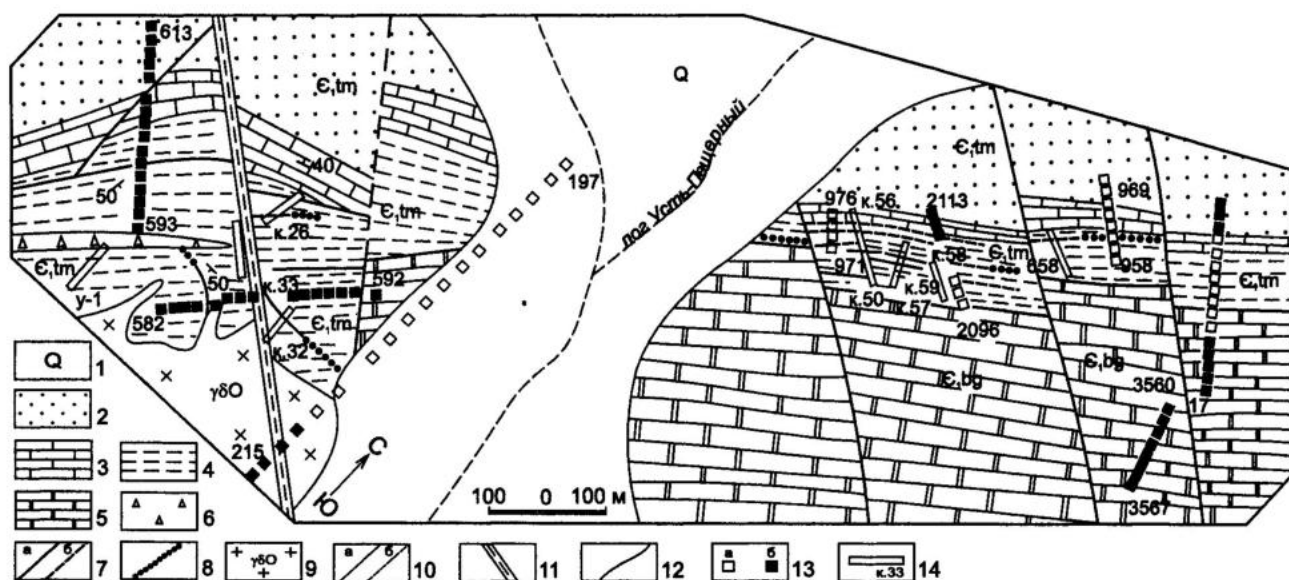


Рис. 40. Геолого-поисковый план участка Усть-Пещерный (по Н. П. Храмову, 1968 с изменениями)

1 – четвертичные образования; 2–4 – тамалыкская свита (E_1tm): 2 – алевролиты, песчаники, гравелиты; 3 – известняки подрудной пачки; 4 – рудная пачка: сланцы кремнистые, известково-кремнистые, силицилиты, кремнистые и карбонатные марганцевистые породы, марганцевые руды; 5 – мраморизованные известняки богоюльской свиты (E_1bg); 6 – кварцито-брекчии и брекчированные кремнистые породы; 7 – пласты и горизонты марганцевых руд с MnO выше 10 % (а) и марганцевистых пород с MnO до 10 % (б); 8 – предполагаемые марганценозные пласты и горизонты; 9 – граниты биотит-роговообманковые; 10 – тектонические разрывные нарушения: установленные (а) и предполагаемые (б); 11 – зоны интенсивного дробления; 12 – геологические границы; 13 – шурфы, пройденные до коренных пород (а), остановленные в делювии (б); 14 – канавы и их номера

В 1966 г. геологами этой же партии были проведены поисковые работы по оценке рудопроявления: пройдено 12 канав общим объемом 679,1 м³, 85 шурфов (174,4 пог. м), отобрано 60 штучных и 89 бороздовых проб.

В 1968–1969 гг. при проведении поисков Н. П. Храмов и В. Д. Белинский выявили окисленные железомарганцевые кремнистые руды в левом борту лога Усть-Пещерный. Всего на Левобережном участке в этот период было пройдено 4,8 пог. км поисковых маршрутов, семь магистральных канав общей длиной 543,0 пог. м, 150 мелких шурфов (25 пог. м), отобрано 76 бороздовых и 50 штучных проб, сделаны химические и спектральные анализы.

Рудоносная толща сложена карбонатными, кремнистыми и терригенными породами с примесью вулканогенного материала. По составу она подразделена на две пачки (стратиграфически снизу вверх): нижнюю (подрудную) существенно-терригенную мощностью 130–500 м (алевролиты, песчаники, известняки, гравелиты); верхнюю (рудную) существенно кремнистую мощностью 40–300 м (сланцы кремнистые, глинисто-кремнистые, известково-кремнистые, силицилиты, марганцевые руды, кремнистые и карбонатные марганцевистые породы). Выше залегают карбонатные отложения богоюльской свиты раннего кембрия, которая контактирует с нижележащей рудной пачкой по разломам. Ее мощность более 400 м и возрастает в юго-западном направлении от Правобережного к Левобережному участку.

На **Правобережном участке** марганценозная толща прослеживается в северо-восточном направлении на 1,5 км. Ее падение в целом крутое. Толща осложнена складками более высоких порядков (поперечником до нескольких метров), нередко наблюдается опрокинутое залегание пластов.

На участке вскрыто семь пластов марганцевых руд (Г. А. Иванкин и др., 1969). Нижний пласт сложен темно-серыми массивными известняками брекчиевидной текстуры. Обломки карбонатных пород (размером до нескольких см) сцементированы тонкообломочным материалом глинисто-карбонатного состава. Рентгеноструктурным анализом установлено, что карбонат представлен манганокальцитом (20–25 %). Остальные шесть пластов аналогичны по составу: каждый сложен глинистыми сланцами, глинистыми известняками и карбонатно-глинисто-кремнистыми породами, имеющими тонкозернистое и тонкослоистое строение. Рентгеноструктурный анализ показал, что марганец присутствует как

в карбонатной (манганокальцит), так и силикатной (родонит) формах. Содержание окиси марганца в них варьирует в пределах 1–7 %. По существу, это обогащенные марганцем породы.

Мощность пластов и содержание марганца по простиранию не выдержаны. Отмечена закономерность: мощность марганценосных пластов и содержания марганца в них увеличиваются в юго-западном направлении, в котором наблюдается возрастание мощности всей рудоносной толщи. В приповерхностной части развита зона окисления, где значительно распространены вторичные марганцевые минералы – пиролюзит, псиломелан.

Левобережный участок отличается от Правобережного большей мощностью рудовмещающей толщи и рудоносной пачки, более мощными и богатыми по содержанию марганца рудными телами, а также большим их количеством в разрезе пачки (см. рис. 40). На данном участке из-за присутствия массива гранитоидов породы подвержены контактовому метаморфизму и гидротермальному метасоматозу. Это обстоятельство сказалось на рудах. На участке из-за многочисленных зон дробления в значительном количестве присутствуют кремнисто-марганцевые брекчии с обломками марганцовистых пород. Присутствуют вторичные кварциты и кварцитобрекчии.

Марганцевые руды и марганцовистые породы характерны для средней рудной пачки. Как правило, это наиболее кремнистая часть вулканогенно-терригенно-кремнисто-карбонатного разреза. По результатам работ Г. А. Иванкина и др. (1969), Н. П. Храмов и др. (1968) и наших исследований на Усть-Пещерном рудопоявлении марганца вскрыто канавами и шурфами от одного до семи рудных интервалов в разрезе пачки (рис. 41), которые в составе рудной пачки прослеживаются по обоим бортам лога Усть-Пещерный примерно на 700 м. Если принять то обстоятельство, что оба участка по правому и левому бортам рассматриваемого лога представляют собой единое рудное поле с непрерывно простирающимися телами марганцевых руд, а также учесть их продолжение на северо-восток и юго-запад от известных выходов, то получается рудная зона длиной 2 км, средней суммарной мощностью рудных тел 5 м со средним содержанием марганца 10 %. Наибольшее количество рудных интервалов (с Mn от 10 до 33,57 %) по данным бороздowego и штурфного опробования наблюдается на Левобережном участке.

По составу выделяются карбонатные и гидроксидные марганцевые руды и марганценосные породы.

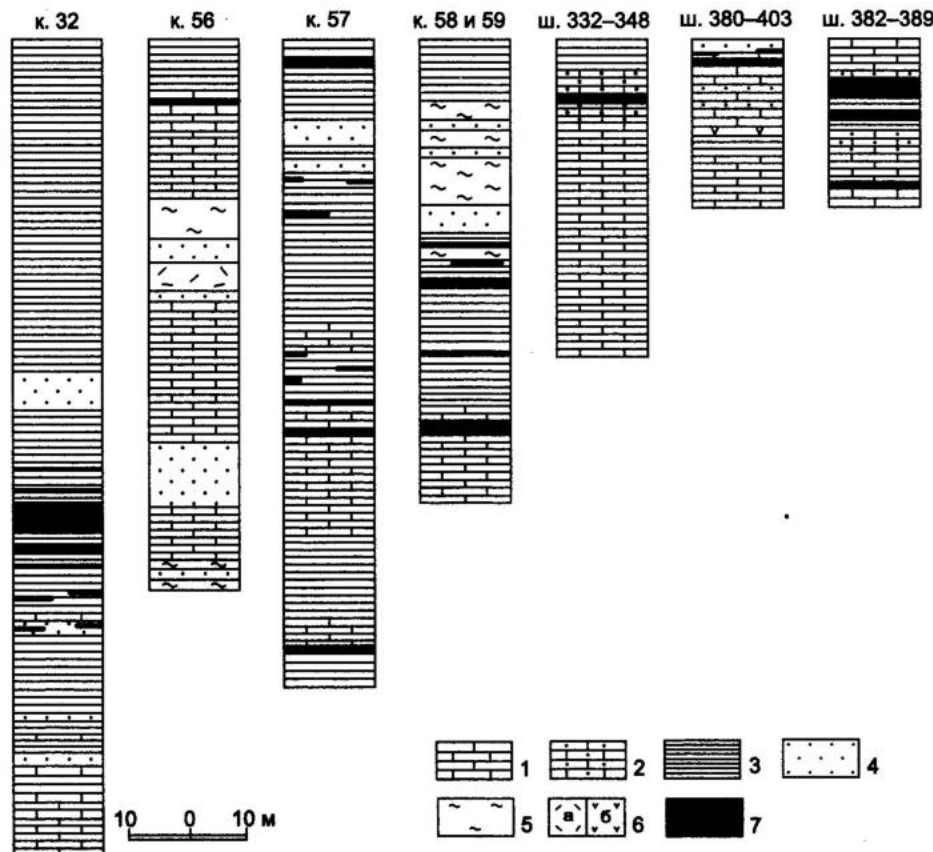


Рис. 41. Литолого-стратиграфические колонки Усть-Пещерного (I) и Чис-Пасовского (II) участков (по Н. П. Храмову и др., 1968 с изменениями). Сост. Э. Г. Кассандров, Н. С. Лидин, Г. В. Бугаева

1 – известняки, песчанистые и глинистые известняки; 2 – известняки марганцовистые; 3 – сланцы кремнистые, углисто-кремнистые, глинисто-кремнистые, известково-кремнистые, силицилиты; 4 – песчаники; 5 – алевролиты; 6 – вулканические породы: а – кислого, б – основного состава; 7 – марганцевая руда

Карбонатные руды встречены только в правом борту лога Усть-Пещерный среди брекчиевидных известняков. В крупных обломках обнаружены остатки водорослей. С помощью рентгеноструктурного анализа установлено, что породообразующим минералом является манганокальцит. По данным химического анализа двух проб содержание в породах окиси марганца составляет 11,07 и 14,81 % (Иванкин и др., 1969). Пласт прослежен на 150 м, его мощность непостоянна (не превышает 3 м). Предполагается, что в оруденелых породах содержится также родонит.

Преобладают гидроксидные марганцевые руды на обоих участках Усть-Пещерного рудопроявления. В результате работ Июсской партии (Н. П. Храмов и др., 1968) в левом борту лога Усть-Пещерный в отложениях рудной пачки канавами 32, 33 и линией сближенных шурфов, пройденных в створе канавы 33, вскрыт рудоносный горизонт кремнистых, глинисто-кремнистых пород с телами железомарганцевых руд, марганцевых и марганцовистых железных руд. Мощность горизонта до 50 м. Руды залегают согласно с вмещающими породами, простирание их северо-западное (290°), падение на юго-запад под углом $60-80^\circ$. По простиранию рудоносный горизонт прослеживается на 80 м. Кроме того, он намечается и в юго-западном крыле синклинали складки. Здесь в отвалах старой канавы наблюдаются железомарганцевые руды мощностью (судя по развалу) до 6–7 м. Горизонт располагается вблизи двух зон дробления северо-восточного и северо-западного направления. Мощность рудных тел колеблется в пределах 0,6–1,2 м (лишь одно тело имеет мощность 9 м). Содержание окиси марганца составляет от 10,06 до 34,97 %, железа (валового) – от 2,6 до 28,27 %.

Канавой 33 (длина 25 м) вскрыто шесть рудных интервалов. По результатам опробования здесь выделяется одно главное рудное тело мощностью 14 м с содержанием окиси марганца от 10,06 до 34,97 %, включая четыре интервала мощностью до 1 м с MnO 1,26–8,55 % (рис. 42), т. е. на участке имеется достаточно мощные кондиционные железомарганцевые руды.

Канавой 32 вскрыты интенсивно дробленные обохранные породы с MnO 3,0–22,03 % и Fe_2O_3 9,20–33,15 %. Рудное тело мощностью 1 м вскрыто шурфом 575 (MnO 11,31 %, Fe_2O_3 34,54 %). Двадцатисантиметровый рудный прослой подсечен шурфом 579 (MnO 20,84 %, Fe_2O_3 19,77 %).

Железомарганцевые руды представлены рыхлой полосчатой буро-серо-черной рыхлой массой с мелкими обломочками (реликтами) кремнистых сланцев (канавы 32) и брекчиевидными сплошными телами черного, буро-черного цвета с серовато-сизым оттенком. Последние имеют довольно резкие, хотя не совсем ровные, отчетливые контакты с вмещающими породами, залегают в виде согласных пластов. Морфология пластов неоднородна. Преобладают брекчиевидные руды с обломками серых кремнистых пород, сцементированных черно-бурыми окислами марганца и железа, но иногда встречаются линзы, «карманы», прожилки сливных пирролюзит-псиломелан-вернадитовых руд. Мощность последних, как правило, не превышает первых десятков сантиметров. При раскалывании штуфа часто отмечаются реликты слоистых серых кремнистых пород с отчетливо видимой слоистостью первичной породы, которая продолжается в окружающую ее черно-бурую окисленную массу. Характерны каркасные, кавернозные, пористые реликтово-полосчатые текстуры, унаследованные от первичных руд и марганцовистых пород.

Азимут простирания 45°

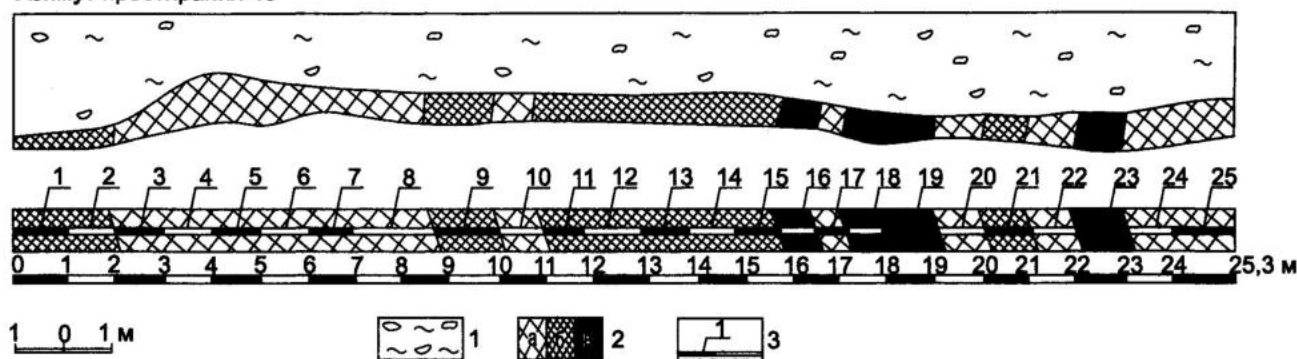


Рис. 42. Распределение марганцевых руд и пород в разрезе канавы 33 по результатам химического анализа бороздовых проб (по Н. П. Храмову и др., 1968, с дополнениями)

1 – элювиально-делювиальные отложения, 2 – глинисто-кремнистые породы с Mn : а – до 10 %, б – 10–20 %, в – 20–30 %; 3 – бороздовая проба, ее номер

Таблица 16

Химический состав марганцевых руд и марганцовистых пород рудопроявления Усть-Пещерное

Окисел, элемент	Номер образца		
	2027	2028	2041
SiO ₂	84,27	46,72	87,53
Al ₂ O ₃	3,52	2,84	3,69
TiO ₂	0,17	0,18	0,26
Fe ₂ O ₃	2,29	2,17	2,24
MnO	Не опр.	Не опр.	1,65
MnO ₂	4,62	43,90	Не опр.
Mn	Не опр.	Не опр.	Не опр.
MgO	0,19	0,30	0,26
CaO	1,30	0,88	0,26
Na ₂ O	0,08	0,05	0,05
K ₂ O	0,74	0,86	1,08
P ₂ O ₅	0,74	0,66	0,40
S _{вал.}	<0,01	<0,01	<0,01
H ₂ O	0,17	0,31	0,27
П.п.п.	2,04	1,98	1,74
Сумма	100,13	100,85	99,43

Примечание. Обр. 2027 – марганцовистая кремнистая порода; обр. 2028 – кремнистая псиломелан-пирролюзитовая руда; обр. 2041 – марганцевая кремнистая порода. Анализы сделаны в химической лаборатории СНИИГТИМСа.

глубина подсчета – 100 м, среднее содержание марганца в руде – 10 %, объемный вес руды – 3,2 т/м³; по категории P₃ – 12 млн т.

Рудопроявление Сонское I расположено на юго-восточной окраине ж.-д. ст. и пос. Сонский, в правом борту р. Сон (см. рис. 39). Центральная часть рудопроявления находится в 450 м юго-западнее высоты с отм. 991,0 м. На участке при площадной металлометрической съемке м-ба 1:50 000 работниками Сайгачинской партии был выявлен солевой ореол марганца интенсивностью от 0,3 до 1,0 %. Ореол вытянут в северо-восточном направлении (по изоконцентрате 0,3 %) на 1,0 км, его ширина 700–500 м. В 1967 г. Ербинским отрядом Июсской партии (Н. П. Храмов и др., 1968) на участке пройдено 4,2 пог. км поисковых маршрутов, четыре линии шурфов по сетке 200×25 м (180,4 пог. м), всего 115 шурфов, одна канава (28,6 пог. м). Отобраны бороздовые и штучные пробы. Кроме того, на участке имеются еще несколько линий канав и шурфов, пройденных другими исследователями.

Участок имеет сложное строение, обусловленное проявлением интенсивной дизъюнктивной и пликативной тектонической деятельности, а также контактового метаморфизма и гидротермального метасоматоза, которые вызваны формированием гранитоидов тигертышского комплекса (Среднеербинский массив).

Марганценосная толща (видимой мощностью около 300 м), отнесенная нами к тамалыкской свите, несогласно перекрывает мраморы тюримской свиты венда. Рудовмещающая свита сложена глинистыми и кремнистыми известняками, алевролитами, кремнистыми сланцами, нередко брекчиевой и брекчиевидной текстуры. Висячем боку свиты залегает пачка мраморизованных серых известняков с корками и гнездами гидроокислов марганца. Все породы нередко раздроблены.

По результатам химических анализов штучных проб, отобранных из старых канав, определен двухметровый пласт окисленных марганцевых руд с MnO от 13,54 до 58,8 %. По простиранию этот пласт прослежен на 100 м (Г. А. Иванкин и др., 1968; Н. П. Храмов и др., 1968). По канаве 36 было проведено сплошное бороздовое опробование. В целом геологические условия нахождения марганцевого оруденения участка Сонский I аналогичны таковым участка Усть-Пещерный, различия лишь в масштабе оруденения – на первом он меньше. Химический состав марганцевых руд и марганцовистых пород приведен в табл. 17.

По данным спектрального анализа 10 проб руд и марганцовистых пород повышенные количества относительно кларка установлены для следующих элементов (%): Pb 0,003–0,1, Cu 0,005–0,02,

Рудный минерал (псиломелан, вернадит) в виде тончайших волокон-прожилков густо пронизывает менее обогащенные марганцем кремнистые породы вплоть до образования сливных руд, а местами как бы обрастает их.

На глубину рудные тела не прослеживались и не изучались.

Выполненные нами химические анализы штучных проб гидроксидных марганцевых руд и марганцовистых пород показали содержание в них MnO₂ до 43,90 %, Fe₂O₃ 2,17–4,60 %, P₂O₅ 0,40–0,74 %, SiO₂ 46,72–87,53 %. Таким образом, это высококремнистые, почти чисто марганцевые богатые руды с повышенным содержанием фосфора (табл. 16).

Спектральным анализом в рудах и марганцевистых породах установлены В, As, Ga, Cr, Ni, V, Be, Nb, Mo, Sn, Y – в тысячных и десятитысячных долях процента. В повышенном количестве встречаются Zn (до 0,16 %), Co (до 0,04 %), Pb и Cu (до 0,06 %), Ba (до 0,14 %), Sr (до 0,16 %). Прогнозные ресурсы марганцевой руды Усть-Пещерного рудопроявления по категории P₂ автором оцениваются в 3,2 млн т при следующих параметрах: суммарная длина рудных тел – 2 км, их средняя суммарная мощность – 5 м,

Таблица 17

Химический состав марганцевых руд и марганцовистых пород рудопроявления Сонское I

Оксид, элемент	Номер образца				
	2044/1	2044/2	2045	2045/1	2045/3
SiO ₂	Не опр.	67,24	Не опр.	Не опр.	88,62
Al ₂ O ₃	Не опр.	1,09	Не опр.	Не опр.	1,86
TiO ₂	Не опр.	<0,01	Не опр.	Не опр.	0,11
Fe ₂ O ₃	3,10	4,86	5,32	2,07	3,37
MnO	Не опр.	1,07	Не опр.	Не опр.	2,37
MnO ₂	Не опр.	18,30	Не опр.	Не опр.	Не опр.
Mn	9,25	Не опр.	3,12	0,60	Не опр.
MgO	0,26	0,24	0,24	0,07	0,13
CaO	0,76	0,63	0,65	0,31	0,35
Na ₂ O	0,04	0,04	1,44	0,06	0,03
K ₂ O	0,34	0,46	2,30	0,97	0,34
P ₂ O ₅	Не опр.	0,39	Не опр.	Не опр.	0,43
S _{вал.}	<0,01	Не опр.	Не опр.	Не опр.	<0,01
H ₂ O	0,76	0,96	0,45	0,08	0,20
П.п.п.	3,84	3,28	3,38	0,82	1,86
Сумма	Не опр.	98,56	Не опр.	Не опр.	99,67

Примечание. Обр. 2044/1 – марганцовистая выветрелая кремнистая порода; обр. 2044/2 – марганцевая руда; обр. 2045, 2045/1, 2045/3 – марганцовисто-кремнистые породы. Анализы выполнены в физико-химической лаборатории СНИИГГиМСа.

ности поисковых работ выделяются рудопроявления Усть-Пещерное и Сонское I, составляющие единую рудную зону с прогнозными ресурсами категорий P₂+P₃ 6,8 млн т. Они отличаются наиболее выгодным географо-экономическим положением: находятся в непосредственной близости от ст. Сон железной дороги Абакан – Ачинск и в случае эксплуатации не потребуются строительство подъездных дорог. Следует учесть возможную перспективу повышенных содержаний в рудах ряда элементов, включая благородные металлы.

Таким образом, предметом поисков на Сонской площади должны быть окисленные марганцевые руды коры выветривания, а также гидротермально-метасоматические образования. Определим главные поисковые критерии.

1. Прямые признаки окисленных марганцевых руд (MnO_{вал} от 10,0 до 52,25 %). В канаве 33 на Усть-Пещерном участке по данным бороздового опробования выделяется одно главное рудное тело мощностью 14 м (MnO_{вал} от 10,06 до 34,97 %).

2. Площадь в составе Кузнецко-Алатауской марганцеворудной зоны. Она относится к раннекембрийскому стратиграфическому уровню марганцевого оруднения (вулканогенно-карбонатная марганценоносная формация), к которому приурочены Усинское месторождение и многочисленные рудопроявления.

3. Наличие геохимических аномалий с повышенным содержанием типоморфных элементов Pb, Zn, Co и др.

4. Наличие промышленных аналогов как в Сибири, так и за рубежом.

5.3.3. Аскизская марганценоносная площадь

Находится вблизи г. Аскиз (Хакасия) в легкодоступной обжитой местности. Марганцевые руды выявлены Минусинской геолого-разведочной экспедицией в 1978 г. при поисково-оценочных работах на жильные бариты. В дальнейшем здесь были проведены поисковые (под руководством Ф. Н. Ходаковского, Б. И. Суганова, Е. А. Белоножко, Ю. В. Беспалова), поисково-оценочные (Е. А. Белоножко) и научно-исследовательские (Э. Г. Кассандров) работы.

Zn 0,013–0,6, Ag 0,0005, Sn 0,0001, Co 0,02–0,05, Li 0,001, Mo 0,0001–0,002, W 0,0001, As 0,002–0,024, Cr 0,008–0,03, а также Au 0,015 г/т.

Прогнозные ресурсы марганцевой руды на рудопроявлении Сонское I оцениваются нами в 0,6 млн т по категории P₂ при следующих параметрах: среднее содержание марганца в руде – 10 %, суммарная длина рудных тел – 1000 м, средняя суммарная мощность – 2 м, объемный вес руды – 3,2 т/м³. Гидротермально-метасоматический характер оруднения позволяет прогнозировать его на глубину до 100 м и более с перспективой обнаружения более богатых гидроксидных марганцевых руд.

По прогнозным ресурсам марганцевых руд все охарактеризованные рудопроявления относятся к разряду мелких объектов с содержанием марганца 10–20 %, железа 0,5–30 %. Однако при хорошем качестве и экономичности добычи и переработки они, несомненно, могут представлять большой интерес как для местной промышленности, так и для Западно-Сибирского и Кузнецкого металлургических комбинатов. По степени перспективности и очеред-

В 1997–2000 гг. на площади выполнены поисковые работы на марганец м-ба 1:10 000 с применением горных и буровых работ. В итоге были подсчитаны прогнозные ресурсы по категориям P_1+P_2 : по Чапсордагскому проявлению 6732,0 тыс. т, по Малосырскому 14280 тыс. т, по Казановскому участку 7220 тыс. т. Проведены технологические испытания и геолого-экономическая оценка. Сравнение полученных результатов с таковыми минералого-технологической оценки марганцевых руд других месторождений позволило сделать вывод о том, что на сегодняшний момент руды Чапсордагского проявления по обогатимости лучшие в России (Ф. Н. Ходаковский, 2000).

В 2000–2003 гг. на Чапсордагском и Малосырском участках проведены оценочные и поисковые работы (Е. А. Белоножко и др., 2003). На Чапсордагском участке оценены запасы руды категорий C_1+C_2 – 322,9 тыс. т, прогнозные ресурсы не подсчитывались. На Малосырском участке прогнозные ресурсы марганцевых руд по категориям P_1+P_2 составили 2697,9 тыс. т. Оба участка отнесены к объектам не перспективным для поисков месторождений марганца. Запасы и прогнозные ресурсы апробированы в Минусинской ГРЭ. Для постановки на баланс прогнозных ресурсов по России они не представлялись.

Аскизский рудный район входит в состав Чапсордагского металлогенического пояса [64]. Он приурочен к северо-западному крылу Южно-Минусинского межгорного прогиба, который в геодинамическом плане представляет собой тылово-дужную рифтогенную структуру, заложенную в раннем девоне на каледонском основании.

Марганцевые руды Аскизского рудного района приурочены к прибортовой части наложенной впадины рифтогенного происхождения. Месторождения и рудопроявления образуют зону, протягивающуюся с севера-востока на юго-запад на 35 км (от Малосырского месторождения до Казановского рудопроявления). В геологическом строении месторождений участвуют рифогенные и терригенно-карбонатные породы раннего кембрия, вулканогенно-осадочные толщи раннего и среднего девона, четвертичные отложения. Рудоносные раннедевонские отложения большесырской свиты с резким угловым несогласием и после длительного перерыва в осадконакоплении залегают на раннепалеозойском фундаменте. Большесырская свита состоит из трахибазальтов, лабрадорных трахиандезитовых порфиритов, трахидацитов, туфов и осадочно-вулканогенных пород. Рудный горизонт представлен браунитовой, охотскит-браунитовой и пиролюзит-браунитовой рудами, оруденелыми лавами, агломератовыми и гравелитовыми туфами, туфогравелитами и туфопесчаниками. В составе горизонта прослеживаются четкообразные тела богатой сливной браунитовой руды. В рудах и межрудных гравелитовых туфах нередко присутствует значительное количество карбонатного материала, заимствованного из нижележащих венд-нижнекембрийских пород [9].

Марганцевые руды размещаются среди эффузивно-пирокластических, лавошлаковых и вулканогенно-осадочных образований. Рудные тела имеют пластообразную, жильную, линзовидную и гнездовую формы. Промышленно значимые залегают на крупноглыбовых агломератовых, гравелитовых туфах и трахиандезитовых порфиритах. Перекрываются красноцветными вулканогенно-осадочными и осадочными породами (рис. 43).

Оруденение пространственно и генетически связано с раннедевонским магматизмом, сопутствующей гидротермально-метасоматической и гидротермальной деятельностью [30]. Вулканыты отличаются натровой петрохимической специализацией. Впервые для марганцевых месторождений выделен собственно магматический тип руд – марганцевые лавы и туфы, которые вместе с гидротермально-метасоматическими и вулканогенно-осадочными рудоносными породами составляют единые рудные залежи. По генетическому признаку на месторождении выделены и детально охарактеризованы магматические марганцевые (рудные лавы и туфы), гидротермально-метасоматические и вулканогенно-осадочные руды. Главную промышленную ценность представляют гидротермально-метасоматические браунитовые и охотскит-браунитовые руды, в которых, кроме главных рудных браунита и пиролюзита, присутствуют охотскит, псиломелан, манганит, гаусманит, пьомонтит, манганокальцит, спессартин и другие более редкие марганцевые минералы, а также карбонаты, барит, альбит, кварц, хлориты, актинолит [9, 30].

Наиболее полно вещественный состав руд и вмещающих пород изучен на участках Чапсордаг и Малосырский. Марганцевые руды подразделяются на несколько типов.

1. **По структурно-текстурным признакам** – на брекчиевые, брекчиевидные, массивные, гнездово- и прожилково-вкрапленные, неяснополосчатые от крупнозернистых до пылеватых разновидностей собственно рудных агрегатов.

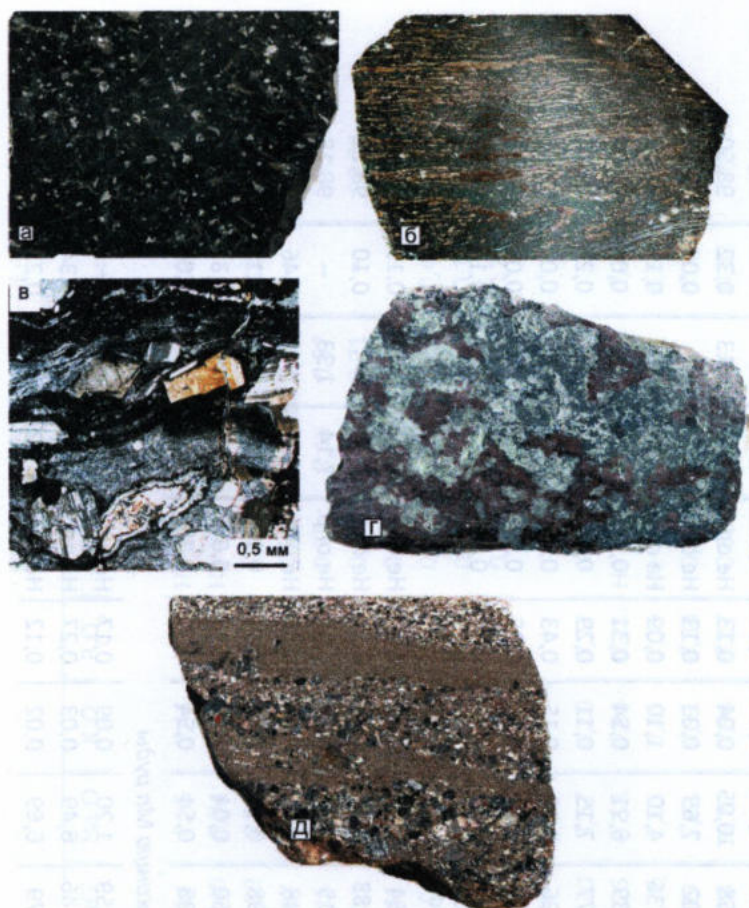


Рис. 44. Генетические типы марганцевых руд: а – браунитовый порфирит; б – браунитовый ленточный фельзит; в – браунитовая туфолава с флюидалльной стекловатой рудной массой (шлиф, с анализатором); г – вулканогенно-гидротермальная богатая вкрапленно-гнездовая охотскит-браунитовая руда (темно-коричневые участки – охотскит, стально-серые гнезда – браунит); д – осадочный ритмично-слоистый рудный туфогравелит, черные обломки – браунит

2. По составу марганцевых минералов на три главных типа: браунитовые (характерные для участка Чапсордаг); охотскит-браунитовые и браунит-охотскитовые (для Малосырского участка); гематит-гаусманит-манганит-пиролозитовые (для Казановского участка). Первые два связаны между собой взаимопереходами. Во всех типах в разных количествах отмечаются минералы группы псиломелана, пиролозит, родохрозит, пьомонит, марганокальцит.

3. По генезису на магматические (рудные лавы андезитового, дацитового и фельзитового состава); вулканогенно-гидротермальные ранних этапов рудогенеза (браунит, охотскит); гидротермально-метасоматические более поздних этапов рудогенеза (псиломелан, пиролозит); гипергенные гетит-гематитовые с оксидами марганца (рис. 44). Все они локализуются среди эффузивно-пирокластических, лаво-шлаковых и вулканогенно-осадочных образований девонской вулканогенной серии, тесно генетически связаны с ее формированием. Химический состав марганцевых руд и вмещающих пород Аскизской площади приведен в табл. 18.

Среди **браунитовых руд** можно выделить массивные, брекчиевые, брекчиевидные, прожилково-вкрапленные и более сложные по текстурному узору разновидности, составляющие взаимные переходы по вертикали и простиранию. Преимущественно облик руд определяется количеством и разнообразием состава обломков и цемента туфов, степенью их девитрификации и гидротермальных преобразований.

Браунит (главный рудный минерал) присутствует в виде сингенетической скрытозернистой вкрапленности в основной массе фельзитов, туфобрекчий и лавобрекчий, в тонкозернистом хлорит-альбит-кварц-браунитовом цементе, в туфогравелитах и туфопесчаниках, в рудных обломках в туфогравелитах. Он образует каймы на обломках порфиритов, вместе с хлоритом замещает марганцовистый карбонат, в ассоциации с гранатом – темноцветные минералы в плагиопорфирите, а с охотскитом, карбонатами и баритом слагает гнезда в туфопесчанике, вместе с кальцитом формирует ветвящиеся прожилки, пересекающие все породы. Размер и форма зерен широко варьируют: от скрытозернистых масс, распыленных в основной ткани порфиритов, до идиоморфных кристаллов на стенках гнезд и полостей. Вместе с браунитом в этих рудах часто встречается пиролозит с баритом и кальцитом в поздних прожилках, пересекающих все породы и руды (рис. 45–49).

Химический состав марганцевых руд и вмещающих пород Аскизской площади

Номер образца	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	MnO	MnO ₂	Mn _{общ}	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	H ₂ O	П.п.п.	SO ₃	S _{общ}	Сумма
<i>I. Базальты, андезитовые порфириты, дацитовые порфириты и их туфы</i>																	
2016з-05	43,26	1,14	13,80	4,60	0,22	0,47	-	-	15,72	4,81	2,92	0,52	Не опр.	11,64	-	-	99,10
2017а-05	56,00	0,70	17,21	5,02	0,16	0,26	-	-	5,79	9,16	0,45	0,27	Не опр.	4,73	-	-	99,75
2018-05	51,74	0,74	20,00	7,72	3,81	0,55	-	-	3,56	4,72	1,18	0,31	Не опр.	4,65	-	-	98,98
2060б-05	63,32	0,33	15,31	2,67	0,03	0,28	-	-	4,63	8,64	0,04	0,07	Не опр.	3,86	-	-	99,19
2062-05	63,62	0,57	15,50	5,50	1,18	0,19	-	-	1,93	7,41	0,45	0,09	Не опр.	2,91	-	-	99,50
2031-06	52,78	0,83	18,07	8,09	4,36	<0,01	1,83	1,15	1,09	7,61	0,91	0,34	0,98	3,10	-	-	99,99
2075-06	48,46	1,04	17,47	8,48	6,25	<0,01	2,82	1,78	1,25	7,19	0,12	0,36	1,25	4,24	-	0,07	99,00
2136-06	48,48	1,22	18,90	8,61	5,44	<0,01	2,54	1,60	2,68	5,39	0,84	0,24	1,03	4,46	-	-	99,83
<i>II. Марганцеворудные порфириты и их туфы</i>																	
2022-06	51,27	0,84	19,58	7,13	8,94	0,51	2,36	1,88	1,74	8,45	0,59	0,35	0,69	2,83	-	-	99,28
2012-05	59,02	0,51	16,93	2,12	0,08	2,89	3,22	4,23	0,58	10,05	0,04	0,13	Не опр.	1,49	1,13	0,32	98,50
2055-05	49,40	0,21	13,90	1,76	0,04	8,12	10,22	12,76	4,02	7,65	0,03	0,13	Не опр.	3,17	-	0,09	98,74
2063-05	48,24	0,26	9,80	2,01	0,18	4,84	7,28	8,36	12,36	4,10	1,10	0,09	Не опр.	9,37	-	0,16	99,79
2046-06	46,85	0,97	17,29	12,18	2,76	1,92	4,05	4,43	1,39	6,91	0,54	0,31	0,82	2,53	-	0,04	99,16
2084-06	40,93	0,72	20,63	9,41	1,95	<0,01	10,31	6,51	2,77	7,15	0,11	0,29	0,39	4,09	-	0,29	99,04
2088-06	49,09	1,00	16,28	8,81	2,22	<0,01	8,65	5,46	2,96	7,26	0,15	0,43	0,35	2,70	-	0,07	99,97
2089/1-06	41,51	0,81	15,89	9,04	1,13	4,65	11,07	10,59	3,84	6,13	0,16	0,35	0,33	4,07	-	0,07	99,05
2116-06	48,68	0,51	16,26	1,35	1,45	2,85	7,29	6,81	5,71	7,14	0,37	0,34	0,54	6,41	-	0,10	99,00
<i>III. Богатая марганцевая руда</i>																	
2008б-05	11,36	0,20	0,77	0,88	0,05	38,73	38,25	54,22	4,54	0,05	0,02	0,24	Не опр.	2,96	-	0,19	98,24
2009б-05	10,26	0,27	1,54	1,20	0,11	30,79	29,12	42,28	13,83	0,39	0,03	0,19	Не опр.	10,48	-	0,10	98,21
2010-05	3,04	<0,02	0,65	0,46	0,05	7,13	76,51	53,92	1,15	0,16	0,02	0,14	Не опр.	7,14	1,33	-	98,15
2010д-05	4,96	0,04	0,86	0,57	0,07	17,77	67,81	56,62	2,48	0,05	0,02	0,19	Не опр.	2,86	-	0,46	98,14
2080/8-06	12,87	0,07	2,38	8,00	0,11	11,14	57,07	44,69	1,98	0,19	0,09	0,11	0,15	5,70	-	0,18	100,04
2081/2-06	13,13	0,09	2,80	2,20	0,64	2,59	49,97	49,07	4,60	0,04	0,11	0,15	0,08	2,80	-	0,35	99,55
2250-06	6,68	0,08	1,15	8,42	0,98	10,65	55,81	43,51	2,98	0,54	0,54	0,37	0,78	10,90	-	0,06	99,94
<i>IV. Средние и бедные по содержанию Mn руды</i>																	
2010б-05	10,06	0,19	2,40	1,94	0,28	10,97	25,65	24,71	24,59	1,20	0,09	0,17	Не опр.	20,36	-	-	98,13
2013з-05	39,77	0,56	10,63	3,58	0,13	6,91	10,32	11,88	11,46	6,49	0,03	0,27	Не опр.	8,27	-	0,34	98,76
2016-05	46,46	0,25	12,58	1,56	0,03	10,67	13,48	16,80	3,79	6,69	0,02	0,12	Не опр.	3,12	-	0,23	99,00

Номер образца	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	MnO	MnO ₂	Mn _{общ}	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	H ₂ O	П.п.п.	SO ₃	S _{общ}	Сумма
<i>IV. Средние и бедные руды</i>																	
2032-05	58,35	0,31	0,61	1,74	0,15	14,80	13,48	20,09	2,84	4,25	0,44	0,14	Не опр.	2,61	-	0,03	99,75
2047a-06	24,85	1,09	6,24	3,06	0,63	27,68	15,21	31,08	12,40	0,04	<0,01	0,13	Не опр.	6,10	1,45	-	99,01
2013-06	37,11	0,39	11,82	4,99	1,51	6,87	12,92	13,48	15,89	0,35	0,27	0,20	0,54	6,80	-	0,27	99,93
2059-06	38,62	0,24	6,75	3,81	0,47	21,07	19,38	28,58	2,87	1,50	0,36	0,18	0,50	3,23	0,50	-	99,77
2063-06	18,86	0,19	3,41	5,75	0,78	<0,01	58,76	37,13	1,15	0,63	0,08	0,17	0,73	8,49	0,67	-	99,79
2074-06	37,51	0,69	13,39	6,20	2,29	3,58	18,82	14,60	4,21	4,83	0,09	0,24	0,67	6,39	0,71	-	99,79
2099-06	37,26	0,57	15,00	5,46	0,72	9,25	12,08	14,79	9,41	3,31	0,15	0,26	0,15	4,93	0,40	-	99,09
2101-06	37,18	0,40	7,68	2,15	0,70	14,07	16,48	21,31	13,02	0,64	0,17	0,23	0,13	5,77	-	0,46	99,08
2117-06	32,69	0,70	12,67	12,80	0,65	12,67	13,11	18,09	3,33	4,75	0,14	0,24	0,64	4,48	-	0,14	99,01
2135-06	36,75	0,96	14,78	7,38	1,33	10,12	10,87	14,71	8,04	3,70	0,16	0,23	0,31	4,45	-	0,25	99,33
<i>V. Марганцевистые туфогравелиты, туфолесчанники</i>																	
2200-06	44,43	0,47	10,54	3,42	1,13	6,84	9,65	11,40	11,70	3,57	0,10	0,22	0,38	6,51	0,54	-	99,66
2015-05	39,52	0,54	11,01	3,28	0,14	0,44	3,04	2,26	20,25	5,58	0,04	0,21	Не опр.	15,74	-	0,01	99,80
2033-05	42,08	0,64	7,02	1,60	0,36	4,40	3,21	5,44	21,26	2,05	0,45	0,29	Не опр.	17,03	-	0,03	100,30
2031-06	52,78	0,83	18,07	8,09	4,36	<0,01	1,83	1,15	1,09	7,61	0,91	0,34	0,98	3,10	-	<0,01	99,99
2119-06	47,26	0,90	17,40	8,97	4,08	<0,01	3,29	2,08	3,88	6,22	0,94	0,27	0,68	6,06	-	0,02	99,97
2126-06	56,61	0,99	18,01	12,78	0,85	1,69	3,36	3,43	0,82	0,48	0,20	0,25	0,7	2,37	-	<0,01	99,08
2131-06	54,59	0,78	13,07	8,04	1,35	1,89	4,97	4,60	6,70	2,72	0,20	0,23	0,87	4,08	-	0,12	99,61
2168-06	57,42	0,48	13,94	13,25	0,40	<0,01	2,36	1,49	1,21	4,62	2,96	0,16	0,24	1,87	-	0,09	99,00
2185-06	46,73	1,05	17,90	11,04	3,06	<0,01	3,29	2,08	4,63	5,75	0,50	0,34	0,65	5,00	-	0,05	99,99
2319/1	54,10	0,35	12,77	1,99	1,01	2,27	5,81	5,43	6,83	6,54	0,37	0,16	0,10	6,82	-	0,20	99,32

Примечания. Место взятия образцов. **Месторождение Чапсордаг:** район скв. 15 – 2012-05, 20106-05, 2013-05, 2013a-05, 2015-05, 2016-05, 20086-05, 20096-05, 2010-05, 2010d-05; район скв. 5 – 2017a-05; район скв. 7 – 2018-05; канава 3 – 2032-05, 2063-05, 2033-05; северо-восточный фланг рунной залежи – 20606-05, 2062-05; канава 2 – 2319-06, канава 13 – 2063-05; **месторождение Малосырское:** траншея 7 – 2136-06, траншея 15 – 2047a-06, 2119-06, 2046-06, 2059-06, 2063-06, 2117-06, траншея 17 – 2022-06, 2031-06, траншея 10 – 2075-06, 2074-06, 2080/8-06, 2081/2-06, 2084-06, 2088-06, 2116-06, 2088-06, 2116-06, расчистка 3 – 2089/1-06, 2099-06, 2101-06, 2200-06, траншея 6 и ба – 2126-06, траншея 13 – 2135-06, траншея 22 – 2022-06, траншея 25 – 2168-06, скв. 01-2185-06, траншея 14 – 2131-06; **рудопроявление Казановское** – 2250-06.

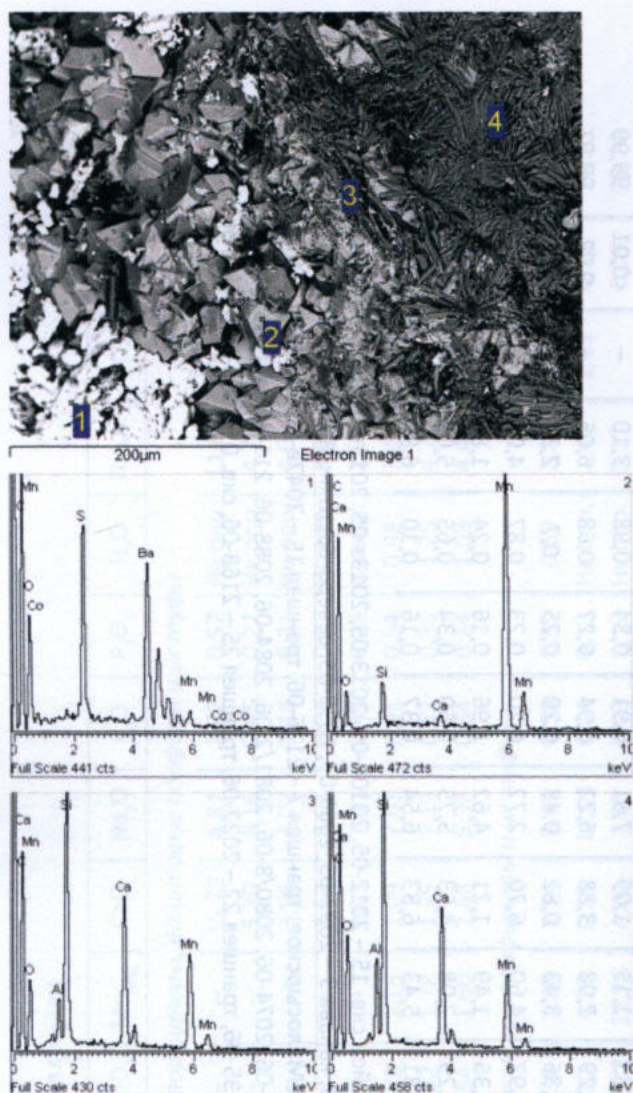


Рис. 45. Зональное строение браунитовой руды около выщелоченного участка (изучено на сканирующем электронном микроскопе)

1 – барит; 2 – браунит; 3, 4 – охотскит

Другим минералом марганца в рассматриваемой руде является *пирролюзит*. В виде субмикронных зерен он развивается на контакте браунита с карбонатами, находится в тесных срастаниях с баритом. В колломорфных почковидных агрегатах барита пирролюзит выполняет его промежутки, а в кристаллах барита слагает лучистые игольчатые зерна, ориентированные по спайности.

Этот вторичный тип руды представляет собой участки гидротермальных преобразований первичных браунитовых руд, предварявшиеся формированием псилломелановых агрегатов с сульфатами и карбонатами. Примесь перечисленных ранее минералов обнаруживается фазовым рентгеноструктурным анализом.

Все три генетические разновидности вулканогенного рудообразования (эксплозивно-эффузивная, гидротермально-метасоматическая и вулканогенно-осадочная) сопряжены в одном процессе, развиваясь последовательно, пульсационно, согласно с циклами вулканических извержений, совмещены в пределах единого стратифицированного рудоносного горизонта. В качестве источника рудного вещества наиболее вероятны рифей-раннекембрийские отложения марганца, ассимилированные базальтовой магмой в промежуточных очагах [30].

Руды легкообогатимые.

Несмотря на отрицательную оценку промышленной значимости Чапсордагского и Малосырского месторождений автор считает необходимым продолжить поисковые работы на Аскизской площади.

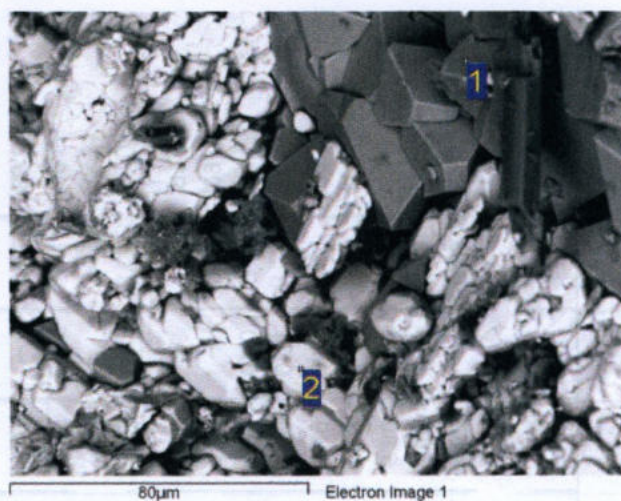


Рис. 46. Идиоморфные кристаллы браунита (1) и барита (2) внутри рудной полости (изучено на сканирующем электронном микроскопе)



Рис. 47. Нарастание псевдооктаэдрических кристаллов браунита (1) на призмы охотскита (2)

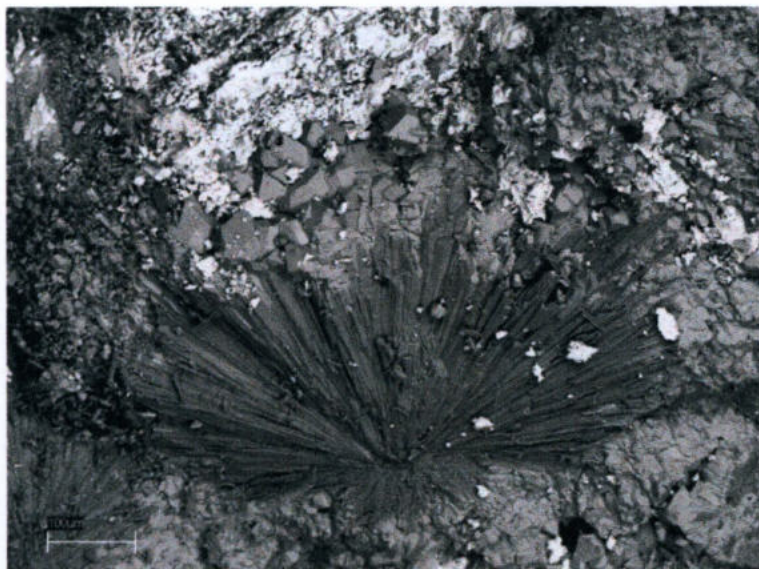


Рис. 48. Радиально-лучистые агрегаты кристаллов охотскита и последовательно нарастающие на них браунит и барит (изображение на сканирующем электронном микроскопе)



Рис. 49. Лучистый агрегат пиролюзита (полианита)

Расстояние между Чапсордагским и Малосырским месторождениями 10 км, между Чапсордагским и Казановским – 27 км. Между Малосырским и Казановским месторождениями протягивается марганценосная большесырская свита. Кроме того, перспективны западный фланг Казановского месторождения и восточный Малосырского. Эти площади на марганцевые руды изучены слабо или совсем не изучались. Также следует учесть, что углы падения рудоносных залежей на обоих месторождениях почти совпадают с рельефом местности, т. е. необходимо оценить месторождения как по падению залежей, так и по их восстанию (см. рис. 43). По падению залежи через 100–200 м от разведанных рудных тел расположена широкая плоская долина, протягивающаяся параллельно рудным залежам, а по восстанию начинаются горы, куда могут продолжаться рудные залежи. Эти варианты не учитывались при поисковых и поисково-оценочных работах. Имеются и другие предпосылки, связанные с фаціальными особенностями нахождения рудных залежей. Отмечу, что географо-экономические условия Аскизской рудной площади лучшие из всех.

На карте (см. рис. 50), кроме участков месторождений Чапсордагского, Малосырского и Казановского, выделены и рекомендуются для ревизионно-поисковых работ три перспективные площа-

На основе характерных особенностей геологического строения рудного района и марганцевых месторождений, их вещественного состава, геолого-генетической модели формирования и прогнозно-поисковых критериев составлена прогнозная карта (рис. 50). При этом учтены следующие основные положения.

1. Аскизский рудный район находится в северо-западном борту Южно-Минусинского рифтогенного прогиба и граничит с выступами нижнепалеозойского фундамента Кузнецкого Алатау и Батеневского кряжа, отличающихся повышенным и высоким содержанием марганца в вулканогенно-терригенно-карбонатных породах.

2. В пределах марганцевых месторождений распространена трахиандезитовая формация с резким преобладанием Na_2O над K_2O .

3. Марганцевое оруденение приурочено к раннедевонскому геохронологическому уровню и находится среди отложений верхней подсвиты большесырской свиты.

4. Рудоносная толща имеет характерное строение: в подрудной части разреза преобладают трахиандезитовые порфириды и туфы, нередко марганцовистые, а в надрудной – красноцветные туфогравелиты и туфопесчаники.

5. Марганцевое оруденение парагенетически связано с медным и бариевым.

Дополнительные прогнозные ресурсы оксидной марганцевой руды можно получить как на самих месторождениях, так и на участках между ними.

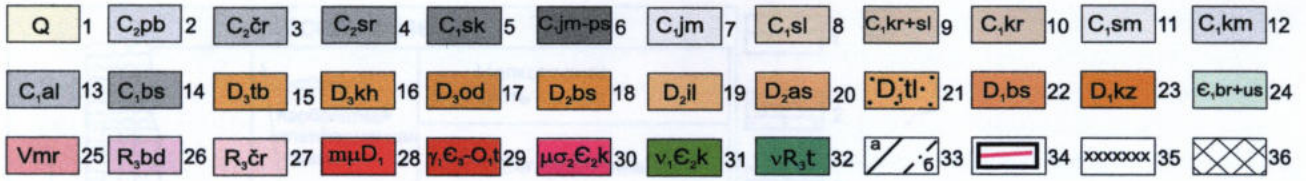


Рис. 50. Прогнозная карта на оксидные марганцевые руды Аскизской площади (по материалам Минусинской ГРЭ, «Красноярскгеолсъемка», СНИИГГиМСа)

1 – четвертичная система: пески, галечники, суглинки, глины, валунные отложения; 2 – побережная свита: алевролиты, аргиллиты, песчаники, редкие прослои угля и конгломератов; 3 – черногорская свита: алевролиты, аргиллиты, песчаники, конгломераты, многочисленные пласты угля; 4 – сарская свита: песчаники, алевролиты, аргиллиты, редкие прослои и линзы конгломератов тонкие пласты угля; 5 – серпуховский ярус, сохельская свита: конгломераты, гравелиты, песчаники, алевролиты; 6 – яминская, байновская и подсиньская свиты нерасчлененные: сероцветные и красноцветные песчаники, туфы, туффиты, алевролиты, аргиллиты, известняки; 7 – яминская свита нерасчлененная: туффиты, туфы, туфопесчаники, туфоалевролиты, туфы, конгломераты; 8 – соломенская свита: известняки с кремнями, туффиты, туфопесчаники, туфоалевролиты, туфы, конгломераты; 9 – турнейский – визейские ярусы, кривинская и соломенская свиты нерасчлененные; 10 – кривинская свита: туфы, туффиты, туфопесчаники, туфоалевролиты, песчаники красноцветные, прослои известняков и гравелитов; 11 – самохвальская свита: песчаники, туффиты, туфы, преимущественно зеленоцветные, прослои известняков и конгломератов; 12 – камыштинская свита: туфы, песчаники, туффиты, алевролиты, прослои известняков; 13 – алтайская свита: песчаники, туфы, туффиты, алевролиты преимущественно красноцветные; 14 – быстринская свита: туффиты, песчаники, алевролиты преимущественно сероцветные, прослои известняков туфов, аргиллитов, конгломератов; 15 – франский – фаменский ярусы, тубинская свита: красноцветные косослоистые песчаники, алевролиты, аргиллиты, прослои конгломератов, гравелитов, мергелей; 16 – франский ярус, кохайская свита: пестроцветные алевролиты, песчаники, аргиллиты мергели, прослои известняков, гипсов; 17 – ойдановская свита: красноцветные песчаники, алевролиты, аргиллиты, прослои гравелитов, мергелей; 18 – живетский ярус, бейская свита: серые известняки, алевролиты, аргиллиты, изредка базальные конгломераты и гравелиты; 19 – эйфельский (?) – живетский ярусы, илеморовская свита: серозеленоцветные песчаники, алевролиты, аргиллиты, прослои мергелей, известняков, гравелитов, конгломератов; 20 – эйфельский (?) ярус, аскизская свита: алевролиты, мергели, прослои известняков, песчаников; 21 – нижний отдел ЧЕГО?, толтаковская свита: красноцветные песчаники, алевролиты, аргиллиты, гравелиты, конгломераты, прослои и линзы бедных оксидных марганцевых руд, марганцевистых песчаников и гравелитов (рекомендуется для поисков марганцевых руд); 22 – большесырская свита (D_{1bs}) рудоносная: базальты, трахибазальты, трахиандезиты, трахиты, риолиты, риодациты, туфы различного состава, игнимбриты, туфопесчаники, туфогравелиты, песчаники, конгломераты, горизонты, гнезда и жилообразные тела браунитовых и охотскит-браунитовых руд (рекомендуется для поисков оксидных марганцевых руд высокого качества); 23 – казановская свита (D_{1kz}): красноцветные песчаники, алевролиты, гравелиты, конгломераты; 24 – кембрийская система, нижний отдел (E_{1br+us}), бродовская и усинская свиты объединенные: известняки, песчанистые и глинистые известняки, доломитистые известняки, доломиты, силицилиты, марганцевистые породы, редко марганцевые руды; 25 – венд, мартюхинская свита: доломиты, известняки, силицилиты, в соседних районах – марганцевистые породы, редко марганцевые руды; 26 – поздний рифей, биджинская свита: известняки, доломиты, прослои силицилитов, эффузивы, туфы основного и среднего состава, алевролиты; 27 – чарыштагская свита: известняки, доломиты, прослои силицилитов, эффузивы, туфы основного и среднего состава, алевролиты; 28 – раннедевонские субвулканические микромонзониты, монцодиориты; 29 – тигертышский комплекс: граниты, гранодиориты, габбро-диориты; 30 – когтахский комплекс: монцодиориты, диориты; 31 – когтахский комплекс: габбро, габбро-нориты, эссекиты; 32 – тюримский комплекс: зеленокаменноизмененные габбро, габбро-диориты, диоритовые порфириты; 33 – разрывные нарушения: а – достоверные, б – предполагаемые; 34 – участки поисковых работ Минусинской ГРЭ 1997–2006 гг. и рудные пачки (красная линия): 1 – казановских гематитовых и гаусманит-манганит-пиролюзитовых руд, 2 – чапсордагских браунитовых руд, 3 – малосырских охотскит-браунитовых руд; 35 – верхняя подсвита (D_{1bs_3}) (рекомендуется для поисков марганцевых руд); 36 – перспективные площади, рекомендуемые для поисков Mn руд: I – Уйбатская, II – Центральная, III – Бейская

ди: Уйбатская (I), Центральная (II), Бейская (III). Работы необходимо проводить с позиций изложенных ранее поисковых критериев. Прогнозные ресурсы оксидной марганцевой руды по категории P_3 для Уйбатской площади оцениваются в 10 млн т, Центральной – 20 млн т, Бейской – 10 млн т.

Полученные данные открывают перспективы поисков высококачественных марганцевых руд в бортовых частях рифтогенных наложенных впадин в складчатых областях, в том числе крупных промышленных концентраций марганца магматического типа в виде рудных лав и туфов, образовавшихся из металлоносного расплава.

Глава 6. Геологические предпосылки поисков на территории Сибири крупных марганцевых месторождений с богатыми и легкообогатимыми рудами

Как известно, наиболее крупные месторождения высококачественных марганцевых руд относятся к следующим геолого-промышленным типам.

Терригенно-осадочный тип. Представлен крупными и уникальными месторождениями (Никопольское, Большетокмакское, Чиатурское, Грут-Айленд и др.) оксидных, оксидно-карбонатных и карбонатных руд с запасами от 50 млн т до 2 млрд т. Кварцево-песчано-глинистая с глауконитом рудоносная формация.

Вулканогенно-осадочный тип и его метаморфизованные аналоги. Второй по распространенности и запасам промышленный тип. Представлен крупными и уникальными месторождениями (Маматван, Весселс, Моанда, Усинское, Порожинское, Ушкатын III, Западный Каражал и др.) оксидных, карбонатных и силикатно-карбонатных руд с запасами более 100 млн т. Джеспилитовая (доломит-железисто-кремнистая), туфогенно-углеродисто-кремнисто-карбонатная, кремнисто-карбонатная, гондитовая, итабиритовая формации.

Гипергенный тип. Интересен тем, что его крупные месторождения формируются за счет крупных месторождений двух предыдущих типов. Известны крупные, средние и мелкие месторождения. Характерны крупные месторождения вторичных оксидных руд: Нсута, Порожинское и др. Рудоносные формации коры выветривания.

Для территории России и бывшего СССР до последнего времени разрабатывалась научная основа, которая ориентировала геологические организации на поиски крупных марганцевых месторождений преимущественно никопольского и чиатурского типов олигоценного возраста, а также атасуйского в палеозойских вулканогенно-осадочных толщах. Однако за рубежом подавляющая часть запасов богатых марганцевых руд связана с иным типом оруденения, образующим крупные и уникальные месторождения в докембрийских толщах, а также мезозойских отложениях.

Далее приводится характеристика некоторых крупных месторождений марганца перечисленных типов и предпосылки для их поисков на территории Сибири.

Месторождения рудного поля Калахари (ЮАР). Джеспилитовая (доломит-железисто-кремнистая) формация. Месторождения находятся на севере Капской провинции. Они локализируются в раннепротерозойских практически не метаморфизованных отложениях трансваальской системы с абсолютным возрастом от 2357 ± 53 до 2239 ± 90 млн т [87], по другим данным [39], 2,1 млрд лет. Месторождения образуют пояс меридионального направления (длиной 130 км и площадью 1100 км²), прослеживающийся от г. Постмасбург на юге до г. Блэк-Рок на севере.

Трансваальская супергруппа слагает протоплатформенный чехол, перекрывающий древний Капваальский кратон. Ее породы слагают пологозалегающие пространственно разобщенные структуры.

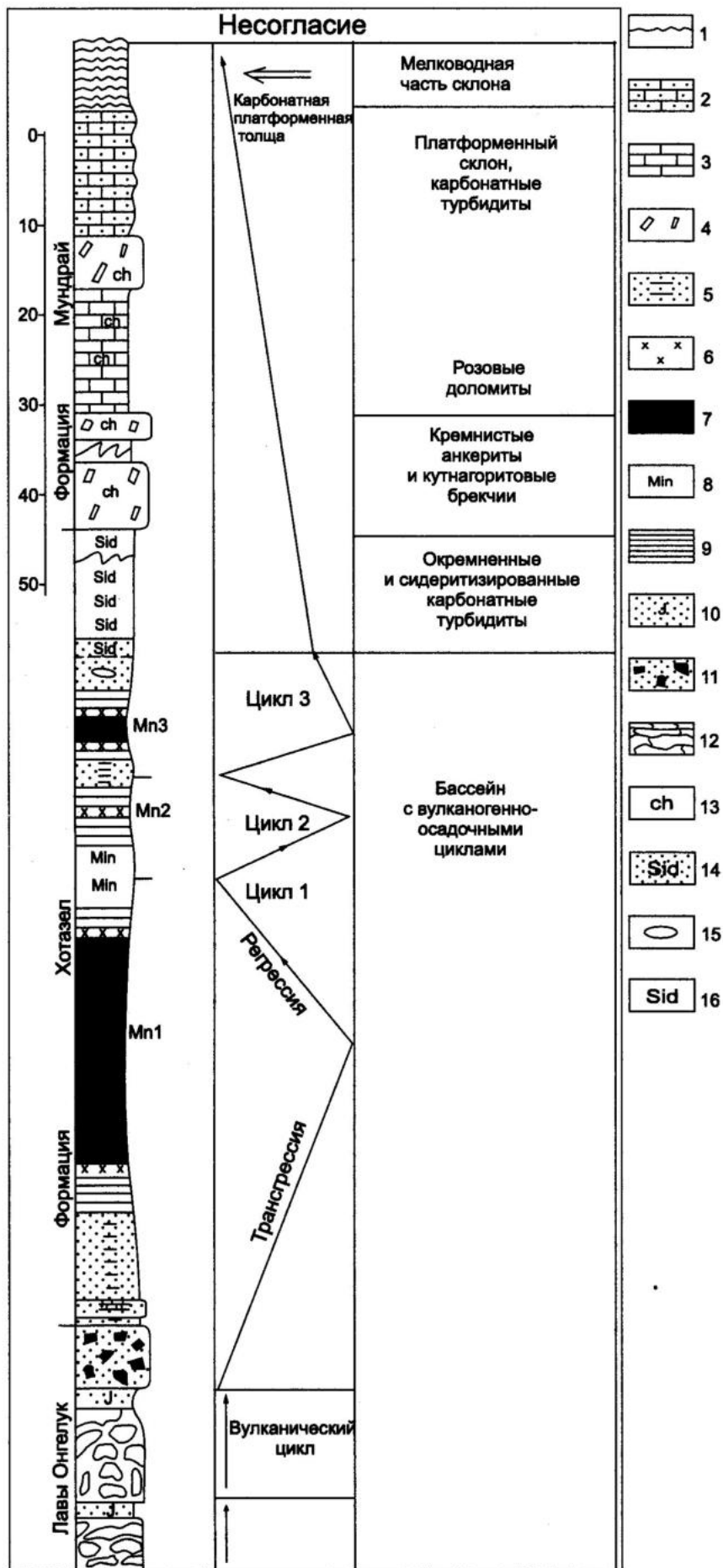


Рис. 51. Стратиграфический профиль подгруппы Воелватер с интерпретацией обстановки отложения марганцевых руд (по [96])

1 – полосчатость, кластическая текстура доломита; 2 – массивные и градиционно-слоистые доломиты; 3 – полосчатые кластические доломиты; 4 – доломитовая брекчия; 5 – гематитовый ритм; 6 – переходная зона браунитовых и гематитовых лютитов; 7 – кутнагоритовые и пизолитовые браунитовые лютиты; 8 – миннесотаитовые породы; 9 – джеспилит; 10 – яшма; 11 – гиалокластит с гематитовым цементом; 12 – пиллоу-лавы; 13 – кремнистость; 14 – сидеритолютит; 15 – моренная глина; 16 – сидеритизация

Рудоносна формация Хотазел, входящая в подгруппу Воельвотэ Трансваальской супергруппы. Формация рассматривается как одна из самых необычных полосчатых железорудных формаций Южной Африки. Породы подгруппы Воельвотэ и связанные с ними месторождения марганца находятся в трех структурно разрозненных бассейнах (с юга на север): Калахари, Авонтур и Лайнстер. Бассейн Калахари далеко превосходит по размерам остальные, и только в нем добываются марганцевые руды.

Подгруппа Воельвотэ состоит из лавовой толщи Онгелук, перекрывающей ее формации Хотазел и доломитовой толщи Мундрай, которые представляют собой смесь вулканогенно-хемогенных осадков. Полосчатая железорудная формация и красные яшмы формации Хотазел с марганцевыми пластами залегают на андезитовых подушечных лавах (пиллоу-лавы) и гиалокластических брекчиях Онгелук (рис. 51).

Тонкополосчатые красные и серые железистые кварциты, по [96], обнаруживают заметное уменьшение содержания кремнезема к верхней части толщи и переходят в тонкозернистые богатые с кутнагоритом гематитовые лютиты. Последние, в свою очередь, переходят в кутнагоритовые богатые марганцем оолитовые браунитовые лютиты. Овоиды (менее 2 мм в диаметре), вероятно, являются раннедиагенетическими образованиями и имеют кутнагоритовый состав, в то время как браунит и вторая фаза кутнагорита образуют тонкозернистый цемент. В свою очередь браунитовый лютит переходит в гематитовый, предшествующий в разрезе полосчатой железорудной формации. Этот цикл повторяется трижды. Каждый цикл состоит из тех же типов пород, которые описаны ранее. Важно отметить постепенность контактов. Нижний цикл (с браунитовыми лютитами) наиболее мощный. Мощность его варьирует от 40 м на руднике Маматван до 5 м на руднике Весселс. По простиранию он прослеживается на 35 км. Это единственная в настоящее время эксплуатирующаяся марганцеворудная зона. Все описанные образования перекрывают серые кремнистые доломиты формации Мундрай. Рудоносные отложения и руды подверглись тектоническим нарушениям и гидротермальному воздействию. По вещественному составу, морфологии и степени метаморфизма все марганцевые руды подразделяются на несколько типов.

Тип Маматван. Это, вероятно, диагенетические до низкой степени метаморфизма руды, названные по имени рудника Маматван, самого крупного в рудном поле Калахари, где добыча ведется открытым способом. Руды темно-коричневого цвета. По всей массе рассеяны белые или светло-коричневые эллипсоидальные овоиды карбонатов. Тонкозернистая основная масса, связывающая овоиды, состоит из браунита и карбонатов со средним размером зерен 20 мкм [96]. Браунит – главный марганцевый минерал в рудах. Кутнагорит (марганцевистый доломит) составляет овоиды и встречается вместе с браунитом в цементирующей массе. Другие минералы (гаусманит, яacobсит и гематит) играют второстепенную роль. Характерно, что кремнезем в рудах связан исключительно с браунитом.

Тип Весселс. Это гидротермально измененные руды. Свое название получили от рудника Весселс, который эксплуатирует подобные руды. Минералогически они отличаются от типа Маматван. Руды данного типа имеют очень грубозернистую структуру, обнаруживая многочисленные признаки перекристаллизации, изменения и замещения (метасоматоза). Для руд характерен черный цвет и массивный облик. В этом типе отсутствует кутнагорит, его место занимает перекристаллизованный вторичный кальцит, распространенный в незначительном количестве. Наиболее типичный для руд Маматван браунит в рудах рассматриваемого типа иногда замещается более поздним браунитом и биксбиитом, а также гаусманитом. Гематит более обилен, чем в рудах Маматван. Особенности минерального состава, структур и текстур руд данного типа указывают на их образование за счет руд типа Маматван. По сравнению с ним содержание марганца и железа в рудах более высокое, CO_2 – низкое, а карбонаты почти полностью отсутствуют. Последнее связано главным образом с андрадитом. Химический состав руд (%) типов Весселс и Маматван соответственно следующий: Mn_2O_3 – 67,5–69,0 и 53,2–54,6; Fe_2O_3 – 15,7–20,0 и 5,7–8,6; SiO_2 – 6–9 и 4–6; Al_2O_3 – 1,0 и 1,0; CaO – 5,0 и 14,0; MgO – 1,0 и 4,0; Na_2O_3 – 0,4 и 0,4; K_2O – 0,02 и 0,00 (не обнаружено); S – 0,15 и 0,10; P – 0,05 и 0,05; CO_2 – 2,0 и 16,0; H_2O – 2,3 и 3,5 [96].

Супербогатые руды Хотазел. Как следует из названия, распространены главным образом на руднике Хотазел. Руды черные массивные, содержат более 60 % марганца, почти нацело состоят из гаусманита (прочие минералы (андрадит, гематит и хлорит) содержатся в незначительном количестве). Овоиды замещены также гаусманитом. Минеральные индивиды крупнозернистые, несут все признаки перекристаллизации и вторичного обогащения.

Минералогия руд. Марганцевые месторождения бассейна Калахари отличаются разнообразием рудных минералов. Всего описаны 34 минерала [102], среди которых выделены следующие группы: 1) карбонаты (сидерит, родохрозит, кутнагорит и кальцит) – они выпадали в осадок первыми; 2) группа браунита (браунит 1 и 2, биксбиит, якобсит, гаусманит 1, 2, 3, манганит, сугилит, барит, железистые силикаты, гранаты); 3) группа псиломелана (криптомелан, псиломелан, тодорокит, пиролюзит). Кроме того, отмечаются самородная медь, халькопирит, халькозин, галенит, марказит, пирит, сфалерит, бернессит, брусит, халькофанит, диаспор, гетит, гематит, голландит, лепидокрокит, литиофорит, магнетит, нсутит, опал, кварц, рамсделлит, рансьеит, тридимит, бораты и др.

Из приведенного описания совершенно очевидно, что в бассейне Калахари присутствуют две четко выраженные группы марганцевых руд: 1) диагенетическая (маматванский тип), низкой степени метаморфизма с температурами образования 210–120 °С; 2) гидротермально-измененная (весселский тип) с температурами преобразования 530–370 °С [96].

На основании изложенного можно предположить что формирование марганцевых месторождений Калахари происходило в следующей последовательности: 1) образование первичных осадков, которые состояли из карбонатных оолитов, сцементированных гидроокислами марганца и железа в сочетании с водными силикатами магния и железа; 2) процесс диагенеза, способствовавший дегидратации гелей и кристаллизации минералов марганца и железа; 3) перераспределение рудного вещества гипогенными растворами по зонам разрывных нарушений – метаморфизм и гидротермальный метасоматоз, вынос кремнезема в период тектонических подвижек; 4) обогащение рудных залежей в процессе гипергенных преобразований [96].

Наличие в гиалокластических туфах и пиллоу-лавах прослоев яшм и джеспилитов, а в рудовмещающей толще измененных пепловых туфов указывает на связь процессов рудообразования и вулканизма. Геодинамические условия формирования марганцевых руд Калахари можно охарактеризовать как обстановку растяжения на западной окраине Каапваальского кратона [87]. Таким образом, формирование крупнейшего марганцеворудного бассейна на юге Африки можно связывать с процессом деструкции консолидированной земной коры в результате ее растяжения. По ряду признаков месторождения Калахари можно отнести к железомарганцево-кремнистой формации вулканогенно-осадочного метаморфизованного типа.

Подтвержденные запасы марганцевых руд на разрабатываемых месторождениях рудного поля Калахари следующие: Маматван – 433 млн т, Весселс – 208 млн т, Блэк-Рок – 132 млн т, Миддельплатс – 40 млн т; прогнозные ресурсы указанного рудного поля по оценкам разных авторов определяются в 8–13,5 млрд т [39]. Богатые руды (более 50 % марганца) подсечены скважинами на глубинах 1000–1400 м [98].

Месторождение Моанда (Габон). Вулканогенно-терригенно-карбонатная и латеритная формации. Месторождение марганца в районе Моанда (плато Бангомбе и Окума) были открыты в 1951 г. Разработка марганцевых руд началась на плато Бангомбе в 1962 г. Оруденение марганца приурочено к отложениям серии Франсвиль, развитой на востоке Габона. Эта серия сложена неметаморфизованными породами, залегающими несогласно на метаморфических образованиях массива Шапю [39, 97]. Их радиологический возраст 1740 ± 20 млн лет.

Отложения франсвильской серии образуют несколько эпиконтинентальных бассейнов осадконакопления. В одном из них, названном франсвильским, находится крупнейшее месторождение марганца – Моанда. Марганецсодержащие отложения Франсвильского бассейна на плато Бангомба занимают 19 км², на плато Окума – 13 км². Их схематический разрез (снизу вверх) представлен следующим образом (по [39]).

1. Подстилающая толща, сложенная субгоризонтальными слабополосчатыми ампелитами с редкими пропластками тонкозернистых песчаников и доломитов части формации базальных песчаников FB.

2. Базальный слой. В основании тонкий прослой пиролюзита (2–5 см).

3. Сланцевый горизонт (наиболее продуктивный). Пластинчатые (размером в доли сантиметра и более) и массивные обломки рудного материала, заключенные в охристой массе. В разрезе горизонта на различных уровнях встречаются тонкие дислоцированные прослои песчаников с марганцево-железистым цементом. Главные рудные минералы-гидроокислы марганца – полианит, литиофорит, нсутит и криптомелан. В основной массе отмечены гидроокислы железа и алюминия. Мощность 3–6 м.

4. Переходный горизонт, более или менее уплотненный. Содержит пластинчатые рудные образования, агрегаты пизолитов, сцементированные кавернозным криптомеланом и грубозернистым кавернозным полевошпатовым песчаником. Мощность 0,5–1 м.

5. Аргиллито-песчаный горизонт без марганцевой минерализации. Мощность 10–40 м.

Рудные отложения Моанды рассматриваются как осадочные, позднее обогащенные процессами латеритизации. Выделяются первичные руды с сохранившейся слоистой структурой. Главные компоненты руд – аморфные гидроокислы марганца, а в базальных слоях манганит и родохрозит. Криptomелан, литиофорит, нсутит и каолинит образовались при латеритном выветривании. Источник оруденения – марганцевые карбонатные сланцы (с Mn 10–30 %), которые залегают под рудной толщей. Рудный горизонт сформировался в результате выветривания верхней части карбонатных сланцев, являющихся, по сути, карбонатными марганцевыми рудами.

Гипергенные окисные руды на месторождении Моанда состоят из манганита, пиролюзита, криптомелана, нсутита и литиофорита. Установлено, что основная фаза гипергенного обогащения марганцевых руд на месторождении имела место в эоцене. Обогащение протекало ниже уровня подземных вод, который был подвержен колебаниям.

На месторождении Моанда добывается свыше 2 млн т сырой руды (из них более 70 тыс. т очень чистых пиролюзитовых руд (MnO₂ около 83 %), пригодных для изготовления сухих элементов [39, 70]), которая содержит 44 % марганца, 4,4 % железа, 7 % кремнезема, 3,2 % глинозема и 0,17 % фосфора. В процессе обогащения концентрация марганца в рудах повышается до 50,5–51 %. Общие подтвержденные запасы руд на месторождении составляют 400 млн т.

Источником марганца для первичных руд считается спилитовый вулканизм. Подъем спилитовой магмы через толщу консолидированных осадков привел к формированию больших количеств гидротермальных флюидов. Последние выносили из осадочных отложений наиболее подвижные элементы и обогащали морские воды тяжелыми металлами. В конкретном случае осадками с повышенным содержанием марганца являлась толща гиалокластитов. В результате инъекции их спилитовой магмой происходила трансвапоризация рудных компонентов, в частности марганца, обогащение ими морских вод и перераспределение в соответствии с окислительно-восстановительным потенциалом водной среды.

Месторождение Нсута (гондитовая и гипергенная формации). Находится на территории Ганы на западе Африканского континента. Здесь широко распространены раннепротерозойская вулканогенно-осадочная группа месторождений, впоследствии метаморфизованная в условиях зеленосланцевой фации и претерпевшая стадию гипергенных преобразований. Рудоносная формация представляет собой прослой гондитов в филлитовых сланцах, составляющих незначительную часть разреза мощных метаморфизованных вулканогенно-терригенных образований, объединенных в серию Биррим. Последние выполняют трогообразные прогибы, разделенные приподнятыми блоками архейского фундамента и зонами гранитизации. Возраст палингенно-метасоматических гранитов и гранитогнейсов по рубидий-стронциевому методу определяется в среднем в 2 млрд лет.

Практически повсеместно в бирримских отложениях первичная минерализация марганца связана с гондитами, которые, как правило, сопровождаются марганецсодержащими туфами и филлитами. Промышленные концентрации руд образуются в результате наложения на первичное оруденение процессов гипергенной деятельности с формированием по ним марганценосных «шляп».

На месторождении Нсута рудный горизонт прослеживается более чем на 18 км. Вмещающие породы – филлиты, лавы и туфы, прорванные порфирами. Рудные тела пластовой и линзообразной формы выклиниваются на глубине 70–100 м. Мощность залежей достигает 35 м. Промышленный интерес представляет марганцевая «шляпа», разрез которой выглядит следующим образом (снизу вверх): филлиты и гондиты, содержащие марганец; мягкая пиролюзитовая руда с прожилками кварца и каолинита; ячеистая твердая марганцевая руда (Mn 50–55 %) мощностью 3–6 м; красная глинистая почва с конкрециями оксидной марганцевой руды (Mn до 40 %) средней мощностью 7 м. Основные рудные минералы – пиролюзит и псиломелан [39, 70].

На месторождении Нсута большинство гипергенных окисленных руд марганца образовалось за счет материнского слоя первичных родохрозитовых руд. Последние в типичном случае состоят на 76 % из родохрозита: 47,1 % MnO, 2,4 % MnO₂, 14,2 % SiO₂, 0,8 % Fe₂O₃. Далее происходили следующие гипергенные превращения: родохрозит марганца – манганит – пиролюзит – нсутит – криптомелан, пи-

ролюзит-криптомелан и нсутит-рамсделлит, родохрозит-манганит, гранат-литофорит и криптомелан с нсутитом. Характерно наличие двух генераций манганита.

Таким образом, при гипергенном изменении первичных марганецсодержащих карбонатных руд на месторождении Нсута минералы окисленных руд образовались в такой последовательности: 1) карбонат марганца – манганит – пиролюзит (в конечном счете пиролюзит переходит в криптомелан и нсутит или рамсделлит), 2) карбонат марганца – бернессит (пиролюзит, замещаемый криптомеланом с рамсделлитом).

Общие запасы марганцевых руд достигают 37 млн т, подтвержденные – 30 млн т. Руда содержит 30,7 % марганца, 0,7 % железа, 8,4 % кремнезема, 5 % оксида магния, 1,7 % глинозема, 0,17 % калия. Ежегодно добывается 200–360 тыс. т руды (более 75 % ее экспортируется в страны Западной Европы и Японию).

Месторождение Грут-Айленд (Австралия). Кварцево-песчано-глинистая с глауконитом рудоносная формация. Месторождение представляет собой почти горизонтально залегающий пласт, сложенный криптомеланом и пиролюзитом в песчано-глинистом матриксе, сформированном во время эпейрогенической трансгрессии мелового моря. Дальнейшая его характеристика дается по [44, 100, 101].

Стратиграфия. В основании разреза лежит архейский – раннепротерозойский комплекс изверженных и метаморфических пород Арнемленд. Эти породы несогласно перекрыты среднепротерозойскими образованиями Грут-Айленд, которые являются частью средне-позднепротерозойского разреза бассейна Мак-Артур. Залегающие горизонтально слои Грут-Айленд представлены массивными, разбитыми на блоки, сильно трещиноватыми косослоистыми кварцевыми песчаниками мощностью 600 м, содержащими в основании большое количество гальки, а также зерен полевого шпата.

Слои Грут-Айленд несогласно перекрываются раннемеловыми слоями Маллмен, представленными глинами, кварцевыми песками, гравием с кварцевой галькой, марганцево-железистыми мергелями и горизонтом с окислами марганца. Слои Маллмен залегают до отметок не выше 60 м, их максимальная мощность более 100 м. Рудный слой по своему стратиграфическому положению, как правило, относится к средней части разреза слоев Маллмен. Латеритизация, которая, по-видимому, имела место в третичное время, привела к изменению большей части поверхностных отложений и образованию латеритовых конгломератов. Эти осадки представлены лимонитовыми песчанистыми глинами, которые во многих случаях (особенно там, где они контактируют с рудным телом) содержат марганцевые гальки и пизолиты.

Структура. О. Грут-Айленд оставался устойчивой платформой начиная с раннего протерозоя и почти не был затронут процессами погружения и структурной деформации, проявившимися в расположенном к западу в бассейне Мак-Артур. Полуконсолидированные слои Маллмена обнаруживают региональные падения на запад.

Рудное тело. Мощность рудоносного пласта колеблется от 0,5 до 15 м (в среднем около 3–4 м). Максимальной мощности рудное тело достигает вблизи выступов песчаников. На некоторых участках оно имеет волнистую поверхность с неправильными впадинами диаметром примерно 5 м и глубиной до 1 м.

Рудное тело состоит в основном из валунов, булыжников и галек, сложенных минералами окислов марганца, которые погружены в матрикс, состоящий из песчанистой глины или просто глины. На долю матрикса может приходиться от 10 до 50 % общего объема породы. Следы какой-либо тектонической деформации полностью отсутствуют, но местами руда обнаруживает признаки выветривания, ремобилизации и переотложения. Верхние 0,5 м рудного тела обычно частично или полностью латеритизированы. Рудные агрегаты почти целиком покрыты коркой лимонитовой песчаной глины. Латеритовый материал может быть удален в процессе обогащения. Там, где руда залегают непосредственно на песках или песчаниках, нижняя зона (мощностью примерно 0,5 м от подошвы) содержит более 20 % (по объему) кварцевых зерен.

Руды делятся на семь основных типов в соответствии с их физическими характеристиками, отношением руда/пустая порода, степенью латеритизации, цементации и минеральным составом.

Рыхлые пиролюзитовые руды. Разобщенные пизолиты и оолиты (диаметр от <1 мм до ≈13 мм) заключены в матриксе, состоящем из глины и (или) тонкой пиролюзитовой пыли. Как правило, они слагаются концентрическими слоями криптомелана и пиролюзита, хотя оолиты и небольшие пи-

золиты могут целиком состоять из пиролюзита, а более крупные пизолиты – из криптомелана. Обычны трещины синерезиса. Некоторые пизолиты обнаруживают признаки пластической деформации.

Цементированные пизолитовые руды представлены гальками, булыжниками и валунами, образовавшимися за счет пизолитов, слабо или крепко цементированных латеритизированной песчаной глиной или окислами марганца. Цементация окислами марганца может быть настолько интенсивной, что сохраняется только остаточная пизолитовая структура.

Конкреционные руды. По форме валуны, булыжники и гальки представляют собой агрегаты глобулярных масс. Они могут иметь колломорфную структуру с пустотами, или вся конкреция может состоять из твердой бесструктурной массы либо руды со слабо выраженной пизолитовой текстурой. Конкреции обычно покрыты лимонитовой песчаной глиной и заключены в матриксе (около 30 % объема породы), который представлен песчаной глиной.

Бесструктурные руды. Представлены массивными слоями, состоящими из валунов и булыжников. По-видимому, некоторые из них образовались в результате растрескивания при диагенезе единого однородного слоя. Иногда руды обнаруживают реликтовую пизолитовую текстуру.

Песчанистые и кремнистые руды. Представлены булыжниками, гальками и валунами бесструктурной, цементированной пизолитовой или конкреционной руды, содержат более 20 % (по объему) кремнезема. Зерна кварца, как правило, встречаются редко, видны невооруженным глазом и цементированы тонкозернистыми окислами марганца. Реже кварцевые зерна образуют полосы и скопления в отдельных участках руды.

Железистые руды. Окислы марганца содержат более 10 % (по объему) окислов железа, классифицируются как железистые марганцевые руды. Последние иногда слагают небольшие полосы или линзы, но чаще представлены охристыми лимонитовыми пизолитами, цементированными окислами марганца. Железистая руда встречается в основном в подошве рудного тела.

Вкрапленные руды. Представлены переслаиванием тонких полос галек и булыжников бесструктурных или пизолитовых руд с песчанистой глиной. Кроме того, руда может быть представлена марганцевыми гальками или булыжниками, рассеянными в матриксе (более 30 % объема породы). Вкрапленные руды обычно сильно латеритизированы, особенно в тех случаях, когда они залегают выше главного рудного тела. Химические анализы различных типов марганцевых руд месторождения приведены в табл. 19.

Главные рудные минералы месторождения Грут-Айленд – криптомелан и пиролюзит. Нсутит отмечен в качестве второстепенной составляющей части кремнистых руд в подошве рудного тела, литиофорит встречается в выветрелых обнажениях латеритового профиля в кровле рудного тела, а также в марганцевых гальках и почве.

Генезис месторождения. Морское осадочное происхождение марганцевого месторождения Грут-Айленд подтверждается присутствием морских фораменифер в отложениях, залегающих как ниже, так и выше рудного тела, а также в самой руде. Существуют доказательства крупной раннеме-

Таблица 19

Химические анализы различных типов марганцевых руд

Руды	Размер, мм	Mn	Fe	SiO ₂	Al ₂ O ₃	P	S	K ₂ O	CaO	BaO	Na ₂ O
Природные пеллеты	-30...+4	52,5	2,0	2,9	2,9	0,090	0,007	1,00	0,10	3,00	0,10
Металлургические куски	-75...+6	48,8	3,3	5,8	3,5	0,090	0,008	2,50	0,10	0,50	0,20
Кремнистые куски	-75...+6	43,0	4,5	13,0	3,6	0,070	0,007	2,700	0,10	0,35	0,17
Высокосортные промежуточные руды	-12...+3	43,0	6,5	8,5	6,0	0,075	0,007	2,00	0,07	0,072	0,015
Низкосортные промежуточные руды	-12...+3	39,0	6,9	12,0	7,0	0,075	0,008	2,00	0,07	0,60	0,016
Товарный концентрат	-6...+1	53,0	2,0	3,0	3,0	0,090	0,007	0,80	0,08	2,30	0,08
Низкосортный концентрат	-3...+1	37,0	1,5	12,5	5,8	0,080	0,007	1,45	0,08	0,35	0,13

ловой трансгрессии моря в северной Австралии, в ходе которой на п-ове Арнемленд были отложены осадки на высоте до 150 м выше современного уровня моря. Имеются данные, указывающие, что на стадии нижнемеловой морской трансгрессии на западном побережье о. Грут-Айленд существовали идеальные условия для отложения марганца. Песчаниковые гребни, образующие в настоящее время выступы, а также приливно-отливные бары и косы отчленили от главной части залива ряд защищенных бассейнов, в которых могли происходить аккумуляция и осаждение марганца.

Поскольку на о. Грут-Айленд отсутствуют домеловые марганецсодержащие породы, предполагаемый источник марганца должен был располагаться на востоке п-ова Арнемленд. В качестве возможных источников марганца можно отметить: 1) архейские – раннепротерозойские основные изверженные породы и позднепротерозойские долериты; 2) маломощные марганецсодержащие слои в раннепротерозойской группе Мак-Артур (доломиты, алевролиты, песчаники и кремнистые сланцы); 3) метаморфиты Гриндолл, которые обнажаются на островах, расположенных к северо-западу от о. Грут-Айленд.

Наиболее ранними марганецсодержащими породами на о. Грут-Айленд (относятся к слоям Малмен) являются мергели, содержащие до 20 % родохрозита и 1 % пирита. Как показали результаты бурения, в южной части месторождения они залегают стратиграфически ниже окисленных марганцевых руд. С поднятием уровня моря условия изменились на окислительные и началось отложение окиси марганца вместе с глиной, поступающей, возможно, с материка, а на отдельных участках вместе с песком. На начальной стадии происходило также накопление железа, количество которого, однако, вскоре уменьшилось. Отложение марганца, по-видимому, прекратилось в связи с дальнейшим поднятием уровня моря, которое могло затопить породы, являющиеся источником марганца и прекращением существования замкнутых бассейнов осадконакопления.

Как известно, Австралия – один из главных экспортеров марганцевой руды среди развитых капиталистических стран (700–900 тыс. т ежегодно). Общие запасы марганцевой руды здесь составляют 436 млн т, разведанные – 326 млн т, из них 308 млн т (при среднем содержании марганца 46 %) сосредоточено на месторождении Грут-Айленд. Разработка рудных залежей ведется карьерами и, как правило, без взрывных работ. После обогащения получается продукция, представленная крупнокусковым концентратом с Mn 48–53 %. Кроме руд металлургического марганца, в последнее время выявлены марганцевые пероксидные, пригодные для производства сухих батарей.

Месторождения итабиритовой формации Бразилии. По запасам и добыче марганцевой руды Бразилия входит в число ведущих стран мира. Общие запасы марганцевой руды здесь оцениваются в 300 млн т, разведанные – 155 млн т, ежегодное производство товарной руды составляет 2 млн т при содержании марганца 40–53 % [39]. Почти все месторождения приурочены к древним (докембрийским) значительно метаморфизованным углеродисто-доломито-кремнистым породам (итабиритовая доломито-железисто-марганцевисто-кремнистая формация) древнего кристаллического щита, породы которого слагают не менее половины всей территории Бразилии. В итабиритах (со значительной ролью доломитовых пород) встречается от одного до пяти горизонтов марганцевых руд (Mn от 10 до 40 %), а также отдельные самостоятельные марганцевые месторождения. Наиболее благоприятна для образования таких месторождений переходная зона от карбонатных пород к железисто-кремнистым. Часто марганцевые руды приурочены к кремнисто-карбонатным брекчиям.

Формации итабиритового типа нижнепротерозойского возраста известны во многих районах кристаллического щита Бразилии, но наиболее развиты месторождения указанной формации в штатах Минас-Жераис и Амана, частично Байя. Практически все месторождения марганцевых руд Бразилии являются продуктами гипергенного обогащения метаморфизованных марганецсодержащих карбонатных и силикатно-карбонатных материнских пород [70].

Марганцевое месторождение Серра-ду-Навиу – единственное крупное месторождение среди большого количества малых и средних по запасам объектов. Находится на территории штата Амапа в Северной Бразилии. Характеристика месторождения приводится по данным В. Скарпелли [73].

Месторождение размещается в пределах докембрийского Гвианского кристаллического щита, который сложен гнейсами, амфиболитами, сланцами и кварцитами. Рудные тела – продукт вторичного обогащения первичных марганцевых пород группы Серра-ду-Навиу. В рудовмещающей толще преобладают лейкократовые гнейсы, сложенные кварцем, микроклином, олигоклазом, биотитом, иногда темноокрашенной роговой обманкой и амфиболитами. Осадочные метаморфизо-

Таблица 20

Результаты химического анализа образцов первичной породы, %

Компонент	A	B	C	D	E	F	G
Mn	36,6	31,8	24,1	33,7	35,7	27,7	3,6
Fe	1,3	0,4	3,6	3,7	3,7	2,8	4,8
SiO ₂	6,6	3,5	34,7	17,1	15,3	32,6	49,7
Al ₂ O ₃	2,9	2,6	8,9	2,4	1,9	3,6	12,7
CO ₂	33,4	32,4	8,6	26,3	27,5	19,3	1,2
C	Нет	Нет	4,3	9,3	7,9	8,2	3,4
CaO	4,9	8,1	1,7	0,7	0,6	0,8	3,5
MgO	2,9	3,7	1,7	0,3	0,4	0,2	3,1
Na ₂ O	Нет	0,3	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
K ₂ O	Нет	0,1	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
S	Нет	1,0	0,6	0,3	0,01	0,1	1,0
As	Нет	Нет	0,1	0,1	0,2	0,2	0,1
P	Нет	Нет	0,03	0,04	0,04	0,03	0,08
П.п.п.	Нет	Нет	10,2	25,5	26,7	19,7	9,0

Примечание. Первичная порода: A, B, D, E – карбонатная, G – гранатсодержащая; C, F – переход от гранатсодержащей к первичной карбонатной породе.

Первичная порода группы Серра-ду-Навиу представлены кварцитами, сланцами и карбонатсодержащими породами, ритмически переслаивающимися. Первичные марганцевистые породы залегают в виде линз в верхней части графитовой фации. Наблюдаются два типа первичной марганцевой породы – карбонатный и силикатный.

Первичная карбонатная порода содержит в среднем 31 % марганца и состоит главным образом из родохрозита, сопровождаемого спессартином, иногда с жилами и полосами тефроита и родонита. В качестве аксессуарных минералов встречаются сульфиды (сфалерит, никколит, герсдорфит), графит и ортоклаз. Текстура мозаичная. Зерна спессартина, погруженные в родохрозитовую массу, имеют в поперечнике 0,5–1 мм.

Первичная силикатная порода содержит 5–25 % марганца и в основном сложена зернами марганецсодержащих гранатов диаметром до 3 мм. Графит является второстепенным компонентом, представлен в виде включений в гранатах или же заполняет промежутки между ними. Кварц встречается в виде небольших прожилков или заполняет промежутки между зернами гранатов. Местами гранаты замещаются очень тонкозернистым, возможно, марганецсодержащим амфиболом. Химический состав первичных марганцевых пород приводится в табл. 20.

Первичная карбонатная порода залегают в виде линз различной протяженности и мощности. Длина наибольшей из известных линз района Серра-ду-Навиу почти 1 км, мощность 20–30 м. Средняя мощность линз – 10–20 м при протяженности 200–400 м. Первичная гранатсодержащая порода залегают обычно на контакте между карбонатной породой и вмещающими сланцами, образуя местами слои мощностью более 2 м.

Модель осадко- и рудообразования представляется в следующем виде. Седиментация происходила, вероятно, в мелководных морских условиях, куда сносился кластический материал со смежной суши. Сформировавшиеся осадочные накопления марганца усложнялись в дальнейшем неоднократным проявлением метаморфизма, а затем гипергенеза. В результате последнего марганецсодержащие карбонатные и карбонатно-силикатные материнские породы подверглись окислению. Продолжительное гипергенное обогащенное в коре выветривания вплоть до уровня грунтовых вод привело к образованию богатых криптомелан-пирролюзитовых руд с Mn 40–50 %. Мощность зоны окисления от 70 до 100 м [70]. В 28 отдельных залежах месторождения Серра-ду-Навиу заключено более 50 млн т 40 %-ной марганцевой руды [39].

Поисковые критерии крупных марганцевых месторождений

На основе обобщения геологических условий нахождения крупных зарубежных марганцевых месторождений наметились следующие поисковые критерии.

1. *Тектонические.* Подавляющее число месторождений расположено в окраинных зонах стабильных массивов. Крупные месторождения формировались во внутриконтинентальных мелководных бассейнах. Определяющим при этом было благоприятное сочетание тектоники и эволюции атмосферы и гидросферы в связи со стабилизацией кратонов, повышением концентраций кислорода в атмосфере и гидросфере, проявившиеся наиболее ярко в протерозое.

2. *Стратиграфические и геохронологические.* Перспективными эпохами образования крупных марганцевых месторождений считаются раннепротерозойская, рифейская, венд-кембрийская, девон-

раннекарбоновая, меловая, олигоценая, совпадающими, по мнению некоторых ученых, с начальными этапами деструкции земной коры. По крупности месторождений выделяются семь стран, в которых подтвержденные запасы марганцевой руды превышают 150 млн т: Украина (42,2 %), ЮАР (19,9 %), Казахстан (7,3 %), Габон (4,7 %), Грузия (3,7 %), Австралия (3,5 %), Китай (2,8 %). В их недрах сосредоточено 87,6 % подтвержденных запасов мира, составляющих 4,675 млрд т [46]. При этом на раннеолигоценую эпоху приходится 45,9 % запасов, раннепротерозойскую – 24,6 %, позднедевонско-раннекарбоновую – 7,3 %, раннемеловую – 3,5 %, позднепротерозойскую – 2,8 %.

3. *Литологические и фациальные.* Более 97 % разведанных запасов марганцевых руд приходится на морские хемогенные осадочные или вулканогенно-осадочные месторождения, которые формировались в мелководных бассейнах, иногда в периоды морских трансгрессий. Для крупных марганцевых месторождений мел-олигоценного времени отмечаются застойные условия морских бассейнов, в которых накапливался марганец. На мелководную (менее 50 м) обстановку рудонакопления указывает широкое развитие от протерозоя до третичного времени пизолитовых и оолитовых текстур в марганцевых рудах.

4. *Геохимические.* Чрезвычайно характерна и важна взаимосвязь концентрированного совместного осадочного накопления марганца и железа в докембрийских и более молодых морских бассейнах. Во многих случаях установлено циклическое строение полосчатых железорудных и марганцевых отложений в разрезах рудоносных толщ, рудных залежах и телах.

5. *Генетические.* Для многих крупных и гигантских марганцевых месторождений характерно сочетание первично-осадочных, гидротермально-метасоматических и гипергенных рудных образований, т. е. месторождения являются полигенными.

6. *Магматические и метаморфические.* Примерно для половины известных в мире марганцевых месторождений установлена связь с базальтоидным магматизмом как возможным источником марганца. На ряде месторождений отмечается коренное изменение состава и масштаба марганцевого оруденения в контактовых зонах интрузивных массивов, зонах разломов и трещиноватости.

7. *Минералогические.* Один из важных поисковых признаков крупных меловых и олигоценых марганцевых месторождений – присутствие во вмещающих руды песчано-глинистых породах глауконита как важнейшего фактора связывания железа в минеральную форму в участках, прилегающих к местам отложения окислов марганца в осадок.

8. *Формационные.* Крупные марганцевые месторождения ассоциируют с железорудными (джеспилитовыми), карбонатными, кремнистыми, терригенными и углеродистыми рудоносными формациями, а также с их метаморфизованными аналогами – гондитовыми и итабиритовыми формациями. Обычно в каждой из подобных формаций присутствует различное количество вулканогенного материала.

Геологические предпосылки поисков в Сибири крупных марганцевых месторождений с высококачественными рудами

При анализе перспективы обнаружения крупных марганцевых месторождений прежде всего обращает на себя внимание слабая изученность территории Сибири на марганцевые руды вообще. Как следует из карты, приведенной на рис. 1, месторождения и проявления марганца установлены в складчатых областях, обрамляющих Сибирскую платформу, где были сосредоточены основные объемы геолого-разведочных работ. Сибирская платформа (за исключением Енисейского кряжа и единичных проявлений марганца на самой платформе (см. табл. 21, рис. 52)) и Западно-Сибирская плита оказались неизученными, а потому и «пустыми» в отношении марганцевых руд.

С учетом сформулированных поисковых критериев для крупных зарубежных и российских марганцевых месторождений рассмотрим геологические предпосылки для поисков их аналогов в Сибири (см. рис. 52). Здесь перспективны две группы районов. Во-первых, районы распространения докембрийских марганценозных и потенциально марганценозных толщ, поля развития джеспилитовых, гондитовых, итабиритовых и карбонатных рудоносных формаций в пределах окраинных зон устойчивых массивов, зон рифтогенеза, троговых прогибов. Это Алданский и Анабарский щиты, Енисейский кряж, Алтае-Саянская и Байкальская горные области. Во-вторых, площади распространения юрско-меловых, мел-палеогеновых толщ (районы Сибирской платформы и Западно-Сибирской плиты, возможно, некоторые впадины и прогибы Алтае-Саянской и Байкальской горных областей).

Перспективные марганценозные площади и металлогенические провинции Сибири

Номер площади	Перспективная площадь	Тип руды	Прогнозные ресурсы, млн т		
			P ₁	P ₂	P ₃
1	Ботомская	Окисленный	3	5	>50
2	Майская	"	—	—	20
3	Чаро-Токкинская	"	—	—	50
4	Порожинская	Карбонатный, окисленный	147,7	63,2	—
5	Таежная	Окисленный	—	—	20
6	Южная	"	—	—	10
7	Олдакитская	Карбонатный, окисленный	—	84	10
8	Мазульская	Окисленный, карбонатный	2,5	5	5
9	Кайгадатско-Усинская	"	60	200	10
10	Сонская	Окисленный	—	3,8	12
11	Дурновская	"	0,8	18	—
12	Северо-Салаирская	"	—	1	10
13	Тогул-Сунгайская	"	2	60	120
14	Курейная	"	—	12	20
15	Сейбинская	"	10	20	—
16	Агульская	Окисленный, карбонатный, силикатный	—	95	20
17	Уватская	Окисленный	—	9	19
18	Большеерминская	"	2,8	6	10
19	Аскизская	Окисный	1,7	10	40
20	Предгорная	Окисленный	—	5	10
21	Сугульская	"	1	3	20
22	Селезеньская	"	1	15	—
23	Утхумская	Карбонатный, силикатный	—	40	20
24	Икатская	"	8,7	5	5
25	Талойская	Окисный, карбонатный	0,1	1	—
26	Озернинская	Окисленный, карбонатный, мanganомангнетитовый	— 100 200	23 100 100	— — —
27	Коргонская	Окисный, окисленный	—	5	15
28	Коксинско-Холзунская	"	20	30	20
29	Малошибетинская	Окисленный	—	15	15
30	Мугурская	Окисленный, карбонатный	—	—	50
31	Громовская	Окисленный	0,5	—	1
<i>Металлогенические провинции</i>					
I	Западно-Сибирская	Окисленный	—	—	100
II	Анабарская	Силикатный, карбонатный, окисленный	—	—	50
III	Лено-Вилуйская	Окисленный	—	—	>100
IV	Алданская	Силикатный, окисленный	—	—	>100

Терригенно-осадочный геолого-промышленный тип

В Сибири имеются геологические предпосылки для поисков крупных месторождений в юрско-раннемеловых (тип Грут-Айленд) и мел-палеогеновых (никопольский тип) отложениях (см. рис. 52).

1. Наличие раннемеловых и мел-палеогеновых кварц-песчано-глинистых с глауконитом формаций, сформировавшихся во внутриконтинентальных мелководных бассейнах. Иногда формирование этих формаций соответствует периодам морских трансгрессий.

2. Взаимосвязь осадочного накопления марганца и железа.

3. Прямые признаки марганцевого оруденения на Сибирской платформе (Ботомский район) [79].

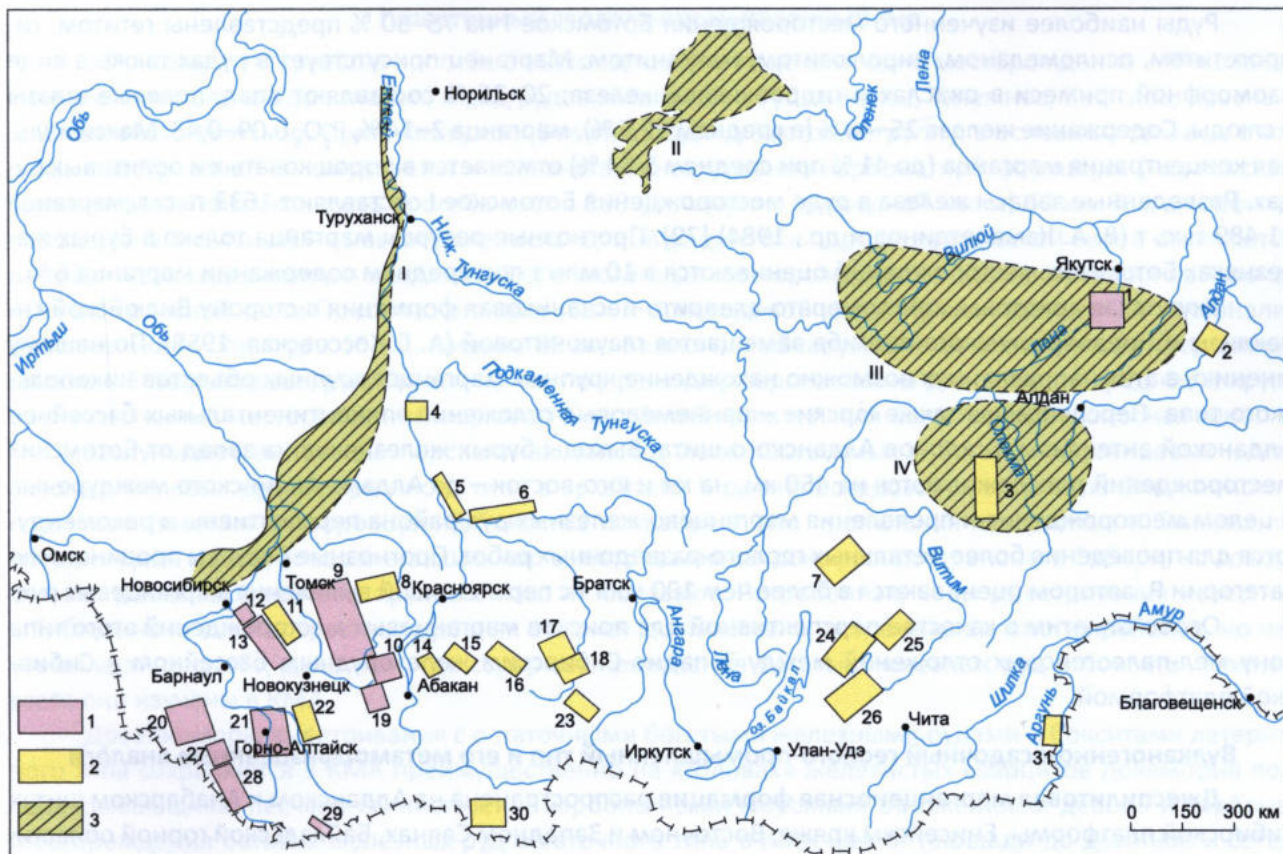


Рис. 52. Перспективные марганценозные площади и металлогенические провинции Сибири

Площади для работ: 1 – первоочередных поисковых и поисково-оценочных; 2 – поисковых и ревизионно-поисковых; 3 – региональных поисковых и тематических специализированных на марганец (названия площадей прогнозные ресурсы см. в табл. 21)

Марганцевая минерализация широко распространена в восточной части Сибирской платформы. В Якутии выделены крупные металлогенические провинции, в которых обнаружены проявления железомарганцевых и марганцевых руд, марганцевистых пород: 1) Анабарская: кремнисто-карбонатные породы среди позднепротерозойских отложений с Mn до 15,27 %; родонит-спессартиновые скарны с MnO 14,6 %; 2) Лено-Вилюйская: крупные площади (до 3000 км²) с марганцево-бурожелезняковыми рудами, образовавшимися в эпохи формирования кор выветривания. Наиболее изучена Ботомская марганценозная площадь Лено-Вилюйской провинции.

Ботомская площадь расположена в бассейне нижнего течения р. Ботомы (правого притока р. Лена) в 30 км от ее устья, в 120 км выше Якутска. Железорудные проявления района известны давно. Еще в XVI–XVII вв. местные кушеры создавали железные изделия из местного сырья. В середине XIX в. планировалось даже строительство металлургического завода [79]. К 1999 г. в результате геологических съемок здесь установлены четыре месторождения, 21 рудопроявление, 16 пунктов минерализации, объединенные в Ботомский железорудный район. Большинство объектов приурочено к Алданской антеклизе, где оолитовые, порошковые и плотные марганцевистые гетит-гидрогетитовые руды подстилают нижнеюрские песчано-конгломератовые отложения укугутской свиты и залегают на эродированной неровной поверхности кембрийских карбонатных и, возможно, докембрийских образований. Аналогичные проявления марганцево-железных руд присутствуют в нижнем течении р. Мая.

Рудные залежи приурочены преимущественно к глинистой пачке ранней юры мощностью до 8,1 м. На некоторых участках (месторождение Ботомское I) пачка целиком представлена пластом бурого железняка мощностью от 1,5 до 3,5 м. Формирование железомарганцевых залежей связано с доюрской корой выветривания. Перекрывающие залежи базальные конгломераты, гравелиты и песчаники укугутской свиты также содержат значительное количество окислов и гидроокислов железа в виде цемента.

Руды наиболее изученного месторождения Ботомское I на 75–80 % представлены гетитом, гидрогетитом, псиломеланом, пиролюзитом, манганитом. Марганец присутствует в рудах также в виде изоморфной примеси в окислах и гидроокислах железа; 20–25 % составляют опал, полевые шпаты и слюды. Содержание железа 25–48 % (в среднем 32,5 %), марганца 2–14 %, P_2O_5 0,09–0,43. Максимальная концентрация марганца (до 41 % при среднем 5,84 %) отмечается в порошковатых и оолитовых рудах. Разведанные запасы железа в руде месторождения Ботомское I составляют 1633 тыс. т, марганца 91,489 тыс. т (В. А. Камалетдинов и др., 1984) [79]. Прогнозные ресурсы марганца только в бурых железняках Ботомских месторождений оцениваются в 10 млн т при среднем содержании марганца 6 %.

Укугутская аркозоявая конгломерат-алеврито-песчаниковая формация в сторону Вилуйской синеклизы и Предверхожанского прогиба замещается глауконитовой (А. Г. Коссовская, 1958). По нашему мнению, в этих направлениях возможно нахождение крупных марганцеворудных объектов никопольского типа. Перспективны также юрские – раннемеловые отложения эпиконтинентальных бассейнов Алданской антеклизы и склонов Алданского щита. Выходы бурых железняков на запад от Ботомских месторождений прослеживаются на 450 км, на юг и юго-восток – до Алдано-Амгинского междуречья. В целом месторождения и проявления марганцево-железных руд района перспективны и рекомендуются для проведения более детальных геолого-разведочных работ. Прогнозные ресурсы провинции по категории P_3 автором оцениваются в более чем 100 млн т с перспективой выявления марганцевых руд.

Особо отметим в качестве перспективной для поисков марганцевых месторождений этого типа зону мел-палеогеновых отложений между Западно-Сибирским железорудным бассейном и Сибирской платформой.

Вулканогенно-осадочный геолого-промышленный тип и его метаморфизованные аналоги

Джеспилитовая марганценозная формация распространена на Алданском и Анабарском щитах Сибирской платформы, Енисейском кряже, Восточном и Западном Саянах, Байкальской горной области, Кузнецком Алатау, Горном Алтае. Наиболее перспективны Алданский щит и Западный Саян (Тува).

На *Алданском щите* (Алданская металлогеническая провинция) – это Чаро-Токкинский, Олекминский и другие районы распространения железистых кварцитов. На Тарыннахском и Горкитском месторождениях Чаро-Токкинского рудного района в составе третьей железистой пачки выявлены марганценозные породы с концентрацией Mn в штуфах до 25 %. Породы прослеживаются на расстояние более 20 км. Специальной оценки марганцевого оруденения не проводилось.

В *Западном Саяне (Туве)* известны крупные зоны полосчатых железистых кварцитов с повышенным содержанием марганца (до 16,9 % MnO): Мугурская, Арысканская, Центральная и др. Возраст кварцитов и вмещающих их отложений раннепротерозойский. Степень метаморфизма соответствует амфиболитовой фации. Характерно присутствие доломитовых пачек в рудоносной толще. Район на марганцевые руды также не оценивался.

В *Северо-Западном Прибайкалье* Тыйская и Абчадская зоны железистых кварцитов приурочены к Олоkitскому наложенному прогибу (тафрогеосинклиналь) в северо-западной части Прибайкалья (протяженность 300 км, ширина 20–25 км). Прогиб сложен рифейскими вулканогенно-терригенной, вулканогенно-карбонатной, вулканогенно-зеленосланцевой, терригенно-карбонатной, туфогенно-песчано-черносланцевой и существенно карбонатной формациями. Зоны прослежены на расстояние до 70 км при ширине 4–5 км. В основном породы представлены зелеными сланцами, образовавшимися за счет осадочных (граувакк, глин, доломитов, известняков) и изверженных пород основного состава. Региональный метаморфизм от зеленосланцевой до амфиболитовой фаций. Железистые кварциты полосчатой текстуры, гематит-магнетитового состава со средним содержанием железа 26,23–34,08 %. В них постоянно присутствует марганец (до 8,9 %), который связан со спессартином, браунитом, псиломеланом и др. Обе железорудные зоны на марганец не оценивались.

Вулканогенно-углеродисто-кремнисто-карбонатная и кремнисто-карбонатная формации. Предпосылки для обнаружения крупных марганцевых месторождений, связанных с ними, имеются в Алтай-Салаирской зоне, Кузнецком Алатау и Енисейском кряже. В последних уже есть разведанные крупные месторождения, правда с труднообогатимыми рудами. Предпосылки базируются на поисковых критериях 1–4, 8. Здесь присутствуют протяженные марганценозные минерогенические зоны распространения соответствующих формаций протерозойского и венд-раннекембрийского возраста, многочисленные проявления вулканогенно-осадочных и гипергенных марганцевых руд.

Гипергенный геолого-промышленный тип

В Присяянском краевом прогибе в настоящее время оценено одно месторождение – Николаевское (незначительное по запасам) и ряд рудопроявлений – Рубахинское, Тележное, Кеттское, Красные 1, 2, Каменско-Уватское, Орик, Кагатское. Все они входят в Уватскую группу, в основном связаны с корами выветривания и приурочены к вулканогенно-терригенно-карбонатной формации (карагасская серия рифея). Протяженность прогиба около 300 км, ширина (в средней части) 60 км. Метаморфизм пород незначительный – не выше зеленосланцевой фации. Все породы карагасской серии отличаются повышенным содержанием марганца. Перечисленные месторождения и рудопроявления приурочены к центральной части Присяянского прогиба – к присводовой части Мраско-Удинской антиклинали. Протяженность структуры 55 км, ширина 20 км. Возможно обнаружение более крупных гипергенных скоплений марганцевых руд. Отметим, что по-прежнему перспективны для поисков средних и крупных гипергенных месторождений марганца Енисейский кряж и Алтай-Салаирская рудоносная зона.

Заслуживает выяснения перспектива поисков легкообогатимых и богатых марганцевых и железомарганцевых руд гипергенного типа в архейских и раннепротерозойских толщах. Опыт поисков и прогнозирования месторождений бокситов показывает, что проявления латеритных и близких по типу молодых и неглубоко залегающих кор выветривания широко распространены в Сибири, но всегда глубоко размыты и поэтому крупных масс не образуют. Погребенные коры выветривания известны в Сибири на многих возрастных уровнях от архея до палеогена, встречены во многих районах, но изучены крайне слабо, даже там, где содержат проявления богатых железных руд и бокситы. Полнее всего они изучены в КМА.

Древние коры выветривания с остаточными богатыми железными рудами и бокситами латеритного типа сохраняются в КМА преимущественно на «головах» железистых кварцитов докембрия под перекрывающими песчано-глинистыми и карбонатными морскими отложениями девона и карбона. Месторождения богатых железных руд остаточного типа в КМА имеют площади до десятков и сотен квадратных километров при длине вдоль простирания подстилающих железистых кварцитов до десятков километров. Следует особенно отметить, что остаточные месторождения богатых руд обычно сопровождаются пластообразными залежами седиментационных брекчий и более редких конгломератов и гравелитов, состоящих из обломков и кусков размытой богатой железной руды с примесью терригенного материала в цементе. Эти руды окаймляют месторождения остаточных богатых руд на всем протяжении последних и, по-видимому, на расстояниях в сторону от богатых месторождений до многих километров. Следовательно, о наличии месторождений остаточных богатых марганцевых руд в известной степени можно судить по присутствию переотложенных осадочных руд.

Таким образом, проблема поисков крупных месторождений богатых и легкообогатимых марганцевых руд остаточного типа в районах Сибири связана с выявлением погребенных кор латеритного выветривания с возможными здесь же месторождениями латеритных бокситов и богатых окисленных железных руд.

В первом приближении к благоприятным для определения перспективы поисков остаточных месторождений богатых марганцевых и железомарганцевых руд Сибири следует отнести юго-восточные и юго-западные окраины чехла Сибирской платформы и юго-восток Западно-Сибирской плиты. В этих районах по геолого-геофизическим данным можно ожидать обширные по площади выходы марганценозных, железисто-кремнистых комплексов архея – протерозоя с корами латеритного выветривания, перекрытыми карбонатными и терригенными отложениями рифея, палеозоя, мезозоя и палеогена. К районам с подобной обстановкой можно, в частности, отнести северное продолжение Чаро-Токкинской зоны марганцевых и железистых кварцитов и сланцев архея – протерозоя под существенно терригенно-карбонатные отложения среднего протерозоя – кембрия. В железистых пачках Тарыннахского и Горкитского месторождений встречаются прослои, обогащенные марганцем (до 25 % MnO). Марганценозные минералы – спессартин, амфиболы и пироксены.

Возможным косвенным признаком наличия мощных кор выветривания с богатыми остаточными железными рудами и латеритными бокситами на головах железистых кварцитов архея – протерозоя в юго-западной части Сибирской платформы можно считать гематитовые осадочные месторождения Ангаро-Питского бассейна. Существует мнение, что руды Ангаро-Питского бассейна представляют собой продукт размыва коры выветривания железистых кварцитов. Запасы и прогнозные ресурсы Ангаро-Питских месторождений до нескольких миллиардов тонн могут служить указанием на еще более

крупные масштабы источников их руды, возможно, частично сохранившихся в погребенной предрифейской коре выветривания. Судя по составленным в СНИИГГиМСе (М. П. Гришин и др.) картам поля ΔT и тектонической структуры фундамента Сибирской платформы, в этом отношении представляют интерес погребенные склоны Ангаро-Канского выступа и продолжение богатых остаточных железных и, возможно, марганцевых руд на северо-запад под отложения чехла Западно-Сибирской плиты до кембрийских структур Восточного Саяна.

Отмечается возможность присутствия богатых остаточных марганцевых руд на железистых кварцитах борсалинской серии со ссылкой на находки галек мартитовой руды в перекрывающих отложениях среднего протерозоя – нижнего кембрия, но без указания конкретных перспективных районов.

Таким образом, для выяснения перспективы поисков богатых окисленных железных, марганцевых руд и бокситов типа КМА на Сибирской платформе, отчасти на Западно-Сибирской плите, имеются уже значительные материалы, нуждающиеся в учете, анализе и обобщении. Целесообразность постановки предлагаемых исследований следует обсудить на Ученом совете СНИИГГиМСа и в заинтересованных организациях Сибири.

Из приведенного обзора следует, что около 2/3 территории Сибири на марганцевое оруденение вообще не изучалась, поэтому не исключены перспективы обнаружения крупных марганцевых месторождений в окраинных зонах Западно-Сибирской плиты (никопольский и грут-айлендский типы), Алданском и Анабарском щитах, некоторых антиклинальных структурах более молодого возраста и их склонах на Сибирской платформе (джеспилитовая, гондитовая и итабиритовая формации, а также возможные новые типы месторождений). Не исчерпаны возможности для открытия крупных марганцевых месторождений с богатыми и легкообогатимыми рудами в складчатых областях юга Сибири. Для реализации перспектив необходимы специальные планомерные исследования по разработанной программе.

При этом необходимо учесть, что крупные месторождения с высококачественными рудами формировались за счет крупных первоначально седиментационных рудных накоплений (с Mn более 10 %), подвергшихся впоследствии процессам гипергенеза и гидротермального метасоматоза, которые и привели к образованию высококачественных руд.

Глава 7. Перспективы использования марганцовистых железных руд

Здесь мы говорим о магнетитовых месторождениях, в том числе эксплуатирующихся, с достаточно высоким содержанием марганца (1,0–15 %). Такие руды известны на Казском, Сухаринском, Ирбинском, Шерегешевском, Таштагольском, Солонго, Мугурском и других месторождениях Алтае-Саянской и Байкальской складчатых областей. Марганец в железных рудах присутствует в форме браунита, родохрозита, гаусманита, якобсита, марганцевых силикатов, примеси в магнетите. Одна часть марганца при обогащении железных руд переходит в хвосты, а другая – в железный концентрат и далее в чугун. Подсчитано, например, что в хвостах СМС рудничной ДОФ Шерегешевского месторождения содержится 370 тыс. т марганца. Однако практически вопрос о рациональном использовании марганцовистых магнетитовых месторождений Сибири до сих пор не ставился.

Марганцевые руды на 90–95 % используются только в черной металлургии и лишь на 5–10 % в других отраслях промышленности. Марганец входит в состав многих сортов стали и чугуна и применяется при обессеривании чугуна, разжижении шлаков и пр. По классификации металлургических руд марганецсодержащие руды выделяются по содержанию марганца: в России начиная с 4 %, в США – 2 %, Франции – 1,2–1,5 %, Швеции – 1 %.

На первых стадиях изучения и выделения условно комплексных марганцево-железных руд предлагается минимальное предельное содержание марганца в руде 1 %, в концентрате – более 10 % [22]. К таким месторождениям относятся эксплуатируемые железорудные: Шерегешевское с запасами и ресурсами (тыс. т) марганца C_2+P_1 2345, Казское – 1125, резервное разведанное Ташелгинское – 1250; месторождения Озернинского рудного узла в Бурятии: Озерное (колчеданное свинцово-цинковое, манганосидеритовое) – 7500, Аришинское (магнетитовое) – 2200, Солонго (магнетитовое) – 8650, Туркул – 6500. Всего в качестве попутного компонента в эксплуатируемых месторождениях Сибири, а также в манганосидеритовых рудах Озерного колчеданно-полиметаллического месторождения содержится около 30 млн т прогнозных ресурсов марганца по категориям $C_2+P_1+P_2$.

Концентрация марганца в керчинских бурых железняках составляет 0,9–1,99 %, что обеспечивает производство из них чугунов без добавки марганцевых руд. По заключению специалистов, содержание марганца 1,3–1,7 % может обеспечить получение передельного чугуна без добавки марганцевых руд. Исходя из перечисленных требований, а также из опыта работы завода «Азовсталь», железные руды с Mn более 1 % следует рассматривать как условно комплексные независимо от их состава.

Нам представляются следующие возможные варианты промышленного использования таких руд. Во-первых, их оконтуривание, селективная добыча и использование при выплавке специальных легированных сортов чугуна и стали. Во-вторых, извлечение марганца из хвостов сухой и мокрой магнитной сепарации с дальнейшим использованием в металлургической промышленности. Во всяком случае, из-за крупности месторождений и широкомасштабной переработки марганцовистых магнетитовых руд проблема их использования нуждается в специальном изучении.

Завершая анализ выделенных прогнозных площадей, подчеркнем две наиболее важные стратегические задачи.

1. Удовлетворение потребностей сегодняшнего дня в области электротехнической (сухие батареи с диоксидом марганца) и металлургической промышленности России. Решается быстрейшим освоением даже мелких месторождений с высококачественными марганцевыми рудами, находящимися в благоприятной экономической обстановке. Для этих целей мы рекомендуем первоочередное доизучение и оценку месторождений и рудопроявлений Сунгайского, Сугульского, Матюжихинского, Егорьевского, Чапсордаг, Малосырского, Усть-Пещерного.

2. Создание надежной марганцеврудной базы Сибири, учитывающей достаточный и необходимый выбор объектов для освоения в дополнение, а может быть, и как альтернативу разведанным Усинскому и Порожинскому месторождениям. Это более дальняя стратегическая задача. Для ее решения необходим комплекс научно-исследовательских, тематических и геолого-разведочных работ, которые в первую очередь рекомендуется сосредоточить на Холзунско-Белорецкой, Тогул-Сунгайской, Кайгадатско-Усинской, Аскизской, Курейной, Уватской, Олдакитской прогнозных площадях и в Западно-Сибирской, Лено-Вилюйской, Алданской и других металлогенических провинциях.

Заключение

На основе обобщения и анализа результатов геолого-разведочных, тематических, научно-исследовательских работ, выполненных территориальными геологическими объединениями, научно-исследовательскими институтами, и собственных исследований, проработки имеющейся опубликованной литературы выделены следующие марганценовые вулканогенно-осадочные формации в складчатых областях Сибири: вулканогенно-карбонатная усинского типа, вулканогенно-кремнисто-карбонатная, терригенно-карбонатно-вулканогенная, карбонатно-вулканогенно-терригенная, гондитовая, джеспилитовая, сформировавшиеся в эв- и миогеосинклинальных условиях под влиянием наземного и подводного вулканизма. Большинство формаций по своему образованию отвечают начальной и переходной стадиям развития земной коры. Кратко описаны также марганценовые формации коры выветривания. Каждая охарактеризована эталонными для нее месторождениями и рудопроявлениями.

На основе обобщения многофакторных моделей Усинского, Порожинского, Дурновского, Прозрачного и других месторождений, а также геологических обстановок нахождения основных рудопроявлений создана интегральная многофакторная модель марганцевых месторождений Сибири. Обосновывается полигенная модель формирования месторождений с определяющей ролью вулканогенно-осадочного и гипергенного рудогенеза при участии тектонического, палеогеографического, палеофациального, рудно-фациального, литолого-стратиграфического, магматического, метаморфического, метасоматического и гипергенного факторов, которые рассматриваются как причины марганцевого рудообразования.

Марганцевые месторождения, особенно крупные, формируются в условиях растяжения земной коры – ее деструкции, в том числе связанной с процессами рифтогенеза. Накопление рудного материала проходит в двух обстановках: в подводно-морских условиях первичных геосинклиналей (Усинское месторождение) и подводно-морских и субаэральных условиях вторичных геосинклиналей (наложенных мульдах, троговых прогибах рифтогенного характера) (Прозрачное месторождение, рудопроявления в ранне-среднедевонских вулканогенно-осадочных толщах Западного Алтая, восточного склона Кузнецкого Алатау, позднепротерозойских толщах Енисейского кряжа и др.).

Тектонический фактор служит первоосновой для проявления всех остальных. Он действует постоянно: от зарождения магматических очагов, рудоносных растворов и эксгаляций до гипергенеза месторождений; определяет обстановку накопления рудного вещества и его преобразования; формирует рудолокализирующие структуры и пути движения рудоносных растворов и флюидов.

Палеогеографический, палеофациальный, рудно-фациальный и литолого-стратиграфический факторы определяют пути миграции, форму переноса и условия осаждения рудных компонентов, то есть играют рудоконцентрирующую роль.

Магматизм – главный источник металлов, энергии, растворов и газов, а также один из рудопроявляющих факторов. Характерно, что на месторождениях, связанных с проявлением кислых или среднекислых вулканитов, руды преимущественно оксидные.

Метаморфический фактор (региональный и динамометаморфизм) играет в основном рудообразующую роль с формированием труднообогатимых руд, превращая их в пустую породу. Но в гипергенных условиях при благоприятном климате такие марганцевистые породы служат отличным субстратом для образования легкообогатимых и богатых окисленных марганцевых руд.

Гипергенный фактор – один из главных при формировании богатых и легкообогатимых марганцевых руд.

Обобщенная многофакторная модель марганцевых месторождений в вулканогенно-осадочных толщах складчатых областей представляется в следующем виде. На определенной стадии тектонического развития территории (деструкции земной коры) осуществлялось поступление горячих флюидов и растворов из магматического очага. Марганец и железо были как ювенильными, так и заимствованными из магматических пород. Транспортирующие растворы и флюиды могли быть интрателлурическими, метеорными или смешанными. Разгрузка гидротерм происходила на дне океана или моря, а также на дневной поверхности континента. В наших случаях предпочтительнее вариант заостроводужного спрединга со сравнительно мелководными морскими условиями, активная континентальная окраина, рифтовые зоны и рифтогенные прогибы. В придонном слое захватывается большое количество кислорода и образуется оксигидратное марганцевое и железомарганцевое вещество. Осаждение хлопьев оксигидратов на дно создает скопления металлоносных осадков. Не все исследователи считают, что главным источником марганца на дне океанов и морей является подводная вулканическая деятельность (Е. С. Базилевская, Н. С. Скорнякова, Н. М. Страхов и др.). По их мнению, основной источник поставки марганца для формирования океанических Fe-Mn руд – терригенный снос с континентов. В накоплении повышенных концентраций марганца большую роль играют геохимические барьеры и пограничные зоны в водной толще и донных осадках. Важно подчеркнуть, что благоприятными факторами для седиментационного накопления марганца на дне водоема являются окислительная обстановка и наличие источников металла вблизи района осадконакопления. В некоторых работах указывается на вероятность образования крупных месторождений за счет концентрации марганца в водах и наддонных илах в результате обогащения их органикой и сероводородом.

Отложившиеся марганценозные осадки вначале подвергались раннему окислительному диагенезу, а затем позднему восстановительному, в результате которых в зависимости от литофаций и наличия органики сформировались либо чисто оксидные, либо смешанные оксидные и карбонатные, либо чисто карбонатные марганцевые минералы. В процессе диагенеза и эпигенеза завершается образование первичных руд.

Далее следуют этапы преобразования марганцеворудных вулканогенно-осадочных залежей в период регионального метаморфизма и орогенеза, контактового метаморфизма, гидротермального метасоматоза со стороны разновозрастных и разнофациальных интрузий, постмагматических процессов, гипергенеза. В гипергенный этап за счет различных по составу и генезису марганцевых руд формируются богатые и легкообогатимые гидроксидные разности.

Необходимо подчеркнуть, что богатые и легкообогатимые марганцевые руды образуются в результате трех главных процессов: 1) седиментационно-диагенетического (Алтай, Атасуйская и Джездинская группы Казахстана, месторождения ЮАР и др.); 2) гидротермально-метасоматического (Алтай, Атасуйская группа в Казахстане, Нижнетерсинские рудопроявления в Кузнецком Алатау, крупное месторождение Весселс в ЮАР и др.); 3) гипергенного (подавляющее число эксплуатирующихся месторождений).

Нахождение марганцевого оруденения связано с ареалами вулканической деятельности в участках перехода вулканических пород в кремнистые и карбонатные, с которыми оно связано парагенетически. Выделяются две группы вулканических пород, составляющих марганценозные формации: базальтоидная и андезито-риолитовая, обе повышенной щелочности.

Марганцевое рудообразование во многих случаях сопровождалось железным, вследствие чего формировались руды с различными соотношениями марганца и железа, залегающие в зонально построенных рудоносных пачках, в которых имеются как марганцевые или железные руды, так и смешанные разности. Смена состава руд происходит как по латерали пачки, так и по ее разрезу. Фациальные взаимопереходы марганцевых и железных руд имеют важное прогнозное и поисковое значение.

На основе закономерностей пространственного размещения марганцевого оруденения, поисковых критериев и разработанной геолого-поисковой модели выделены перспективные площади и дана

количественная оценка прогнозных ресурсов. Предложена стратегия поисковых работ, направленных на ближнюю и дальнюю (создание сибирской марганцеворудной базы) перспективы.

В монографии учтены кроме известных некоторые новые обстоятельства относительно применения поисковых критериев и оценки рудоносных площадей.

1. Приуроченность оруденения к прибортовым частям рифтогенных впадин, минерализованным тектоническим зонам, офиолитовым поясам.

2. Пространственная, а возможно, и парагенетическая связь марганценосных, нефтегазоносных площадей и железорудных бассейнов.

3. Рудно-фациальная зональность, определяющая латеральные и вертикальные (по разрезу толщ) взаимопереходы сингенетичного марганцевого, железного, фосфорного и колчеданно-полиметаллического оруденения.

4. Закономерные фациальные и геохимические взаимопереходы богатых и легкообогатимых, комплексных, малофосфористых и других минеральных типов марганцевых руд.

5. Для гипергенного типа, кроме благоприятных тектонических, климатических, палеогеографических и других условий, наличие достаточно крупных концентраций марганца (более 10 %) в субстрате, подвергающегося выветриванию, этому уделено особое внимание.

В результате геолого-разведочных работ предполагается выявить объекты с запасами категорий C_1+C_2 5–20 млн т, прогнозными ресурсами P_1+P_2 10–20 млн т. При объединении нескольких мелких месторождений, расположенных в рудных узлах, эти цифры могут возрасти в 1,5–2 раза.

Главное внимание следует обратить на месторождения и рудопроявления марганца, находящиеся в наиболее благоприятных географо-экономических условиях: в непосредственной близости к металлургическим предприятиям, железным дорогам, районам с развитой инфраструктурой и т. д. Таким условиям соответствуют Тогул-Сунгайская, Аскизская, Сугульская, Кайгадатско-Усинская площади, а также Холзунско-Белорецкая в связи с первоочередным строительством рудников на Инском и Белорецком железорудных месторождениях.

Список литературы

1. **Алабин Л. В.** Структурно-формационная и металлогеническая зональность Кузнецкого Алатау. – Новосибирск: Наука, 1983. – 112 с.
2. **Базилевская Е. С.** Источники поставки марганца для Fe-Mn-руд океана // Геология рудных месторождений. – 2006. – Т. 48, № 2. – С. 156–166.
3. **Батурин Г. Н.** Руды океана. – М.: Наука, 1993. – 301 с.
4. **Булкин Г. А., Неженский И. А.** Модели для количественного прогнозирования минерального сырья. – Л.: Недра, 1991. – 288 с.
5. **Быч А. Ф., Батырев А. И.** Марганцевые месторождения Кемеровской области // Руды и металлы. – 1998. – № 2. – С. 22–28.
6. **Варенцов И. М.** О главнейших марганценосных формациях // Осадочные руды железа и марганца. – М.: Наука, 1962. – С. 119–170. – (Тр. ГИН АН СССР; вып. 70).
7. **Варенцов И. М., Рахманов В. П.** Месторождения марганца // Рудные месторождения СССР. Т. 1. – М.: Недра, 1974. – С. 109–164.
8. **Вулканогенно-осадочное рудообразование.** – СПб., 1992. – 174 с.
9. **Геология** и генезис марганцевых месторождений Южно-Минусинского межгорного прогиба / Э. Г. Кассандров, М. П. Мазуров, Н. С. Лидин и др. – Новосибирск: СНИИГГиМС, 2009. – 105 с.
10. **Геохимия осадочного марганцеворудного процесса** / Н. М. Страхов, Л. Е. Штеренберг, В. В. Калининко, Е. С. Тихомирова. – М.: Наука, 1968. – 945 с.
11. **Головко В. А.** Геолого-геохимические условия формирования гипергенных месторождений марганца и их практическое значение // Марганцевое рудообразование на территории СССР. – М.: Наука, 1984. – С. 35–44.
12. **Дзоцендзе Г. С.** Роль вулканизма в образовании осадочных пород и руд. – М.: Недра, 1969. – 344 с.
13. **Демченко В. Н.** Перспективы марганценосности Присяянского краевого прогиба // Основные генетические типы и геохимия месторождений марганца в СССР: тез. совещ. – М., 1965. – С. 49–52.
14. **Дорр Дж. В. Н.** Железистые и связанные с ними марганцовистые формации Бразилии // Геология и генезис докембрийских железисто-кремнистых и марганцевых формаций мира. – Киев: Наукова думка, 1972. – С. 103–110.
15. **Емельянов Е. М.** О концентрациях марганца в бассейне Атлантического океана // Геология и геохимия марганца. – М.: Наука, 1982. – С. 236–243.
16. **Закономерности** размещения марганцевого оруденения в Алтае-Саянской складчатой области / Э. Г. Кассандров, Н. С. Лидин, Е. В. Кассандрова и др. // Проблемы металлогении юга Западной Сибири. – Томск: ТГУ, 1999. – С. 41–43.
17. **Зеленов К. К.** Вулканы как источник рудообразующих компонентов осадочных толщ. – М.: Наука, 1972. – 213 с.

18. **Калугина Т. С., Мариич В. А.** Марганцевое оруденение в железоносном горизонте девонских вулканогенных отложений Западного Алтая // Геология и металлогения эффузивно-осадочных формаций Сибири. – М.: Недра, 1964. – С. 163–176.
19. **Кассандров Э. Г.** Взаимоотношения и условия образования апатит-магнетитовых и гематитовых руд Коксинско-Холзунской железоносной зоны на Алтае // Проблемы генезиса, закономерности размещения и перспективы железоруднения Алтае-Саянской складчатой области. Т. 2. – Новосибирск: ИГиГ СО АН СССР, 1974. – С. 63–71.
20. **Кассандров Э. Г.** К геологии и перспективам Холзунского железорудного района в Юго-Западном Алтае // Геология, геофизика, геодезия. – Новосибирск: Изд-во СО АН СССР, 1966. – С. 18–20.
21. **Кассандров Э. Г.** Комплекс сопутствующих полезных ископаемых района Холзунского месторождения. – Прокопьевск: Географ. об-во СССР, Алтайский отдел, 1968. – С. 58–61.
22. **Кассандров Э. Г.** Комплексная оценка железных руд сырьевой базы черной металлургии Сибири и Дальнего Востока, проблемы их глубокой переработки и рационального освоения. – Новосибирск: СНИИГГиМС, 2015. – 118 с.
23. **Кассандров Э. Г.** Новые данные о марганцевой минерализации в осадочно-вулканогенных толщах Западного Алтая // Рудоносность вулканоплутонических комплексов Сибири. – Новосибирск: Наука, 1979. – С. 73–79.
24. **Кассандров Э. Г.** Особенности локализации железных руд в составе среднедевонской вулканогенно-осадочной формации района Холзунского железорудного месторождения // Новые данные по геологии и полезным ископаемым Алтайского края. – Прокопьевск: Географ. об-во СССР, Алтайский отдел, 1968. – С. 51–54.
25. **Кассандров Э. Г.** Рудно-фациальная зональность гидросиликатно-скарново-магнетитовой формации юга Сибири // Зональность и условия локализации магматизма и рудных месторождений Сибири. – Новосибирск: СНИИГГиМС, 1988. – С. 47–56.
26. **Кассандров Э. Г.** Состояние минерально-сырьевой базы черных металлов Сибири (железо, марганец) и рекомендации по ее развитию // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири. – 2010. – № 2. – С. 49–59.
27. **Кассандров Э. Г., Кассандрова Е. В.** Закономерности размещения и образования марганцевосных гидротермальных и гипергенных систем в Алтае-Саянской складчатой области // Металлогения древних и современных океанов – 2007. Гидротермальные и гипергенные рудоносные системы. – Мисс: ИГГ УрО РАН, 2007. – С. 68–72.
28. **Кассандров Э. Г., Кассандрова Е. В.** Продукты газо-гидротермальной деятельности девонского вулканизма и их роль в образовании месторождений полезных ископаемых // Вулканизм и геодинамика: матер. II Всерос. симп. по вулканологии и палеовулканологии. – Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2003. – С. 527–531.
29. **Кассандров Э. Г., Кассандрова Е. В.** Рудоносность и генезис девонской кварц-кератофировой формации Алтая // Современные проблемы формационного анализа, петрология и рудоносность магматических образований. – Новосибирск: Изд-во СО РАН; акад. изд-во «Гео», 2003. – С. 156–157.
30. **Кассандров Э. Г., Мазуров М. П.** Магматогенные марганцевые руды Южно-Минусинского межгорного прогиба // Геология рудных месторождений. – 2009. – Т. 51, № 5. – С. 397–413.
31. **Кассандров Э. Г., Робертус Ю. В.** Рудная база железа и марганца Республики Алтай. Итоги и перспективы геологического изучения Горного Алтая: матер. науч.-практ. конф. – Горно-Алтайск, 2000. – С. 56–61.
32. **Кассандров Э. Г., Кассандрова Е. В., Бугаева Г. В.** Марганцевые формации складчатых областей Сибири // Геология и металлогения Сибири. – Новосибирск: СНИИГГиМС, 1997. – С. 175–186.
33. **Кассандров Э. Г., Лидин Н. С., Кассандрова Е. В.** Критерии поисков и прогнозирования марганцевых руд в осадочно-вулканогенных толщах складчатых областей Сибири // Марганцевые руды. Актуальные проблемы образования, прогнозирования и поисков марганцевых руд: тез. докл. – СПб., 1992. – С. 17–19.
34. **Кассандров Э. Г., Мазуров М. П., Лидин Н. С.** Минерализованные брекчии западной части Алтае-Саянской складчатой области – потенциально новый геолого-промышленный тип марганцевых месторождений // Геология, геофизика и минеральное сырье Сибири: матер. 2-й науч.-практ. конф. Т. 1. – Новосибирск: СНИИГГиМС, 2015. – С. 147–149.

35. Ковалев К. Р., Бусленко А. И. Гидротермально-осадочный рудогенез и полиметаморфизм руд Озернинского рудного узла (Западное Забайкалье). – Новосибирск: Наука, 1992. – 214 с.
36. Козловский Е. А., Кривцов А. И. Моделирование рудных месторождений: направление и задачи // Сов. геология. – 1988. – № 3. – С. 3–8.
37. Корытов Ф. Я. Рудогенез в нефтегазоносных бассейнах // Руды и металлы. – 1999. – № 4. – С. 60–64.
38. Кривцов А. И. Модели рудных месторождений // Геологические методы поисков и разведки месторождений металлических полезных ископаемых. Вып. 7. – М.: ВИЭМС, 1989. – 65 с.
39. Крятов Б. М., Калита В. А., Козловская З. П. Главнейшие марганценовые провинции, геология месторождений и эпохи накопления марганцевых руд. – М., 1987. – 60 с.
40. Кузнецов В. А. Тектоническое районирование и основные черты эндогенной металлогении Горного Алтая // Вопросы геологии и металлогении горного Алтая. – Новосибирск: ИГиГ СО АН СССР, 1963. – С. 7–68.
41. Кузнецов Ю. А. Главные типы магматических формаций. – М.: Недра, 1964. – 387 с.
42. Лидин Н. С. Геохимия марганца в рудах магнетитового месторождения Солонго // Геология и геофизика. – 1977. – № 6. – С. 70–86.
43. Лисицын А. П. Эндогенное вещество, рудообразование и гидротермы на дне океана // Вулканогенно-осадочное рудообразование: тез. докл. – СПб., 1992. – С. 123–128.
44. Мак-Интош Дж., Фараг Дж., Сли К. Месторождения марганца // Полезные ископаемые Австралии и Папуа – Новой Гвинеи. Т. 1. – М.: Мир, 1980. – С. 627.
45. Марганец в докембрии континентов / В. П. Рахманов, Е. М. Грибов, Е. М. Гурвич, В. К. Чайковский // Марганцевое рудообразование на территории СССР. – М.: Наука, 1984. – С. 57–64.
46. Марганец. Минерально-сырьевая база СНГ. Добыча и обогащение руд / под ред. акад. К. Н. Трубецкого. – М.: Изд-во Акад. горных наук, 1999. – 271 с.
47. Марганцевое оруденение в вулканогенно-осадочных толщах позднего докембрия и раннего палеозоя Кузнецкого Алатау / А. Ф. Быч, В. П. Шварцберг, А. И. Батырев, С. В. Чиняев // Марганцевое рудообразование на территории СССР. – М.: Наука, 1984. – С. 74–77.
48. Марганценовые коры выветривания западной части Алтае-Саянской складчатой области и их перспективы для поисков легкообогатимых марганцевых руд / Э. Г. Кассандров, Н. С. Лидин, Е. В. Кассандрова, Н. Н. Баженова // Геология и минерагения Сибири. – Новосибирск: СНИИГиМС, 2010. – С. 110–118.
49. Мегакомплексы и глубинная структура земной коры Алтае-Саянской складчатой области / В. С. Сурков, В. П. Коробейников, А. В. Абрамов и др. – М.: Недра, 1988. – 195 с.
50. Методика прогнозирования марганцевых месторождений и прогнозная оценка восточных районов СССР / Н. М. Зеленцов, Е. М. Грибов, О. Г. Лазур и др. // Новые данные по марганцевым месторождениям СССР. – М.: Наука, 1980. – С. 55–61.
51. Методические указания по применению рационального комплекса геолого-геохимических методов при поисках и оценке месторождений марганцевых руд (прогнозно-поисковый комплекс) / В. А. Головкин, Е. П. Пучков, А. М. Свиридов и др. – М.: ВИМС, 1987. – 91 с.
52. Минерализованные брекчии Сугульского проявления оксидных марганцевых руд на Алтае / Э. Г. Кассандров, М. П. Мазуров, Н. С. Лидин, В. Э. Кассандров // Металлогения древних и современных океанов – 2008. Рудоносные комплексы и рудные фации. – Миасс: ИМ УрО РАН, 2008. – С. 131–135.
53. Минералогия и процессы формирования гидроксидов марганца в рифтовой зоне Красного моря / Г. Ю. Бутузова, В. А. Дриц, А. А. Морозов, А. И. Горшков // Марганцевые руды. Актуальные проблемы образования, прогнозирования и поисков марганцевых руд: тез. докл. – СПб., 1992. – С. 34–36.
54. Миртов Ю. В., Тарасова С. М. Марганценовость древних отложений Алтае-Саянской складчатой области // Новые данные по марганцевым месторождениям СССР. – М.: Наука, 1980. – С. 211–215.
55. Михайлов Б. М. Рудоносные коры выветривания. – Л.: Недра, 1986. – 238 с.
56. Михайлов Б. М., Рогов В. С. Генетическая связь марганцевых и алюминиевых руд в девонских отложениях Пай-Хоя // Марганцевое рудообразование на территории СССР. – М.: Наука, 1984. – С. 183–190.
57. Многофакторная модель формирования марганцевых месторождений в складчатых областях Сибири / Э. Г. Кассандров, Н. С. Лидин, Е. В. Кассандрова и др. // Проблемы литологии, геохимии и рудогенеза осадочного процесса: матер. к 1-му Всерос. литолог. совещ. – М.: ГЕОС, 2000.

58. **Мстиславский М. М.** Марганцеворудные эпохи и их связь с глобальной тектоникой // Марганцевое рудообразование на территории СССР. – М.: Наука, 1984. – С. 82–86.
59. **Набоко С. И.** Металлоносность современных гидротерм в областях тектономагматической активности. – М.: Наука, 1980. – 199 с.
60. **Научные основы и результаты прогнозирования руд черных металлов Сибири / Э. Г. Кассандров, С. С. Долгушин, В. В. Жабин и др. // Разведка и охрана недр. – 2003. – № 11–12. – С. 63–72.**
61. **Новая Земля – новая марганценосная провинция / С. К. Вояковский, В. Ф. Ильин, Л. Г. Павлов и др. // Марганцевое рудообразование на территории СССР. – М.: Наука, 1984. – С. 174–177.**
62. **Новые данные о геологическом строении железомарганцевых месторождений Атасуйского района (Центральный Казахстан) / А. А. Рожнов, Е. И. Бузмаков, В. Я. Середа и др. // Новые данные по марганцевым месторождениям СССР. – М.: Наука, 1980. – С. 158–169.**
63. **Овчинников Л. Н.** Образование рудных месторождений. – М.: Недра, 1988. – 255 с.
64. **Особенности металлогении полиаккреционной Алтае-Саянской орогенной области / Э. Г. Дистанов, А. С. Борисенко, А. А. Оболенский и др. // Геология и геофизика. – 2006. – Т. 47, № 12. – С. 1257–1276.**
65. **Оценка перспектив марганцевого оруденения Алтайского края / Э. Г. Кассандров, Н. С. Лидин, Е. В. Кассандрова и др. // 300 лет Горной геологической службе России: матер. региональной конф. – Барнаул: Изд-во Алтайского гос. ун-та, 2000. – С. 294–298.**
66. **Павловский Е. В., Беличенко В. Г.** Осадочные формации верхнего протерозоя Саяно-Байкальского нагорья и связанные с ним полезные ископаемые // Закономерности размещения полезных ископаемых. – М., 1958. – С. 123–140.
67. **Полетаев А. Н.** Узловые структуры земной коры // Общая и региональная геология, геология морей и океанов. Геологическое картирование. – М.: Геоинформарк, 1992. – 49 с.
68. **Попов В. Е.** Генезис вулканогенно-осадочных месторождений и их прогнозная оценка. – Л.: Недра, 1991. – С. 287.
69. **Прусевич А. М.** Новые проявления марганцевых и железомарганцевых руд в позднекембрийских отложениях Кузнецкого Алатау. – Новосибирск, 1973. – С. 62–66. – (Тр. СНИИГГиМС; вып. 171).
70. **Рой С.** Месторождения марганца. – М.: Мир, 1986. – 520 с.
71. **Рудоносные формации кор выветривания Сибири / Н. А. Лизалек, Л. Г. Смирнова, В. И. Бгатов и др. – М.: Недра, 1985. – 186 с.**
72. **Сапожников Д. Г.** Геология марганцевых месторождений складчатого обрамления Западно-Сибирской и Туранской плит // Марганцевые месторождения складчатых областей СССР. – М.: Наука, 1978. – С. 5–20.
73. **Скарпели В.** Марганцевые месторождения Серра-ду-Навиу // Геология и генезис докембрийских железисто-кремнистых и марганцевых формаций мира. – Киев: Наукова думка, 1972. – С. 234–243.
74. **Сливинский А. А.** Марганцевые проявления Еравнинского рудного района // Геология и геофизика. – 1981. – № 7. – С. 135–138.
75. **Смирнов А. А., Тигунов Л. П.** Марганец России: проблемы и пути их решения // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. – 2002. – № 1–2. – С. 18–25.
76. **Современное гидротермальное рудоотложение / ред. Э. Дегенс и Д. Росс. – М.: Мир, 1974. – 280 с.**
77. **Соколова Е. А.** Марганценосность вулканогенно-осадочных формаций. – М.: Наука, 1982. – 183 с.
78. **Соколова Е. А.** Марганценозные вулканогенно-осадочные формации в процессе становления земной коры // Новые данные по марганцевым месторождениям СССР. – М.: Наука, 1980. – С. 24–40.
79. **Соколова Е. И.** Физико-химические исследования железных и марганцевых руд и вмещающих их пород. – М.: Изд-во АН СССР, 1962. – 216 с.
80. **Справочник по рудам черных металлов для геологов / Л. Ф. Борисенко, В. М. Григорьев, Г. Г. Кравченко, В. П. Рахманов. – М.: Недра, 1985. – С. 4–76.**
81. **Столяров А. С., Подконен Н. И., Ивлева Е. И.** Формирование крупных и весьма крупных месторождений и высококачественных руд марганца // Отечественная геология. – 1998. – № 4. – С. 64–69.
82. **Страхов Н. М.** Проблемы осадочного рудообразования. – М.: Наука, 1986. – 583 с.
83. **Строение, вещественный состав руд и зональность главной рудной залежи Сунгайского марганцевого месторождения (Центральный Салаир) / Э. Г. Кассандров, Н. С. Лидин, М. П. Мазуров и др. // Отечественная геология. – 2011. – № 4. – С. 36–46.**

84. **Суслов А. Т.** Основные черты железомарганцевых месторождений вулканогенно-осадочного происхождения СССР // Марганцевые месторождения СССР. – М.: Наука, 1967. – С. 460–472.
85. **Текстуры и структуры руд** / А. Г. Бетехтин, А. Д. Генкин, А. А. Филимонова, Т. Н. Шадлун. – М.: Госгеолтехиздат, 1958. – 435 с.
86. **Тигунов Л. П., Карпухина М. В., Литвинцев Э. Г.** Геолого-экономическая оценка месторождений карбонатных марганцевых руд России // Руды и металлы. – 2000. – № 6. – С. 28–32.
87. **Формирование руд марганца и железа в эпохи рифтогенеза** / А. Б. Веймарн, И. М. Варенцов, Е. Е. Милановский и др. // Бюл. МОИП. Отд. геол. – 1994. – Вып. 3. – С. 3–19.
88. **Ходак Ю. А., Рахманов В. П., Ерощев-Шак В. А.** Условия образования марганцеворудных концентраций Усинского типа Кузнецкого Алатау // Месторождения марганца Кузнецкого Алатау. – М.: Наука, 1966. – С. 84–91.
89. **Шарков А. А.** Марганцеворудная база Российской Федерации и перспективы ее развития в XXI в. // Отечественная геология. – 2003. – № 4–5. – С. 39–43.
90. **Шарков А. А.** Марганцевые руды // Методические рекомендации по оценке прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых. – М.: ВИМС, 2003. – С. 52–73.
91. **Шарпенюк Л. Н., Лукьянова Л. И.** К систематике и классификации флюидоэксплозивных горных пород // Вулканизм и геодинамика. – Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2003. – С. 744–745.
92. **Шатский Н. С.** О марганценосных формациях и металлогении марганца // Избранные труды. Т. 3. – М.: Наука, 1965. – С. 16–51.
93. **Шобогоров П. Ч., Филько А. С., Левицкий В. В.** Тектоника и металлогения Бурятской АССР // Тектоника Сибири. Т. VII. – М.: Наука, 1976.
94. **Шобогоров П. Ч., Дарижапов А. Д., Замашников М. Е.** Железистые кварциты Северного Прибайкалья // Формации железистых кварцитов Сибири и Дальнего Востока. – Новосибирск: ИГиГ СО АН СССР, 1977. – С. 88–93.
95. **Эпохи марганцевого оруденения в складчатых областях Сибири** / Э. Г. Кассандров, Н. С. Лидин, Е. В. Кассандрова, Н. Н. Баженова // Актуальные проблемы рудообразования и металлогении. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, акад. изд-во «Гео», 2006. – С. 139–140.
96. **Kleynstuber A. S. E.** The mineralogy of the manganese-bearing Hotazel formation of the Proterozoic Transvaal sequence in Griqualand west, South Afrika // Trans. Geol. S. Afr. – 1984. – No. 3. – P. 257–272.
97. **Leclerc J., Weber F.** Geology and genesis of the Moanda manganese deposits, Republic of Gabon // Geol. and Geochem. Manganese Proc. 2nd Int. Symp., Sydney, 1976. – Vol. 2. – Budapest, 1980. – P. 89–109.
98. **Many important Mn. deposits found** // World Mining. – 1981. Vol. 34, no. 8. – P. 65–66.
99. **Metallogenic models** / T. B. Colman, D. G. Iones, I. A. Plant, K. Smith // Metallogenic models and Explor. Criteria Buried Carbonate-Hosted Deposit Multidiscip Study East Engl. – London: Keyworth, 1990. – P. 123–133.
100. **Ostwald J., Bolton B. R.** Glauconite formation as a factor in sedimentary manganese deposit genesis // Econ. Geol. – 1992. – Vol. 87, no. 5. – P. 1336–1344.
101. **Petrography and origin of inversely graded manganese pisolite from Groote Eylandt, Australia** / B. R. Bolton et al. – Ore Geol. Rev. – 1998. – Vol. 4, no. 1–2. – P. 47–69.
102. **Villers J. E.** The manganese deposits of Griqualand West, South Afrika: some mineralogic aspects // Econ. Geol. – 1983. – Vol. 78, no. 6. – P. 1108–1118.

Содержание

Введение	3
Глава 1. Состояние сырьевой базы марганцевых руд Сибири	5
Глава 2. Марганценозные формации и геолого-генетические модели эталонных месторождений.....	9
2.1. Вулканогенно-карбонатная марганценозная формация усинского типа	11
2.2. Вулканогенно-кремнисто-карбонатная марганценозная формация	24
2.3. Терригенно-карбонатно-вулканогенная трахиандезит-трахидацит-трахилипаритовая существенно туфовая марганценозная формация алтайского типа.....	29
2.4. Карбонатно-терригенно-вулканогенная марганценозная формация	36
2.5. Гондитовая марганценозная формация	37
2.6. Джеспилитовая марганценозная формация	39
2.7. Марганценозные формации коры выветривания	40
2.8. Интегральная многофакторная модель марганцевых месторождений	44
Глава 3. Закономерности пространственного размещения марганцевых месторождений.....	47
3.1. Тектоническое положение	47
3.2. Марганценозные уровни и эпохи. Стратиграфический фактор	51
3.3. Палеогеографическая и палеофациальная обстановка	53
3.4. Рудно-фациальная зональность и взаимопереходы марганцевых, железных, колчеданных, фосфорных и алюминиевых руд	54
3.5. Роль магматизма и метаморфизма в рудообразовании.....	56
3.6. Роль гипергенеза в формировании богатых и легкообогатимых руд	58
3.7. Геохимические особенности вулканогенно-осадочных марганцевых руд	60
Глава 4. Поисковые критерии и геолого-поисковая модель марганцевых месторождений.....	62
Глава 5. Оценка марганценозных площадей Сибири	65
5.1. Алтай.....	65
5.1.1. Сугульская площадь.....	66
5.1.2. Малошибетинская площадь	73
5.2. Салаир	75
5.2.1. Матюжихинская марганценозная площадь	77
5.2.2. Егорьевская площадь	79
5.2.3. Тогул-Сунгайская площадь	80
5.3. Кузнецкий Алатау и Горная Шория	94
5.3.1. Урюпская марганценозная площадь.....	94
5.3.2. Сонская марганценозная площадь	98
5.3.3. Аскизская марганценозная площадь	104
Глава 6. Геологические предпосылки поисков на территории Сибири крупных марганцевых месторождений с богатыми и легкообогатимыми рудами	114
Глава 7. Перспективы использования марганцовистых железных руд	129
Заключение	131
Список литературы	134

Научное издание

Э. Г. Кассандров

**ОЦЕНКА МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ
МАРГАНЦЕВЫХ РУД СИБИРИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ЕЕ РАЗВИТИЯ**

Редактор *Е. С. Изотова*

Корректоры *М. В. Першина, Т. А. Воронина*

Компьютерная верстка *Е. С. Изотовой*

Сдано в набор 01.02.2018 г. Подписано в печать 10.10.2018 г.

Бумага ВХИ. Формат 60×84/8. Бумага офсетная 80 г/м³. Печать цифровая. Гарнитура Calibri.

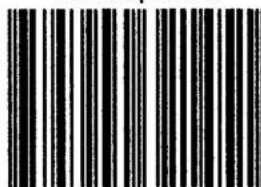
Объем 16,27 печ. л. Тираж 200 экз. Заказ №

Отпечатано в соответствии с предоставленными материалами в ПАО «Т8 Издательские Технологии»

109316, Москва, Волгоградский проспект, д. 42, корпус 5.

Тел: 8 (495) 322 38 30

www.t8print.ru



9 785904 321451 >