

На правах рукописи

Борzych Ольга Сергеевна

**ГЕОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ПЕРЕОЦЕНКА
МАРГАНЦЕВОРУДНЫХ ОБЪЕКТОВ ЮЖНОЙ СИБИРИ В ЦЕЛЯХ
СОЗДАНИЯ ФЕРРОСПЛАВНОГО ПРОИЗВОДСТВА**

Специальность 25.00.11 – Геология, поиски и разведка
твердых полезных ископаемых, минерагения

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук

Москва – 2012

Работа выполнена в Федеральном государственном унитарном предприятии «Всероссийский научно-исследовательский институт минерального сырья им. Н.М. Федоровского» (ФГУП «ВИМС»)

Научный руководитель: доктор геолого-минералогических наук
Печенкин Игорь Гертрудович

Официальные оппоненты: доктор геолого-минералогических наук
Белов Сергей Викторович

кандидат экономических наук
Алискеров Вадим Азизович

Ведущая организация: Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе (РГГРУ)

Защита состоится 16 марта 2012 года в 11.00 часов на заседании диссертационного совета Д 216.005.01 в Федеральном государственном унитарном предприятии «Всероссийский научно-исследовательский институт минерального сырья им. Н.М. Федоровского» (ФГУП «ВИМС») по адресу: 119017, Москва, Старомонетный пер., 31.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГУП «ВИМС»

Автореферат разослан «___» февраля 2012 года

Ученый секретарь
диссертационного совета

Луговская И.Г.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Переход России на инновационный путь развития позволит повысить ее конкурентоспособность на мировом рынке, сделать экономику устойчивой и обеспечить развитие в будущем. Для этого стране необходимы сильные региональные центры роста инновационной экономики, в которых ведется активная деятельность по созданию новых технологий. Одним из таких опорных центров может стать Красноярский край, входящий в Сибирский федеральный округ (СФО). С Сибирским регионом связаны большие планы, реализовать которые можно только общими усилиями власти, недропользователей, геологов, горняков, технологов, экономистов, экологов и научного сообщества.

Минерально-сырьевая база (МСБ) марганца России представлена труднообогатимыми карбонатными, окисдно-карбонатными, окисдными (в том числе окисленными) рудами, преимущественно бедными, со средним содержанием металла около 20 %. Кроме того, они менее технологичны по сравнению с рудами зарубежных месторождений в связи с полиминеральным составом и высокой дисперсностью, что обуславливает их трудную обогатимость. Разработка отечественных месторождений марганца в стране практически не производилась, а обеспечение промышленности металлом осуществлялось за счет поставок марганцевой продукции из Украины, Грузии и Казахстана. С распадом СССР появилась сложная проблема обеспечения марганцем промышленных предприятий России. В связи с этим возникла необходимость ввода в эксплуатацию собственных марганцевых месторождений окисленных руд, наиболее перспективных для промышленного освоения.

Для вовлечения в освоение отечественных марганцевых руд Сибирского региона необходимо создание рентабельного горнорудного производства, основанного на внедрении рациональных эффективных технологий, позволяющих получать из низкокачественных руд наряду с концентратами обогащения востребованную товарную продукцию: кондиционные высококачественные концентраты (ВМК), химические соединения марганца – химический и электролитический диоксиды марганца (ХДМ, ЭДМ), электролитический металлический марганец (ЭММ) и ферросплавы (Тигунов Л.П., 2000). Это может создать предпосылки для развития МСБ ферросплавного производства на территории Южной Сибири, значительно снизив импортную зависимость.

Все это определяет актуальность работы, обусловленную необходимостью проведения геолого-экономической переоценки освоения марганцевых месторождений на территории Южной Сибири с учетом рациональных технологий их переработки.

Цель работы – обоснование возможностей создания собственного минерально-сырьевого комплекса ферросплавного производства в СФО на основе геолого-экономической переоценки марганцеворудных объектов и повышения их инвестиционной привлекательности.

Реализация данной цели предусматривает решение следующих **основных задач**:

- выделение наиболее перспективного для освоения промышленного типа марганцеворудных объектов окисленных руд на территории СФО с определением геологических, горнотехнических и технологических факторов, влияющих на их промышленную значимость,
- проведение геолого-экономической переоценки освоения месторождений с труднообогатимыми окисленными марганцевыми рудами в регионе с использованием различных технологий переработки и выбором наиболее экономически эффективных,
- обоснование промышленной значимости марганцеворудных объектов на примере конкретных месторождений Южной Сибири на основе применения современных экономически эффективных технологических решений,
- разработка рекомендаций по повышению инвестиционной привлекательности марганцевых объектов Сибирского региона.

Объект исследования – марганцевые месторождения окисленных руд Южной Сибири.

Фактический материал

В основу диссертации положены результаты научно-исследовательских работ, а также материалы работ по государственным контрактам и хозяйственным договорам, выполненным автором в период 2009-2011 гг. в отделе геолого-экономической и экологической оценки месторождений ФГУП «ВИМС». Автор являлся ответственным исполнителем работ по геолого-экономической переоценке месторождений марганца Южной Сибири, проведенной на основе рекомендованных технологий переработки руд. В работе использованы фондовые материалы геологических отчетов, материалы по технико-экономическому обоснованию (ТЭО) разведочных кондиций, научно-правовые и методические документы, действующие в сфере недропользования, а также результаты минералого-аналитических исследований и укрупненных лабораторных технологических испытаний, выполненных сотрудниками ФГУП «ВИМС».

Защищаемые положения

1. На основе изученных геологических и минералого-технологических особенностей окисленных руд марганцевых объектов Южной Сибири выделены три морфогенетических типа месторождений: первый – с остаточными-инфильтрационными рудами, второй – с обломочными рудами в коре выветривания, третий – с инфильтрационными рудами в карстовых структурах. Для них характерны различия в вещественном составе, содержании вредных примесей и качестве руд, что определяет целесообразность применения индивидуальных технологических решений, обеспечивающих повышение технико-экономических показателей освоения.

2. Сравнительный геолого-экономический анализ эффективности различных способов переработки труднообогатимых окисленных

марганцевых руд Сейбинского месторождения позволил обосновать целесообразность использования комбинированных способов переработки с применением гидрометаллургических и геотехнологических методов, для получения востребованной товарной продукции.

3. На основе результатов выполненной геолого-экономической переоценки марганцевых месторождений с окисленными рудами на территории Южной Сибири разработаны рекомендации по повышению их инвестиционной привлекательности путем выбора наиболее экономически эффективных технологий получения широкого спектра дефицитных товарных продуктов.

Научная новизна работы

- Доказана возможность перевода ранее нерентабельных или низкорентабельных марганцевых объектов Южной Сибири в промышленные месторождения, что подтверждено технико-экономическими расчетами.
- Показана целесообразность промышленного освоения марганцевых объектов с труднообогатимыми окисленными рудами на основе применения экономически эффективных инновационных технологий их переработки, в том числе метода кучного выщелачивания.
- Разработана научно обоснованная система мероприятий, обеспечивающая повышение инвестиционной привлекательности марганцеворудных объектов Южной Сибири с оценкой эффективности их освоения.

Практическая значимость

В результате выполненной геолого-экономической переоценки марганцевых месторождений Южной Сибири (Порожинского, Усинского, Николаевского, Дурновского, Селезеньского, Сейбинского) повышена их инвестиционная привлекательность на основе выбора экономически эффективных технологий получения товарных продуктов. Результаты работы были использованы ОАО «Майнекс Ресорсес» для обоснования продолжения дальнейших геологоразведочных работ (ГРР) на оцениваемом Сейбинском месторождении марганца с целью инвестирования денежных средств в данный объект.

Методы исследований

Цели и задачи работы предопределили комплексный характер исследований, включающих в себя: анализ и научное обобщение геологических, технологических, геолого-экономических данных, маркетинговые исследования, экономический и инвестиционный анализы. Автором использовались результаты минералого-аналитических исследований и лабораторных технологических испытаний руд, выполненных в ФГУП «ВИМС».

Апробация работы

Основные положения диссертационной работы и отдельные предложения, выработанные в процессе ее выполнения, были доложены на научно-практических конференциях молодых ученых и специалистов

«Геология, поиски и комплексная оценка твердых полезных ископаемых» (Москва, ВИМС, 2009, 2011), на V международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Молодые – наукам о Земле» (Москва, 2010), на Международном совещании «Научные основы и современные процессы комплексной переработки труднообогатимого минерального сырья» (Казань, 2010), на VIII Конгрессе обогатителей стран СНГ (Москва, 2011); на X Международной конференции «Новые идеи в науках о Земле» (Москва, 2011). В 2011 г. результаты исследований были оформлены коллективом авторов в конкурсную работу, за которую получена премия Российского геологического общества (РосГео) и Федерального агентства по недропользованию МПР России (Роснедра) в номинации «Повышение инвестиционной привлекательности объектов недропользования».

Публикации

Основные результаты диссертации опубликованы в 9 научных работах, в том числе 2 в изданиях, входящих в перечень ВАК Минобрнауки РФ.

Структура и объем работы

Диссертация состоит из введения, пяти глав основного содержания, заключения и приложений. Материал изложен на 133 страницах машинописного текста, проиллюстрирован 20 рисунками, 30 таблицами. Список литературы содержит 114 наименований.

Благодарности

Автор выражает искреннюю благодарность своему научному руководителю И.Г.Печенкину за руководство, поддержку и обсуждение полученных результатов. Автор глубоко признателен большому коллективу специалистов ФГУП «ВИМС» за совместное выполнение работ, ценные замечания, редакцию и предоставленные материалы для проведения исследований: Л.З.Быховскому, Л.П.Тигунову, А.В.Темнову, Л.В.Спорыхиной, Н.И.Орловой, Е.В.Ершовой, В.С.Пикаловой, Н.С.Собчинскому, С.И.Ануфриевой, Е.Г.Лихникевич, Э.Г.Литвинцеву, Е.С.Броницкой, В.Н.Соколовой, Г.А.Сладковой, Ю.Н.Лосеву, Е.А.Пестоновой, Е.С.Волкову, Е.Г.Ожогойной, Ю.Н.Шуваловой, Н.Н.Кривошекову, Т.А.Мартыновой, Е.С.Сорокиной. Автор выражает искреннюю благодарность за ценные рекомендации, всестороннюю поддержку и помощь И.Г.Луговской, И.В.Кузнецовой, Р.В.Голевой, В.П.Борискину, Т.И.Гетманской (ВИМС), А.А.Ашихмину (ЦКР-ТПИ), М.В.Карпухиной (ЦНИГРИ), А.Н.Серегину (ЦНИИчермет им. И.П.Бардина), А.М.Сазонову и Р.А.Цыкину (институт Горного дела и геологии СФУ).

ОБОСНОВАНИЕ ЗАЩИЩАЕМЫХ ПОЛОЖЕНИЙ

Первое защищаемое положение. На основе изученных геологических и минералого-технологических особенностей окисленных руд марганцевых объектов Южной Сибири выделены три морфогенетических типа месторождений: первый – с остаточно-инфильтрационными рудами, второй – с обломочными рудами в коре выветривания, третий – с инфильтрационными рудами в карстовых структурах. Для них характерны различия в вещественном составе, содержании вредных примесей и качестве руд, что определяет целесообразность применения индивидуальных технологических решений, обеспечивающих повышение технико-экономических показателей освоения.

На долю Сибирского Федерального Округа в целом приходится около 63 % балансовых запасов марганцевых руд страны и 45,5 % суммы учтенных прогнозных ресурсов. Гос.балансом РФ по состоянию на 01.01.2011 г. учтены запасы по 11 месторождениям, среди которых 9 находятся в распределенном фонде с собственно марганцевыми и железомарганцевыми рудами: разрабатываемые – Мазульское, Дурновское, Громовское, подготавливаемые к освоению – Порожинское, Усинское, Николаевское, разведываемые – Селезеньское, Красное, Шунгулежское. В нераспределенном фонде учитываются: Чуктуконское месторождение, запасы марганца в котором учтены как попутные, а также разведываемое месторождение Каменское.

МСБ Сибирского региона представлена преимущественно карбонатными и оксидными рудами, сосредоточенными в месторождениях двух геолого-промышленных типов: вулканогенно-осадочных и гипергенных (окисленные руды). Качество руд определяется гранулярным, минеральным и химическим составами (с учетом вредных примесей), а также технологическими свойствами. Качество окисленных руд низкое и колеблется в широких диапазонах из-за содержания вредных примесей.

Объектами исследования явились марганцевые месторождения Южной Сибири с окисленными рудами, степень промышленного освоения которых отражена в табл. 1. Усинское, Порожинское и Николаевское месторождения подготавливаются к освоению; Дурновское – разрабатывается; Селезеньское – разведывается. Сейбинское месторождение не учитывается Гос.балансом, на нем проводится оценка запасов с последующим представлением в ГКЗ.

Марганцевые месторождения зоны гипергенеза представлены двумя группами, имеющими промышленное значение (по Б.М.Михайлову, 1986): зонами окисления карбонатных и оксидно-силикатных руд (Усинское, Дурновское месторождения) и карстовыми месторождениями, среди которых выделяют инфильтрационные (Сейбинское месторождение) и обломочные руды (Селезеньское месторождение).

Месторождения зоны окисления характеризуются мелкими и средними масштабами, линзо-пластообразной формой рудных тел с различным

залеганием (от крутого до пологого). Месторождения обломочных руд в продуктах переотложения кор выветривания и инфильтрационных переотложенных кор в карстовых структурах характеризуются близкими геологическими особенностями. Оруденение мелких месторождений представлено продуктами переотложения кор выветривания в основном с линзообразной и карманообразной формой рудных тел, преимущественно пологого залегания.

Таблица 1

Степень промышленного освоения рассматриваемых марганцевых объектов Южной Сибири (по состоянию на 01.01.2011 г.)

Объект	Промышленный тип руд	Степень освоения	Запасы, млн.т.		Среднее содержание марганца в %	Прогнозные ресурсы апроб., млн. т
			балансовые, АВС ₁ +С ₂	забалансовые/авторские		
Усинское	Оксидный (окисленный)	подготавливаемое к освоению	6,011	-	25,57	-
	карбонатный		121,68	-	19,72	24 (P ₁), 116(P ₂)
Порожинское	Оксидный (окисленный)	подготавливаемое к освоению	29,46	-	18,85	45 (P ₁)
	карбонатный		-	0,63 (забал.)	16,69	50 (P ₁)
Николаевское	Оксидный (окисленный)	подготавливаемое к освоению	1,91	-	18,12	-
Дурновское	Оксидный (окисленный)	разрабатываемое	0,57	-	19,31	-
Селезеньское	Оксидный (окисленный)	разрабатываемое	-	0,99 (забал.)	14,18	-
Сейбинское	Оксидный (окисленный)	не учтено Гос. балансом	-	0,5 (автор.)	17,1	10(P ₁), 20(P ₂)

На основании геологических особенностей и минералоготехнологической характеристики (табл. 2), определяющих качество окисленных марганцевых руд рассматриваемых месторождений, разработана следующая морфогенетическая типизация месторождений зоны гипергенеза. Первый тип представлен на Усинском и Дурновском месторождениях с остаточными инфильтрационными рудами в коре выветривания, второй тип – на Селезеньском месторождении с обломочными рудами в переотложенной коре выветривания, третий тип – на Сейбинском месторождении с инфильтрационными рудами в карстовых структурах. Руды характеризуются повышенным содержанием фосфора, представленного апатитом (Усинское и Селезеньское месторождения) и крандаллитом (Сейбинское месторождение), а также железа, представленного гетитом.

Минералого-технологическая характеристика окисленных марганцевых руд
месторождений Южной Сибири

Генетические типы	Месторождение	Минеральные типы	Текстурные особенности (характерные)	Содержание в %			Типы руд по содержанию основного компонента	Технологический тип руд	Принципиальные технологические схемы	Получаемые продукты	Технологические показатели в %			Качество концентратов
				Mn	Fe	P					Содерж.		Извл.	
											Mn	P		
<i>Первый:</i> остаточно-инфильтрационные в коре выветривания	Усинское	Псиломелан-вернадит-пиролозитовый	Массивные, землистые, прожилковые	25,5	8,4	0,27	рядовые	окисленные фосфористые, низкожелезистые	Рентгенорадиометрическая сепарация, гравитационно-магнитная [ВИМС, 2000].	Суммарный марганцевый концентрат	43,6	0,2	66,2	Кондиционный (соответствует ТУ-9277-84, Сорт О1)
<i>Второй:</i> обломочные в переотложенной коре выветривания	Селезеньское	Пиролозит-псиломелановый, гетит-псиломелановый	Порошковатые, землистые, брекчиевидные, обломочные	10,66	7,4	0,28	убогие	окисленные фосфористые, низкожелезистые	Рентгенорадиометрическая сепарация, гравитационно-магнитная [ВИМС, 2008].	Суммарный марганцевый концентрат	44,1	0,13	62,3	Кондиционный, соответствует требованиям ЗСМК*) (марка МКК-20)
<i>Третий:</i> инфильтрационные в карстовых структурах	Сейбинское	Гетит-пиролозит-псиломелановый	Порошковатые, землистые	17,1	16,0	0,38	бедные	окисленные высокофосфористые высокожелезистые с повышенным содержанием никеля	Гравитационно-магнитная [«Центр-ЭСТАгео», 2002].	Марганцевый концентрат 2-3 сорта	33,8 - 44,6	0,37	44,6	Некондиционный (требует обесфосфоривания)

* ЗСМК – Западно-Сибирский металлургический комбинат

Наиболее перспективны для освоения месторождения обломочных и остаточных-инфильтрационных руд, относимые нами к потенциально-промышленным (по классификации Л.З.Быховского и В.С.Кудрина, 2001). Для данных руд марганцевых месторождений, характеризующихся приемлемым количеством вредных примесей, разработаны достаточно простые технологические схемы механического обогащения, позволяющие получать кондиционные марганцевые концентраты и делающие освоение этих месторождений вполне рентабельными.

Менее перспективными для освоения являются месторождения инфильтрационных руд в карстовых структурах, отнесенные нами к перспективно-промышленным. Эталонный объект – Сейбинское месторождение, расположенное на юге Красноярского края. Существующие технологические схемы механического обогащения не позволяют производить кондиционные по фосфору марганцевые концентраты. Один из путей получения высококачественных марганцевых концентратов – использование химических методов обогащения. Для данного подтипа выполнен анализ геологических, горнотехнических и технологических факторов, влияющих на возможность промышленного освоения (табл. 3).

Таблица 3

Геологические, горнотехнические и технологические факторы, влияющие на освоение Сейбинского месторождения

ФАКТОРЫ	отрицательные	Руды труднообогатимые (извлечение Mn - 41,1 %)
		Повышенное содержание вредных примесей (16,0 % Fe; 0,38 % P)
		Невысокие содержания марганца (17,0 % Mn)
		III группа сложности геологического строения
		Скрытокристаллический характер строения руд
		Полиминеральный состав марганцевых руд
	положительные	Горнотехнические условия залегания (пологозалегающие рудные тела, низкий коэффициент вскрыши)
		Открытый способ отработки

Несмотря на ряд отрицательных факторов, влияющих на возможность освоения подобных объектов, применение инновационных и усовершенствование традиционных технологий переработки труднообогатимых марганцевых руд, разработанных в последние годы, позволяет коренным образом изменить к ним отношение и считать их перспективными для рентабельного освоения

Второе защищаемое положение. Сравнительный геолого-экономический анализ эффективности различных способов переработки труднообогатимых окисленных марганцевых руд Сейбинского месторождения позволил обосновать целесообразность использования комбинированных способов переработки с применением гидрометаллургических и геотехнологических методов, для получения востребованной товарной продукции.

Рассмотрены возможности промышленного использования наиболее труднообогатимых окисленных марганцевых и железомарганцевых руд на примере Сейбинского месторождения.

Сейбинское месторождение окисдных (окисленных) марганцевых и железомарганцевых руд связано с мезозойско-кайнозойскими инфильтрационными корами выветривания, широко развитыми на терригенно-карбонатных породах рифей-венда, которые явились материнской формацией для образования рудного объекта. В геологическом отношении Сейбинский марганцеворудный узел находится в пределах Сисимо-Дербинской структурно-формационной зоны, расположенной в центральной части Восточного Саяна. Гипергенные инфильтрационные процессы в линейной коре выветривания привели к формированию марганцевого оруденения. Сейбинское месторождение состоит из трех участков: Сейбинского, Джетского и Джебартинского. В их пределах выявлено одиннадцать рудных тел, представляющих собой линзовидные, гнездообразные, жилоподобные, карманоподобные и сложные трудногеометризуемые залежи с максимальной мощностью 33,8 м. Протяженность рудных тел - от первых десятков до 600-1000 м, по падению они прослежены на 118 м. Глубина залегания рудных тел 1-70 м, причем более четверти из них выходит на дневную поверхность, что делает их доступными для открытой добычи. На месторождении имеются только окисленные гетит-пиролюзит-псиломелановые руды характеризующиеся преимущественно высоким содержанием железа.

Минералогическими исследованиями установлено, что окисленные марганцевые руды Сейбинского месторождения характеризуются весьма сложным полиминеральным составом и неоднородным строением, что обуславливает их трудную обогатимость (Ожогина Е.Г., 2009).

В пределах месторождения выделено несколько технологических подтипов окисленных марганцевых руд (согласно методическим рекомендациям..., МПР РФ, 2007), различающихся по содержанию Mn, P, Fe (табл. 4). В ходе укрупненных лабораторных исследований были разработаны схемы переработки всех изученных технологических подтипов окисленных руд, которые включали применение гравитационных, магнитных и химических методов обогащения, а также инновационные геотехнологические методы с получением товарных марганцевых продуктов для металлургической и химической промышленности (Ануфриева С.И. и др., 2009).

Технологические подтипы окисленных марганцевых руд
Сейбинского месторождения

Технологические подтипы	Химический состав (в %)		
	Mn	Fe	P
фосфористые маложелезистые	19,32	2,01	0,22
высокофосфористые маложелезистые	23,9	3,6	0,56
высокофосфористые железистые	20,12	9,16	0,48
высокофосфористые высокожелезистые	17,5	19,88	0,54

Сейбинское месторождение окисдных (окисленных) марганцевых и железомарганцевых руд может представлять промышленную ценность при внедрении инновационных технологических и экономически эффективных схем переработки, что подтверждено минералого-аналитическими исследованиями и технологическими испытаниями.

Выполненная геолого-экономическая переоценка освоения марганцевых месторождений зоны гипергенеза на примере Сейбинского месторождения позволила определить наиболее экономически эффективные технологии переработки. Она проведена по трем вариантам технологических схем, предусматривающих различные способы переработки окисленных руд и получения конечных товарных продуктов (табл. 5).

Для геолого-экономической переоценки прогнозные ресурсы пересчитаны через соответствующие коэффициенты приведения (P_1 к $C_2 - 0,5$; P_2 к $C_2 - 0,25$) в запасы условной категории C_2 в количестве 10 млн. т (по авторским запасам и прогнозным ресурсам) в соответствии с применяемой в настоящее время формулой Роснедра (А.С.Савин, С.В.Савин, 2009).

Сейбинский рудный узел, в пределах которого выявлено одноименное месторождение, расположен на юге Красноярского края в экономически освоенном Курагинском районе. Условия залегания рудных тел Сейбинского рудного узла позволяют вести их отработку открытым способом с годовой производительностью по добыче руды порядка 420 тыс. т. Техно-экономические расчеты по определению эффективности освоения окисленных марганцевых руд Сейбинского рудного узла предусматривают определение показателей по следующим разделам: товарная продукция, эксплуатационные затраты, инвестиции в освоение объекта, налоги и отчисления, результирующие технико-экономические показатели, интегральные показатели экономической эффективности освоения объекта.

Геолого-экономическая оценка эффективности освоения окисленных руд Сейбинского рудного узла позволила установить, что наилучшими показателями характеризуется использование метода кучного выщелачивания для вскрытия марганцевой руды и дальнейшей переработки марганецсодержащего раствора с получением товарной продукции – ВМК, ЭММ, ЭДМ, ХДМ (табл. 5). Техно-экономические показатели промышленного освоения данного варианта положительные. Окупаемость капитальных вложений варьирует в соответствии с подвариантами – от 2,9 до 3,2 лет, рентабельность к инвестициям – от 18,2 до

20,6 %. Чистый дисконтированный доход (ЧДД) объекта положителен – от 2,0 до 2,6 млрд. руб., индекс доходности (ИД) – от 1,18 до 1,21, внутренняя норма доходности (ВНД) – от 24,4 до 27,1 %. Положительным экономическим эффектом характеризуется также метод обжиг-магнитного обогащения с получением обесфосфоренного марганцевого концентрата и железосодержащего продукта, а также солянокислотное вскрытие продуктов глубокого обогащения с получением ВМК.

Таблица 5

Результаты геолого-экономической переоценки освоения Сейбинского месторождения по различным вариантам технологических схем

Вариант	Основные технологические операции	Товарные продукты	Экономический эффект
1-а	Магнитная сепарация, обесфосфоривание концентрата, окомкование обесфосфоренного концентрата, сульфатно-термохимическая переработка промпродукта	Марганецсодержащие рудоугольные окатыши; ВМК, ХДМ; искусственный родохрозит, оксид никеля	Нерентабелен
1-б	Магнитная сепарация, обесфосфоривание концентрата, окомкование обесфосфоренного концентрата	Марганецсодержащие рудоугольные окатыши	Нерентабелен
1-в	Магнитная сепарация, солянокислотное вскрытие концентрата и промпродукта	ВМК	Достаточно эффективен
2-а	Магнитная сепарация, обжигмагнитная переработка объединенного концентрата и промпродукта	Кондиционный марганцевый концентрат, железосодержащий продукт, пригодный для выплавки фосфористого чугуна	Достаточно эффективен
2-б	Сульфатно-термохимическая переработка руды	ВМК, ХДМ, оксиды никеля и железа	Нерентабелен
3-а	Кучное выщелачивание руды, химико-технологическая переработка марганецсодержащего раствора с использованием электролиза	ВМК, ЭММ, ЭДМ, оксид никеля	Наиболее эффективны
3-б	Кучное выщелачивание руды, химико-технологическая переработка марганецсодержащего раствора	ВМК	
3-в	Кучное выщелачивание руды, химико-технологическая переработка марганецсодержащего раствора	ВМК, ХДМ, оксид никеля	

Положительная геолого-экономическая переоценка освоения Сейбинского марганцеворудного узла, в том числе Сейбинского месторождения, позволяет рекомендовать завершение оценочной стадии работ с составлением технико-экономического обоснования временных кондиций для утверждения в ГКЗ и выполнения подсчета запасов с постановкой их на государственный учет. Это позволит перевести подобные объекты, на сегодняшний день непривлекательные с экономической точки

зрения, в промышленные месторождения для дальнейшего освоения с учетом применения новых и усовершенствования традиционных экономически эффективных технологий переработки руд.

Вовлечение в освоение отечественных гипергенных месторождений марганца может создать предпосылки для организации ферромарганцевого производства на территории Южной Сибири.

Третье защищаемое положение. На основе результатов выполненной геолого-экономической переоценки марганцевых месторождений с окисленными рудами на территории Южной Сибири разработаны рекомендации по повышению их инвестиционной привлекательности путем выбора наиболее экономически эффективных технологий получения широкого спектра дефицитных товарных продуктов.

Потребности РФ в марганцевой продукции удовлетворяются в значительной мере за счет ввоза концентратов, ферросплавов и других продуктов из стран СНГ и дальнего зарубежья. Для удовлетворения потребностей чёрной металлургии в марганце на сегодняшний день требуется 220-230 тыс. т углеродистого ферромарганца, 210-220 тыс. т товарного силикомарганца и 20-25 тыс. т суммарно металлического, электролитического марганца и среднеуглеродистого ферромарганца. Для производства такого объема необходимо затратить 1,0-1,2 млн. т марганцевых концентратов и около 3 млн. МВт электроэнергии. К 2020 г. потребление марганцевых сплавов может достигнуть 660 тыс. т. Это потребует производства 1,6 млн. т товарных марганцевых руд и концентратов, что соответствует добыче порядка 4-5 млн. т руды ежегодно.

На территории Сибирского региона реализуется целый ряд крупномасштабных целевых федеральных и региональных программ, оказывающих существенное позитивное влияние на динамику основных макроэкономических показателей развития страны в целом и улучшающих параметры экономической безопасности России:

1. Строительство железной дороги Курагино-Кызыл. Новая железнодорожная магистраль позволит освоить месторождения черных, цветных и редких металлов, золота, угля и еще ряда перспективных объектов юга Красноярского края и Тувы, которые в настоящее время не оценены вследствие своей недоступности. В процессе освоения месторождений объем завоза грузов может составить 3-5 млн. т в год.

2. Строительство с сентября 2009 г. нового Енисейского ферросплавного завода (ЕнФЗ) в Красноярске компанией ЗАО «ЧЭК-СУ.ВК» проектной мощностью первой очереди 225 тыс.т марганцевых сплавов в год. Ресурсной базой завода будет Усинское месторождение в Кемеровской области. Ввод завода в строй ожидается в 2014 г.

3. Вовлечение в 2016 г. в эксплуатацию крупнейшего Усинского месторождения компанией ЗАО «ЧЭК-СУ.ВК», включенного в «Стратегию

развития металлургической промышленности РФ на период до 2020 года», утвержденную Приказом Министерства промышленности и торговли РФ от 18.03.2009 г. № 150.

4. Осуществление с 2007 г. проекта строительства компанией ООО «Проминвест» Сосновоборского металлургического завода (СбФЗ) под Красноярском с годовой проектной мощностью 221 тыс. т ферромарганца и силикомарганца. Поставку марганцевой руды предполагается осуществлять с Порожинского месторождения. Ввод завода в строй ожидается в 2016 г.

5. Освоение крупного Порожинского месторождения к 2020 г. дочерней компанией «Проминвеста» - ЗАО «Туруханский меридиан».

Оценка инвестиционной привлекательности марганцевых месторождений Южной Сибири. Для марганцевых месторождений Южной Сибири, а именно крупнейших в России Усинского (Кемеровская область) и Порожинского (Красноярский край), других перспективных месторождений – Дурновского и Селезеньского (Кемеровская область), Николаевского (Иркутская область), выполнена геолого-экономическая переоценка их освоения с выбором эффективных технологий получения товарных продуктов в современных экономических условиях. Для объектов исследования пересчет основных технико-экономических показателей проведен в соответствии с методическими рекомендациями с использованием данных ТЭО разведочных кондиций и инвестиционных проектов прошлых лет. Кроме этого, выполнена оценка бюджетной эффективности освоения данных объектов, характеризующаяся величиной налоговых поступлений всех уровней при их разработке.

Итоговые результаты геолого-экономической переоценки марганцевых объектов исследования с номенклатурой и количеством готовой марганцевой продукции по оцененным месторождениям приведены в табл.6-7.

Технико-экономические расчеты освоения ***Порожинского месторождения*** выполнены по разработанной отдельной схеме переработки окисленных фосфористых железистых и высокофосфористых маложелезистых руд. Производительность предприятия по добыче руды - 2000 тыс. т, в т.ч. окисленная фосфористая руда – 1500 тыс. т, окисленная высокофосфористая руда – 500 тыс. т. Технологическая схема переработки фосфористых железистых руд предусматривает рудоподготовку, радиометрическую и фотометрическую сепарацию с получением марганцевого концентрата 2 сорта, грохочение, обесшламливание, магнитную сепарацию, брикетирование концентрата с получением брикетов. Для высокофосфористых маложелезистых руд схема включает наряду с магнитной сепарацией обесфосфоривание концентрата, окомкование с получением окатышей, гидрOMETALLургическую переработку промпродукта с получением ВМК. Объединенные хвосты и шламы обоих сортов руд направляются на кучное выщелачивание с получением ХДМ и ВМК. Технико-экономические показатели освоения положительные.

Таблица 6

Результуирующие технико-экономические показатели освоения основных месторождений марганца Южной Сибири

Показатель	Единица измерения	Месторождения						Итого по объектам
		Порожинское	Дурновское	Николаевское	Селезеньское	Усинское	Сейбинское	
Технология переработки руд		<i>гравитационно-магнитная, химическое обогащение, кучное выщелачивание отходов и шламов</i>	<i>солянокислотное вскрытие, электролиз</i>	<i>кучное выщелачивание руды</i>	<i>РРС, гравитационно-магнитная</i>	<i>гравитационно-магнитная с магнетизирующим обжигом</i>	<i>кучное выщелачивание руды</i>	
Годовая производительность по руде	тыс. т	2000	56	300	350	1850	420	-
Годовая стоимость товарной продукции	млн. руб.	6754,8	912	1406,5	343,1	5931,2	1577,1	16924,7
Годовые издержки производства	млн. руб.	5208,5	693,6	1382,7	196,7	3255,4	1138,2	11875,1
Инвестиции, всего	млн. руб.	7528,9	814,7	2701,2	652,9	10698,2	1585,1	23981,0
Годовая чистая прибыль	млн. руб.	1104,5	162,8	308,4	106,3	1963,8	327,2	3973,0
Годовой доход предприятия	млн. руб.	1760,2	250,7	483,7	141,3	2704,4	471,2	5811,5
Срок возврата инвестиций	лет	4,3	2,7	5,0	4,3	3,7	2,9	-
Рентабельность к производственным фондам	%	13,0	20,0	11,4	16,3	18,4	20,6	-
Чистый дисконтированный доход (ЧДД)	млрд.руб.	3,2	1,4	0,09	0,68	9,3	2,0	16,67
Численность трудящихся, всего	чел.	2250	180	472	108	1017	429	4456
Налоги (за год):	млн. руб.	1514,6	73,3	165,3	61,7	1004,8	142,4	2962,1
– федеральные	млн. руб.	454,4	22	49,6	18,5	301,4	42,7	888,6
– региональные	млн.руб.	1060,2	51,3	115,7	43,2	703,4	99,7	2073,5

Номенклатура и количество готовой марганцевой продукции по оцененным месторождениям Южной Сибири

Месторождение	Марганцевые продукты	Годовое количество, тыс.т.
Порожинское	марганцевый концентрат II сорта (43,9% Mn)	200,4
	брикеты (29,8% Mn)	528
	рудоугольные окатыши (46,2% Mn)	110,7
	химический диоксид марганца (ХДМ; 61,0%Mn)	7,0
	высококачественный марганцевый концентрат (ВМК; 67,3%Mn)	28,8
	высококачественный марганцевый концентрат (ВМК; 59,4%Mn)	90,9
Усинское	карбонатный концентрат II сорта (33% Mn)	131,0
	карбонатный концентрат I сорта (37% Mn)	202,8
	оксидный концентрат (44% Mn)	197,0
	электролитический диоксид марганца (ЭДМ;63%Mn)	7,0
	химический диоксид марганца (ХДМ; 62,5%Mn)	7,0
	электролитический металлический марганец (ЭММ; 99,7%Mn)	10,0
Николаевское	высококачественный марганцевый концентрат (ВМК; 62%Mn)	72,2
	химический диоксид марганца (ХДМ;62,5%Mn)	7,0
Дурновское	электролитический металлический марганец (ЭММ; 99,7%Mn)	10,0
Селезеньское	оксидный концентрат радиометрического обогащения (47% Mn)	17,2
	оксидный концентрат глубокого обогащения (39% Mn)	31,4
	промпродукт глубокого обогащения (21% Mn)	25,1
Сейбинское	химический диоксид марганца (ХДМ; 62,5%Mn)	7,0
	высококачественный марганцевый концентрат (ВМК; 62% Mn)	82,4

Технико-экономические расчеты освоения *Усинского месторождения* выполнены на основе пересчета проектных показателей инвестиционного проекта освоения Усинского месторождения окисленных фосфористых железистых и карбонатных малофосфористых маложелезистых марганцевых руд, разработанного сотрудниками ФГУП «ВИМС» в 2002 г. В основу оценки положена принятая оптимальная схема освоения Усинского месторождения, которая дала положительный экономический эффект. Добыча карбонатных и окисленных марганцевых руд предусматривается открытым способом с годовой производительностью соответственно 1200

тыс. т и 650 тыс. т. Карбонатные малофосфористые маложелезистые марганцевые руды обогащаются на установке рентгенорадиометрической сепарации (РРС) и затем по гравитационно-магнитной схеме с получением кондиционного марганцевых концентратов 1 и 2 сорта, а также ЭММ, ЭДМ и ХДМ. Окисленные фосфористые железистые руды обогащаются по гравитационно-магнитной схеме с магнетизирующим обжигом, что позволяет получить высококачественный оксидный концентрат. Технико-экономические показатели являются положительными.

Технико-экономические расчеты освоения **Николаевского месторождения**. Опыт изучения окисленных высокофосфористых маложелезистых марганцевых руд Николаевского месторождения показывает, что получаемый марганцевый концентрат проектируемого ГОКа является кондиционным по марганцу, но некондиционным по фосфору. Проводимая ранее оценка экономической эффективности производства данного продукта на месторождении показала отрицательные результаты. Технико-экономические расчеты выполнены на основе запасов месторождения и уч. Каменка в количестве 2,5 млн. т. Годовая производительность по добыче руды 300 тыс. т. Технологическая схема предусматривает по аналогии с Сейбинским месторождением кучное выщелачивание руды с выделением очищенного марганецсодержащего раствора, из которого при гидрометаллургической переработке получены ХДМ и ВМК. Геолого-экономическая оценка показала положительный результат.

Технико-экономические расчеты освоения **Селезеньского месторождения** выполнены на основе данных ТЭО разведочных кондиций для подсчета запасов окисленных фосфористых железистых марганцевых руд Селезеньского месторождения в 2011 г. Принята технологическая схема, предусматривающая РРС и глубокое обогащение (ГО) с получением товарного марганцевого концентрата радиометрического обогащения, марганцевого концентрата ГО и промпродукта ГО. Расчеты выполнены для освоения окисленных фосфористых железистых марганцевых руд при бортовом содержании Mn=5 % на основе пересчитанных запасов кат. C₁+C₂ в количестве 3,4 млн. т при среднем содержании марганца в недрах – 10,66 %. Годовая производительность по добыче руды открытым способом принята 325 тыс. т. Технико-экономические расчеты показали, что отработка Селезеньского месторождения при бортовом содержании марганца 5 % характеризуется приемлемыми для обоснования инвестиционной привлекательности показателями.

Технико-экономические расчеты освоения **Дурновского месторождения**. Для окисленных фосфористых маложелезистых руд Дурновского месторождения выполнены технико-экономические расчеты с оценкой эффективности производства ЭММ при годовой производительности по добыче руды открытым способом 56 тыс. т. Технологическая схема предусматривает глубокое обогащение, солянокислотное вскрытие с выделением марганецсодержащего раствора,

дальнейшим электролизом и получением готовой марганцевой продукции. Положительные технико-экономические показатели определяют экономическую целесообразность вложения инвестиций в строительство цеха по производству ЭММ на базе запасов месторождения.

Технико-экономические расчеты освоения *Сейбинского месторождения* подробно изложены при обосновании второго защищаемого положения. Наилучшими показателями при освоении месторождения характеризуется использование метода кучного выщелачивания для вскрытия марганцевой руды с дальнейшей гидрометаллургической переработкой марганецсодержащего раствора с получением ВМК и ХДМ.

Для данного экономически эффективного варианта был выполнен анализ чувствительности и устойчивости проекта с изучением зависимости показателей эффективности освоения оцениваемого объекта от изменения основных расчетных параметров. Устойчивость экономики к влиянию различных рисков учитывалась путем расчета устойчивости ЧДД, ИД, ВНД к изменению цен на марганцевую продукцию, величины эксплуатационных и капитальных затрат, а также годовой производительности предприятия по руде. Анализ чувствительности и устойчивости к изменению затратной части и цены на марганцевую продукцию позволил сделать вывод о средней устойчивости рассмотренного варианта переработки окисленных марганцевых руд. Наибольшую степень риска представляет снижение стоимости реализуемой товарной продукции и увеличение величины эксплуатационных затрат.

С использованием проведенных нами технико-экономических расчетов, основанных на различных вариантах технологий переработки руд марганцевых месторождений Южной Сибири, сотрудниками ФГУП «ВИМС» (Темнов А.В. и др., 2010) разработаны различные поэтапные сценарии освоения минерально-сырьевой базы марганца региона. Они показывают практическую возможность организации ферросплавного производства, что позволит покрыть к 2020 г. прогнозируемые потребности в марганцевой продукции на 70 %.

Это еще раз подтверждает наши выводы о целесообразности вовлечения в освоение марганцевых объектов с труднообогатимыми окисленными рудами. Рентабельность отработки таких объектов с применением инновационных технологических схем получения востребованной промышленностью марганцевой продукции показана на примере конкретных месторождений, что подтверждено технико-экономическими расчетами и результирующими показателями (см. табл. 6-7).

Заключение

1. Проведена типизация наиболее перспективных для освоения гипергенных месторождений марганца Южной Сибири по особенностям геологического строения и качеству руд, что позволило определить их промышленную значимость. Наиболее перспективны первые два типа, представленные Усинским, Порожинским, Дурновским и Селезеньским месторождениями с остаточно-инфильтрационными рудами кор выветривания и обломочными в переотложенной коре выветривания. Менее перспективным является третий тип, представленный Сейбинским месторождением с инфильтрационными рудами в карстовых структурах. Для данного типа выявлены геологические, горнотехнические и минералоготехнологические факторы, влияющие на промышленную значимость. Отрицательными факторами, определяющими трудность вовлечения данных руд в отработку, являются: сложное геологическое строение (третья группа сложности), низкие содержания марганца, повышенное содержание вредных примесей (фосфора и железа), полиминеральный, скрытокристаллический характер руд, что обуславливает их трудную обогатимость и как следствие не позволяет вовлекать их в отработку.

2. Доказана возможность промышленного освоения марганцевых объектов с труднообогатимыми окисленными рудами на основе проведения геолого-экономической переоценки при использовании комбинированных способов переработки, включающих гидрометаллургические и геотехнологические (в том числе инновационные) методы. Геолого-экономическая переоценка выполнена на примере Сейбинского месторождения по различным технологическим схемам переработки руд с получением товарной марганцевой продукции. Установлено, что при открытой отработке месторождения с годовой производительностью по добыче руды – 420 тыс. т наиболее экономически эффективным методом извлечения полезного компонента является кучное выщелачивание окисленных марганцевых руд с введением операции химического обогащения. Положительным экономическим эффектом характеризуется также солянокислотное вскрытие продуктов глубокого обогащения и метод обжиг-магнитного обогащения.

3. Показана целесообразность перевода подобных гипергенных марганцевых объектов, являющихся на сегодняшний день перспективно-промышленными или даже потенциально-промышленными, в промышленные месторождения на основе применения новых и усовершенствованием традиционных экономически эффективных технологических схем переработки руд.

4. Повышена инвестиционная привлекательность марганцевых месторождений Южной Сибири (Порожинского, Усинского, Николаевского, Дурновского, Селезеньского, Сейбинского) в результате выполненной геолого-экономической переоценки, и разработаны соответствующие рекомендации.

В современных экономических условиях повысить инвестиционную привлекательность марганцеворудных объектов возможно двумя путями:

- решением задачи технологической и экономически эффективной переработки труднообогатимых окисленных марганцевых руд с различным содержанием вредных примесей для получения востребованных товарных продуктов;

- объединением разрозненных лицензионных объектов (в основном мелких), принадлежащих сегодня разным недропользователям, в единую компактную группу, состоящую из объектов со сходными технологическими свойствами руд, для которых возможно создание единого горно-обогатительного комплекса с промплощадками и с общей инфраструктурой.

Список опубликованных работ по теме диссертации

1. **Борzych О.С.** Геолого-экономическая оценка эффективности переработки окисленных марганцевых руд кор выветривания Сисимо-Дербинской структурно-формационной зоны // Тезисы докладов второй научно-практической конференции молодых ученых и специалистов «Геология, поиски и комплексная оценка твердых полезных ископаемых». - М.: ФГУП «ВИМС», 2009. С. 24.

2. **Борzych О.С.** Экономический эффект применения технологии кучного выщелачивания для переработки труднообогатимых окисленных марганцевых руд // Материалы V Международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Молодые – наукам о Земле». - М.: РГГРУ, 2010. С. 309.

3. **Борzych О.С.,** Ершова Е.В., Ануфриева С.И., Ожогина Е.Г. Гипергенные марганцевые руды – перспективы промышленного освоения // Материалы Международного совещания: Научные основы и современные процессы комплексной переработки труднообогатимого минерального сырья (Плаксинские чтения 2010). Казань, 13-18 сентября 2010 г. - М.: 2010. С. 85-88.

4. Ануфриева С.И., Броницкая Е.С., Соколова В.Н., **Борzych О.С.** Выбор экономически эффективных технологий переработки труднообогатимых окисленных марганцевых руд // Материалы VIII Конгресса обогатителей стран СНГ. Том. I. - М.: МИСиС, 2011. С. 198-200.

5. **Борzych О.С.,** Ануфриева С.И., Броницкая Е.С., Соколова В.Н. Геолого-экономическое сопоставление вариантов переработки окисленных марганцевых руд с учетом анализа рисков // Рациональное освоение недр. 2011. № 1. С. 42-47.

6. **Борzych О.С.,** Ануфриева С.И. Анализ чувствительности и устойчивости проекта освоения труднообогатимых марганцевых руд // Материалы X Международной конференции «Новые идеи в науках о Земле». Т. 3. - М.: Экстра-Принт, 2011. С. 91-92.

7. **Борzych О.С.** Оценка инвестиционной привлекательности промышленного освоения марганцевых объектов гипергенного типа // Тезисы докладов третьей научно-практической конференции молодых

ученых и специалистов: «Комплексное изучение и оценка месторождений твердых полезных ископаемых». - М.: ФГУП «ВИМС», 2011. С. 28-29.

8. Соколова В.Н., Ануфриева С.И., Темнов А.В., **Борzych О.С.**, Якушина О.А. Перспективы применения технологии кучного выщелачивания для переработки труднообогатимых марганцевых руд // Разведка и охрана недр. 2011. № 8. С. 44-49.

9. **Борzych О.С.**, Ануфриева С.И., Ершова Е.В. Пути повышения инвестиционной привлекательности марганцеворудных объектов при использовании инновационных технологических решений // Изв. вузов. Геология и разведка. 2011. № 4. С. 64-69.

Подписано в печать 09.02.2012 г.
Формат 60×90 1/16. Усл. печ. л. 1,0
Отпечатано на ризографе.
Тираж 100. Заказ № 12

РИС «ВИМС»
119017, г. Москва, Старомонетный пер. дом 31