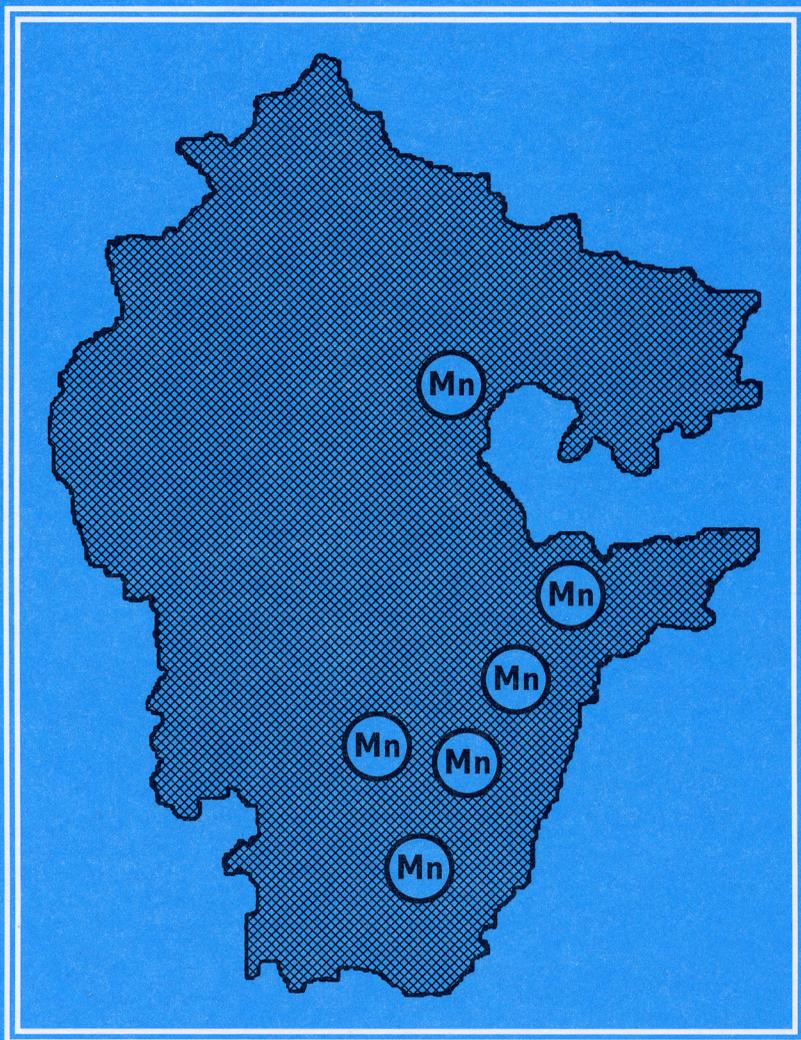


**ПОЛЕЗНЫЕ ИСКОПАЕМЫЕ
РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН
(МАРГАНЦЕВЫЕ РУДЫ)**



Российская Академия наук
Институт геологии Уфимского научного центра
Академия наук Республики Башкортостан
Отделение наук о Земле
Государственное Унитарное Геологическое Предприятие
«Башгеолцентр»

Д.Н.Салихов, С.Г.Ковалев,
А.И.Брусницын, Г.И.Беликова,
П.Г.Бердников, Е.А.Сергеева, Т.А.Семкова

**ПОЛЕЗНЫЕ ИСКОПАЕМЫЕ
РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН
(марганцевые руды)**

Уфа-2002

УДК 553.32 (470.52)

Д.Н.Салихов, С.Г.Ковалев, А.И.Брусницын, Г.И.Беликова, П.Г. Бердников,
Е.А.Сергеева, Т.А.Семкова.

ПОЛЕЗНЫЕ ИСКОПАЕМЫЕ РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН
(марганцевые руды). Уфа: изд-во «Экология», 2002. 242 с.

Монография является очередной книгой из серии «Полезные ископаемые Республики Башкортостан». В ней приводятся обобщенные материалы по марганцевоносности территории Республики. С различной степенью детальности описываются свыше 60 месторождений и рудопроявлений марганцевых руд, причем основной упор сделан на характеристике оруденения палеозойского возраста. Приводятся геологические материалы о стратиграфическом положении рудовмещающих толщ в разрезах. Кроме того, в работе дана детальная характеристика минерального состава руд месторождений Магнитогорского мегасинклинория, а также проведен теоретический анализ условий образования и устойчивого существования минеральных форм и ассоциирующих с ним соединений, выполненный расчетными методами химической термодинамики, что позволяет оценить некоторые физико-химические условия образования минеральных фаз. В работе обосновываются точки зрения авторов на генезис марганцевого оруденения и делаются выводы о перспективах территории Республики на этот вид минерального сырья.

Книга рассчитана на широкий круг читателей и, в первую очередь, на специалистов в области геологии и металлогении, а также студентов и аспирантов, изучающих соответствующие дисциплины. Она также будет полезна предпринимателям, занимающимся вопросами добычи полезных ископаемых.

Библиогр. назв. Табл. 19. Илл. 72.

Ответственный редактор:

Рецензент:

© Д.Н.Салихов, С.Г.Ковалев, А.И.Брусницын, Г.И.Беликова, П.Г.Бердников,
Е.А.Сергеева, Т.А.Семкова.

Russian Academy of Sciences
Institute of Geology of Russian Scientific Centre
Academy of Sciences of the Bashkortostan Republic
Department of Earth Sciences
State Unitary Geological Enterprise "Bashgeolcentre"

D. N. Salikhov, S. G. Kovalev,
A. I. Brusnitsin, G. I. Belikova,
P. G. Berdnikov, T. A. Semkova, E. V. Sergeyeva

THE RESOURCES OF THE
BASHKORTOSTAN REPUBLIC
(manganese ores)

Ufa - 2002

UDK 553.32 (470.52)

D.N. Salichov, S.G. Kovalev, A.I.Brusnizin, G.I.Belikova, P.G.Berdnikov,
E.A.Sergeeva, T.A.Semkova.

THE RESOURCES OF THE BASHKORTOSTAN REPUBLIC ().
Ufa: «Ecolody», 2002. 242 p.

As a result the main conclusion was made about availability of PGE in the different objects which are located on the territory of the Bashkortostan Republic.

Responsible editors: Doctor of geol.-miner. sciences D.N. Salichov

Reviewer: Doctor of geol.-miner. sciences A.A.Alekseev

© D.N. Salichov, S.G. Kovalev, A.I.Brusnizin, G.I.Belikova, P.G.Berdnikov,
E.A.Sergeeva, T.A.Semkova,

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	9
Глава 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ	12
1.1. Химические свойства марганца, его минеральные соединения и использование в промышленности	12
1.2. Требования промышленности к марганцевым рудам, их типы и методы обогащения	21
1.3. Марганцевые месторождения и их распространение	29
Глава 2. МАРГАНЦЕВЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН	34
2.1. Марганцевое оруденение западного борта Магнитогорского мегасинклинория	35
2.1.1. Гидротермально-осадочные месторождения	37
<i>Северо-Учалинский марганцеворудный район</i>	<i>40</i>
<i>Южно-Учалинский марганцеворудный район</i>	<i>57</i>
<i>Узынкырский марганцеворудный район</i>	<i>68</i>
<i>Худолозовско-Карамалыташский марганцеворудный район</i>	<i>90</i>
<i>Таналыкский марганцеворудный район</i>	<i>108</i>
2.1.2. Вещественный состав и типы марганцевых руд гидротермально-осадочных месторождений	115
2.1.3. Минералогия марганцевых руд гидротермально-осадочных месторождений	118
2.1.4. Месторождения бобовых марганцевых руд	161
2.1.5. Перспективы увеличения запасов и использования марганцевых руд	166
2.2. Марганцевое оруденение Зилаирского синклинория	168
2.2.1. Месторождения Зилаирского синклинория	169
2.3. Марганцевое оруденение западного склона Южного Урала	172
<i>Зианчурино-Кугарчинский рудный район</i>	<i>172</i>
<i>Улутеляжское марганцеворудное поле</i>	<i>187</i>
Глава 3. РАЗМЕЩЕНИЕ И ГЕНЕЗИС МАРГАНЦЕВОГО ОРУДЕНЕНИЯ БАШКОРТОСТАНА	194

3.1. К вопросу о формировании марганцеворудных месторождений Башкортостана	194
3.2. Закономерности распространения марганцевого оруденения на территории Республики Башкортостан	226
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	229
АЛФАВИТНЫЙ СПИСОК МЕСТОРОЖДЕНИЙ И РУДОПРОЯВЛЕНИЙ	231
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	233

CONTENTS

INTRODUCTION	9
Chapter 1. GENERAL INFORMATION	12
1.1. Manganese chemical properties, minerals and industrial use	12
1.2. Industry's requirements to manganese ores, their types and dressing methods	21
1.3. Manganese deposits and their occurrence	29
Chapter 2. MANGANESE DEPOSITS OF THE BASHKORTOSTAN REPUBLIC	34
2.1. Manganese ore deposits of western part of Magnitogorsk megasynclorium	35
2.1.1. <i>Hydrothermal-sedimentary deposits</i>	37
<i>Northern Uchaly manganese ore region</i>	40
<i>Southern Uchaly manganese ore region</i>	57
<i>Uzynkyr manganese ore region</i>	68
<i>Khudolaz-Karamalytash manganese ore region</i>	90
<i>Tanalyk manganese ore region</i>	108
2.1.2. <i>Composition and types of manganese ores of hydrothermal-sedimentary deposits</i>	115
2.1.3. <i>Mineralogy of manganese ores of hydrothermal-sedimentary deposits</i>	118
2.1.4. <i>Deposits of bean manganese ores</i>	161
2.1.5. <i>The perspectives of increase of resources and use of manganese ores</i>	166
2.2. Manganese ore deposits of Zilair synclorium	168
2.2.1. <i>The ore deposits of Zilair synclorium</i>	169
2.3. Manganese ore deposits of Southern Urals' western slope	172
<i>Zianchurino-Kugarchi ore region</i>	172
<i>Ulu-Telyak manganese ore field</i>	187
Chapter 3. DISTRIBUTION AND GENESIS OF MANGANESE ORE DEPOSITS OF BASHKORTOSTAN	194

3.1. To the question about formation of manganese ore deposits of Bashkortostan	194
3.2. Peculiarities of distribution of manganese ore deposits over the territory of the Bashkortostan Republic	226
CONCLUSION	229
ALPHABETIC LIST OF ORE DEPOSITES AND ORE MANIFESTATIONS	231
REFERENCES.....	233

ВВЕДЕНИЕ

Предлагаемая книга является очередным томом из серии «Полезные ископаемые Республики Башкортостан». Актуальность написания данной работы обусловлена назревшей необходимостью систематизации имеющихся данных по этому виду минерального сырья, а также обеспечением справочным материалом исследователей, студентов и предпринимателей малого и среднего бизнеса, ориентирующихся на горнорудное дело в пределах Республики Башкортостан.

Несмотря на развитие металлургии и выявление все новых легирующих компонентов, на сегодняшний день марганец является единственным элементом, который по своему действию и экономическому эффекту применения в больших масштабах не имеет замены в процессе производства стали обычных и специальных сортов.

Черная металлургия СССР удовлетворяла свои потребности в марганцевой руде за счет эксплуатации уникальных месторождений Чиатура (Грузия) и Никопольского (Украина). В настоящее время названные месторождения находятся за пределами Российской Федерации, что сильно осложняет обеспечение промышленности марганцевыми рудами. В этой ситуации разработка небольших месторождений становится актуальной. На территории Республики Башкортостан известно множество мелких месторождений марганцевых руд. Часть из них были вовлечены в эксплуатацию в тридцатые-сороковые годы и, в той или иной степени, отработаны. Все они, без исключения, при плановой экономике СССР, были признаны не рентабельными и утратившими промышленное значение. В современных экономических условиях некоторые месторождения Башкортостана могут стать рентабельными и пригодными для освоения. Здесь свою роль играют такие факторы, как:

- 1) устойчивый спрос на добываемое сырье в условиях его острого дефицита;
- 2) большое количество потребителей марганцевых руд в Уральском регионе;
- 3) относительно небольшая капиталоемкость освоения объектов.

В настоящее время на территории Башкортостана ведется отработка Южно-Файзуллинского и Северо-Файзуллинского месторождений в Баймакском районе, а также Кожаевского месторождения в Учалинском районе. Начаты работы на Улутелякском (Тюлько-Тюбинский участок) месторождении.

Основной упор в монографии сделан на характеристику оруденение палеозойского возраста. Марганцевоносность рифейских комплексов хр. Урал-Тау в работе не рассматривается по причине ограниченного объема информации. Среднерифейские сидеритовые комплексы Башкирского мегантиклинория (зигазино-комаровская свита) с содержанием марганца 1-6 % будут охарактеризованы в книге, посвященной железорудным месторождениям Башкортостана.

В данной работе описаны объекты различного генезиса. Все они по запасам руд относятся к месторождениям малых размеров. Кроме того, здесь же приведены краткие сведения о рудопроявлениях и точках минерализации, которые на настоящий момент не изучены, но часть из них, после предварительной геологической оценки, может представлять интерес как объекты поисково-разведочных работ. Первая часть книги, содержащая информацию общего плана, призвана дать, по возможности, полное представление об использовании марганцевых руд и предъявляемым к ним требованиям. Именно этим объясняется тот факт, что большой объем информации носит справочный характер. В то же время не были обойдены вниманием и некоторые чисто геологические проблемы, в частности, вопросы стратиграфического положения рудовмещающих толщ в разрезе. Это представляет особый интерес, т.к. может являться одним из важнейших прямых поисковых критериев, позволяющих более полно оценить перспективы марганцеворудной базы региона.

Помимо этого, в работе дана детальная характеристика минерального состава руд месторождений Магнитогорского мегасинклинория, а также проведен теоретический анализ условий образования и устойчивого существования минеральных форм и ассоциирующих с ним соединений, выполненный расчетными методами химической термодинамики. Это позволяет оценить некоторые физико-химические условия образования минеральных фаз, сведения о которых невозможно получить в эксперименте.

Здесь же рассмотрены закономерности размещения марганцевого оруденения на территории Башкортостана.

Книга подготовлена под руководством Д.Н.Салихова. Им же написана большая часть разделов. Все графические приложения подготовлены совместно с С.Г.Ковалевым и Е.А. Сергеевой. Раздел «Общие сведения» написан при участии П.Г. Бердникова, Г.И.Беликовой, С.Г.Ковалева и Е.А.Сергеевой. Описание Улутелякской группы месторождений подготовлено совместно с С.Г.Ковалевым, Зианчурино-Кугарчинской – с П.Г. Бердниковым. Раздел «К вопросу о формировании марганцеворудных месторождений Башкортостана» написан при участии Г.И.Беликовой. Большой раздел, посвященный минералогии силикатных руд и марганецсодержащих пород, подготовлен А.И.Брусницыным и Т.А.Семковой.

Авторы признательны А.А.Макушину и А.А.Алексееву за ценные замечания по улучшению книги, В.А.Маслову за обсуждение вопросов стратиграфии рудовмещающих толщ, Н.И. Татарко за переданные нам образцы руд Зилаирского месторождения.

Исследования по этой тематике проводились при финансовой поддержке Отделения наук о Земле АН РБ, ГУГП «Башгеолцентр» и, частично (2002 г), Minurals NJCA-2-СТ-2000-10011.

Глава 1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

1.1. Химические свойства марганца, его минеральные соединения и использование в промышленности

Марганец (Mn) – химический элемент VII группы Периодической системы с атомным весом 54.93. В естественных условиях он представлен одним стабильным изотопом ^{55}Mn . Кроме того, известно одиннадцать его искусственных радиоактивных изотопов с широким диапазоном периодов полураспада от 0,4 с (Mn^{49}) до 3.8×10^6 лет (Mn^{53}). Геохимическая история марганца достаточно детально рассмотрена В.И.Вернадским в «Очерках геохимии» (Вернадский, 1983), где дана сводка известных к тому времени сведений о распространенности, условиях миграции, основных минералах, изоморфизме, химических свойствах и др.

Самородный марганец на Земле очень редок. Он обнаружен в россыпи, источником материала которой являются щелочные пикриты (Ким, Залкина, 2001). В метеоритах Mn отмечен в атомарном виде. Впервые марганец был выделен двумя шведскими учеными. В 1744 году К.В.Шееле выделил его в виде сплава с железом, а Ю.Ган получил марганец, сильно загрязненный углеродом (практически сплав). Ученые много работали совместно, ими был получен первый металлический марганец при прокаливании пиролюзита с углем. Однако название «марганец» элементу дали Бутман и Кларпот в 1808 году от немецкого *Manganerz* – марганцевая руда.

Металлический марганец, получаемый путем восстановления его оксидов при совместном накаливании с углем или алюминием, представляет собой твердый и довольно хрупкий, блестящий металл сероватого цвета с красным оттенком, по внешнему виду схожий с железом. Он легко окисляется при повышенной влажности, хорошо сплавляется с другими металлами, растворяется в разбавленных кислотах и обладает температурой плавления 1244°C (кипения – 2095°C). Удельный вес – $7,3 \text{ г/см}^3$. Твердость по шкале Мооса – 5- 6.

Марганец относится к d-элементам, у которых заполнение электронами при переходе от элемента к элементу в пределах

ряда происходит на 3d-орбиталь при наличии электронов на 4s-орбиталях. Подобное заселение внутренней 3d-орбитали является причиной близости размеров атомов, значений первой энергии, ионизации и постоянства эффективного заряда ядра. Особенности строения атома проявляются в сложности химических свойств марганца: поливалентности, амфотерности соединений, образовании окрашенных комплексов, склонности к изоморфизму.

Марганец – тяжелый металл, относящийся к семейству сидерофилов. В соединениях проявляет положительную валентность от 2 до 7: два, три, четыре, шесть, семь; литературные данные свидетельствуют, что существуют соединения с валентностью +1 (цианистые) и +5 (сплавы марганца с селитрой). Он образует минералы преимущественно окисного типа, в которых преобладает 4-валентная разновидность (MnO_2 ; $m \text{MnO} \cdot \text{MnO}_2 \cdot n \text{H}_2\text{O}$; $\text{MnO}_2 \cdot \text{Mn}(\text{OH})_2$).

Соединениям марганца свойственна амфотерность: по мере увеличения валентности основные свойства ослабевают, а кислотные – усиливаются. К примеру, соединения двухвалентного марганца ведут себя как основания, тогда как семивалентного – относят к кислотам. Оксиды марганца также проявляют амфотерные свойства от основных до кислотных, при этом характерно, что в некоторых минералах присутствуют одновременно оксиды с разновалентным Mn: браунит – сложный оксид с двух- и четырехвалентным марганцем ($\text{Mn}^{2+}\text{O} \cdot \text{Mn}^{4+}\text{O}_2$), гаусманит – $\text{Mn}_3\text{O}_4 \cdot (\text{Mn}^{2+}\text{Mn}^{4+}\text{O}_4)$. Присущие марганцу особенности свойств порождают разнообразие и обилие его соединений. Так, только число оксидов и их гидратированных разновидностей, с учетом различных модификаций, по литературным данным превышает 150. По свойствам оксидов накоплен обширный экспериментальный материал. Нередко приводимые сведения бывают противоречивы, скорее всего, по той причине, что из-за обилия соединений в качестве исходных объектов исследований берутся близкие, но не идентичные оксиды.

Усложняет природу соединений марганца и его склонность к изоморфизму с Fe, Co, Ni, Ca и Mg, обусловленная сходством химических свойств и близостью атомных радиусов. Более того, ион Mn^{2+} изоэлектронен с Fe^{3+} , поэтому описание особенностей поведения в кристаллических полях является полностью общим для обоих ионов (Марфунин, 1974). Изоморфизм железа и марганца простирается так далеко, что оптические спектры Mn^{2+} и Mn^{3+} в минералах налагаются на спектры ионов железа. Железо –

неизменный спутник марганца. Характер изоморфизма $Mn^{2+} - Fe^{2+}$ весьма совершенный: возникают непрерывные ряды замещения $Mn - Fe$ [$MnCO_3$, $(MnFe)CO_3$, $FeCO_3$]; $Mn - Ca$ - изоморфизм ограниченный [$MnCO_3 - (Ca,Mn)CO_3$, $CaCO_3$], ряд замещения с небольшим разрывом. Весьма совершенный характер изоморфизма проявляют $Mn^{3+} - Fe^{3+}$, давая непрерывный ряд замещения гетерозита $(Fe^{3+}, Mn^{3+}) \cdot PO_4$.

Для марганца характерно то, что помимо кристаллических форм, распространены скрытокристаллические и коллоидные его разновидности.

Марганец – элемент, достаточно широкое распространённый в природе. Он занимает двенадцатое место по распространённости и второе, среди тяжёлых элементов, после железа. Его кларк в земной коре составляет 0.1 % (по массе), в ультраосновных породах – 0.15 %, в основных – 0.2 %, в средних – 0.12 %, кислых – 0.06 %, осадочных – 0.07 %, каменных метеоритах – 0.2 %. Концентрация марганца в водах океанов составляет 2×10^{-7} %, в органическом веществе биосферы Земли – 1×10^{-3} %, в почве – 8.5×10^{-2} %. В природе представлен, в основной массе, оксидами и карбонатами, в меньшей степени, силикатами.

Основными минералами марганца являются **пирролюзит** – MnO_2 (Mn – 63.2 %), **браунит** – $Mn_2O_3 \cdot SiO_2$ (Mn – 69.5 %), **гаусманит** – Mn_3O_4 (Mn – 72 %), **манганит** – $MnO_2 \cdot Mn(OH)_2$ (Mn – 62.5 %), **вернадит** – $MnO_2 \cdot H_2O$ (Mn – 44-52 %), **псиломелан** – $MnO \cdot MnO_2 \cdot nH_2O$ (Mn – 45-60 %), **франклинит** – $(Zn,Mn)Fe_2O_4$ (Mn – 10-20 %), **родонит** $(Mn,Ca)SiO_3$, **родохрозит** – $MnCO_3$ (Mn – до 20-25 %), **манганокальцит** – $(Ca,Mn)CO_3$ (Mn – 12-20 %).

Помимо названных минералов, в марганцевых рудах, как правило, в ничтожных количествах, встречаются: алабандин (MnS), гауэрит (MnS_2), манганозит (MnO), пирофанит ($MnTiO_3$), биксбиит-ситапарит $((Mn,Fe) MnO_3)$, вреденбургит $(3Mn_3O_4 \cdot 2Fe_2O_3)$, якбсит ($MnFe_2O_4$), гетеролит ($ZnO \cdot Mn_2O_3$), пирохроит $(Mn(OH)_2)$, тефроит (Mn_2SiO_4), смикит ($MnSO_4 \cdot H_2O$), маллардит $(MnSO_4 \cdot 7H_2O)$, графтолит $((Fe,Mn,Ca)_3[PO_4]_2)$, венцелит $((Mn,Fe)_3[PO_4]_2 \cdot 5H_2O)$, реддингит $((Fe,Mn)_3[PO_4]_2 \cdot 3H_2O)$, палаит $(H_2(Mn,Fe)_5[PO_4]_4 \cdot 3H_2O)$, стюартит $(Mn_3[PO_4]_2 \cdot 4H_2O)$, пурпурит $((Fe,Mn)PO_4 \cdot 0.5H_2O)$, глаукохроит $(CaMnSiO_4)$, киебеллит $((Fe,Mn)_2 \cdot SiO_4)$, пироксмангит $((Mn,Fe)SiO_3)$ и др.

Всего марганец входит в состав более 150 минералов, однако, кроме упомянутых, остальные минералы, как носители марганца, представляют только минералогический интерес. Из всех

перечисленных минералов важнейшими промышленными являются оксиды: пиролюзит, браунит, гаусманит, псиломелан и манганит. Карбонаты и силикаты марганца, как источники марганца, играют второстепенную роль. Это обусловлено как низким содержанием и сложностью извлечения из них марганца, так и трудной обогатимостью таких руд.

Марганцевые руды известны с глубокой древности. Пиролюзит находил применение в качестве «мыла стекловаров» для обесцвечивания стекла (устранения зеленого оттенка, возникающего из-за примеси железа). Сообщения об этом мы находим у Плиния Старшего. Л.Л. Фермор полагал, что индусы знали о существовании марганца с незапамятных времен, считали его одной из разновидностей железной руды и использовали в качестве таковой. Однако, марганцевые руды, как самостоятельный вид сырья, в металлургии не применялись – не были известны свойства марганца, делающие его важнейшим легирующим металлом. И только в 1839 г. Хиз, на опыте, доказывает пригодность марганца для улучшения качества ковкого чугуна и литой стали. Но понастоящему широкое применение марганцевых руд начинается после изобретения Г. Бессемером в 1856 г способа производства стали по его методу. Это стало крупнейшим переворотом в металлургии. Одновременно марганец начинает находить применение и в других отраслях промышленности.

По мере развития научно-технического прогресса марганец находил все более широкое использование в промышленности. Основной потребитель – черная металлургия, которая, на данный момент, использует 95 % добываемых руд. Марганцевые руды применяются при выплавке почти всех сортов чугуна и стали, а также при выработке ферромарганца, шпигеля, силикошпигеля, силикомарганца и металлического марганца. Так, расход Mn в сталелитейном производстве составляет ~1 % от массы получаемой продукции. Литейный чугун содержит от 0.3 до 1.3 % Mn, передельный – от 0.5 до 1.75 %, обыкновенная углеродистая сталь – 0.25-0.9 %, в высоколегированных марганцовистых сталях содержание марганца достигает 19 %. Чугун, содержащий 6-8 % Mn, носит название «лучистого», а содержащий до 22-25 % – называется зеркальным или шпигелем (от немецкого Spiegel – зеркало).

Широкое использование марганца в **металлургии**, в первую очередь, обусловлено его легирующими свойствами. Он сохраняет свои легирующие свойства после горячей и термиче-

ской обработки стали. Технология перевода Mn из руд в конечный продукт металлургии двояка:

– руды входят в состав исходной шихты в качестве или легирующей присадки, или флюса, содержащего легирующий компонент, и участвуют в плавке;

– из руд выплавляют специальные сплавы с необходимым содержанием марганца, и затем уже эти сплавы используют как легирующие добавки на завершающих стадиях металлургического процесса.

Для легирования специальных сортов стали и некоторых других сплавов требуется практически чистый марганец. В этом случае используют металлический Mn, который получают двумя путями:

1) методом алюмотермии – оксиды марганца восстанавливают алюминием;

2) электротермическим методом – металл получают путем электролиза раствора солей марганца¹.

В черной металлургии легирование сталей марганцем производится в процессе раскисления сталей, путем введения его дополнительного количества. Обычно, для этих целей используются специально изготавливаемые сплавы: ферромарганец, силикоферромарганец и шпигель.

Марганец, содержащийся в небольших количествах в обыкновенной углеродистой стали, заметно повышает ее механическую прочность. Его влияние на механические свойства обычных углеродистых сталей отражены в табл. № 1 и 2.

Кроме легирующих, марганец обладает рядом других ценных металлургических свойств. Одним из них является способность раскислять сталь, т.е. выводить из нее кислород, содержание которого строго ограничено (до 0.02 %), т.к. он отрицательно влияет на ее механические свойства. Суть процесса заключается в присоединении кислорода, присутствующего в стали в форме FeO и способного растворяться в ее жидкой фазе, к какому-нибудь сильному восстановителю (раскислителю), который образует нерастворимое в жидкой стали соединение, переходящее в шлак. Существуют более активные раскислители, такие как Al и Si, но остающаяся после раскисления часть алюминия

¹ Этим путем получают более чистый металл с содержанием марганца выше 99.5 %.

или кремния, как правило, снижает качество стали, тогда, как марганец практически всегда повышает ее характеристики.

Другим полезным свойством является способность к десульфуризации (обессериванию) жидкого металла. Эта способность объясняется высокой степенью сродства марганца к сере, которая присутствует в жидком металле в форме сульфида железа (FeS), и марганец, соединяясь с ней, переходит в сульфид Mn, мало растворимый в жидком металле и, что важно, растворимость сульфида марганца снижается по мере охлаждения расплава. Это позволяет наиболее полно (до 60 %) выводить серу из металла.

Таблица 1

Влияние марганца на механические свойства его сплавов с железом по данным завода Terrenoire

C, %	Mn, %	Si, %	P, %	L	R	I
0.45	0.52	сл.	0.06	26.3	51.8	24.5
0.46	1.06	сл.	0.07	31.2	61.1	21.4
0.51	1.30	сл.	0.06	41.2	76.5	17.4
0.56	2.01	сл.	0.06	47.2	88.5	10.5

Примечание: L-предел упругости (в кг на мм²), R-сопротивление разрыву (в кг на мм²), I-удлинение, в % (по В.А. Адамчук, 1932).

Таблица 2

Влияние марганца на механические свойства сплавов Mn с Fe по данным Нижнетагильского металлургического завода

C, %	Mn, %	Si, %	L	R	I
0.82	0.50	0.17	32.0	84.0	10
0.83	0.70	0.17	40.5	94.5	9
0.83	0.72	0.16	41.2	100.0	8
0.82	0.93	0.14	58.0	103.0	3.5

Примечание: по В.А. Адамчук, 1932.

Помимо этого, марганец обладает способностью к разжижению металлургического шлака, что позволяет более оперативно и эффективно управлять металлургическим процессом.

Из вышеприведенных данных следует, что незначительные присадки марганца повышают предел прочности, текучести и твердость стали, и снижаются ее тягучесть и вязкость. Сталь с содержанием марганца от 1 до 7 % становится твердой, хрупкой и плохо обрабатывается, поэтому и не находит широкого применения в промышленности. Но такие типы стали характеризуются высокой устойчивостью к механическому истиранию, повышенным электросопротивлением и невысокой магнитностью. Более высокие концентрации марганца приводят к еще большему увеличению износоустойчивости против истирания и большей механической прочности, причем прочность ее поверхностного слоя возрастает под действием ударных нагрузок. Кроме того, такая сталь немагнитна. Примером сплава такого типа может служить сталь Гатфильда (Mn до 14 %, С до 1.5 %). Помимо самостоятельной легирующей роли, марганец, в комбинации с другими легирующими элементами, главным образом с хромом, позволяет получать сорта стали, которые выступают заменителями других, более дорогостоящих марок. Это хромансиль (сплав хромомарганцево-кремнистого состава), заменяющий хромомолибденовые стали, или хром-марганцевые стали, успешно заменяющие хромоникелевые и вольфрамовые марки. Кроме этого, марганец повышает коррозионную устойчивость металлов.

При производстве стали для экономии ферромарганца его заменяют марганцевой рудой, непосредственно вводимой в сталеплавильную печь, но неспособность руды к раскислению стали существенно ограничивает возможность замены ею марганцевых сплавов. Из руды в сталь переходит до 30 % марганца, тогда как из марганцевых сплавов извлекается менее 15 %, это объясняется тем, что основная функция марганца во втором случае – раскисление стали и большая его часть уходит в шлак, связывая кислород.

Большую роль играют марганцевые руды при производстве литейного и передельного чугуна. Главная роль марганца в производстве чугуна – десульфуризация сплава, увеличение твердости и плотности металла. Однако, уже в пятидесятые годы расход марганца на производство передельного чугуна резко сократился (более чем на 50 %) за счет снижения его содержания в металле с 1.8-1.7 % до 0.55-0.45 %. Это было достигнуто путем увеличения основности доменного шлака, что позволило проводить десульфуризацию при меньшем расходе Mn, не снижая качества конечного продукта.

Основной объем марганцевых руд расходуется на производство ферромарганца, который используется в качестве раскислителя и легирующей добавки при выплавке разных сортов стали. Выплавку ферромарганца производят как в доменных, так и в электропечах.

Цветная металлургия использует марганец в малых объемах как легирующий металл при изготовлении специальных сплавов. Наибольшее потребление приходится на процесс выплавки АМС – сплава алюминия, кремния, железа и марганца, с содержанием последнего до 10 %. Добавка небольшого количества Mn к Al увеличивает его твердость и коррозионную устойчивость. Промышленные алюминиево-марганцевые сплавы содержат, в среднем, от 0.5 до 3 % марганца, входит он и в состав сплавов типа дюралюминия.

Широкое применение марганец находит в производстве так называемых марганцевых бронз. Это медно-латунные сплавы с содержанием Mn от 0.01 до 30 %. Некоторые сорта этого сплава идут на изготовление листов, проволоки и поковок, другие – используются для отливки корабельных винтов, деталей горных машин и иных изделий, устойчивых против коррозии. Но все же большая часть марганцевой бронзы используется в кораблестроении.

Сплавы марганца на основе меди с содержанием 4-5% Mn, идут на изготовление турбинных лопастей. Сплав, содержащий 12-17 % Mn, характеризуется небольшим температурным коэффициентом расширения. Аналогичный сплав с содержанием 8-12 % Mn и 4 % Ni применяется для изготовления стандартных сопротивлений, т.к. обладает высокими значениями электросопротивления. Медно-марганцевый сплав Гейслера (алюминий 7-10 %, марганец 20-30 %, олово, мышьяк, сурьма, висмут, бор – в небольших количествах) обладает ферромагнитными свойствами.

Кроме вышеуказанных, существует целый ряд специальных сплавов цветных металлов с марганцем. Примером может служить монель-металл, в состав которого Mn входит в количестве от одного до нескольких процентов.

При изготовлении цветных сплавов марганец употребляется в металлическом виде или в виде высокомарганцевого ферромарганца, или купромарганца (Mn– 30 %, Cu – 70 %).

Помимо этого, пиролюзит используется в гидрометаллургии цветных металлов, например, при переработке цинковых концентратов, в качестве окислителя.

Обобщая вышеизложенное, отметим, что марганцевые руды в черной и цветной металлургии используются как:

1) сырье для выплавки ферромарганца, большая часть которого используется при производстве углеродистой стали обыкновенного и повышенного качества, меньшая – при производстве качественных сталей и некоторых сплавов с участием цветных металлов;

2) сырье для выплавки силикомарганца, зеркального чугуна и других сплавов, иногда применяемых при выплавке стали;

3) добавка в доменную шихту при выплавке передельных и литейных чугунов;

4) добавка в шихту мартеновских печей при выплавке стали, частично сокращающая расход ферромарганца;

5) сырье для получения металлического марганца, употребляемого в производстве некоторых сортов стали и цветных сплавов;

6) окислитель в некоторых процессах гидрометаллургии.

Марганец находит широкое применение в *химической* и иных отраслях промышленности, а именно: в производстве сухих батарей, изготовлении фармацевтических препаратов, в лакокрасочном производстве, при электросварочных работах, при получении брома и йода, в керамической и стекольной промышленности, в кожевенном производстве, для изготовления минеральных удобрений и т.п. Из перечисленных направлений использования, наибольшие объемы приходятся на производство сухих батарей, электродов для электросварки стали, стекольное производство, керамическую и фармацевтическую промышленность и сельское хозяйство.

Для химической промышленности пригодны высокосортные оксидные руды с содержанием MnO_2 более 80 %. Такие руды, в отличие от металлургических, называют химическими марганцевыми рудами.

В производстве сухих батарей марганцевые руды играют роль носителей «активного» кислорода, входящего в состав MnO_2 . Это обуславливает деполяризующие свойства марганцевой руды.

При электросварке стали марганец, в основном, играет ту же роль, что и при ее плавке. Он предохраняет металл от окисления, способствуя прочности шва. Для этих целей марганец используется в виде ферромарганца или марганцевой руды.

В стекольном производстве Mn используется для обесцвечивания стекла. Механизм этого процесса заключается в восстановлении оксидов железа, играющих роль хромофоров. Применяется

марганец и для изготовления черного декоративного стекла, при этом руда добавляется в стекольную шихту в количестве 3 %.

В производстве керамики высококачественные химические руды марганца используются для окрашивания изделий в темные цвета и для получения глазурей.

Марганцевые руды также находят применение при получении различных соединений марганца, а именно: сернокислого марганца, марганцевокислого калия и натрия, хлористого и щавелевокислого марганца, а также искусственного активного пиролюзита². Исходным продуктом для получения указанных соединений является сульфат марганца, получение которого возможно из очень бедных марганцевых руд, не отвечающих требованиям даже металлургической промышленности.

1.2. Требования промышленности к марганцевым рудам, их типы и методы обогащения

По минеральному и химическому составу руды марганца подразделяются на оксидные, карбонатные, силикатные и смешанные. В каждом классе руд, согласно разработанной А.Г. Бетехтиным (1945, 1946) классификации, выделяются подклассы.

Среди оксидных руд:

- браунито-гаусманитовые;
- псиломелано-пиролюзитовые;
- кварцево-пиролюзитовые;
- окисленные карбонатные;
- окисленные силикатные.

Среди карбонатных руд:

- собственно карбонатные;
- марганцовистые известняки;
- карбонатно-силикатные.

Среди силикатных руд выделяется лишь один подкласс – кварцево-силикатные и силикатные руды.

² Искусственный активный пиролюзит используется в сухих батареях, как более эффективный, чем природный.

Наибольшее промышленное значение имеют оксидные руды, как первично-окисленные, так и вторично-окисленные. Они имеют наиболее широкое распространение и высокое качество. Содержания марганца в них колеблется в пределах 20-50% и они легко обогащаются. Так называемые перокисные руды – псиломелано-пиролюзитовые с содержанием MnO_2 более 42% используются преимущественно в химической и металлургической отраслях промышленности. Менее качественные вторичные (окисленные) разновидности представлены землистыми, рыхлыми рудами псиломелан-вернадит-рансьеритового состава.

Карбонатные руды относительно широко распространены, но в металлургии применяются достаточно ограничено, в частности, марганцовистые известняки используются в качестве флюсовых добавок с попутным легирующим эффектом. В большинстве случаев они сложены родохрозитом и манганокальцитом с низким содержанием марганца (20-30%) и, нередко, с повышенным количеством фосфора (0.005% и выше).

Силикатные руды имеют минимальную ценность из-за невысокого содержания марганца, «упорности» при обогащении и переделе. Они находят применение в качестве строительных материалов, облицовочных и поделочных камней.

Известны еще промежуточные классы руд: карбонатно-силикатные, силикатно-оксидные, карбонатно-оксидные. Эти руды называются смешанными, как правило они не находят применения в промышленности из-за сложности обогащения, высокого содержания вредных примесей и низкого – марганца. Лишь в тех случаях, когда содержание силикатов невелико и концентрация фосфора понижена, они могут быть использованы для производства ферромарганца.

Марганцевые руды, используемые в металлургии, по содержаниям Mn и Fe и их соотношениям в нашей стране подразделяются на следующие типы:

1) марганцевые руды со значительным преобладанием марганца над железом; коэффициент Mn/Fe обычно колеблется от 30 до 15, для руд с высоким содержанием металлов допустимы значения 6-7;

2) железомарганцевые руды, содержащие железо в сопоставимых или даже равных марганцу количествах; Mn/Fe доходит до единицы, для руд с высокой суммой концентраций металлов допускается коэффициент, равный 0.6;

3) марганцовистые железные руды с резко подчиненным содержанием марганца (5-10% в руде).

Железо в рудах марганца является полезной примесью при выплавке относительно бедных Mn сплавов, но для выплавки сплавов с высоким содержанием марганца количество его в рудах лимитируется, чем богаче марганцем сплав, тем меньше должно быть содержание железа в руде.

Кроме железа и марганца, определяющими для руд выступают кремнезем, глинозем, оксиды магния и кальция, которые являются шлакообразующими компонентами. При высоком уровне шлакообразования увеличиваются потери марганца, так как он имеет тенденцию частично переходить в шлак в виде силикатной фазы. При этом потери могут достигать 60% от содержания марганца в шихте. Таким образом, чем выше «шлачность» руд, тем выше потери Mn и расход кокса. Наиболее вредной примесью в рудах является фосфор и его количество строго лимитируется. Считается допустимым содержание фосфора 0.003-0.005% на 1% марганца. Сера не считается вредной примесью в рудах марганца, так как она в значительной мере переходит в шлак или выгорает.

Многие оксидные руды не требуют предварительного обогащения для промышленного использования. Общее содержание металлов (Mn и Fe) для марганцевых руд, не требующих обогащения, колеблется от 40 до 50 %, это, как правило, массивные руды из рудных тел, характеризующихся большой мощностью и хорошей выдержанностью. Другие, наоборот, не могут быть использованы без предварительного обогащения по причине низких концентраций или большого количества вредных примесей. По обогатимости руды делятся на четыре класса:

1) легкообогатимые руды – легко поддаются обогащению без дробления путем грохочения или промывки с отсадкой. К этому руд относится подавляющее большинство оксидных руд, особенно первично-оксидные руды мезозойско-кайнозойского возраста. В них высокое содержание марганца совмещено с наличием крупных кусков или стяжений марганцевых минералов в общей рыхлой массе, что делает их обогащение крайне рентабельным. Во многих случаях легкообогатимы и вторично-окисленные руды, особенно те, которые образовались в результате выветривания. Часто руды, образовавшиеся в ходе выветривания, представлены рыхлыми или землистыми разностями, что приводит к большим потерям марганца в тонкой фракции;

2) среднеобогатимые – требующие для обогащения предварительного дробления. К этой категории руд относятся оксидные руды, в незначительной степени подвергшиеся вторичным изменениям. Затронутые даже в небольшой степени метаморфизмом руды требуют предварительного дробления, т.к. в процессе преобразования происходит тесное срастание минеральных агрегатов марганца с «пустой породой»;

3) труднообогатимые руды – для обогащения требуют тонкого измельчения с последующей флотацией или химической переработки. В основном это карбонатные руды, не поддающиеся простому механическому обогащению;

4) не поддающиеся обогащению, к этой группе руд относятся силикатные руды и другие типы руд, подвергшиеся метаморфизму высоких ступеней, который, как правило, приводит к переходу марганца в силикатную фазу.

Марганцевые руды Башкортостана разнообразны по качеству. В вулканогенно-осадочных месторождениях Магнитогорской и Зилаирской структур часть руд, а в Зианчуринской группе месторождения все рудные запасы требуют обогащения.

Часть марганцевых руд легко обогащается, другая – требует специальных методов. Для руд легкообогатимых механическим путем, а это руды твердые, кусковатые или представленные стяжениями, сцементированными безрудной рыхлой массой, используется простое грохочение или промывка с отсадкой. Хорошо обогащаются руды методом отсадки при существенной разнице в удельном весе рудных минералов и пустой породы.

Руды, которым требуется предварительное измельчение до их обогащения, должны состоять из относительно крупных выделений марганцевых минералов, поскольку мелкие их зерна приводят к большим потерям, а также к дополнительным затратам по их агломерации и брикетированию.

Трудно обогащаются руды, в которых марганцевые минералы и пустая порода тесно срослись в мелких зернах, что требует тонкого дробления и имеет свои сложности при обогащении, также как руды рыхлые или порошковые, дающие большие потери при обогащении механическим путем. Такие руды обогащаются специальными методами, которые являются относительно дорогостоящими: магнитная сепарация, флотация, обогащение на концентрационных столах или в тяжелых суспензиях и, наконец, химическая переработка.

Мелкоизмельченные руды обычно обогащаются на концентративных столах или в тяжелых суспензиях. Флотация используется при обогащении окисленных, карбонатно-марганцевых руд, которые образуют механическую, а не изоморфную смесь и в них содержится минимум извести.

Магнитное разделение эффективно при достаточной магнитной проницаемости, предварительной классифицированности и нередко необходимо, чтобы дробленое вещество было высушено.

Рассмотренные выше методы обогащения используются в различных сочетаниях и последовательности применительно к конкретным месторождениям

Обогащение марганцевых руд можно производить методами частичного и полного химического разложения. Химическое обогащение бедных марганцевых руд основано на высокой растворимости марганцевых минералов (или продуктов их переработки) в неорганических кислотах – серной, сернистой, азотной и в растворах солей сульфата аммония – $(\text{NH}_4)\text{SO}_4$, дитионата аммония $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_6$, хлориде кальция - CaCl_2 (Горная энциклопедия, 1987, Справочник по обогащению руд, 1974, Небиеридзе, 1988).

Варианты химического обогащения карбонатных и окисленных руд с помощью кислот и сульфатов кратко можно представить следующим образом:

1. Выщелачивание сернистой кислотой (для карбонатных руд необходим предварительный обжиг). Кристаллизация сульфата марганца под давлением, затем его термическое разложение, брикетирование полученного концентрата.

2. Выщелачивание серной кислотой (для окисленных руд требуется предварительное восстановление с последующей переработкой по схеме, приведенной в пункте 1).

3. Выщелачивание раствором сернокислого аммония $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, осаждение карбоната марганца аммиаком и углекислотой, обжиг, брикетирование.

Способы химического обогащения марганцевых руд, разработанные во Всесоюзном Институте Минерального Сырья включают хлоркальциевый метод, основанный на растворении карбонатных марганцевых руд в концентрированном растворе (рассоле) хлорида кальция и последующем осаждении гидроксида марганца известью.

Для окисленных и смешанных руд метод усложняется из-за необходимости перевода оксидов марганца в закисную фор-

му – MnO методом восстановительного обжига, с ее последующим осаждением в пульпе в виде карбоната марганца.

Химическим методом из труднообогатимых руд получают богатые и свободные от примесей концентраты. Извлечение марганца при химической переработке составляет до 90 %. Однако, этот метод сравнительно дорогой и потому не имеет широкого использования.

Использование руд в тех или иных отраслях промышленности налагает различные ограничения на их химический, минералогический, гранулометрический состав, присутствие определенных примесей и соотношение основных и второстепенных компонентов. Нередко различные отрасли предъявляют диаметрально противоположные требования к качеству руд.

Классификация марганцевых руд для нужд черной металлургии построена на содержании и соотношении в них марганца и железа. Лимитирующими факторами выступают концентрации фосфора, кремния и других шлакообразующих компонентов. В нашей стране используется классификация промышленных марганцевых руд, разработанная А.Г. Бетехтиным (1945). Она основана на таких параметрах, как:

- 1) соотношение марганца и железа;
- 2) соотношение кислых и основных шлакообразующих компонентов;
- 3) степень обогатимости руд.

Согласно этой классификации руды подразделяются на классы, а те, в свою очередь, на типы. Критерием разделения на классы служит первый параметр (соотношение марганца и железа), а для типов – второй и третий, причем соотношение кислых и основных шлакообразующих компонентов рассматривается как функция минерального состава.

До настоящего времени в Российской Федерации отсутствует единый стандарт на качество марганцевых руд, отраженный в виде ГОСТа. Разработанные в разное время кондиции определяют лишь сортность руд, не указывая целевого использования. По этой причине до сих пор специалисты используют детальные кондиции для различных промышленных видов марганцевого сырья, разработанные А.Г.Бетехтиным на основе своей классификации, согласно которой руды подразделяются на категории.

К первой категории относятся руды пригодные для выплавки ферромарганца, причем используются все их типы, а также

некоторые типы железомарганцевых разновидностей, среди которых выделяется ряд сортов (табл. 3).

Руды I сорта предназначены для выплавки (в домнах и электропечах) стандартных марок ферромарганца. Руды II и III сортов могут использоваться в случае дефицита качественных руд и то при условии, что отношение Mn/Fe не ниже 12-15, а содержания фосфора менее 0.0035 % на 1 % Mn. Руды, не удовлетворяющие приведенным требованиям, могут быть использованы для производства низкокачественных сортов ферромарганца, применение которого в металлургии крайне нежелательно по ряду причин.

Таблица 3

Сорт	Сортность руд			
	Mn, %	SiO ₂ , %	Mn/Fe	P, %
I-A	<50 %	до 9	не ниже 6-7	0.17-0.26
I-B	40-50	9-15	не ниже 7-10	0.14-0.17
II	35-40	15-25	не ниже 3-4	до 0.18
III	30-35	25-35	не ниже 4-5	до 0.15

В 60-е годы в США к марганцевым рудам, годным для выплавки ферромарганца, предъявляли следующие требования: содержание марганца – 48 % (min), железа – 7 % (max), кремнезема – 10 % (max), глинозема – 6 % (max), фосфора – 0.18 % (max), цинка – 1 % (max).

Ко второму сорту относятся руды, используемые для выплавки силикомарганца (II и III сортов), причем содержание фосфора допускается до 0.006 % на 1 % Mn.

К третьему сорту принадлежат руды, пригодные для выплавки зеркального чугуна. Ими считаются те типы, которые имеют суммарное содержание марганца и железа в руде не менее 40-50 % при среднем содержании Mn не ниже 18-20 % и кремнезема не более 20-25 %. Содержание фосфора не должно превышать 0.005 % на 1 % Mn. Для выплавки различных типов зеркального чугуна пригодны разные сорта марганцевых руд, кондиции которых приведены в табл. 4.

Таблица 4

Сорта руд для выплавки зеркального чугуна

Сорт	Mn+Fe, %	SiO ₂ , %	Mn/Fe	P, %
I	50-60	До 15	1.5-0.6	до 0.09-0.18
II	40-50	15-25	2.0-0.8	до 0.08-0.15
III	30-40	25-35	2.5-1.0	до 0.7-0.12

Бедные руды I и II сортов, содержащие менее 18 % марганца, используются для подшихтовки при производстве передельного чугуна. Бедные руды III сорта могут быть использованы для выплавки шпигеля только в исключительных случаях.

К четвертому сорту относятся руды, пригодные для выплавки силикошпигеля, как правило, это более бедные марганцем и более кремнистые руды, чем используемые для производства ферросплавов и зеркального чугуна. Это обусловлено тем, что в ходе металлургического процесса из таких руд восстанавливается и переходит в сплав большее количество марганца.

К пятому сорту относятся разновидности, пригодные для выплавки передельных чугунов. Руды этого типа используются для подшихтовки доменной смеси и из них переходит в сплав до 60-70 % Mn. При стандарте содержания в передельном чугуне марганца на уровне 0.7 %, находят применение даже те руды, содержание Mn в которых не превышает 10-15 % при условии – железа не менее 15 %. Содержание фосфора в этих рудах допускается 0.015 % на 1 % Mn, а кремнезема не выше 35 %. Руды с более высоким содержанием Si идут на выплавку литейных чугунов.

К шестому сорту относятся типы, пригодные для выплавки марганцовистых чугунов, т.е. руды, в которых содержание железа составляет 40 % и выше, марганца – 4-10 %. Строго лимитируется фосфор – не более 0.05 % в руде независимо от содержания марганца. Последнее обусловлено тем, что марганцовистые чугуны используются для науглероживания и раскисления стали, т.е. фосфор не будет успевать ошлаковаться и переходит в сталь, снижая ее качество.

К седьмому сорту принадлежат руды, пригодные для получения металлургического марганца алюмотермическим методом. Для этих целей используется высококачественное сырье, в котором на 1 % Mn приходится не более 0.021 % железа и 0.002 % фосфора. Таким требованиям отвечают лишь некоторые сорта химических руд.

Восьмой сорт используется для получения металлического марганца электротермическим способом, для чего пригодны те сорта руд, что используются и для выплавки ферромарганца.

К девятому сорту относятся практически все руды, пригодные для получения металлического марганца электролитическим методом, которые путем гидрометаллургического передела можно перевести в марганецсодержащий раствор. Этот способ позволяет получать наиболее чистый марганец, в результате чего, метод находит все более широкое признание.

Помимо химического и минералогического состава для использования в металлургии очень важны такие характеристики руды, как ее кусковатость, трещиноватость, пористость, термостойкость, спекаемость. Особенно это важно при доменной плавке. Оптимальный размер кусков руды для доменной плавки 40-100 мм, т.к. при меньших размерах отдельных частиц ухудшается газопроницаемость шихты, что увеличивает потери. Поэтому рыхлые и землистые руды, а также концентраты подвергаются агломерации.

Пористость и трещиноватость руды влияют на производительность печи, определяя процесс восстановления марганца из руд. Спекаемость руд – основной параметр, определяющий способность руды мелких классов к агломерации. Все эти физико-механические свойства руд имеют определяющие значения при процессах обогащения руд.

1.3. Марганцевые месторождения и их распространение

Марганцевые месторождения известны в более чем 40 странах, но главные запасы их сосредоточены в четырех месторождениях – Никопольском и Большетакмакском на Украине, Чиа-турском в Грузии и Моанда в Габоне. В каждом из названных месторождений запасы руд составляют много более 100 млн. т. и они же обеспечивают большую часть мировой добычи. Среди других стран, в которых имеются довольно крупные месторождения марганца с запасом руд менее 70 млн. т., но более 10 млн. т., нужно отметить следующие: Бразилия, Индия, Южно-Африканская Республика, Марокко, Гана, Боливия, Эквадор.

Небольшие месторождения марганцевых руд имеются в других странах, прогнозные запасы которых составляют около 10 млн. т., а реальные запасы 5-0.5 млн. т. Это государства Африки: Берег Слоновой Кости, Мали, Конго, Замбия, Ботсвана, Верхняя Вольта. Страны обоих континентов Америки: Чили, Мексика, Гвиана, США, Аргентина. Австралия и острова Океании (новые Гебриды), Филиппинские острова (о. Сикихор, Бусу, Анга и Кором), Япония, Тайланд. Континентальная часть Азии – Турция, Пакистан, Южная Корея, Иран. И, наконец, Европа – Греция, Италия и Франция. Кроме этого, из многочисленных источников известно, что на дне океанов имеются обширные территории сплошных покровов железомарганцевых руд, запасы которых предварительно оцениваются в 350 млрд. т.

Ранее было отмечено, что наиболее крупные месторождения мира (Никопольское, Большетакмакское, Чиатурское, Монада и др.) содержат 80 % мировых запасов марганцевой руды. Ниже приводится краткая характеристика некоторых из них.

Никопольское месторождение образует один выдержанный пласт марганцевых руд в нижней части песчано-глинистой толщи олигоцена. Основными минералами являются манганит, пиролюзит, псиломелан, манганокальцит, образующие конкреции, стяжения, оолиты и землистые скопления. Выделяются руды окисные, карбонатные и окисно-карбонатные, наиболее ценными из которых являются окисленные малофосфористые разновидности.

Большетакмакское месторождение является продолжением Никопольского. Они представляют части единого рудного бассейна. Здесь, в той же геологической обстановке, в основании песчано-глинистой толщи олигоцена размещается один рудный пласт, сложенный в основном, карбонатными разновидностями, и только в северной части месторождения известны крупные зоны окисных и смешанных руд.

Чиатурское месторождение приурочено к нижней части олигоценовых спонголитовых песчаников и представлено серией рудных прослоев мощностью 50-60 см. Значительные объемы руд сложены карбонатными разновидностями, которые размещаются под окисными или по периферии последних. Мощности карбонатных рудных слоев от 0.5 до 2 м. Кроме основной залежи, примерно в 60-70 м выше залегает второй рудный горизонт, представленный разобщенными и маломощными (5-10 см) прослоями карбонатных и окисленных руд.

Месторождение Моанда имеет достаточно крупные ресурсы, а богатые руды в пределах объекта известны на площади более 30 км². По возрасту кремнистые рудовмещающие осадки месторождения относятся к неогену и, возможно, четвертичному времени.

Месторождения со сходной геологической ситуацией, т.е. приуроченные к морским кремнистым осадкам, имеются и в других регионах, но они характеризуются небольшими запасами и рудой невысокого качества. Один из них – **Северо-Уральский марганцево-рудный бассейн**. Здесь рудный горизонт мощностью в 1-3 м, иногда в раздувах более 25 м, залегает в основании третичных отложений. Руды карбонатные и окисленные, но последние чаще всего размыты и сохранились лишь на некоторых месторождениях.

Осадочные месторождения, связанные с известковыми морскими осадками, содержат значительно меньшие ресурсы, чем рассмотренные выше месторождения, но они тоже имеют промышленное значение. Наибольшими ресурсами обладают месторождения Марокко, и, в частности, **района Имини**. Здесь рудные залежи залегают в доломитах мелового возраста в виде линзообразных тел. Основным минералом руд является псиломелан, а среднее содержание марганца составляет 48 %. **Месторождения группы Бу-Арфа** в восточных отрогах Высокого Атласа характеризуются телами линзообразной формы, расположенными среди известняков пермо-триаса. Минеральный состав рудных тел представлен смесью пиролюзита, гематита и кальцита, с содержанием марганца 30 % и железа 15 %. К пермскому возрасту относятся рудоносные известняки месторождения **Улу-Теляк в Башкирии** с близким минеральным составом руд и содержанием марганца от 7 до 12 %.

Карбонатные марганцевые руды были недавно открыты в отложениях Карской структурно-формационной зоны на Пай-Хое (Юдович, Кетрис, 1981). Карбонатно-кремнистые и песчано-глинистые отложения с карбонатными конкрециями образуют непрерывный разрез от низов ордовика до перми включительно. Оруденение в виде конкреций и пластовых образований контролируется тремя стратиграфическими уровнями: C₂-P₁, D₃²-C₁¹ и D₂ (Рогова и др., 1988). Формирование руд считается седиментационно-диагенетическим (Юдович, и др., 1988).

Другим месторождением того же типа является **Усинское** в Кемеровской области России. Здесь в известняках и доломитах присутствует переменное количество марганцевых минералов с

общим количеством марганца 10 % и выше. По минеральному составу выделяются два основных типа руд – родохрозитовые и манганокальцитовые и, менее распространенные, силикатно-карбонатные разновидности. Верхний горизонт месторождения представлен окисленными рудами псиломеланового, реже – вернадитового и пирролюзитового составов. Среднее содержание марганца достигает 27 %, железа – 8.5 %, фосфора – 0.27 %, серы – 0.05 % и кремнезема – 25.3 % .

К этому же генетическому типу принадлежат месторождения Китая, в частности, *Шаньвуту*. На месторождении пластообразные тела руды мощностью не более 1 м, залегают среди известняков, песчаников и сланцев силура. Минеральный состав руд включает в себя псиломелан и пирролюзит. Первичные руды – бедные, метаморфизованные участки содержат до 46 % марганца и до 12 % кремнезема.

Озерно-болотные марганцевые руды встречаются довольно часто, но они не имеют промышленного значения из-за ничтожных запасов. В аналогичной обстановке залегают также проявления железомарганцевых руд с примесью пирролюзита и гидрокислов марганца.

Вулканогенно-осадочные месторождения широко распространены на Урале и Кубе. В отдельном разделе (см. оглавление) подробно будут рассмотрены месторождения, известные на территории Башкортостана. На Кубе наиболее интересные месторождения расположены в провинции *Ориента*. Рудные тела залегают среди пирокластических пород и в прослоях известняков. В основном руды сложены псиломеланом и пирролюзитом, встречаются и силикатные рудные минералы.

Особую группу представляют *Атасуйский тип* месторождений Казахстана – *Б. Ктай, Восточный и Западный Караджал*. Это комплексные месторождения марганцево-железистых и сульфидно-полиметаллических руд. Они формировались в процессе пульсационного поступления в морской бассейн термальных растворов, образуя многоярусные тела оксидных марганцевых (частично карбонатных), железо-марганцевых и железных руд. Вмещающими породами являются карбонатно-кремнистые образования фаменского и турнейского ярусов, среди которых встречаются пластовые тела эффузивов липаритовых порфиоров, миндалекаменных спилитов и фильзит-порфиоров. («Геология ...», 1982, «Марганцевое рудообразование ...», 1984, Мстиславский, 1994). Нередко осадочные месторождения

марганца метаморфизованы. Месторождения, связанные с глубоко метаморфизованными толщами и подвергшиеся гипергенному выветриванию, распространены широко. Например, в Индии такие месторождения приурочены к гандитовой осадочно-метаморфизованной серии архея. Из них 40 % – это руды типа марганцевых шляп, ~40% – руды осадочного генезиса и, примерно, 14 % – вулканогенно-осадочные руды. Среднее содержание марганца в них составляет 30 %, а в наиболее богатых разновидностях поднимается до 45-53 % .

В Гане на месторождении *Неута-Дэввин* марганцевые руды размещаются в филлитах и гондитах архея и представлены следующими минералами: пиролюзитом рамделлитового ряда, псиломеланом и, в небольшом количестве, манганитом. Содержание марганца в наиболее богатых рудах изменяется от 52.8 до 61.6 %, железа – 2- 4 %, фосфора – 0.1 % .

Месторождения *Урукум и Навиу* в Бразилии образовались в результате выщелачивания железа и кремнезема в итабиритах, а также перераспределения в них марганца. Руда представлена, в основном, псиломелан-пиролюзитовыми разновидностями, в которых марганец составляет от 45 до 51 %, железо – от 5 до 10 %, кремнезем – от 2 до 4 % и фосфор – около 0.1 % .

В ЮАР на *Постмасбургском* месторождении марганцевые руды залегают под доломитами, проникая в них отдельными языками. Руда представлена псиломеланом и браунитом, меньше – манганитом и ситапаритом, в небольшом количестве присутствуют вад, родонит, барит, диаспор, пирофиллит, эфесит, опал. Содержание марганца в руде колеблется от 30 до 50 %, железа от 5 до 32 %, кремнезема от 2 до 8 %, фосфора от 0.034 до 0.06 % .

Другие месторождения, сформировавшиеся в близкой геологической обстановке на Африканском континенте – в Анголе, Конго и Юго-Западной Африке, имеют незначительные масштабы и характеризуются низким содержанием марганца.

Типичные гидротермальные месторождения немногочисленны и известны, в основном, в Японии. Руды этих месторождений имеют смешанный состав и представлены следующими разновидностями: силикатно-оксидные: манганит, браунит, гаусманит, родонит и др., и карбонатно-оксидные: родохрозит, манганокальцит, манганосидерит, браунит, гаусманит, манганит, пиролюзит и др. Морфологически тела представлены жилами гидротермально-метасоматического генезиса. Содержание марганца в них не превышает 30 % .

Глава 2

МАРГАНЦЕВЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН

История развития марганцеворудной базы Республики Башкортостан насчитывает несколько десятилетий. Наиболее интенсивно месторождения разрабатывались в тридцатые и сороковые годы. Все месторождения Башкортостана (рис. 1) пространственно объединяются в три группы: 1) месторождения западного борта Магнитогорского мегасинклинория; 2) месторождения Зилаирского синклинория и 3) месторождения западного склона Южного Урала.

Эти группы месторождений отражают определенные геологические условия их генезиса, отвечая, таким образом, трем самостоятельным структурно-формационным зонам. Наибольшее количество месторождений известно в пределах западного крыла Магнитогорского мегасинклинория, который именуется, иногда, марганцеворудной зоной западного борта Магнитогорского мегасинклинория. Она протягивается в меридиональном направлении от окрестностей г. Миасс на севере и почти до широты с. Акъяр. В пределах зоны принято выделять группы более низкого ранга – рудные районы. Мы придерживаемся схемы выделения пяти рудных районов:

1. Северо-Учалинский марганцеворудный район;
2. Южно-Учалинский марганцеворудный район;
3. Юлдашевский марганцеворудный район;
4. Худолазовско-Карамалыташский рудный район;
5. Таналыкский рудный район.

Из самих названий рудных районов следует, что они выделены по территориальному признаку. Надо отметить, что по мере продвижения на юг снижается компактность размещения объектов на площади района и увеличение последней. В пределах западного борта Магнитогорского мегасинклинория марганцеворудные месторождения принадлежат двум генетическим типам. Наиболее многочисленная группа месторождений имеет гидротермально-осадочную природу. Другая, более малочисленная, объединяет месторождения болотного (осадочного) происхождения. В такой последовательности они охарактеризованы ниже.

В зоне Зилаирского синклинория известно одно месторождение, которое приурочено к его восточному борту. И, наконец, на западной окраине Башкирской части Уральской складчатой системы в пределах передовых складок Урала и Предуралья выделяются марганцевые месторождения и рудопроявления, которые по геологическому строению и вещественному составу образуют совершенно самостоятельную группу.

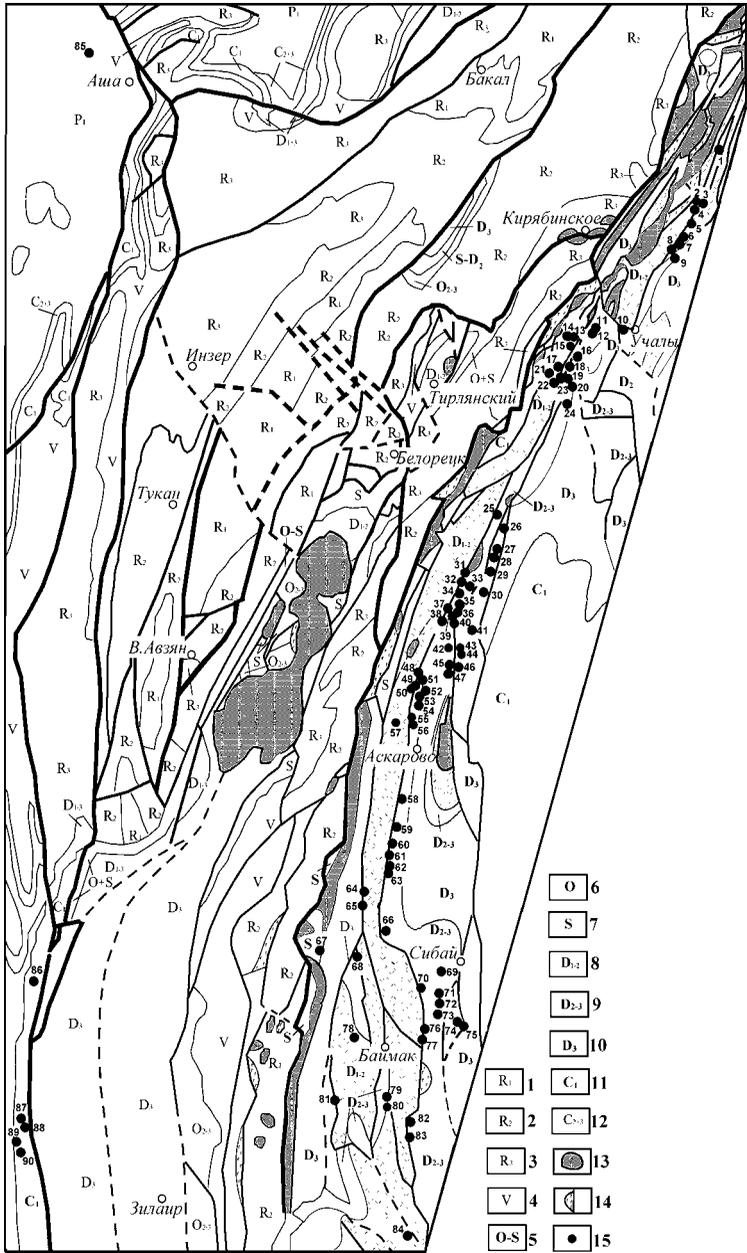
2.1. Марганцевое оруденение западного борта Магнитогорского мегасинклинория

Все месторождения западного борта Магнитогорского мегасинклинория были открыты в конце XIX или первой трети XX века и многие из них были вовлечены в эксплуатацию. Как правило, они характеризовались высоким качеством добываемых руд и благоприятными условиями отработки. Месторождения разрабатывались до истощения или полной выемки приповерхностных тел богатых руд, и только в отдельных случаях (Уразовское и Ялимбетовское месторождения) велась отработка на глубинах свыше 20 м. Этим же глубинным уровнем (и лишь для единичных объектов до сотни метров) определяется их изученность.

В последние годы поисково-оценочные и обобщающие работы по марганцевому сырью были проведены А.А.Макушиным и др. (1972, 1975 ф) и В.Б.Павловым с соавторами (1980 ф). Детальные работы по отдельным объектам проводились И.Г. Жуковым (2000 ф), А.И.Брусницыным с соавторами (2001, 2000), Е.В.Стариковой (2001), Т.А.Семковой (2001), Т.А. Михайловым (2001).

В целом, месторождения рассматриваемой части Магнитогорского мегасинклинория представлены, как отмечалось ранее, двумя генетическими типами: гидротермально-осадочным и осадочным (болотным).

По разным причинам не все рудные объекты охвачены детальным изучением и потому, приводимые ниже характеристики месторождений, качественно различаются. Те объекты, которые хорошо изучены, охарактеризованы соответственно с подробным описанием минерального состава руд, в других указаны лишь оксидные минералы, которые были изучены в процессе их разработок.



2.1.1. Гидротермально-осадочные месторождения

Геологическая позиция месторождений марганцевых руд в разрезе Магнитогорского мегасинклинория долгое время является предметом дискуссий. Во многом, если не полностью, это вызвано той стратиграфической неопределенностью, которая имела место для нижнепалеозойских толщ Магнитогорского мегасинклинория.

Рис.1. Распространения месторождений и рудопроявлений марганца в пределах Республики Башкортостан.

Условные обозначения: 1-12-разновременные структурно-вещественные комплексы (1-нижнерифейский, 2-среднерифейский, 3-верхнерифейский, 4-вендский, 5-ордовикско-силурийский, нерасчлененный, 6-ордовикский, 7-силурийский, 8-нижне-среднедевонский, нерасчлененный, 9-средне-верхнедевонский, нерасчлененный, 10-верхнедевонский, 11-нижнекаменноугольный, 12-средне-верхнекаменноугольный, нерасчлененный), 13-ультраосновные массивы, 14-массивы основных пород, 15-месторождения и рудопроявления марганцевых руд (1-Сулеймановское, 2-Южно-Караминское, 3-Северо-Кураминское, 4-Кожавское, 5-Тунгатаровское, 6-Бай-Султан, 7-Сарбайское, 8-Западно-Никольское, 9-Никольское, 10-Малые Учалы, 11-Ильтибановское, 12-Мама-Лик, 13-Каракасты, 14-Катык-Аяк, 15-Тетраук, 16-Тальш-Мак, 17-Уразовское, 18-Биль, 19-Таган-ле-Биль, 20-Березовая роща, 21-Улут-Тау, 22-Абакай, 23-Тус-га, 24-Багасты, 25-Назаркино, 26-Рахметовское, 27-Мало-Габдимовское, 28-Габдимовское, 29-Баимовское, 30-Ниязгуловское I, 31-Гора Белая, 32-Ниязгулово, 33-Лог Санды-Узяк, 34-Биккуловское, 35-Таноз-гыр, 36-Казган-Таш, 37-Аркры-гыр, 38-Куруелга, 39-Нук утуба, 40-Кусимовское, 41-Аюсазовское, 42-Гора Тенуар, 43-Аумышевское, 44-Ялимбетовское, 45-Салаватово, 46-Каран-Елга, 47-Кужановское, 48-Мураптиловское, 49-Кургашмы, 50-Узунгур, 51-Биик-Тау, 52-Саканай, 53-Кур-Як-Мас, 54-Ново-Кучаровское, 55-Эк-Баш, 56-Даутовское, 57-Гирлянское, 58-Ярыкановское, 59-Хусаиновское, 60-Шадыгаевское, 61-Туктигуловское, 62-Мамилинское, 63-Шибердинское, 64-Северо-Губайдуллинское, 65-Южно-Губайдуллинское, 66-Басаевское I, 67-Нагаметовское, 68-Исяновское, 69-Давлетовское, 70-Юмагузинское, 71-Старо-Сибаяевское, 72-Западно-Хасановское, 73-Южно-Хасановское, 74-Колтубанское, 75-Анзигутовское, 76-Северо-Файзуллинское, 77-Южно-Файзуллинское, 78-Асылдовское, 79-Туба-Каин, 80-Богачевское, 81-Шейнектауское, 82-Ишмухаметовское, 83-Исянгильдинское, 84-Сукраковское, 85-Улутелякское, 86-Шигрышское, 87-Бика-Куркан, 88-Яу-Сапкан, 89-Улу-Елга, 90-Имян-Караул.

Отсутствие во многих разрезах макрофауны заставляло руководствоваться литологическими и петрохимическими критериями при корреляции толщ на протяжении всей мегазоны. Не всегда, как теперь стало очевидно, эти критерии были объективными, что приводило к неправомерным стратиграфическим построениям и служило причиной неверных датировок рудовмещающих толщ. На базе таких неверных возрастных датировок строились генетические модели и принимались прогнозно-поисковые схемы. Все это приводило к субъективной оценке перспектив марганцевоносности региона.

Еще с тридцатых годов укрепилось мнение о том, что в докарбонных отложениях западного борта Магнитогорского мегасинклинория существуют *четыре* уровня марганценакопления. Эти уровни соответствовали выделенным в пределах разных рудных районов четырем рудным горизонтам:

- уразовскому (выделяемого в пределах ирендыкской свиты);
- бугулыгирскому;
- биккуловскому (верхи улутауской свиты);
- мукасовскому.

Из них только бугулыгирский и мукасовский были стратонами регионального уровня и прослеживались на сотни километров в пределах всей марганцеворудной зоны, два других – уразовский и биккуловский, выделены только в пределах Уразовского и Биккуловского рудных полей.

В.В.Павловым и др. (1980 ф) было показано, что проявления, связанные с мукасовским горизонтом, сформировались в результате гипергенеза. Отнесение ряда других, несомненно, осадочных или вулканогенно-осадочных месторождений, в частности Ниязгулово-I, Асылковского и Исяновского, к *мукасовскому* горизонту, как это делается рядом исследователей до настоящего времени (Контарь и др., 1999), неправомерно и не отвечает современным взглядам на стратиграфическое расчленение палеозойских отложений западного борта Магнитогорского мегасинклинория (Маслов и др., 1993, Артюшкова и др., 1998). Поэтому, *мукасовский* горизонт не должен выделяться в качестве самостоятельного, регионального уровня марганценакопления.

Наиболее древним марганцевым рудоносным горизонтом считался уразовский (Туманов, 1941 ф); по Северо-Учалинскому марганцеворудному району его возрастным аналогом выступает

кожаевский горизонт, выделяемый в пределах каримовской³ свиты. *Уразовский* горизонт относился к верхней части ирендыкской толщи и датировался верхним эйфелем и нижним живетом, на основании того, что подстилающие туфы и тефроиды базальтового состава относились к верхам ирендыкской свиты, а перекрывающие туфопесчаники кислого состава представляют собой низы улутауской свиты. Согласно сборам фауны Ш.Н. Каца (1980 ф) на Уразовском месторождении, рудовмещающая толща датировалась нижним живетом. На Кожаевском месторождении горизонт сложен тефроидами основного состава, туфами и игнимбритоидами, алевролитоглинистыми и яшмовидными породами. К этому горизонту относились такие месторождения как Уразовское, Кожаевское, Сулеймановское. По сборам конодонтовой фауны, проведенным непосредственно по рудовмещающей толще Кожаевского месторождения, ее возраст, на основании находок *Tortodus cf. kockelianus* Witt., *Polignatus cf. trigonicus* Bisch. et Ziegl., определен как эйфельский (международная шкала). По комплексу конодонтов рудовмещающая пачка сопоставляется с карамалыташской свитой.

Подавляющее большинство месторождений марганца локализовывалось в пределах *бугулыгырского* горизонта. Толщи сургучно-красных яшм, без достаточного на то палеонтологического обоснования, а только на основании литологического сходства, считались одновозрастными и объединялись в единый маркирующий бугулыгырский горизонт. Тем не менее, было отмечено, что все месторождения приурочены к яшмам, непосредственно залегающим на ирендыкской свите, а яшмы, которые перекрывают карамалыташскую свиту, не содержат заметных марганцевородных проявлений. Согласно исследованиям последних лет (Маслов и др., 1993, Артюшкова и др., 1998), стало очевидным, что яшмовая толща, мощностью 30-200 м, получившая название *ярлыкаповской* и перекрывающая ирендыкскую свиту, в возрастном отношении соответствует всей карамалыташской свите и перекрывающему ее собственно бугулыгырскому горизонту. Из этого следует, что выделение *бугулыгырского* марганцевородного горизонта некорректно и необходимо говорить о *ярлыкаповском* уровне марганценакопления.

³ Каримовская свита в настоящее время не выделяется. Относимые к ней отложения являются аналогом карамалыташской свиты, что доказано фаунистически.

Биккуловский горизонт был выделен на одноименном месторождении, но наиболее полно изучен профилем буровых скважин южнее месторождения Ниязгулово-I, где имеет следующее строение: на четвертой толще (ирендыкской свиты) с постепенным переходом залегает толща гематизированных туфов, яшмоидов, кремнистых туффитов, которые относились к улутауской свите. Общая мощность *биккуловского* горизонта не превышает 20-30 м.

Как теперь понятно, данная толща, вероятнее всего, представляет собой конденсированный разрез, который отвечает в нижней своей части ярлыкаповской толще эйфельского возраста.

Таким образом, мы видим, что стратиграфическое положение всех трех марганцеворудных горизонтов имеет одну общую позицию – они залегают на границе между ирендыкской (или ее аналогом) и улутауской свитами, и все три отвечают уровню *ярлыкаповского* горизонта, который соответствует трем конодонтовым зонам: *costatus* (верхняя часть), *australis* и *cockelianus* (Артюшкова и др., 1998). В генетическом плане месторождения марганца опосредовано связаны с риолит-базальтовой формацией, представленной в изучаемом регионе карамалыташской свитой.

Необходимо отметить, что в одном случае марганцевое оруденение занимает иное возрастное положение. Это – точка марганцевой минерализации в джасперитах, залегающих небольшой линзой (0,5×2,5 м) среди подушечных базальтов на северо-западной окраине д. Абзаково. В этом вулканогенном разрезе, подстилающем Аратаускую синклираль, В.А.Масловым и О.В. Артюшковой найдены конодонты, отвечающие возрасту баймак – бурибаевской свиты. Это единственный пример марганцеворудного проявления такого возрастного уровня, если нет ошибки в определении конодонтов или расположении точки отбора пробы.

Наряду с месторождениями вулканогенно-осадочного типа в Магнитогорском мегасинклинии известны также месторождения четвертичного возраста (Федоров, 1994 ф), формировавшиеся в речных долинах и представленные бобовыми марганцевыми рудами. Они известны в Абзелиловском районе и характеристика их дана в отдельном разделе.

На площади ***Северо-Учалинского марганцеворудного района*** известно несколько месторождений, множество рудопроявлений и точек рудной минерализации. Все известные месторождения охарактеризованы в данной работе. Из рудопроявлений кратко описаны только два. Остальные рудопроявления и

точки минерализации не представляют промышленного интереса или сведения о них отсутствуют.

Сулеймановское месторождение расположено на северо-восточном склоне хр. Большой Кумач в 0,5 км к юго-востоку от д. Сулейманово (рис. 2).

Месторождение известно с начала XX века, в 20-30 годах эксплуатировалось открытым карьерным способом. Впервые оно зафиксировано и охарактеризовано как месторождение железных руд в отчете О.А.Нестояновой (1935 ф). В отчете С.Х.Туманова (1944 ф) также есть некоторые сведения о месторождении. Позже Р.И.Смирновым (1954 ф) проводились поисково-разведочные работы, в результате которых были выявлены три разрозненных между собой участка: Северный, Центральный и Южный, где было пройдено 27 канав, 34 шурфа и расчищено 8 карьеров, по одному борту каждого отобрано 94 пробы и обследовано ряд естественных обнажений.

Породы месторождения слагают небольшую синклиналичную структуру, осложненную, в свою очередь, мелкой вторичной складчатостью, и представлены диабазами, диабазовыми плагиоклазовыми, пироксен-плагиоклазовыми порфиритами и их туфами, среди которых расположены прослой и линзы яшм и кремнистых туфитов.

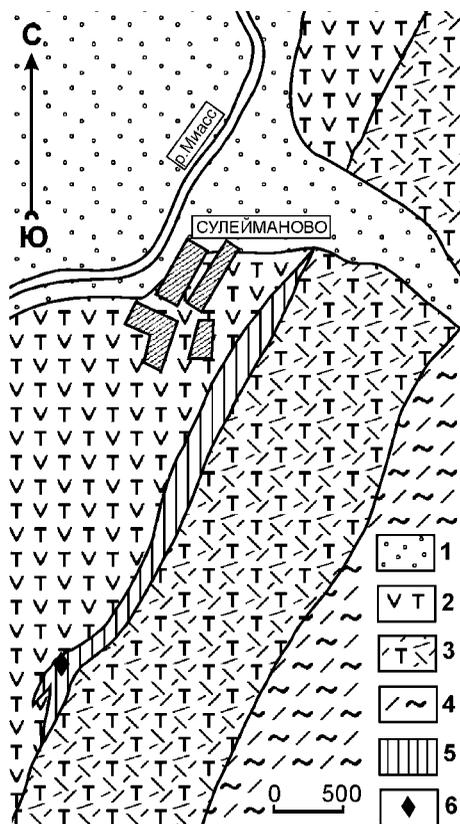
Железомарганцевые руды Сулеймановского месторождения с поверхности представлены разрозненными по простиранию линзообразными залежами, приуроченными к толщам сургучно-красных яшм, залегающими в строгом соответствии с простиранием и падением последних.

Всего на месторождении установлено 12 рудных залежей, из которых 8 – на Северном участке, 2 – на Центральном и 2 – на Южном.

Рудное тело № 1. Расположено в самой северной части Северного участка. Оно залегает среди туфов плагиоклазовых порфиритов, зажатых в толще яшм, а в южной – среди самих яшм. По простиранию прослеживается на 180 м при мощности от 0.20 до 0.55 м. Руды представлены железо-марганцевыми плотными, трещиноватыми разностями, буровато-черного и черного цветов, мелкозернистого строения с гнездами, выполненными рыхлой, сажистой массой и прослойками оруденелого туфа плагиоклазового порфирита.

Рис. 2. Схематическая геологическая карта района месторождения Сулеймановское (по Туманову, 1944 ф и Решетниковой 1985 ф).

1-четвертичные отложения, 2-туфы пироксен-плагиоклазовых порфиритов (D_2), 3-туфы кварцевых альбитофиринов (D_2), 4-кремнистые сланцы и кремнистые туфиты, 5-омарганцеванные кварц-гематитовые породы (D_2), 6-Сулеймановское месторождение.



Химический состав руд: марганца – от 26.3 до 30.6 %, железа – от 11.4 до 13.0 %, кремнезема – от 16.3 до 29.7 %, фосфора – от 0.07 до 0.09 %, CaO – 2.7 % (здесь и далее составы руд даны по Туманову, 1944 ф).

Рудное тело № 2. Залегает на контакте туфов плагиоклазовых порфиритов на западе и яшм на востоке, простирается на 90 м при мощности 0-50 м. Руды железомарганцевые темно-бурого цвета, мелкозернистые, с прослойками и гнездами оруденелого туфа плагиоклазового порфирита.

Химический состав руд: марганца – 17.5 %, железа – 18.0%, кремнезема – 33.4 %, фосфора – 0.19 %.

Оруденелые туфы плагиоклазовых порфиритов близки к железным рудам, где содержание Mn – 2.2 %, железа – 24.2 %, кремнезема – 55.2 %, фосфора – 0.06 %.

Рудное тело № 3. Приурочено к восточному контакту яшм с кремнистыми туффитами и прослеживается по простиранию на 170 м при мощности от 0.20 до 1.0 м, залегает с падением на запад под углом 40° . Рудное тело представлено окисными плотными и конкреционно-жеодистыми марганцевыми и железомарганцевыми рудами буровато-черного цвета с гнездами оруденелой яшмы.

Химический состав руд: марганца – от 27.8 до 29.2 %, железа – от 8.7 до 13.0 %, кремнезема – от 21.1 до 24.0 %, фосфора – от 0.01 до 0.06 %.

Рудное тело № 4. Залегает среди яшм в западной части рудного тела № 3. Простирается рудное тело на 100 м при мощности 0.40 м, падение восточное под углом 85° . Руды этой залежи представлены конкреционно-жеодистыми железо-марганцевыми разностями черного цвета, тонкозернистыми.

Химический состав руд: марганца – 28.7 %, железа – 13.9 %, кремнезема – 20.7 %, фосфора – 0.16 %. Это рудное тело с востока контактирует с сильно оруденелыми яшмами, которые по химическому составу близки к рудам, содержание в них марганца 11.3%, железа – 15.4 %, кремнезема – 56.9 %, фосфора – 0.11 %.

Рудное тело № 5. Расположено в центральной части Северного участка и приурочено к восточному контакту яшм и западному, представленному туфами риолитов и кварцевых риолитов. Оно прослеживается по простиранию на 200 м при мощности 0.55 м. Руда железо-марганцевая от темно-вишневого до буровато-черного цвета, тонкозернистая, сильно окремнелая, с участками оруденелой темно-вишневой яшмы.

Химический состав руд: марганца – от 13.6 до 16.0 %, железа – от 13.4 до 20.0 %, кремнезема – от 28.5 до 36.1 %, фосфора – от 0.02 до 0.16 %.

Рудное тело № 6. Расположено в 3.5 м западнее рудного тела № 5 и залегает параллельно ему. Простирается оно на 200 м при мощности от 0.20 до 2.0 м. Падение руды в северной части юго-восточное под углом $55-60^{\circ}$, в северо-северо-западной – под углом 75° . Эта залежь представлена плотной железо-марганцевой и конкреционно-жеодистой рудой буровато-черного цвета с гнездами яшм и прожилками молочно-белого кварца.

Химический состав руд: марганец – от 14.2 до 20.4 %, железо – от 10.0 до 13.8 %, кремнезем – от 25.8 до 51.1 %, фосфор – от 0.08 до 0.19 %.

Рудное тело №7. Расположено в южной части Северного участка. Оно приурочено к восточному контакту туфов плагиоклазовых порфиритов с яшмами, залегает небольшой линзой среди яшм, а в южной части – среди оруденелых яшм. Мощность рудной залежи 0.20 м, длина по простиранию 220 м. Рудное тело представлено плотными кусковатыми марганцовисто-железными рудами темно-бурого цвета, тонкозернистыми, включающими в себя гнезда охристого материала.

Химический состав руд: марганец – от 7.3 до 9.4%, железо – от 8.8 до 24.4%, кремнезем – от 37.5 до 67.9%, фосфор – от 0.08 до 0.1%.

Рудное тело № 8. Залегает западнее рудного тела № 7 параллельно ему. Длина по простиранию 130 м при мощности от 0.10 до 2.50 м. Рудное тело представляет собой мелкое чередование прослоев сильно оруденелой яшмы с плотной железо-марганцевой рудой. Цвет руды темно-бурый, строение тонкозернистое. Вся рудная зона имеет небольшие прослои, линзы и гнезда железисто-охристого материала. Падение рудного тела на юго-восток под углом 78° , простирание северо-восточное 15° .

Химический состав руд: марганец – от 10.1 до 12.9%, железо – от 11.3 до 23.2%, кремнезем – от 34.9 до 60.6%, фосфор – от 0.04 до 0.10%, CaO – от 2.1 до 3.4%.

Рудное тело № 9. Расположено на Центральном участке, прослеживается по простиранию на 100 м при мощности от 0.8 до 3.20 м, залегает с падением на северо-запад под углом $75-80^{\circ}$. Руда окисная марганцовисто-железистая, темно-бурая, тонкозернистая, с мелкими (до 20 см мощностью) прослойками и гнездами оруденелого туфового материала. В южной части участка руда имеет ноздреватый вид.

Химический состав руд: марганец – от 4.6 до 11.0%, железо – от 15.8 до 24.1%, кремнезем – от 39.2 до 60.2%, фосфор – от 0.05 до 0.10%.

Рудное тело № 10. Залегает среди яшм Центрального участка и протягивается по простиранию на 240 м. Мощность его невыдержанна и колеблется в пределах от 0.20 до 10.05 м. Рудное тело в северной части имеет западное падение под углом 80° , в южной – падение восточное под углом $40-60^{\circ}$. Руды представлены окисными, плотными, сильно трещиноватыми и конкреционно-жеодистыми железо-марганцевыми и марганцовисто-железистыми разностями буровато-черного цвета с небольшими гнездами рыхлой сажистой и охристо-глинистой массы. В цен-

тральной части залегает линза пироксен-плагиоклазовых порфиритов. Вся рудная залежь прорезана прожилками и жилами молочно-белого кварца, мощностью до 0.40 м, ориентированных в разных направлениях.

Химический состав руд: марганец – от 1.8 до 29.4%, железо – от 13.0 до 29.0%, кремнезем – от 13.6 до 68.6%, фосфор – от 0.04 до 0.23%.

Рудное тело № 11. Расположено на Южном участке, прослеживается по простиранию на 35-40 м при истинной мощности 0.30 м. Оно залегает прослоем среди туфов альбитофиров с падением на юго-восток под углом 75⁰. Это рудное тело представлено сильно оруденелыми туфами плагиоклазовых порфиритов темно-бурого цвета, мелкозернистыми, с прослойками и гнездами марганцовисто-железной руды.

Химический состав руд: марганец – 12.8%, железо – 10.6%, кремнезем – 58.6%, фосфор – 0.07%.

Рудное тело № 12. Представлено марганцовисто-железной рудой, залегающей также на Южном участке среди яшм, в ядре мелкой синклинали, имея у поверхности мощность 1.7 м, с резким выклиниванием до глубины 1,20 м.

Подсчитанные запасы месторождения составляют более 30 тыс. т (Туманов, 1944 ф).

Минералогия руд месторождения не изучена, но визуально ассоциация минералов соответствует карбонатно-силикатным и оксидным, что и в других месторождениях, которые описаны далее.

Кураминское месторождение расположено в 1.5 км юго-западнее д. Курамино и в 3 км на северо-восток от Кожаевского месторождения на восточном склоне безымянного отрога хр. Кумач.

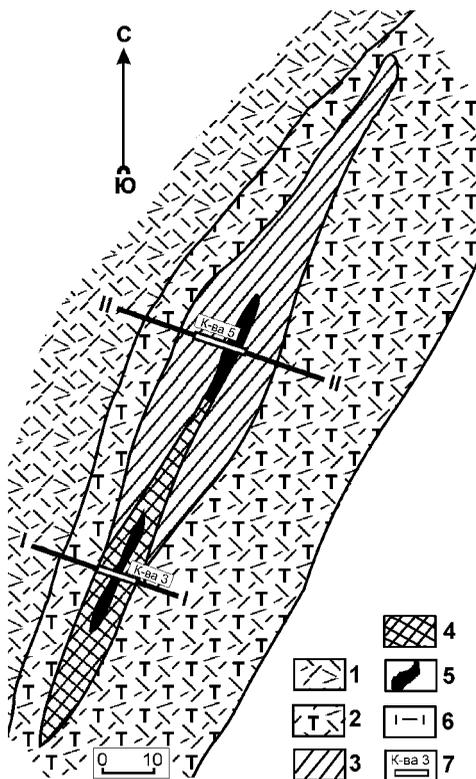
Месторождение открыто в 1934 г. П.М.Постновым и О.А. Нестояновой в ходе поисково-разведочных работ на марганцевые руды, проводимых в Учалинском районе. С момента открытия месторождение не отрабатывалось. Его изучением в 1942 - 1943 годах занимался М.Н.Клюшников.

Месторождение (рис. 3, 4) состоит из двух промышленных рудных тел пластообразной формы северо-восточного простирания и вертикального падения. Протяженность тел по простиранию колеблется от 23 до 27 м, при средней – 25 м, размер по падению около 15 м, мощность тел колеблется от 0.7 до 3.5 м, составляя в среднем 2 м. Глубина вскрыши составляет 5 м. 100

% учтенных запасов руд сосредоточены в двух указанных рудных телах. По простиранию они не выдержанные. Контакты с вмещающими породами нечеткие, расплывчатые. Помимо двух основных рудных тел, вблизи отмечены восемь линз сильно оруденелых яшм или туфов кварцевых риолитов. Длина линз по простиранию от 10 до 250 м, ширина от 10 до 200 м, содержание марганца от 11.8 до 26.4 % (Постнов, 1936 ф).

Рис. 3. Схематическая геологическая карта района месторождения Курминское (по Ключникову, 1946 ф и Решетниковой, 1984 ф).

1-риолиты (D₂gv), 2-туфы кварцевых риолитов, 3-яшмы (D₂gv), 4-оруденелые яшмы (D₂gv), 5-марганцевые руды, 6-профили, 7-канавы и их номера.



Основные рудные тела окислены на глубину 2-3 м, зона окисления сложена пирролюзит-гематитовыми рудами, на глубине более 5 м они сменяются родонитами и сопутствующими минералами.

Оксидные руды плотные, буровато-черные или, реже, синевато-черные, с отдельными включениями розового родонита. Основным промышленным минералом марганца является пирролюзит. Он слагает основную массу руды и представлен плотными и рыхлыми разностями.

Среднее содержание марганца в рудах месторождения составляет 12.5 %, железа – 15.7 %, кремнезема – 54.4 %, глинозе-

ма – 2.9 %, серы – 0.03 % и фосфора – 0.03 %. Среднее отношение марганца к железу равно 0.8. Подсчитанные запасы руд составляют более 10 тыс. т (Постнов, 1934 ф).

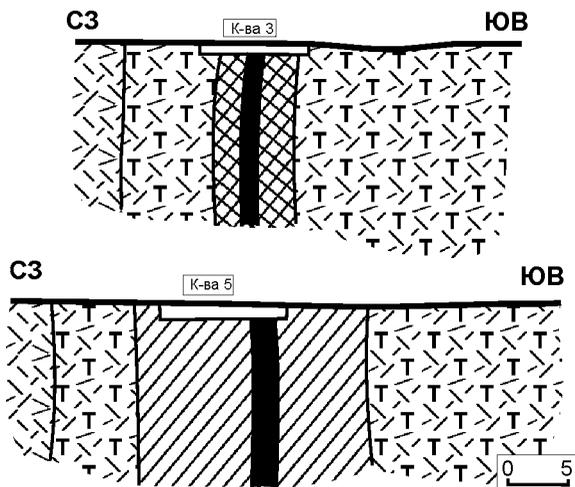


Рис. 4. Геологические разрезы месторождения Кураминское (по Ключникову, 1946 ф и Решетниковой, 1984 ф).
Условные обозначения см. на рис. 3.

Вмещающие породы представлены буровато-красными и вишневыми яшмами плотной текстуры, состоящими из кварца, гематита и пирролизита, мощность вмещающих яшм колеблется от 15 до 20 м, а также полосчатыми вишнево-красными туфами кварцевых риолитов, которые местами сильно оруденелые. Более детально минералогия руд и пород не изучена.

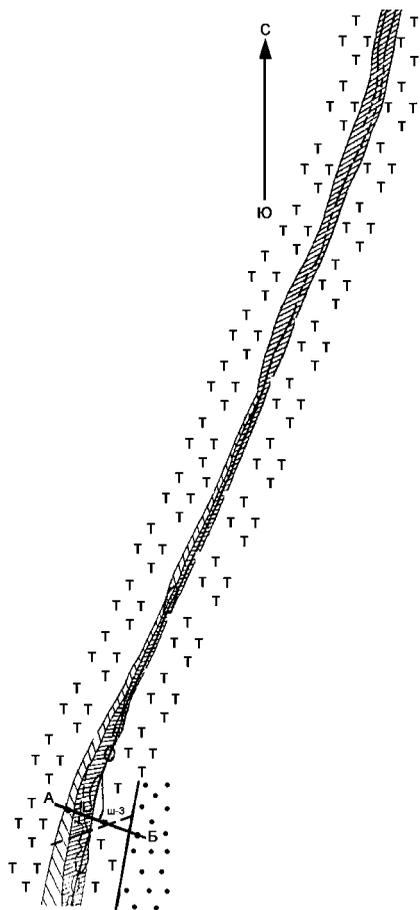
Кожяевское месторождение расположено на северо-востоке Учалинского района в 0.5 км к северу от п. Тунгатарово. Разведка месторождения проведена М.Н.Ключниковым (1946 ф). В последние годы здесь проводились поисковые работы (Павлов и др, 1980).

Месторождение состоит из одного основного рудного тела северо-восточного простирания и прослежено по простиранию на 700 м (рис. 5). Падение его крутое юго-восточное (рис. 6). В северной части месторождения рудное тело выходит на дневную

поверхность. Мощность залежи неравномерная, на поверхности 1-1.5 м, а на глубине 50-80 м – увеличивается до 6-8 м. Рудное тело (рис. 6) имеет неоднородное строение и характеризуется наличием многочисленных включений кремнисто-глинистых и вмещающих пород. Последние на западе представлены туфами плагиоклазовых и пироксен-плагиоклазовых порфиров, а на востоке – туфами кварцевых порфиров. Руды подстилаются кварц-гематитовыми (джасперитовыми) породами.

**Рис. 5. Геологическая схема
Кожаевского месторождения
(по Клошникову, 1946 ф и
Боровкову, 1984 ф).**

Условные обозначения см. на
рис. 6.



На месторождении выделяется два основных типа руд: оксидные и карбонатно-силикатные. Оксидные руды сложены, в основном, пирролизитом и псиломеланом.

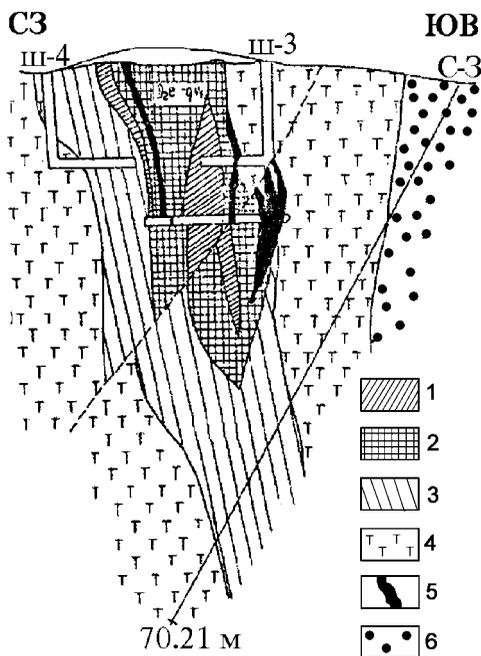
В карбонатно-силикатных рудах по соотношениям ведущих минералов и структурно-текстурным особенностям согласно Т.А. Семковой и А.И.Брусницына (2001) выделяются три основные разновидности: 1) родохрозит-тефроит-гаусманитовая; 2) родонитовая; 3) гематит-альбит-гроссуляровая.

В.В.Павлов и др. (1980) выделяют четыре следующие разновидности карбонатно-

силикатных руд: 1) гематит родонитовые и гематит-гранат-родонитовые с примесью браунита; 2) гематит-карбонат-родонитовые; 3) гематит-гранатовые; и 4) гранат-туфитовые.

Рис. 6. Геологический разрез по линии А-Б Кожаевского месторождения (по Ключникову, 1976 ф и Боровкову, 1984 ф).

Условные обозначения: 1-яшмы сургучно-красные (D_2e-gv_1), 2-оруденные яшмы (D_2e-gv_1), 3-кремнистые туффиты с линзами яшмовидных туффитов (D_2e-gv_1), 4-туфы плагиоклазовых порфириров (D_2e-gv_1), 5-марганцевые руды, 6-туфы диабазовых порфириров (D_2e-gv_1).



В составе карбонатно-силикатных руд Кожаевского месторождения описаны 19 марганцевых и марганецсодержащих минералов, среди которых наиболее часто встречаемыми являются: родонит, тефроит, марганцевый гроссуляр, гаусманит и родохрозит. Второстепенные минералы представлены альбитом, гематитом, сплессартином, андрадитом, эпидотом, кариопилитом, кумбситом, парсетенситом, бариевым баннистеритом, неотоцитом, кварцем, пиррофанитом, баритом и апатитом (Семкова, Брусницын, 2001).

Среднее содержание марганца в силикатных рудах составляет 23.78 %, железа – 7.42 %, кремнезема – 33.72 %, глинозема – 4.02 %. На территории месторождения пройдена скважина, которая в интервале 92.4-103.8 м вскрыла силикатные марганцевые руды родонит-гематитового состава. Указанное рудное тело залегает среди сургучных яшм, сильно катаклазированных в нижней части.

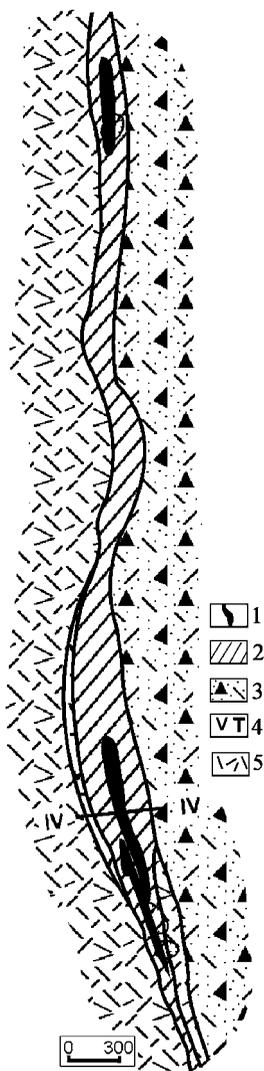
Месторождение Бай-Султан находится в 1.5 км юго-западнее д. Старомуйнаково на возвышенности Таш-Казган, расположенной восточнее хр. Ирэндык (синонимы: Таш-Казган, Ирэндыкское, Старо-Муйнакское).

Рис. 7. Геологическая схема месторождения Бай-Султан (по Постнову, 1936 ф).

Условные обозначения: 1-марганцевые руды, 2-яшмы, 3-туффиты, 4-туфы плагиооклазовых порфириров, 5-альбитовые порфиры.

Месторождение (рис. 7, 8) известно с конца XIX века и эксплуатировалось до 1917 г. Объемы добытой руды неизвестны. На территории месторождения сохранилось 5 небольших эксплуатационных карьеров глубиной до 6 м.

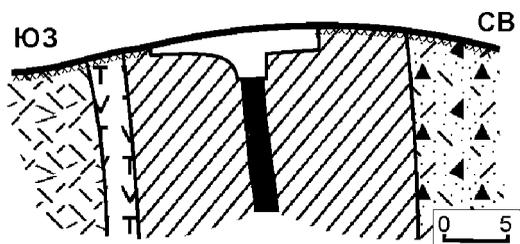
Месторождение представлено пятью промышленными рудными телами линзообразной формы. Первое рудное тело расположено в северной части месторождения, второе – в южной, третье – у западного контакта яшм севернее второго рудного тела, четвертое – к северу от второго рудного тела и, наконец, пятое – в 1.3 м восточнее четвертого рудного тела. Простираание всех тел северо-восточное, падение восточное, очень крутое до 85° . Длина их по простираанию колеблется от 60 до 118 м, по падению – от 2 до 6 м, при средней – около 4 м. Мощность рудных тел колеблется от 2 до 4 м. Глубина вскрыши составляет около 15 м. Рудные тела, не выдержанные по мощности, прослежены на глубину до 15 м. Зона окисления на



месторождении не изучена и глубина ее распространения не установлена.

Оксидные руды во всех залежах черного цвета, плотные, в основной массе сложенные пиролюзитом с примесью браунита и лимонита. Кроме того, отмечается наличие силикатных руд, в минеральном составе которых присутствуют: тефроит, Мп-оливин, родонит, барит, карбонат, гематит и др. (Павлов и др., 1980). Основным промышленным минералом марганца является пиролюзит, представленный тонкозернистыми и порошковатыми массами.

Рис. 8. Геологический разрез по линии IV-IV месторождения Бай-Султан (по Постнову, 1936 ф).
Условные обозначения см. на рис. 7.



Вмещающие породы представлены кварц-гематитовыми (джаспериты) породами мощностью от 6 до 20 м. Вмещающие яшмы местами значительно омарганцованы. Среди яшм есть кварц-гематитовые породы типа джасперита.

Месторождение Сар-Бай расположено в 4 км юго-западнее д. Старо-Муйнаково и в 6 км юго-западнее железнодорожной станции Шартымка (синоним: Пишонское).

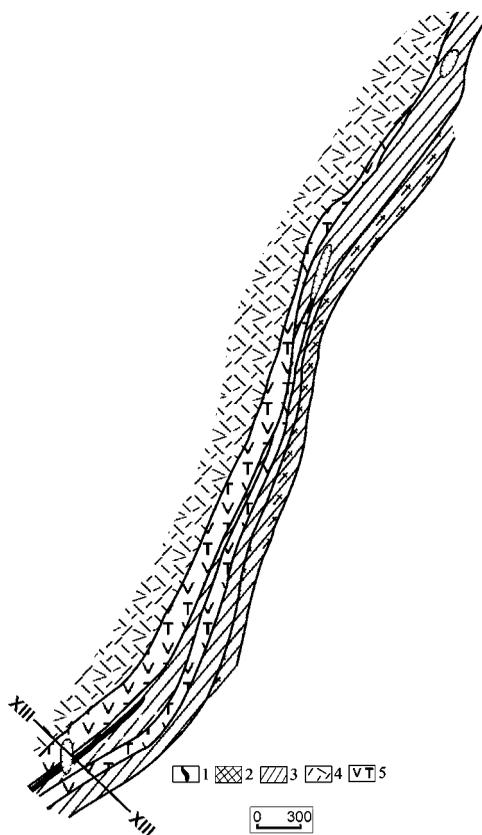
Месторождение (рис. 9, 10) эксплуатировалось до 1917 г и количество добытой руды неизвестно. Разведка проведена в 1934-35 годах П.М.Постновым, а в 1942-1943 годах – И.Н.Ключниковым. Позднее здесь проводили работы Р.И.Смирнов (1954 ф) и В.В.Павлов и др. (1980 ф). На территории месторождения известно несколько карьеров. Два из них вскрывают рудное тело на глубину до 2.5 м, при длине карьеров около 80 м. Другое рудное тело вскрыто одним карьером глубиной около 3 м.

Месторождение состоит из девяти рудных тел (Смирнов, 1954). Первое рудное тело залегает в яшмах в северной части месторождения, второе располагается южнее первого, третье –

южнее второго, четвертое – восточнее южной выклинки второго тела и севернее третьего тела, пятое – в южной части месторождения на восточном контакте яшм с туфами, шестое – в самой южной части месторождения на выклинивании яшм, седьмое является продолжением пятого рудного тела, восьмое располагается среди красных яшм и девятое – в северной части месторождения. Длина рудных тел колеблется от 60 до 250 м, мощность в среднем составляет 2 м. Расстояние между рудными телами 450 м. Глубина вскрыши составляет до 10 м.

Рис. 9. Геологическая схема района месторождения Сар-Байское (по Постнову, 1936 ф).

Условные обозначения:
1-марганцевые руды, 2-оруденелые яшмы, 3-яшмы, 4-риолиты, 5-туфы плагиоклазовых порфиров.



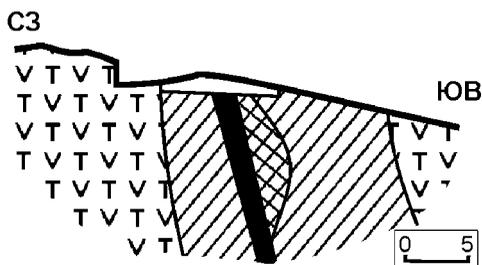
Выделяются несколько типов руд: 1) плотные родонитовые; 2) гематит-тефроит-карбонатные; 3) родонит-карбонатные; 4) бурые силикатные; 5) оксидные руды, которые представляли главную промышленную ценность (Павлов и др., 1980).

В минеральном составе руд исследователями выделены: родонит, карбонат, тефроит, гранат, гематит, псиломелан, кварц, барит.

Среднее содержание марганца в рудах составляет 32.79 %, железа – 4.83 %, кремнезема – 33.74 %, глинозема – 6.67 %, серы – 0.06 %, фосфора – 0.03 %. Отношение марганца к железу в рудах в среднем равно 6.8 (Постнов, 1936 ф).

Оксидные типы руд легко обогащаемы. Установлено (Постнов, 1936 ф), что ручная рудоразборка повышает содержание марганца в отсортированной руде на 8-10 %. Общие запасы руд составляют менее 10 тыс. т.

Рис. 10. Геологический разрез по линии XIII-XIII месторождения Сар-Байское (по Постнову, 1936 ф).
Условные обозначения см. на рис. 9.



Никольское месторождение расположено в 6.5 км юго-западнее д. Старомуйнаково и 4.5 км северо-восточнее железнодорожной станции Шартымка, на вершине отм. 496 (г. Кызыл-Таш).

Месторождение известно с конца прошлого века и разрабатывалось с 1888 по 1906 год, данные о количестве добытой руды отсутствуют. Месторождение эксплуатировалось мелкими разрезами на площади около 5000 м², всего таких разрезов более двадцати. Большая часть разрезов имеет длину не более 3-4 м и глубину, не превышающую 1.5-2 м, только три карьера имеют длину более 20 м и глубины до 7 м. На дне некоторых карьеров были пройдены шахты.

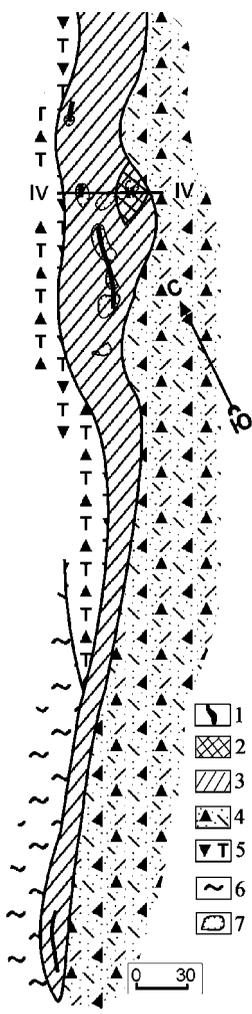
Месторождение (рис. 11, 12) состоит из трех промышленных рудных тел линзообразной формы северо-восточного простирания и юго-восточного падения. Размеры их по простиранию колеблются от 30 до 120 м и, в среднем, составляют 60 м, а по падению колеблются в пределах от 20 до 60 м, в среднем – 40 м, мощность – от 1 до 5 м, глубина вскрыши от 0 до 60 м. Первое тело длиной 40 м при максимальной мощности 1 м; второе имеет длину 120 м, при максимальной мощности 5 м; третье тело длиной 30 м имеет максимальную мощность 1.4 м. Они не выдержаны по простиранию и падению, часто наблюдаются переходы в оруденелые яшмы.

Рис. 11. Схематическая геологическая карта района месторождения Никольское (по Поствнову, 1936 ф, Решетниковой, 1984 ф).

Условные обозначения: 1-марганцевая руда, 2-оруденелые сургучные яшмы (D_2gv), 3-сургучные яшмы (D_2gv), 4-кремнистые туффиты (D_2gv), 5-брекчиевидные порфириды и вулканические брекчии (D_2gv), 6-делювий, 7-карьеры.

Рудные тела окислены до глубины 3-5 м. Главными промышленными минералами-носителями марганца на месторождении являются пиролюзит, бустамит и браунит. Пиролюзит представлен мелкозернистыми агрегатами и порошковатыми массами, бустамит образует прожилки. Верхнюю часть тел составляют плотные вторичные оксидные руды черного и синева-черного цвета, их минеральный состав: псиломелан, пиролюзит, изредка браунит. Далее, вниз по разрезу, оксидные руды сменяются оксидно-силикатными разновидностями пестрой окраски, обусловленной чередованием силикатных и оксидных минералов марганца. Основным минералом силикатных руд является родонит светло-розового и желтовато-розового цвета, представленный сплошными мелкозернистыми массами. Отмечены отдельные участки пластообразной формы, нацело сложенные бустамитом.

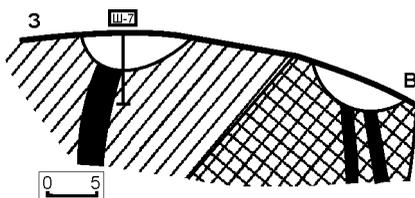
Содержание марганца колеблется от 26.06 до 42.85 %, железа – от 3.48 до 9.01 %, средние содержания кремнезема – 34.36 %, глинозема – 1.01 %. Среднее содержание марганца по учтенным рудам – 27.49 %, железа – 7.55 %, отношение марганца к железу составляет 3.6. По обогатимости оксидные руды отно-



сятся к классу легкообогатимых, тогда как руды смешанного состава – к труднообогатимым. Ручная рудоразборка повышает содержание марганца в отсортированной руде на 5-10 %.

По другим данным на месторождении выделено **восемь** рудных тел. Ниже приводится более подробная информация по каждому из них отдельно.

Рис. 12. Геологический разрез по линии IV-IV Никольского месторождения (по Постнову, 1936 ф и Решетниковой, 1984 ф).
Условные обозначения см. на рис. 11.



Рудное тело №1. Имеет линзовидную форму и прослежено по простиранию на 40 м при мощности около 5 м. Залежь сложена плотной силикатно-оксидной рудой, буровато-черного цвета, средней кусковатости. В рудах отмечены гнезда оруденелых яшм и участки интенсивного развития прожилков молочно-белого кварца. Содержание марганца колеблется от 21.9 до 33.5 %, железа – от 5.7 до 10.5 %, кремнезема – от 24.4 до 38.3 % и фосфора – от 0.016 до 0.05 %.

Рудное тело №2. Данные о форме тела отсутствуют. Длина по простиранию – 130 м, тело характеризуется наличием раздувов в северной (4.6 м) и южной (2.7 м) частях. Падение залежи восточное, невыдержанное, углы падения изменяются от 80-85⁰, в северной части, до 15-20⁰ – в южной. Залежь прослежена на глубину только в южной части посредством двух скважин. По керну этих скважин установлено, что на глубинах порядка 30-50 м залегают маломощные (около 0.1 м) прослои сильно оруденелых яшм. Руды имеют оксидно-силикатный состав и сложены пирролизитом с прожилками розового родонита. С глубиной эти руды переходят в карбонатные, сложенные кварцем, родохрозитом, гематитом и оксидами железа. Содержание марганца в рудах сильно колеблется – от 12.8 до 37.92 %, железа – от 4.6 до 17.1 %, кремнезема – от 17.5 до 60.0 %, фосфора – от 0.02 до 0.06 %.

Рудное тело №3. Имеет аналогичные элементы залегания и прослежено по простиранию на 65 м, при средней мощности 1.07 м. По минеральному составу руды относятся к оксидным,

имеют черный или черно-бурый цвет, содержат гнезда и линзы сажистых разностей. Содержание марганца в рудах по данным 5 анализов изменяется от 28.3 до 35.7 %, железа – от 5.2 до 6.9 %, кремнезема – от 20.5 до 29.1 %; содержание фосфора колеблется в пределах 0.20-0.028 %.

Рудное тело №4. Имеет линзообразную форму и залегает в 6.5 м к западу от рудного тела № 2, параллельно ему. Его средняя мощность 1.5 м. Оно прослежено по простиранию на 20 м, на юге тело резко выклинивается, а на севере постепенно переходит в оруденелые яшмы. Руды оксидные бурого цвета, средней кусковатости. Содержание марганца в них колеблется от 26.93 до 31.52 %, железа – от 4.2 до 7.3 %, кремнезема – от 25.16 до 46.00 %.

Рудное тело №5. Залежь прослежена по простиранию на 60 м, мощность до 0.9 м. По простиранию и падению рудная залежь постепенно выклинивается, замещаясь в начале рудными, а затем безрудными яшмами. Руды залежи оксидные, состоящие из плотных или ноздреватых обломков. Кроме этого отмечаются гнезда и отдельные участки сажистых руд. Химический состав невыдержанный, так содержание марганца в рудах северной части залежи достигает 46.5 %, железа – 5.3 %, кремнезема – 10.8 %, фосфора – до 0.05 %, а в южной части марганца – до 22.5 %, железа – до 9.0 %, кремнезема – 47.7 % и фосфора – до 0.02 %.

Рудное тело №6. имеет линзообразную форму и расположено в центральной части месторождения, по простиранию прослежено на 30 м при мощности 0.6 м. По простиранию и в забандах тела наблюдается постепенный переход от руд к оруденелым яшмам, а затем - в безрудные яшмы. Руды оксидные, буровато-черные, с небольшими гнездами оруденелых яшм. Среднее содержание марганца составляет 36.12 %, железа – 5.0 %, кремнезема – 13.0 %, глинозема - 4.2 %.

Рудное тело №7. Изучено в средней своей части, где представляет собой пережатую линзу, прослеженную по простиранию на 40 м, максимальная мощность – 3.1 м, падение крутое, до 85⁰, на юго-восток. Руды массивные, буровато-черные, оксидные, с гнездами розоватого туфового материала, содержание марганца колеблется от 18.5 до 28.34 %, железа – от 2.3 до 9.01 %, кремнезема – от 13.94 до 50.6 %, фосфора – от 0.024 до 0.032 %.

Рудное тело № 8. Линзообразная залежь, прослеженная по простиранию на 50 м, при мощности до 0.4 м. Считается, что залежь состоит из переотложенных руд черного и буровато-черного цвета с отдельными гнездами сажистых руд. Средний

химический состав руд: марганца – 42.86 %, железа – 3.48 %, кремнезема – 4.8 %.

Вмещающие породы представлены сургучно-красными и вишнево-красными яшмами. В свою очередь яшмы залегают в виде линз среди дацитовых порфиров и диабазов. На контактах с рудными телами яшмы омарганцованы. Содержание марганца до 8-10 %. Мощность участков развития омарганцованных яшм достигает 6 м. Надрудная толща представляет собой пачку чередования полосчатых туффов с прослоями туфов кислого состава.

Западно-Никольское рудопроявление приурочено к уразовскому рудоносному горизонту. Оруденение связано с яшмами и прослежено на расстоянии 80-100 м при мощности 2 м. С поверхности оно представлено сильно оруденелыми черными яшмами, местами переходящими в руду. По геологическому строению и типу руд рудопроявление аналогично Кожаевскому месторождению.

Рудопроявление Малые Учалы. Марганцевое оруденение наблюдается к западу от оз. Малые Учалы в верхней части восточного склона холма. В стенках старых канав вскрыты перекристаллизованные оруденелые яшмы и кварц-гематитовые породы с участками марганцевой руды. Кроме того, марганцевое оруденение отмечается и в пределах Учалинского колчеданного месторождения (Пирожок и др., 2000). В вулканогенной толще, перекрывающей колчеданное рудное тело установлена серия небольших линз (0,7-1,2 м) марганцевых минеральных образований трех типов: 1) родонитовых, 2) браунитовых и 3) пьезонтитовых. В минеральном составе этих линз, кроме родонита, браунита и пьезонтита, установлены родохрозит, кутнагорит, тефроит, гроссуляр, эпидот, манганоксинит, кариопилит, биментит.

В пределах **Южно-Учалинского марганцеворудного района** известно два геологических объекта, характеризующихся как месторождения и несколько незначительных рудопроявлений.

Тетраукское месторождение расположено в Учалинском районе в 20 км юго-западнее ж. д. станции Учалы и в 2 км северо-восточнее от д. Уразово (синоним Тетраук).

Месторождение открыто в 1917 году при поисково-оценочных работах на марганец. Оно эксплуатировалось в период с 1917 г. по 1933 г., объем руды, добытый за это время, ее качество и потребитель неизвестны. Месторождение обрабатывалось шестью карьерами, шурфами и канавами. В последующее время в районе объекта были проведены региональные геологосъемочные и геофизические работы. На Тетраукском месторождении в 1932 г. проведены общие и детальные поиски. Всего пройдено: 35 канав, ср. длина 6 м, глубина 2 м, 20 шурфов глубиной 1-5 и 6-19 м; 5 скважин механического бурения глубиной 40–50 м. В ходе всех разведочных работ изучена площадь длиной 800 и шириной 100 м. Кроме этого в 1946 году детальные работы были проведены В.И.Ивановым (1946 ф).

Тетраукское месторождение (рис. 13, 14) приурочено к восточному крылу сложно дислоцированной Тетраук-Юкалинской синклинали, расположенной в западном крыле Магнитогорского мегасинклинория.

Участок месторождения сложен глинистыми и кремнисто-глинистыми сланцами, яшмовидными туффитами и яшмами сургучного цвета (Топорков, Кожевников, 1938), которые слагают как восточный, так и западный склоны г. Тетраук и моноκлиально падают под 60-85° на северо-запад при простирании 20° на северо-восток (аз. падения 290°).

Рудная залежь имеет линзообразную форму и залегает согласно со слоистой толщей вмещающих пород. Простирание северо-восточное, падение очень крутое северо-западное. Размеры рудного тела по простиранию составляют 800 м, по падению в среднем 22 м, мощность 0,15-3,5 м, в среднем 2 м. Мощность вскрыши от 0,3 до 20 м. Рудные тела не выдержаны по простиранию, на глубине 24-34 м выклиниваются, контакты с вмещающими породами резкие, неровные.

В северной части месторождения, а также висячем и лежащем боках, наблюдаются небольшие параллельные основной рудной залежи линзочки руды, быстро выклинивающиеся по простиранию и на глубину. В 160-200 м на юг от основного рудного тела располагается второе рудное тело мощностью 1 м с падением на запад. На глубину и по падению оно не прослежено.

С поверхности руды окислены до глубины 10-12 м и представлены псиломеланом, пиролюзитом и браунитом. На глубине они представлены силикатными (родонит-бустамитовыми) раз-

новидностями. Переходная зона от окисленных к силикатным рудам не превышает 3-4 м. Силикатные руды развиты и в периферических частях рудного тела. Встречаются также конкреционные руды в виде жезд диаметром более 15-20 см с пустотами, заполненными окремненной глинистой массой (Павлов и др., 1980).

Рис. 13. Схематическая геологическая карта района месторождения Тетраук (по Иванову, 1946 ф и Решетниковой, 1984 ф).

Условные обозначения: 1-марганцевые руды, 2-красные яшмы, 3-глинистые сланцы, 4-кремнисто-глинистые и кремнистые туффиты, 5-яшмовидные туффиты, 6-сутлинки с обломками коренных пород, 7-карьеры.

На месторождении выделено 6 сортов руд с содержанием марганца для I-III сортов – от 30-40% и выше, а для IV-VI – от 10% до 30%. Средний химический состав руды I-го сорта: марганца – 33.43%, железа – 4.8%, кремнезема – 11.4%, глинозема – 4.77%, оксида кальция – 1.46%, оксида магния – 0.27%, серы – 0.03%, фосфора – 0.03%; среднее содержание кобальта – 0.007%. Содержания марганца и кремнезема находятся в обратной зависимости. Руды с содержанием Mn до 30% составляют 50%. Минеральный состав руд: главные рудные минералы – пиролюзит, браунит, родонит; второстепенные рудные минералы – гематит, полианит; главные нерудные минералы – кварц, кальцит, халцедон.

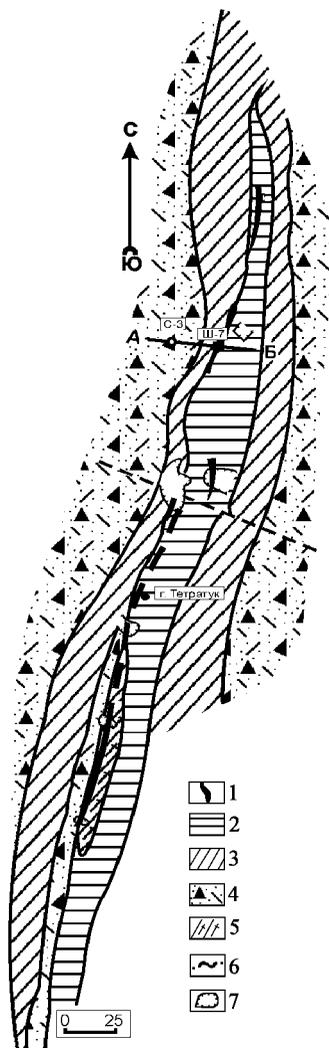
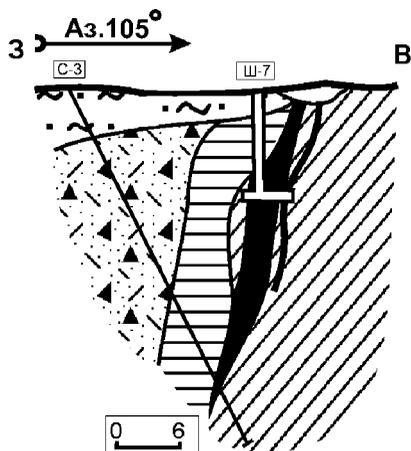


Рис. 14. Геологический разрез по линии А-Б месторождения Тетраук (по Иванову, 1946 ф и Решетниковой, 1984 ф). Условные обозначения см. на рис. 13.



Запасы составляют более 30 тыс. т. Среднее содержание марганца в рудах ~ 32 % (Иванов, 1946 ф).

Направления использования руд, по аналогии с рудами Уразовского месторождения, возможны следующие: около 50 % пригодны для получения ферромарганца, а остальные могут быть использованы при выплавке передельных чугунов.

Перспективы прироста запасов связаны со вторым рудным телом.

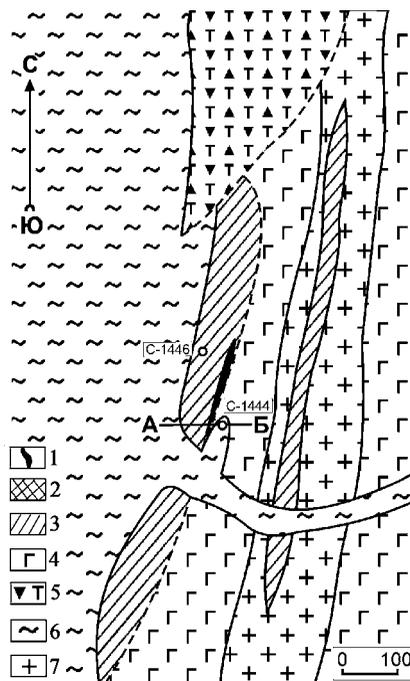
Уразовское месторождение расположено в 7 км к югу от д.Уразово и в 800 м севернее д.Базаргулово, на левом берегу р.Урал в устье р.Канды-Булак (синонимы: Сабар-Таш, Базаргуловское, Ивано-Петровский и Юшковский рудник).

Месторождение (рис. 15, 16) открыто в конце XIX века. Впервые оно было описано в 1932 г. Д.Д.Топорковым и К.С. Кожевниковым (1938) и в 1943 г. С.Х.Тумановым (1944 ф). Эксплуатировалось оно с перерывами с 1880 по 1925 гг., с 1932 по 1935 гг. и с 1943 по 1945 гг. Сначала отработка велась открытым способом, затем – шахтным. Глубины отработки соответственно составили 35 и 50 м. Всего за период эксплуатации месторождения было добыто 44 тыс. т руды. На территории месторождения расположены:

- 1) главный карьер длиной 275 м, шириной 55 м и глубиной 35 м;
- 2) старый (средний) карьер длиной 60 м, шириной 20 м и глубиной 25 м;
- 3) ряд малых горных выработок, расположенных по простиранию рудных тел на протяжении 900 м.

Рис. 15. Схематическая геологическая карта района месторождения Уразовское (по Туманову, 1944 ф и Решетниковой, 1984 ф).

Условные обозначения: 1-марганцевые руды, 2-кварц-гематитовые породы ($D_2e_2-gv_1$), 3-сурьмные и зеленовато-серые яшмы, кремнистые сланцы и гематитизированные туфы ($D_2e_2-gv_1$), 4-диабазы (D_2), 5-туфы, реже туфобрекчии плагиоклазовых порфиров, туффиты (D_1-D_2ir), 6-аллювиальные отложения, 7-дацитовые порфиры (D_2).

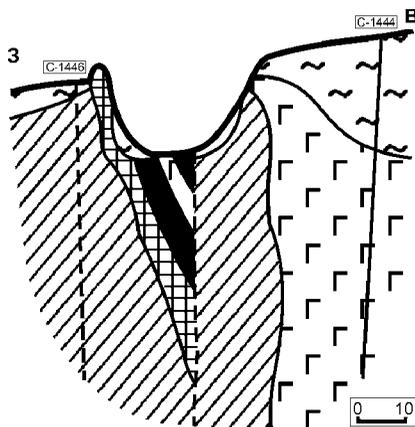


Марганцевое оруденение пространственно и генетически тесно связано с линзовидными телами микрозернистых гематит-кварцевых пород (джасперитов), которые залегают среди отложений карамалыташской (D_2ef) риодацит-базальтовой свиты. Эти породы в настоящее время рассматриваются как метаморфизованные аналоги металлоносных отложений низкотемпературных субмаринных гидротермальных источников (Зайкова, 1991, Зайков и др., 1994, Теленков, Масленников, 1997).

Согласно Д.Д.Топоркову и К.С.Кожевникову (1938) месторождение состоит из трех линзообразных рудных тел северо-северо-восточного простирания и юго-восточного очень крутого падения (рис. 15). Длина тел по простиранию колеблется от 200 до 350 м и в среднем составляет 275 м, длина по падению изменяется в пределах от 40 до 60 м, при средней – 50 м (рис. 16). Мощность залежей от 3 до 7 м, в среднем составляет 5 м, глубина залегания руд от 0 до 50 м. Руды носят следы интенсивных тектонических деформаций, для них характерны мелкие изокли-

нальные складки – от плейчатости, до складок с размахом в несколько метров. По падению рудные тела и вся рудоносная толща срезается сбросом, по простиранию они постепенно переходят в рудовмещающие породы. Глубина зоны окисления достигает 30-35 м.

Рис. 16. Геологический разрез по линии А-Б месторождения Уразовское (по Туманову, 1944 ф и Решетниковой, 1984 ф). Условные обозначения см. на рис. 15.



На месторождении выделяются два типа руд: оксидные и карбонатно-силикатные. Среди оксидных руд различаются полосчатые, сетчатые и массивные, плотные. В минеральном составе руд отмечаются браунит, псиломелан и пиролюзит. Карбонатно-силикатные руды по Д.Д.Топоркову и К.М. Кожевникову (1938) разделяются на пироксеновые, пьомонтитовые и гранатовые разновидности. Т.А.Семкова (2001) выделяет родонитовые и пьомонтитовые руды. В.В.Павлов и др. (1980) выделяют полосчатые браунит-карбонатно-силикатные и массивные гранат-бустамитовые руды. Первые из них объединяют: светлые и бурые пьомонтитовые, карбонатно-силикатные, черные браунит-карбонатные и браунитовые руды. Вторые представлены бустамитовыми и гранат-бустамитовыми рудами.

В минеральном составе названных типов руд отмечаются родонит, Mn-содержащий андрадит, манганокальцит и кварц. В качестве второстепенных минералов в них присутствуют Mn-содержащие эпидот и тремолит, кариопилит, парсетгенсит, манганаксинит, манганбабингтонит, гематит, пирофанит, барит и апатит (Семкова и др, 2001).

Промышленные руды представлены следующими минеральными ассоциациями: глобулярные псиломелановые руды с реликтами браунита, ранстеинитовые руды и сажисто-комковатые псиломелан-пирролизитовые руды. Браунит присутствует в виде сплошных зернистых масс с большим количеством прожилков псиломелана; в массе бустамита он встречается в виде отдельных призматических зерен розового цвета. Бустамит представлен в виде агрегатов буроватых, малопрозрачных окисленных зерен, и содержит пылеватые частицы рансьеита. Средний химический состав промышленных руд следующий: марганец – 38 %, железо – 2.5 %, кремнезем – 33.24 %, фосфор – 0.06 %.

По мнению Т.А.Семковой с соавторами (2001), формирование Уразовского месторождения происходило в три стадии:

- 1) накопление и диагенетические изменения исходных металлоносных осадков;
- 2) их метаморфическое преобразование;
- 3) гипергенез рудных залежей.

Горнотехнические условия обработки месторождения являются благоприятными..

Перспективы прироста запасов оцениваются как положительные. Наиболее перспективной является площадь к северу от месторождения.

Рудопроявление Талышман расположено примерно в 4 км на восток от п. Уразово, почти у северного окончания восточной полосы распространения бугульгырского горизонта. Оно разведывалось в 1917, 1931, 1942 гг. по обнаружению развалов руды.

Проявление сложено красной гематитизированной яшмой. На юге присутствуют следы туфовых структур, на севере породы представлены окремнелыми известняками с остатками мшанок и гастропод. Падение яшмового горизонта восточное. На восток по канавам устанавливается распространение глинистых туффитов и кремнистых сланцев. На запад также распространены туффиты, но они вскрыты лишь на севере в непосредственном контакте с яшмами, где В.Б.Чайко (1931 ф) был обнаружен развал руды с содержанием марганца в двух штуфных пробах 27-31 %, при содержании железа 10-20 %, однако рудного пласта обнаружено не было. Позднее, в 1942 году, в западном контакте яшм был задан шурф глубиной 10 м, который прошел красную вязкую глину с кусками яшмы. В результате анализа

всех поисковых материалов, П.П.Херасковым (1944 ф) проявление было охарактеризовано как бесперспективное.

Бильское рудопоявление расположено в 2.5 км на северо-запад от д. Тайонной среди кремней, в замковой части антиклинальной складки, выступающей в виде пологой возвышенности к востоку от г. Сюзкакуль. Месторождение обследовано В.Б. Чайко (1931 ф) и П.М.Постновым (1935 ф). Результаты обследования оказались неблагоприятны, лишь П.М.Постнов отмечает некоторую ценность рудопоявления в отношении марганцево-кремнистых флюсов. Разрез месторождения с востока на запад следующий (по Хераскову, 1944 ф):

- кремнистые сланцы – более 5 м;
- желтовато-серая, светлая халцедоновая яшма – до 1 м;
- полосчатая, бедная кремнистая руда темно-серого цвета, с отдельными прослоями и жилами блестящей богатой руды, которая иногда замещена темно-серой яшмой с прослоями руды. Максимальная мощность не менее 3 м;
- яшмовидные красные туффиты и красные яшмы – 2-3 м;
- сильно выветрелые, кремнистые, светлые тонкослоистые сланцы – 5 м.

Рудная залежь по простиранию не оконтурена и не вскрыта ни одним шурфом или канавой. Рудопоявление рекомендовано к дальнейшей постановке поисково-разведочных работ.

Рудопоявление Улу-Тау. Поисковый участок Улу-Тау расположен на Ишмекеевской кремнистой гряде между вершинами 603.62 и 618.23 м.

Согласно П.М.Постнову (1932 ф), в северной части горы встречены два тонких пропластка марганцевой руды мощностью 0.15-0.20 м. По простиранию они прослежены на 20-30 м, а по падению – на 4 м. В канавах и естественных обнажениях вскрыты прослой серых тонкослоистых кремнистых сланцев со светло-серыми туффитами; кремнистые сланцы и туффиты местами довольно сильно ожелезнены, покрыты тонкими налетами марганцевых окислов или окрашены под влиянием выветривания в красный цвет. Вся туффито-кремнистая толща перемята в мелкие складки, а на южном окончании гряды отчетливо видно запрокидывание синклинали на восток. На восточном склоне гряды, у отметки 603.62 м от гряды отходит небольшая возвышенность, сложенная кремнистыми сланцами и красными яшмо-туффитами, вскрытыми канавой. На восточном контакте кремнистых сланцев

и туффитов в 1942 г. был задан дополнительный шурф, который обнаружил только железисто-глинистые образования. На мелких сопках вдоль дороги у д. Ишмекеевой, среди известковистых туфобрекчий, содержащих обломки сургучно-красных яшм, в 1942-43 годах П.П.Херасковым был встречен выход гематитизированной сургучно-красной яшмы, а немного восточнее, двумя канавами вскрыта пачка красноватых туффитов. В целом, данное проявление представляет некоторый интерес и заслуживает дальнейшей постановки поисково-разведочных работ.

Рудопроявление Абыкай. К югу от п. Ишмекеева, кремнистые сланцы бугулыгырского горизонта слагают резко выраженную в рельефе гряды с вершинами Абыкай и Сакала. В геологическом отношении точка минерализации представляет собой прямое продолжение зоны Тетраук – Улу-Тау, но расположена по другую сторону реки. Геологическое строение ее аналогично рудопроявлению Улу-Тау.

Рудопроявление Южный Абыкай. Участок расположен на юге гряды Тетраук – Улу-Тау – Абыкай, но южнее д. Ишмекеевой и г. Сакала. Здесь, в основании толщи кремнистых сланцев бугулыгырского горизонта, появляются гематитизированные красные яшмы. В контакте яшмовидных пород предположительно присутствуют туффиты. По данным П.П.Хераскова точка промышленного значения не имеет.

Рудопроявление Таган-де-Биль. Находится на западном склоне Сюккакульской кремнистой гряды, на юго-запад от месторождения Биль.

Участок представляет собой небольшую чашеобразную синклинали, сложенную серыми кремнистыми сланцами. От основной Сюккакульской кремнистой гряды она отделена узкой полосой пород улутауской свиты и представляет лишь местное усложнение основной кремнистой гряды.

В 1931 г. В.Б.Чайко здесь было пройдено 12 канав, расположенных в два ряда, но выработки встретили лишь отдельные куски оруденелых яшм и марганцевые налеты. Промышленных марганцевых руд обнаружено не было. В канавах были вскрыты серые кремнистые сланцы. Марганцевые налеты в кремнистых сланцах довольно значительны и связаны с процессами выветривания. Юго-восточнее охваченного поисками участка

П.П.Херасковым (1944 ф) в контакте кремнистых сланцев с породами улутауской свиты были обнаружены высыпки красных туффигов, кремнистых сланцев и желтых алевритовых туффигов, которые часто сопровождают рудоносные слои. Проявление рекомендовано к дальнейшему изучению.

Рудопроявление Тус-Га. Центральная часть горы сложена плитчатыми, кремнистыми, темно-серыми сланцами с отдельными прослойками красных яшм. Налеты окислов марганца наблюдаются по плоскостям наслоения. В некоторых участках марганец концентрируется в виде мелкой крапленности и тонких прожилков.

Рудопроявление Богосты расположено в 1.5 км к югу от д. Истамгуловой, в толще бугулыгырского горизонта. П.М. Постнов указывал здесь на оруденение, которое было им установлено по отдельным обломкам на протяжении 150-200 м. В 1942 г. эта точка была обследована Г.Г. Денисовым. По его заключению, никаких признаков оруденения обнаружено не было.

Ильтибановское рудопроявление расположено к юго-востоку от д. Ильтибанова в полосе развития кремнистых сланцев и кремнистых туффигов, где наблюдается слабое марганцевое оруденение туффигов и яшм.

Рудопроявление Мама-Аик расположено на моноклинально построенной гряде кремнистых сланцев мукасовской свиты, на правом берегу р. Мама-Аик к юго-востоку от д. Ильтибаново.

Вся гряда, начиная отметкой 625.16 м и южнее до широты д. Уразово, была обследована В.Б.Чайко в 1931 году редкими поисковыми профилями отстоящими друг от друга на расстоянии 800-1000 м и довольно условно разбита на четыре участка. Всего было пройдено 54 канавы.

Согласно заключению автора, среди кремнистых сланцев были встречены оруденелые яшмы и куски марганцевой руды, а в глинистых сланцах, залегающих восточнее порфиригов, обнаружены конкреции марганцовисто-бурого железняка и слабо оруденелые желтые яшмы. По данным П.М. Постнова (1936 ф), данный участок интереса не представляет.

Позже, в 1942-43 гг., проявление было обследовано П.П. Херасковым. По его данным, красные яшмовые породы здесь отсут-

ствуют, а в кремнистых сланцах и туффитах обычного типа имеются лишь незначительные марганцевые налеты. Вдоль западного склона кремнистой гряды проходит большой надвиг, в связи с чем, кремнистые сланцы мукасовской толщи (D_3fr) контактируют непосредственно с порфиритами нижних горизонтов ирендыкской свиты. Поэтому западный контакт кремнистых сланцев в поисковом отношении не представляет интереса. Больше внимание привлекает полоса туффитов, расщепляющая надвое гряду кремнистых сланцев и постепенно выклинивающаяся к северу. Но поскольку красных яшмовидных пород не встречено, постановка здесь поисковых работ была признана малорациональной.

Рудопроявление Каракасты расположено к северу от п. Уразово, где кремнистые сланцы бугульгырского горизонта слагают несколько возвышенностей. Северо-западная гряда называется г. Каракасты; она имеет синклинальное строение и круто возвышается над местностью в виде заостренного, местами обрывистого гребня.

На северном окончании этой горы в 1931 г. В.Б.Чайко провел довольно обширные поисковые работы. Всего им было пройдено 28 канав, которые, располагаясь в несколько параллельных рядов, вскрыли одну и ту же пачку кремнистых сланцев. Была встречена лишь обломочная руда в глинах или слабооруденелая яшма. Эти работы были продолжены в 1942 г. Г.Г. Денисовым, который прошел здесь два шурфа. Один из них был заложен на месте канавы В.Б.Чайко, где последний указывал на наличие руды. Вторым шурфом была сделана неудачная попытка обнаружить контакт кремнистых сланцев с подстилающими породами, т.е. вскрыть горизонт, имеющий наибольший интерес с точки зрения рудоносности.

Позже, в 1942-1943 гг. осмотр разведочных работ и естественных обнажений на участке производил П.П.Херасков (1944 ф). Работы показали, что красные яшмовидные породы в пределах указанной точки не выходят. В кремнистых сланцах обычного типа имеются незначительные железистые и марганцевистые налеты. Никаких признаков, указывающих на скрытое оруденение обнаружено не было.

Рудопроявление Восточное Каракасты-1. На восток от г. Каракасты поднимается второй гребень, сложенный также породами бугульгырского горизонта.

Поисковые работы в этом районе проводились В.Б.Чайко в 1931 году. Было пройдено несколько канав. Позже, в 1942-43 годах, П.П.Херасковым здесь проводились съемочные работы, в результате которых было установлено, что ввиду сильного размыва, на участке сохранились лишь самые низы кремнистого горизонта, представленные, главным образом, черными и зеленоватыми яшмовидно-кремнистыми сланцами. Среди этих пород присутствуют две линзы красных яшмовидных туффи-тов, которые по своему облику и стратиграфическому положению очень близки породам, расположенным непосредственно по простиранию Тетраукского месторождения. Местами красные яшмовидные туффиты залегают непосредственно среди черных кремнистых пород. Слои смяты в складки с падением 45-60°. Точка рекомендована на проведение поисковых работ.

В Узынкырский марганцеворудный район объединяется довольно большое количество месторождений, размещающихся на крыльях Узынкырской антиклинали. Здесь расположены месторождения с наиболее крупными запасами руд в пределах Магнитогорского мегасинклинория – это Ниязгулово I, с запасами около 1500 тыс. т и Ялимбетовское – около 400 тыс. т.

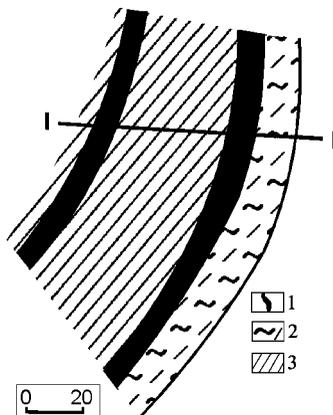
Габдимовское месторождение расположено в 2.5-3 км северо-западнее д. Баимово.

Месторождение разрабатывалось с 1870 по 1893 года. В 1932-1933 годах П.М. Постновым была произведена разведка месторождения, по материалам которой и приводится описание объекта.

На месторождении выявлены два пластообразных рудных тела, разъединенных пластом (1-1.6 м) красной яшмы (рис. 17).

Тела имеют северо-восточное простирание и северо-западное падение. Длина по простиранию первого тела – 70 м, по падению – 40 м; длина по простиранию второго тела – 50 м, по падению – 20 м. Руды связаны с кремнисто-яшмовой формацией и залегают согласно с вмещающими породами. Западное рудное тело представлено оруденелой яшмой, в которой тонко распылены оксиды марганца. Химический состав руд включает: марганец – 14.81 %, железо – 1.45 %, кремнезем – 65.49 %, глинозем – 1.45 %, фосфор – 0.022 %.

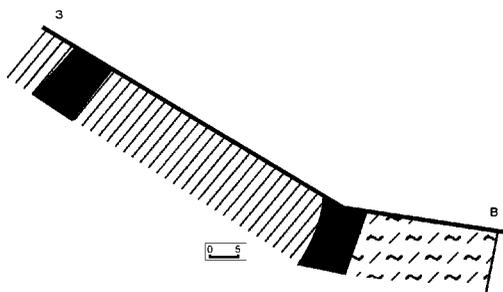
Рис. 17. Геологическая схема месторождения Габдимовское 1 (по Постнову, 1933 ф и Сюткиной, 1983 ф).
Условные обозначения: 1-марганцевые руды, 2-кремнистые сланцы, 3-яшмы.



Восточное рудное тело характеризуется слоистой текстурой и представлено переслаиванием пропластков руды (10-20 см) с прослоями (2-3 см) кремнистых сланцев. Здесь содержание марганца составляет 14.81-18.6 %, железа – 0.92-2.61 %, кремнезема – 56.03-63.56 %, глинозема – 0.76-1.97 %, фосфора – 0.002-0.003 %. Общая мощность восточного рудоносного горизонта колеблется от 3.5 до 4.5 м, западного достигает 2 м. Глубина залегания руд от 8 до 12 м.

Запасы подсчитаны до глубины 50 м и составили около 260 тыс. т. при среднем содержании Mn в руде – 14.81 %. Максимальное содержание при-месей: кремнезема – 61.69 %, Al_2O_3 – 1.39 %, фосфора – 0.009 % (Постнов, 1935 ф).

Рис. 18. Геологический разрез по линии I-I месторождения Габдимовское I (по Постнову, 1933 ф и Сюткиной, 1983 ф).
Условные обозначения см. на рис. 17.



Основными промышленными минералами марганца являются пиролюзит, гаусманит и браунит, которые присутствуют совместно. Минералы карбонатно-силикатного типа на месторождении не изучены.

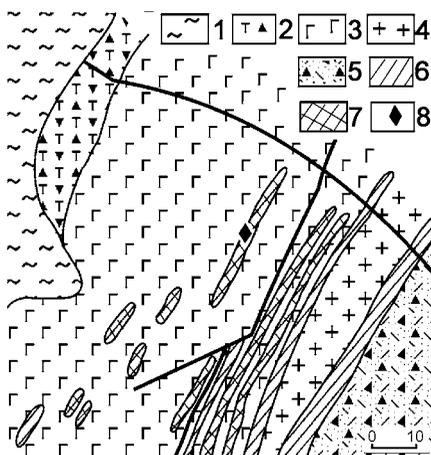
Рудная масса легко поддается обогащению. Выход руды со средним содержанием марганца – 37.66 %, железа – 0.22 %, кремнезема – 28.38 %, глинозема – 1.51 % достигал 30 % от общего веса вынутой рудной массы. Выход марганцевой руды с 1 м³ горной массы составил 0.14 т с содержанием марганца 37.66 %.

Баимовское месторождение расположено в Абзелитовском районе, в 3 км к северо-западу от д. Баимово, в 0,5 км к югу от эксплуатировавшегося Габдимовского месторождения, на западном склоне г. Аран-Тау.

Месторождение (рис. 19) открыто в 1932 г. П.М Постновым. при проведении поисковых работ в районе Габдимовского месторождения. В процессе проведения работ было пройдено 3 канавы по 10 м³, ориентированных вкрест рудного тела в 100 м друг от друга и отобрано три бороздовые пробы длиной по 2 м для проведения химических анализов.

Рис. 19. Схематическая геологическая карта района месторождения Баимовское (по Постнову, 1933 и Решетниковой, 1984 ф).

Условные обозначения: 1- элювиально-делювиальные отложения, 2-туфы и вулканические брекчии пироксен-плагиоклазовых порфиритов, кремнистые туффиты, 3-диабазы, 4-риолит-дацитовые и дацитовые порфириты, 5-вулканогенно-осадочные породы улугауской свиты, 6-зеленоватые яшмы, 7-сургучно-красные яшмы, 8-Баимовское месторождение.



Оруденение приурочено к яшмам черного цвета. На месторождении выявлен один рудный пласт северо-восточного простирания, с очень крутым падением. Размеры пласта по простиранию 50 м, по падению до 100 м. В южной части месторождения вскрыт

непромышленный пласт сильно оруденелой яшмы. Главные промышленные минералы представлены браунитом и гаусманитом. Минеральный состав месторождения не изучен. Минералы определены на уровне визуальной оценки. Химический состав руд характеризуется следующими значениями: кремнезема – 43.38 %, глинозема – 2.17 %, марганца – от 12.63 до 14.79 %, железа – от 1.28 до 2.48 %, фосфора – от 0.024 до 0.042 %.

Горнотехнические и гидрогеологические условия разработки благоприятные для открытой добычи. Обогащаемость руд легкая, запасы подсчитаны П.М. Постновым в 1933 году до глубины 50 м и составляют 26.6 тыс.т.

Месторождение Ниязгулово-I расположено в Абзелиловском районе в 3 км северо-западнее д. Ниязгулово и в 3 км от тракта Магнитогорск-Белорецк (синоним: Кусяк-Кую).

Месторождение известно со второй половины XVIII века. Оно изучалось Д.Д.Топорковым, К.Е.Кожевниковым (1938) и позднее С.Х.Тумановым (1941 ф). В период с 1890 по 1895 год оно эксплуатировалось братьями Раминых, а с 1939 по 1940 год разработка месторождения проводилась уральскими горнодобывающими предприятиями (Зубов, Хвесин, 1940 ф). В 1942 году объект был законсервирован.

Позже район месторождения был обследован при региональных поисковых работах. За период съемочных и разведочных работ на месторождении по 15 разведочным линиям пройдено 16 скважин глубиной до 150-200 м. По простиранию рудная залежь вскрыта через 40-60 м, по падению через 50-150 м. Кроме этого проводилось бороздовое опробование руд.

Этими работами было установлено, что месторождение расположено в пределах Узынкырской антиклинали, входящей в состав Ирэндьковского антиклинория. Рудное тело приурочено к западному крылу изоклиальной складки с падением крыльев на восток. На выходе угол падения рудного тела не превышает 60°, на глубине 150 м не меньше 70-80°. Вмещающие породы имеют северо-северо-восточное простирание и юго-восточное падение под углом 50-60° (рис. 20, 21). Вмещающие породы представлены кремнистыми сланцами, туфами порфиринов и яшмами. В пределах месторождения рудовмещающие породы образуют моноклираль СВ простирания, выходящую на север от месторождения. Рудная залежь залегает согласно с вмещающи-

ми породами и имеет пластообразную форму. Мощность рудной залежи по падению непостоянна, уменьшается с глубиной и меняется от 1.5 до 13.5 м в центральной части. К северу и югу она уменьшается до 2-4 м. Рудная залежь прослежена по простиранию до 500 м.

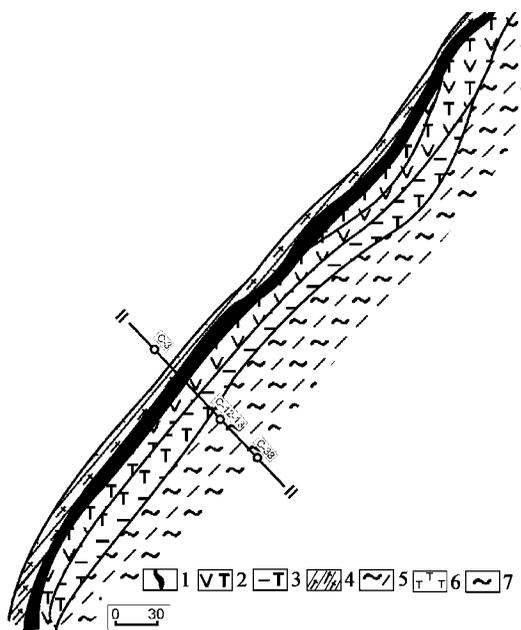


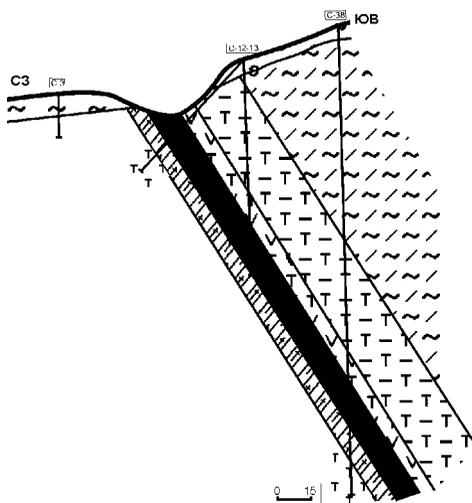
Рис. 20. Схематическая геологическая карта месторождения Нязгулово 1 (по Туманову, 1942 ф и Сюткиной, 1983 ф).

Условные обозначения: 1-марганцевые руды, 2-туфы порфиров, 3-плотные туфы с прослоями кремнисто-глинистых туффитов, 4-яшмовидные туффиты, 5-кремнистые сланцы, 6-зеленые плотные туфы, 7-четвертичные отложения.

Минеральный состав руд включает: промышленные рудные минералы – браунит, псиломелан, пиролюзит; второстепенные рудные минералы – пьомонтит, бустамит, родонит, гематит; главные нерудные минералы – халцедон, кварц, кальцит.

Браунит присутствует в виде изометричных зерен. Псило-мелан окаймляет зерна браунита или образует жилки, рассекающих общее поле браунитовых зерен. Пирролюзит также замещает браунит. По текстурным и структурным признакам руды подразделяются на плотные, брекчиевидные и оруденелые яшмовидные туффиты.

Рис. 21. Геологический разрез по линии П-П месторождения Ниязгулово I (по Туманову, 1942 ф и Сюткиной, 1983 ф). Условные обозначения см. на рис. 20.



Основным полезным ископаемым на месторождении является марганец, содержание которого в рудах колеблется от 10

до 20 %, на отдельных участках понижаясь до 6-8 %. Попутное полезное ископаемое – железо содержится в рудах в количестве 13.7 % (в среднем). Помимо этого, в рудах присутствуют: кремнезем – 3.68-47.18 %, глинозем – 2.51-3.21%, окись кальция – 2.32-2.98%, окись магния – 0.4 %, окись бария и свинца – 0.95-1.11 %, фосфор – 0.06-0.1% и сера – 0.01-0.17% (Туманов, 1942 ф).

Горнотехнические условия на месторождении благоприятны как для открытой, так и для подземной отработки. Вследствие чрезвычайно тонкого срастания рудных и нерудных минералов, руды не поддаются обогащению методом флотации и магнитной сепарации.

Месторождение Нуккутуба расположено в Абзелиловском районе, в 2 км восток-юго-восточнее дер. Кусимово.

Месторождение открыто в 1932 г. Оно имеет ряд естественных выходов и дополнительно вскрыто 3 канавами в период работ с 1940 по 1950 года, а разведка проведена П.М.Постновым (1933 ф).

Рудовмещающая толща представлена яшмами мощностью 35-40 м. Вмещающие породы северо-восточного простирания, слагают лежащую антиклинальную складку, опрокинутую на запад. Западное крыло осложнено надвигом. Месторождение является южным продолжением месторождения Кызыл-Таш.

Рудное тело имеет пластообразную форму, северо-восточное простирание и крутое падение. Размер тела по простиранию колеблется от 100 до 160 м, среднее – 130 м, по падению – 10 м. Мощность рудного тела 2 м, глубина залегания кровли 0 м.

Оруденелые яшмы содержат марганцевую руду в виде скоплений неправильной формы. Главные промышленные рудные минералы – пиролюзит, браунит, гаусманит; второстепенные рудные минералы представлены родонитом и бустамитом; из главных нерудных минералов широко представлен кварц. Более детально минералогия руд не изучена.

Химический состав руд включает: марганец – от 6.13 до 16.31 %, железо – от 4.13 до 9 %, SiO_2 – от 52.68 до 73.2 % (среднее – 64.1 %), Al_2O_3 – от 1.1 до 2.64 % (среднее – 2.1 %), фосфор – от 0.03 до 0.05 %. Обогащаемость руды легкая, запасы составляют около 70 тыс. т.

Биккуловское месторождение расположено в 4.4 км северо-западнее д. Биккулово и в 3 км юго-западнее д. Ниязгулово.

Месторождение было открыто в 1917 г. и эксплуатировалось в период с 1939 по 1941 год. С начала разработки добыто 42 тыс. т. Детальная разведка проведена В.П.Разумовой (1942 ф).

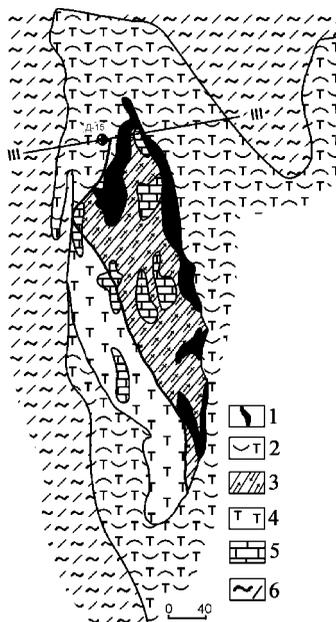
Представлено месторождение линзообразным рудным телом север-северо-западного простирания и крутого восточного падения. Длина его по простиранию 650 м, по падению – от 45 до 50 м. (рис. 22, 23). Рудное тело, согласно с вмещающими породами, слагает антиклинальную складку и непрерывно протягивается вдоль ее восточного крыла. В западном крыле оно срезано надвигом и опущено на глубину не менее 100-120 м. Мощность тела колеблется от 0.5 до 5.25 м и возрастает вверх по восстанию пласта. Вниз по падению рудное тело быстро выклинивается.

На месторождении В.В. Павловым (1980) выделено шесть типов руд: 1) светлые пироксеновые; 2) гематит-пироксен-карбонатные; 3) бурые силикатные; 4) пятнисто-окремненные; 5) пьомонитовые туфы; 6) рудные туффиты. В минеральном составе руд установлены: псиломелан, родонит, гематит, фриделит, пьомонит, пироксмангит, гранаты, карбонаты, неотакит. Основные промышленные минералы марганца – псиломелан, родонит и пьомонит. Родо-

нит присутствует в виде крупных изометричных зерен и шестоватых сростков, пьомонит - в виде изометричных гнезд. Среднее содержание марганца в рудах – 12.6 %, железа – 13.3 %; примеси кремнезема (максимальное содержание) составляют 36.6 %, фосфора – от 0.042 до 0.05 % (Разумова, 1942 ф).

Рис. 22. Схематическая геологическая карта района месторождения Биккуловского (по Разумовой, 1942 ф и Сюткиной, 1983 ф).

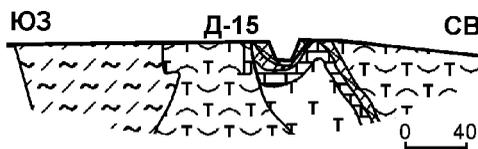
Условные обозначения: 1-марганцевые руды, 2-порфириновые туфы и порфириты (D₂), 3-вишнево-красные туффиты и яшмо-туффиты (D₂), 4-зеленые агломератовые туфы подизвестковой толщи (D₂), 5-известняки и известняковые туфо-брекчии (D₂), 6-кремнистые сланцы с тонкими просяями туффитов (D₂).



Химический состав промышленных типов руд следующий: в марганцево-кремнистых содержание марганца составляет 8.8-27.4 %, железа – 6.6-11.3%, кремнезема – 33.6-47.5 %; в марганцево-железистых содержание марганца – 7.1-14.5 %, железа – 9.6-17 %, кремнезема – 23.7-38%; в окисных содержание марганца – 40 %; в рудных туффитах содержание марганца – 5-10%, железа – 9.8-23.35%, кремнезема – 31.1-56.9 %.

Рис. 23. Геологический разрез по линии III-III месторождения Биккуловское (по Разумовой, 1942 ф).

Условные обозначения см. на рис. 22.



Вмещающие породы представлены порфирированными туффидами, туфами и яшмами. Месторождение закрыто в 1942 г. в связи с выработкой.

Месторождение Ниязгулово II расположено в Абзелиловском районе, в 4 км юго-восточнее д. Ниязгулово, на тракте Белорецк – Магнитогорск.

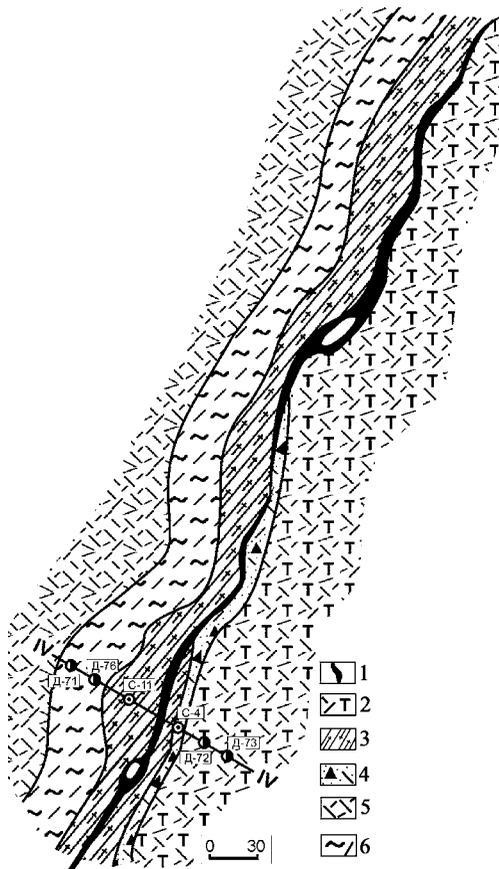


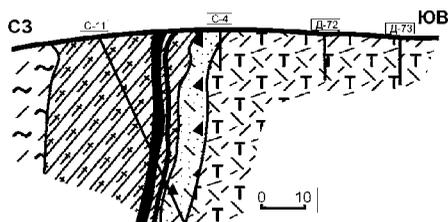
Рис. 24. Схематическая геологическая карта месторождения Ниязгулово II (по Орлову, 1943 ф и Сюткиной, 1983 ф).
Условные обозначения: 1-марганцевые руды, 2-туфы риолитов, 3-яшмовидные туффициты, яшмовидные кремнистые сланцы и яшмы, 4-кремнистые туффициты, 5-риолиты, 6-кремнистые сланцы.

Месторождение (рис. 24, 25) открыто в 1870 г. Данные о работах, проведенных на объекте, сохранились с 1914 года. В ходе работ с 1914 по 1959 года детальная разведка проведена на Центральном участке месторождения (Орлов, 1943 ф). Расстояние между профилями от 44 до 69 м, глубина подсечения рудных тел 40-50 м, глубина скважин от 49 до 91 м, в среднем – 70 м. На Северном участке разведка проводилась канавами и дудками (8 шт.). На Южном участке пройдены также канавы и дудки в количестве 5 шт., а также были пробурены три скважины.

Отрабатывалось месторождение в начале текущего столетия двумя карьерами. Разработка была приостановлена ввиду недостаточной геологической изученности. За все время эксплуатации месторождения добыто 1300 т. марганцевой руды.

Рис. 25. Геологический разрез по линии VI-VI месторождения Ниязгулово II (по Орлову, 1943 ф и Сюткиной, 1983 ф).

Условные обозначения см. на рис. 24.



Вмещающие породы представлены яшмами, кремнистыми сланцами и туффитами, а также туфами кислого состава; север-северо-восточного простирания, западного падения, угол падения 70-80°. Ширина выхода рудовмещающей толщи 30-65 м (рис. 24). Вмещающие породы образуют небольшую антиклинальную лежачую складку, запрокинутую на восток, восточное крыло которой падает на запад. Простирание оси складки северо-восток 5-35°. Западное лежачее крыло уничтожено эрозией. Рудоносным является кремнисто-яшмовый горизонт. В пределах месторождения отмечено значительное количество дизъюнктивных дислокаций с амплитудой сбросов до 2.5 м.

Как уже отмечалось выше, на месторождении выделяются три участка: Центральный, Северный и Южный. Центральный участок представлен двумя рудными пластами и одной линзой, на Северном и Южном установлено по одному рудному пласту. Наиболее выдержанным является первый рудный пласт на Центральном участке. Его протяженность 325 м, при мощности 0.2-

3.2 м. Второй рудный пласт имеет протяженность 147 м, при мощности от 0.24 до 2.4 м. Мощность его с глубиной увеличивается, а к поверхности уменьшается. Между первым и вторым рудными пластами залегает линза вмещающих пород, протяженностью 56 м при мощности 1-1.5 м. Северный рудный пласт имеет протяженность 300 м и мощность до 3 м. Южный рудный пласт протягивается на 205 м при мощности от 0.75 до 2.0 м. Все рудные тела месторождения смяты в мелкие складки, они не выдержаны по простиранию и падению, с глубиной их мощности уменьшаются.

Основными промышленными минералами месторождения являются пирролюзит, псиломелан и браунит, из второстепенных – полианит и гаусманит. В целом минеральный состав руд мало изучен. По литологическим признакам выделены следующие типы руд: оруденелые яшмовидные туффиты и яшмы; оруденелые кремнистые туффиты; сажистые и щебенчатые руды. Последние разновидности имеют подчиненное значение. На Центральном участке руды низкокачественные, содержание марганца в них 17-20 % при содержании кремнезема более 50 %. Качество руд Северного участка тоже низкое, содержание Mn в них 13.5 %. Руды Южного участка содержат марганца в среднем 16.67 %, кремнезема – 62.98 %.

Запасы подсчитаны А.А.Орловым в 1943 году и составляют около 140 тыс.т.

Месторождение Аркры-Гыр расположено в 1 км северо-западнее д. Кусимово, на вершине г. Аркры-Гыр, в 5 км северо-западнее Кусимовского рудника.

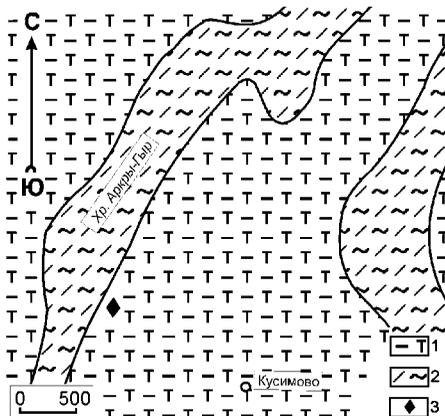
Месторождение известно с 1930 года, но сведений о первооткрывателях нет и оно не эксплуатировалось.

Оруденение (рис. 26) приурочено к западному крылу Узынкырской антиклинали и представлено пластообразным рудным телом. Оно не выдержано по мощности и простиранию. Простирание тела северо-восточное и северо-северо-восточное, падение юго-восточное, длина по простиранию – 1500 м, а по падению - 30-50 м. Мощность колеблется от 0.3 до 0.5 м, глубина залегания – 1 м. Руды выклиниваются постепенно, через оруденелые сланцы. К северу рудный пласт выполаживается и имеет почти горизонтальное залегание. К югу рудное тело резко выклинивается. Руды, в основном, плотные, железомарганцевые. Среднее содержание марганца в руде составляет 12.42 %, железа – 22.9

%. Максимальное содержание примесей алюминия – 5.6 %, фосфора – 0.42 % (Постнов, 1933 ф).

Рис. 26. Геологическая схема района месторождения Аркры-Гыр (по Постнову, 1933 ф).

Условные обозначения: 1- туфы порфиритов, туфопесчаники, пироксен-плагиоклазовые и плагиоклазовые порфириты, 2- известковистые кремнистые сланцы, 3- месторождение Аркры-Гыр



Основным промышленным минералом является пирролузит, который наблюдается в боках рудного пласта в виде пропластков мощностью 2-3 см. Минеральный состав руд в целом не изучен.

Вмещающие породы представлены кремнисто-глинистыми и кремнисто-известковистыми сланцами, залегающими согласно с рудными телами. И те и другие смяты в мелкие складки и пронизаны прожилками кварца.

Учитывая неглубокое залегание и слабую изученность проявления заслуживает более пристального внимания.

Кусимовское месторождение расположено на восточном берегу озера Банного и в 4 км юго-восточнее д. Кусимово.

Месторождение разрабатывалось с середины прошлого столетия. С начала разработки на месторождении было добыто 285 тыс. тонн руды. Оно разведывалось П.М. Постновым (1933 ф) и С.Х. Тумановым (1939 ф).

Месторождение представлено Северным и Южным рудными телами синклинальной формы. Западное крыло Северной синклинали частично размыто, восточное крыло смято в складки более высокого порядка. Западное крыло Южной синклинали пологое, с глубиной крутое. Восточное крыло имеет западное падение. В строении залежи участвуют десять пластообразных

рудных тел общего северного простирания (рис. 27). Тела залегают согласно с вмещающими породами, смяты в складки и не выдержаны по мощности и простиранию. Длина тел по простиранию варьируется от 30 до 600 м, по падению - от 150 до 250 м. Мощность рудоносных горизонтов колеблется от 0.4 до 10 м, глубина залегания достигает 200 м (рис. 28).

Рис. 27. Схематическая геологическая карта района месторождения Кусимовского (по Туманову, 1939 ф). Условные обозначения: 1-марганцевые руды, 2-туфы, 3-яшмы, яшмовидные туффиты и кремнистые сланцы, 4-трещиноватые яшмы, 5-туфы порфириров, 6-четвертичные отложения.

Вмещающие породы представлены комплексом вулканогенно-осадочных образований: туфами, туффитами, яшмами, яшмами с прослоями туффитов, туфами андезитобазальтовых порфириров. Мощность яшмовой толщи, вмещающей рудные тела, составляет 30-50 м.

Рудовмещающие породы собраны в синклиналию складку и осложнены более мелкой складчатостью. В отдельных пунктах месторождения фиксируются разрывные нарушения с незначительной амплитудой. Кусимовская антиклиналь представляет собой брахиструктуру Узынкырской антиклинали.

На месторождении различают окисленные и силикатные руды. По текстурным особенностям выделе-



ны руды: сплошные, с неравномерным распределением рудного вещества, смешанные и убогие. Наиболее распространенные – смешанные. По содержанию металла руды классифицируются на: высокосортные руды (1 кл.) – содержание марганца от 25 % и выше, низкосортные руды (2 кл.) – от 17 % до 25 %, сильно оруденелые яшмы (5 кл.) – от 10 % до 17 %. По данным сортового опробования, сортность руд изменяется резко. Выход первого сорта составил от 8 % до 13 %, второго сорта – от 17 % до 85 %, третьего – от 6 % до 87 %. Рассортировка производилась ручная. Руды с содержанием марганца от 10 % до 17 % доступны грубой сортировке.

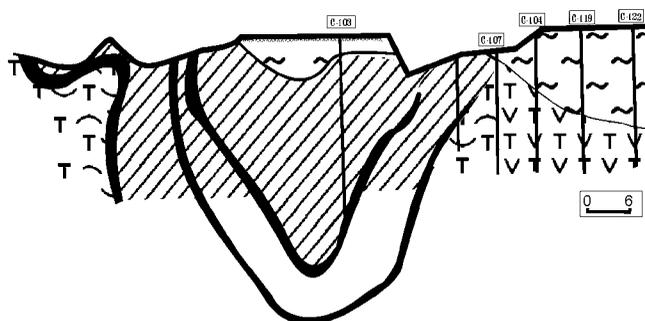


Рис. 28. Геологический разрез по линии V-V Кусимовского месторождения (по Туманову, 1939 ф).

Условные обозначения см. на рис. 27.

Основные промышленные минералы марганца представлены пиролюзитом, псиломеланом и браунитом. Пиролюзит и псиломелан присутствуют в тонком проращении. Браунит образует изолированные агрегаты зерен, окаймленные псиломеланом и пиролюзитом. А.И.Брусницыным и др. (2000 б) на месторождении описывается также родонит, пьомонтит, кариопилит, родохрозит, парсеттенсит, голландит, цельзиан, барит, апатит, гематит, кварц, кальцит. В 1959 г. месторождение было закрыто в связи с выработкой.

Аюсазовское месторождение расположено в 4.6 км к юго-востоку от ж.-д. ст. Кусимовский рудник и в 200 м к северо-востоку от дер. Аюсазово.

Месторождение эксплуатировалось. С 1934 по 1942 года всего было добыто 24061 т марганцевой руды; в том числе из штольни – 8000 т. Разработка производилась в 9 карьерах. В 1940-1942 гг. добыча производилась в штольне №1.

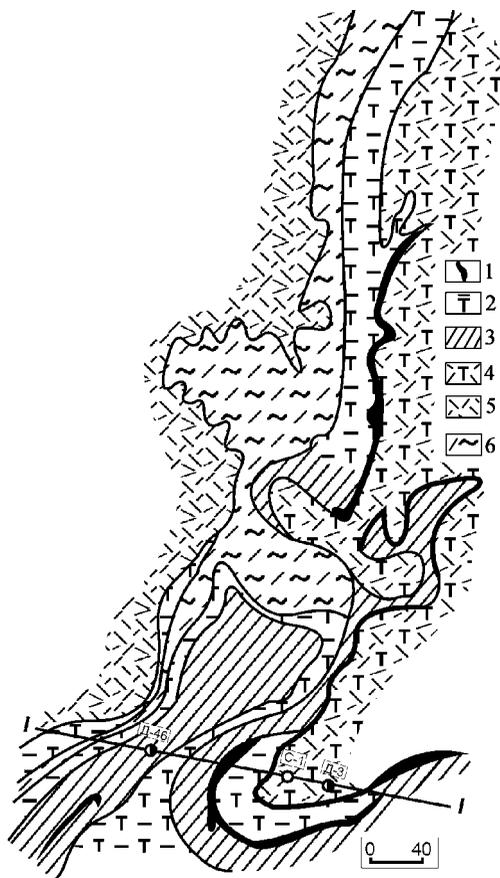


Рис. 29. Схематическая геологическая карта района месторождения Аюсазовское (по Сопиной, 1945 ф и Сюткиной, 1983 ф).

Условные обозначения: 1-марганцевые руды, 2-туфы смешанного состава, 3-яшмы, 4-туфы кварцевых риолитов, 5-кварцевые риолиты, 6-кремнистые туффиты и сланцы.

В строении месторождения участвуют три пластообразных рудных тела общего северного простирания и крутого северо-восточного падения. Длина первого тела – 545 м; по падению оно прослежено от 70 до 120 м. Длина по простиранию второго тела – 260 м, по падению – от 50 до 60 м; длина третьего тела – 102 м, по падению – 50 м (рис. 29).

Рудные тела вместе с вмещающими породами образуют синклиналию складку, замыкающуюся на юге и открытую на север. Ось складки погружается на север-северо-восток, к югу резко вздымается. Второй рудный пласт быстро выклинивается по простиранию и на глубину. Третий рудный пласт выхода на дневную поверхность не имеет. Мощность рудных пластов колеблется от 0.13 до 7.4 м, глубина залегания от 10 до 80 м. Вмещающие породы по простиранию и падению фациально не выдержаны (рис. 30).

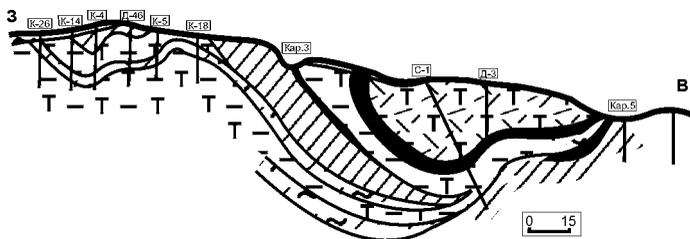


Рис. 30. Геологический разрез по линии I-I месторождения Аюсазовское (по Сопиной, 1943 ф и Рыбкиной, 1983 ф).
Условные обозначения см. на рис. 29.

Рудовмещающие породы и рудный горизонт смяты в ряд мелких складок, в южной части месторождения отмечен сброс, срезающий крыло аюсазовской антиклинали. Углы падения пород меняются от 20 до 80°, что объясняется мелкой складчатостью. Вмещающие породы представлены туфами кислого состава, кварцевыми риолитами, яшмами, кремнистыми сланцами и туфами смешанного состава.

Среднее содержание марганца в руде составляет 19.8 %, примесь кремнезема присутствует в количестве 55.68 %.

Основные промышленные минералы марганца – пиролюзит и браунит. Пиролюзит присутствует в виде тонких прожилков и

мелких зерен, браунит в виде округлых зерен или мелких кристалликов.

По литологическому и химико-минералогическому составу на месторождении выделяются следующие типы руд:

- 1) оруденелые туффиты плотные;
- 2) оруденелые туффиты с родонитом плотные;
- 3) оруденелые туффиты пористые;
- 4) оруденелые туфы;
- 5) оруденелые яшмы;
- 6) сажистые руды;
- 7) смешанные руды.

Минералогия руд не изучена. В южной половине месторождения отмечаются руды менее крепкие, сильно трещиноватые. В верхней части рудные пласты 1 и 2 выработаны карьерами и штольной №1, дальнейшая разработка возможна лишь подземным способом с взрывными работами. Туфы кварцевых риолитов в южной половине месторождения до глубины 30 м сильно выветрелые. В северной части месторождения слабо проявлена каолинизация. Яшмы, подстилающие рудные пласты, трещиноватые, перекристаллизованные.

Аумышевское месторождение расположено в Абзелиловском районе, в 3 км северо-восточнее д. Ялимбетово.

Месторождение открыто в 1932 году П.М.Постновым и разведывалось А.Я.Хвесиным (1946 ф). В период с 1932 по 1959 года на месторождении были пройдены горные выработки. Расстояние между профилями (31 профиль) составило от 25 до 53 м, расстояние между выработками не более 75 м. Рудные тела разведаны горными выработками на глубину 20 м, скважинами – до 90 м. Всего на месторождении в разное время пройдено 30 дудок, 2 скважины механического бурения, 22 квершлага, 66 канав и 50 скважин ручного бурения.

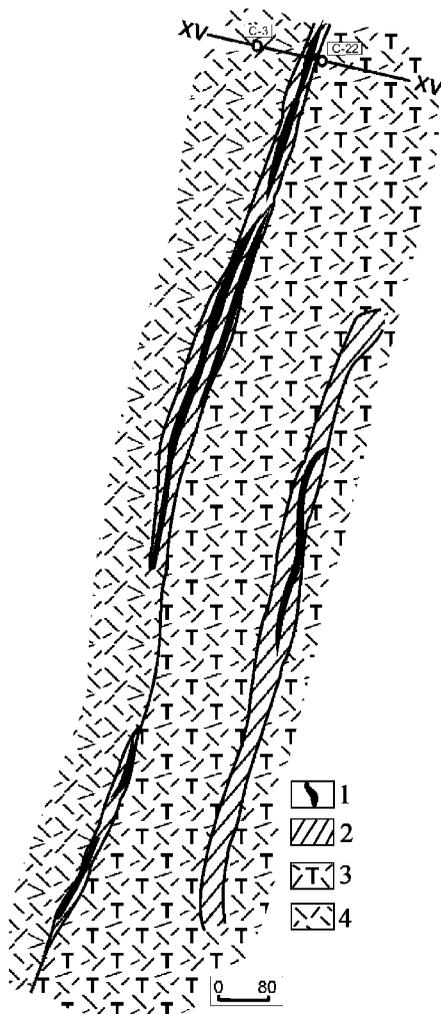
В результате проведенных работ было установлено, что вмещающими породами лежачего бока рудоносного горизонта являются кварцевые риолиты и туфы. Рудовмещающий горизонт представлен яшмами бугулыгырского горизонта, который перекрывается туфами риолитов улутауской свиты (рис. 31).

Залегание рудоносного горизонта крутое, падение юго-западное под углом 40-87° на Восточном участке и юго-восточное – на Западном (рис. 32). На Западном участке выделяется 2 рудных пласта, размеры которых по простиранию колеблются от

439 до 501 м, по падению – от 10 до 60 м, на Восточном – 4 рудные линзы.

Рис. 31. Геологическая схема района месторождения Аумышевское (по Хвесену, 1946 ф, Сюткиной, 1983 ф).

Условные обозначения: 1-марганцевые руды, 2-яшмы, 3-туфы риолитов, 4-кварцевые риолиты и их туфы



Рудные тела Западного участка составляют основную массу руд, учтенных при подсчете запасов. Первый рудный пласт представлен трещиноватыми марганцевыми рудами, второй – слабо трещиноватыми разновидностями, причем, в отдельных участках руды представлены «землистыми» разновидностями. Рудные тела с глубиной выклиниваются, а на Западном участке они представлены тонкими и изменчивыми по мощности «пропластками», моноклинально падающими на восток согласно с вмещающими их яшмами.

Основными рудными минералами являются родонит, псиломелан, пиролюзит; второстепенными – лимонит. Из нерудных минералов широко распространены: кварц, халцедон, серицит и

хлорит. Детальное изучение минерального состава руд не проводилось. Средневзвешенное содержание марганца в кондиционных рудах составляет 25.53 %, железа – 4.68 %, кремнезема – 33.65 %. В некондиционных рудах: марганца – 14.21 %, железа – 3.78 % и кремнезема – 58.5 %.

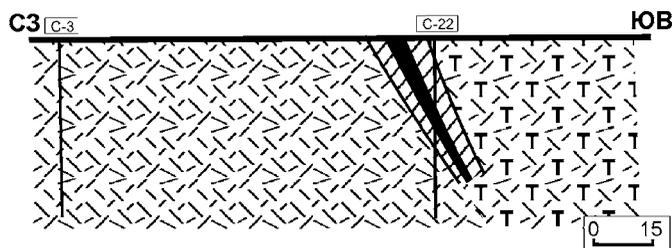


Рис. 32. Геологический разрез по линии XV-XV месторождения Аумышевское (по Хвесину, 1941 ф и Сюткиной, 1983 ф). Условные обозначения см. на рис. 31.

Обогатимость руд легкая. Запасы подсчитывались А.Я. Хвесиным (1941 ф) и составили более 40 тыс.т. На месторождении добыто в 1936 году – 300 т руды с содержанием марганца 29 %; в 1940 году – 6429 т руды с содержанием марганца 12.5 % и в 1941 году – 1310 т руды с содержанием марганца 13.8 %.

Гидрогеологические условия отработки месторождения благоприятные.

Ялимбетовское месторождение марганцевых руд расположено около поселка Елимбетово (название поселка дано по топографической карте).

Месторождение открыто в 1930 году сельчанином пос. Елимбетово Деменевым и разрабатывалось в период с 1930 по 1938 год. Оно изучено Д.Д.Топорковым и К.Е.Кожевниковым (1938). С 1934 по 1938 год было добыто 33.31 тыс. т марганцевой руды со средним содержанием марганца 33-46 %.

Месторождение состоит из одного промышленного рудного тела линзообразной формы северо-западного простирания и восточного падения. Длина по простиранию 300 м, по падению 140 м (рис. 33). Мощность тела колеблется в пределах 0.5-8 м, уменьша-

ясь с глубиной (рис. 34). Глубины развития зоны окисления в изученных материалах не приводятся.

Рис. 33. Геологическая схема месторождения Ялимбетовское (по Туманову, 1939 ф и Сюткиной, 1983 ф).

Условные обозначения: 1-марганцевые руды, 2-яшмы, 3-туфы порфиров эпидотизированные, 4-туфы, 5-туффиты.

Разведка и подсчет запасов проведены С.Х.Тумановым (1939 ф). На месторождение учтено около 350 тыс. т марганцевой руды. Помимо этого здесь имеются забалансовые руды с содержанием марганца от 10 до 17 %, как правило, это оруденелые туфы.

На месторождении выделены несколько типов руд. К высокосортным относятся руды с содержанием марганца – 25 % и выше, на их долю приходится 49.7 % от всех запасов; к убогим относятся разновидности с содержанием марганца ниже 25 %, но более 17 %, они составляют 50.3 % от всего объема.

Среднее содержание марганца для руд всех категорий – 28.84 %, железа – 3.27 %, кремнезема – 37.21 %, серы – 0.02 %, фосфора – 0.05 %. Руды характеризуются слоистой текстурой, которая проявляется в выдержанном чередовании убогих и высокосортных руд. При добыче они представляют собой смесь кусковатых и порошковатых разновидностей.

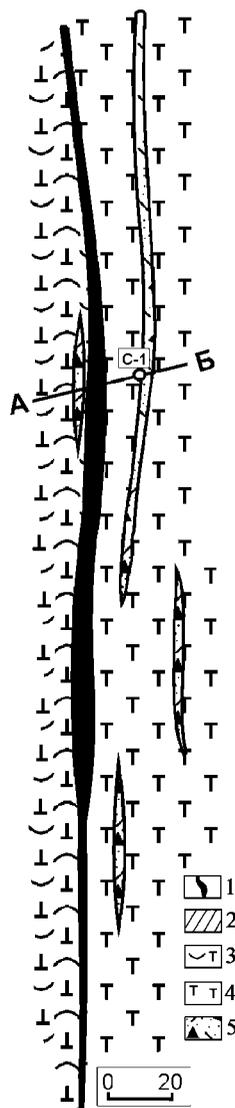
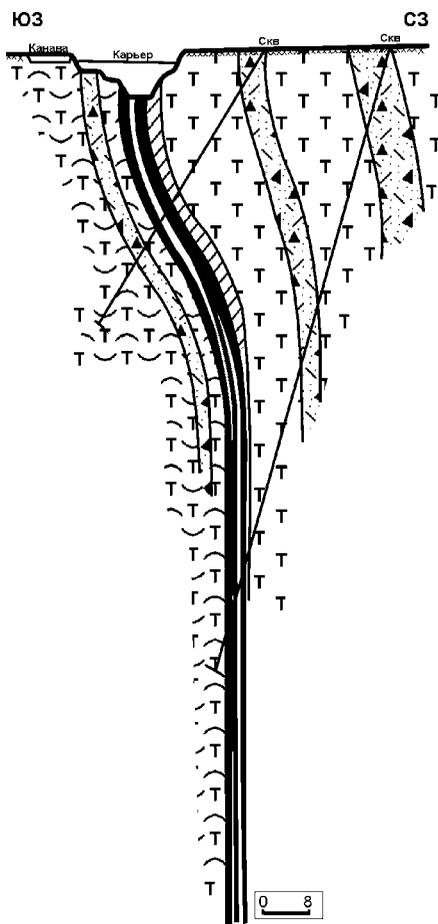


Рис. 34. Геологический разрез по линии А-Б месторождения Ялимбетовское (по Туманову, 1939 ф, Сюткиной, 1983 ф).

Условные обозначения см. на рис. 33.



Основными промышленными минералами марганца являются пиролюзит, псиломелан, браунит и родонит. Пиролюзит и псиломелан образуют агрегаты, характеризующиеся тонким взаимным проращением. Браунит представлен отдельными изолированными агрегатами зерен, которые окаймлены корками пиролюзита или псиломелана (Павлов и др., 1990 ф).

Горнотехнические условия отработки месторождения открытым способом, в целом, благоприятны, но гидрогеологические условия – неблагоприятны (месторождение подтопляется грунтовыми и пойменными водами). Причиной консервации шахты был сильный водоприток.

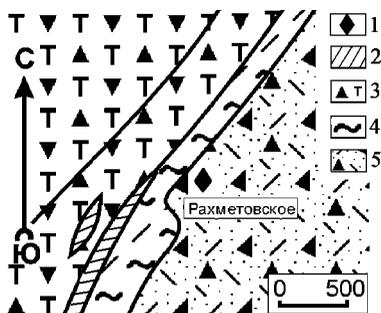
Прирост запасов возможен за счет разведки более глубоких горизонтов до глубины 200 м. Возможность эксплуатации месторождения ограничивается очень близким расположением пос. Елимбетово, часть которого расположена на территории месторождения.

Рахметовское месторождение расположено в Абзелиловском районе Республики Башкортостан, в 2.7 км северо-западнее д. Рахметово на вершине г. Кутлы-Тау, хр. Кутантау.

Месторождение до 1890 года разрабатывалось карьерами и шахтами. Первое детальное его описание при поисково-оценочных работах было выполнено П.М.Постновым (1934 ф). В результате этих работ были пройдены шурфы и канавы, расположенные в 50 м друг от друга. Кроме этого были отобраны 2 бороздовые пробы на химические анализы. Позднее поисковые работы проведены К.П.Сопиной (1945 ф).

Рис. 35. Схематическая геологическая карта района рудопроявления Рахметовское (по Сопиной, 1945).

Условные обозначения: 1-Рахметовское рудопроявление, 2-диабазы, 3-крупнообломочные туфы диабазов, 4-кремнистые сланцы, 5-вулканомиктовые песчаники и туфопесчаники риодацитового состава.



Установлено, что месторождение приурочено к западному крылу синклинали, которая с запада и востока ограничена разломами. Контролируется оруденение субмеридиональной полосой яшм, залегающих среди зеленовато-серых кремнистых сланцев (рис. 37). Оруденение приурочено к верхней части яшмовой пачки. Яшмовая полоса прослежена на север и юг на протяжении 40-45 км, на юге она срезается тектоническим нарушением субмеридионального простирания. Рудный горизонт представлен чередованием слоев псиломелан-браунитовой руды, мощностью от 2 до 25 см и яшм. Горизонт выдержан по простиранию, по падению быстро выклинивается. Из вторичных изменений характерно омарганцевание и окварцевание. Руды плотные, сложены, в основном, псиломеланом и браунитом.

Минералогия руд не изучена. Их химический состав характеризуется следующими значениями: кремнезем – 16.99 %, глинозем – 1.6 %, марганец – от 8.1 до 28.85 %, железо – 3.06-3.8 %.

Предварительно подсчитанные запасы составляют около 60 тыс.т.

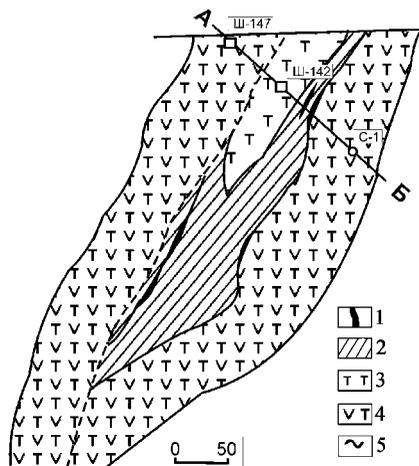
Худолазовско-Карамалыташский марганцеворудный район включает в себя группу месторождений и рудопроявлений, размещающихся восточнее Ирендыкской гряды в пределах Абзелиловского и Баймакского районов. Два из них – Северо-Файзуллинское и Южно-Файзуллинское в настоящее время разрабатываются открытым способом.

Кызыл-Ташское месторождение расположено в 1.5 км юго-восточнее д. Кучарово и в 8 км северо-восточнее п. Аскароро.

Первооткрыватели этого объекта неизвестны. Месторождение эксплуатировалось в период с 1936 по 1939 год и было полностью выработано. В 1936 году было добыто 269 т руды, а в 1939 году – 1563 тонны руды. Разработка была прекращена в связи с тем, что доступная отработке открытым способом часть месторождения была вынута. Разведка месторождения осуществлялась П.М.Постновым (1934 ф).

Рис. 36. Геологическая схема месторождения Кызыл-Ташское (по Сопиной, 1945 ф).

Условные обозначения: 1-марганцевые руды, 2-яшмы, 3-туфы, 4-туфы порфиритов, 5-делювий.



Месторождение (рис. 36, 37) локализовано среди вулканогенных пород основного состава. Марганцевое оруденение пространственно и генетически связано с телом микрозернистых гематит-кварцевых (джасперитовых) пород, характеризующихся высокими содержаниями кремнезема (78-95%), железа (5-20% Fe_{общ}).

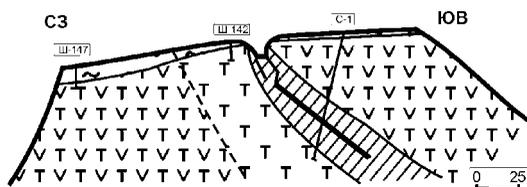
По материалам К.П.Сопиной (1945 ф), на месторождении выделяются три типа марганцевых руд: оксидные, силикатные и карбонатные. По данным Е.В. Стариковой (2001), в строении рудных тел принимают участие карбонатно-силикатные и гипергенные оксидные руды. Причем последний тип имеет относительно ограниченное распространение и представлен сажисто-черными корками оксидов и гидроокислов марганца, покрывающих рудные тела с поверхности и развивающихся в них по трещинам. Минеральный состав карбонатно-силикатных разновидностей включает в себя: родонит, тефроит, марганцевый андрадит, кариопилит, родохрозит, гематит и кварц. Наиболее характерными второстепенными минералами являются: парсеттенсит, манганоксинит, спессартин, гроссуляр, кальцит, кутнагорит, магнетит и гаусманит.

На настоящий момент оксидные руды полностью выработаны. Силикатные руды составляют 90 % оставшихся рудных тел, а карбонатные разновидности имеют незначительное распространение.

В силикатных рудах содержатся от 16 до 45 % марганца; 2.3 – 18.6 % железа и 17.3 – 58 % кремнезема. Состав карбонатных руд следующий: марганца – от 9.5 до 10.8 %; железа – от 2.3 до 3 %; кремнезема – от 52.7 до 54.3 % (Сопина, 1945 ф).

Рис. 37. Геологический разрез по линии А-Б месторождения Кызыл-Ташское (по Сопиной, 1945 ф и Сюткиной, 1983 ф).

Условные обозначения см. на рис. 36.



Основными минералами марганца в силикатных рудах являются родонит и бустамит, которые характеризуются мяско-красным цветом и представлены мелкозернистыми агрегатами.

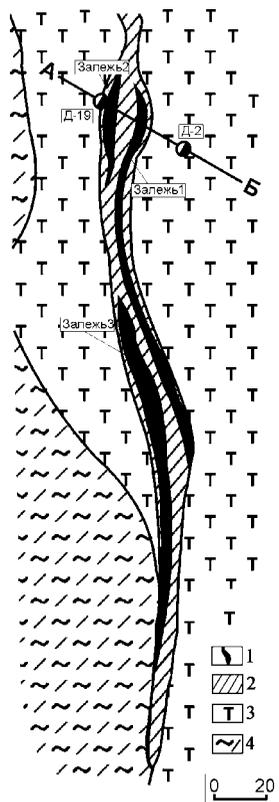
Подсчитанные запасы силикатных руд составляют более 40 тыс. т, при глубине подсчета – до 50 м (Сопина, 1945 ф). Горно-технические условия благоприятные для отработки этого объекта открытым способом. Рудные тела не обводнены.

Месторождение Казган-Таш расположено в Абзелиловском районе в 3 км к северо-западу от Кусимовского рудника.

Месторождение разведывалось в 1927 году и затем с 1932 по 1933 годы (Постнов, 1934 ф). В 1939-1940 годах на месторождении проведена детальная разведка (Зубов, 1941 ф). По пяти разведочным линиям, на расстоянии от 20 до 60 м пройдено 16 канав длиной от 1 до 21 м, 19 дудок глубиной от 3.2 до 24.35 м, 8 квершлагов длиной от 3 до 44.2 м. Расстояние между горными выработками – 20-30 м. Отобрано 48 бороздовых и штупфных проб и 5 валовых.

Рис. 38. Геологическая схема месторождения Казган-Ташское (по Зубову, 1941 ф и Сюткиной, 1983 ф).

Условные обозначения: 1-марганцевые руды, 2-яшмы, 3-туфы, 4-кремнистые сланцы.

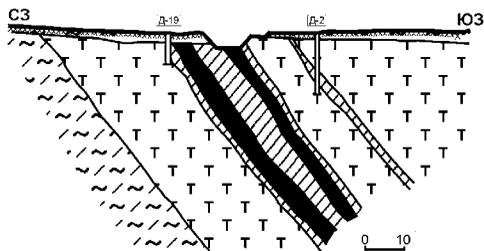


Месторождение эксплуатировалось с 1939 по 1940 г. В пределах 1-й рудной залежи добыто 537 т. руды с содержанием марганца от 31.26 до 33.36 %. В 1942 году месторождение было законсервировано.

Породы, вмещающие оруденение, имеют близкое к меридиональному простиранию (рис. 38) и крутое восточное падение (рис. 39). В литологическом отношении участок месторождения представлен эффузивными и осадочными породами. К эффузивным породам относятся порфириды и сопровождающие их туфы порфириров. Осадочный комплекс представлен кремнистыми породами и яшмами. Месторождение состоит из трех рудных тел. В морфологическом отношении они

представляют собой почти параллельно вытянутые линзообразные тела, согласно залегающие с вмещающими их породами.

Рис. 39. Геологический разрез по линии А-Б месторождения Казган-Ташское (по Зубову, 1941 ф и Сюткиной, 1983 ф).
Условные обозначения см. на рис. 38.



Залежь №1 (восточная) прослежена по простиранию непрерывно на протяжении 165 м и разведана по падению на глубину 24 м. Простирание рудной залежи в центральной части месторождения СЗ-ЮВ, на севере – СВ-ЮЗ и на юге оно приближается к меридиональному. Падение восточное, под углом 50-65°. Мощность ее по падению колеблется в пределах от 1 до 3.5 м, иногда достигая 7 м. При выклинивании руда постепенно переходит в яшму.

Таблица 5

Содержания основных компонентов в рудах
Казган-Ташского месторождения

Сорт	Содержание, в %			
	Марганец	Кремнезем	Железо	Фосфор
марганцево-силикатные руды				
1	от 25 и выше	не более 25	не более 10	не более 0,5
2	от 24 и выше	не более 35	не более 10	не более 0,5
3	21-24	не более 50	не более 10	не более 0,5
4	17-21	не более 50	не более 10	не более 0,5
5	10-17	не нормировано	не более 10	не более 0,5
марганцево-железистые руды				
1	не ниже 12	не выше 45	не ниже 13	-
2	не ниже 10	от 45 и выше	не нормировано	-

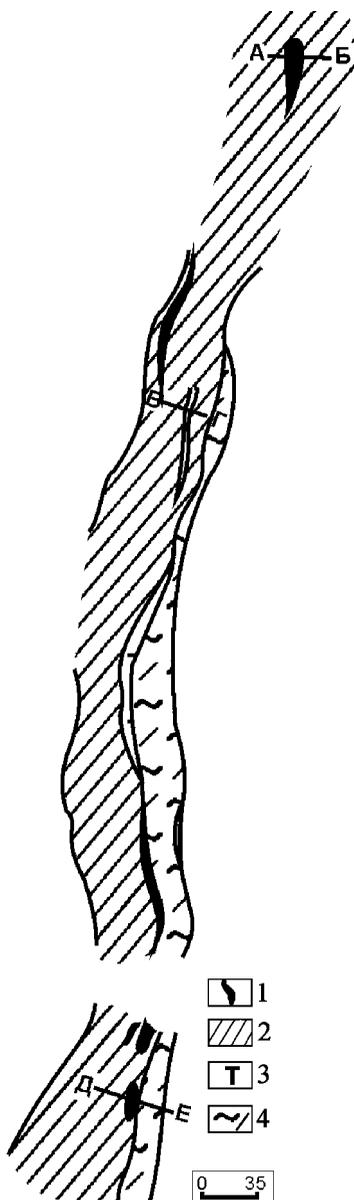
Рис. 40. Геологическая схема месторождения Мамиля (по Туманову, 1935 ф).

Условные обозначения: 1-марганцевые руды, 2-яшмы, 3-туфы, 4-кремнистые сланцы.

Залежь №2 расположена к западу от залежи №1 и к северу от залежи №3. Она разведана по простиранию на 47 м и по падению до глубины 16 м. Азимут ее простирания СВ-50-55°, падение восточное 50-80°, мощность залежи колеблется от 8 до 10 м.

Залежь №3 имеет субмеридиональное простирание, восточное падение (45-55°). Разведанная длина по простиранию составляет 135 м, по падению – 20 м. При выходе на поверхность рудная линза имеет максимальный раздув, достигающий 15-ти метров, однако, с глубиной мощность ее резко уменьшается и доходит до 3.5 м. Кроме этого, на глубине установлено наличие небольшого рудного прослоя, прослеживающегося в виде ответвления от основной залежи и выклинивающегося на глубине 15 м.

Минеральный состав руд включает в себя: главные рудные минералы – пиролюзит, псиломелан, манганит, вад, родонит; второстепенные рудные минералы – лимонит, гематит,



турьбит; главные нерудные минералы – кварц, халцедон, серицит, эпидот.

На месторождении присутствуют два типа руд – марганцево-силикатный и марганцево-железистый (табл. 5).

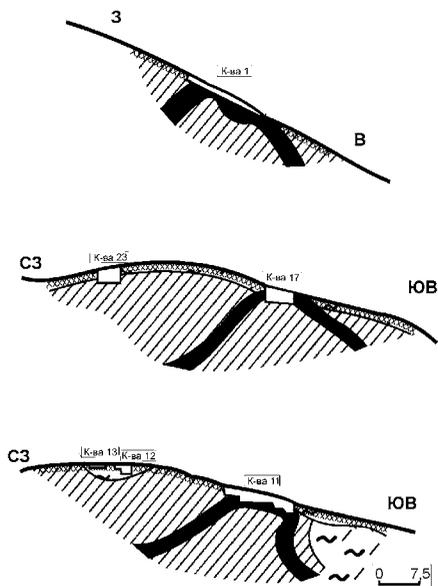
Некондиционными рудами считаются руды с содержанием марганца от 6 до 10 %. Их подсчет производится с разделением по типам: а) силикатные с отношением марганца к железу 4:1; б) железистые с отношением марганца к железу менее 4:1.

Горнотехнические условия разработки благоприятны для отработки карьером. По состоянию на 1949 год учтенные запасы руд составляют чуть больше 20 тыс. т, а забалансовые – более 40 тыс. т. К забалансовым отнесены руды с содержанием марганца от 5 до 10 %.

Месторождение Мамиля расположено в 3 км западнее дер. Кусеево. Оно открыто в 1934 году поисковым отрядом Губайдуллинской партии Башгеолтреста. Разведка объекта проведена С.Х. Тумановым (1935 ф). В период с 1932 по 1969 гг. на месторождении было пройдено 16 канав, длиной от 3.5 до 33 м; три дудки, глубиной от 1.8 до 4.6 м и 1 шурф, глубиной 11.2 м.

Рис. 41. Геологические разрезы месторождения Мамиля (по Туманову, 1935 ф). Условные обозначения см на рис. 40.

Месторождение представлено тремя участками: Мамиля Северная, Мамиля Средняя и Мамиля Южная, которые представлены тремя наклонными рудными телами, пластообразной формы субмеридионального простирания и восточного падения (рис. 40, 41), име-



ющими следующие размеры: по простиранию от 200 до 300 м, по падению - от 15 до 20 м, мощность от 0.5 до 3.5 м и глубину залегания от 0 до 6 м.

Вмещающие породы, представленные вулканогенно-осадочными образованиями, и рудоносная толща смяты в складки с усредненными углами падения от 15° до 60°.

Таблица 6

Химический состав руд месторождения Мамяля (вес. %)

Сорт	Марганец	Железо	Кремнезем	Окись алюминия	Фосфор
Мамяля Северная					
I	29.61	2.11	38.82	2.99	0.06
II	17.51	2.28	59.37	4.16	0.05
Мамяля Средняя					
I	24.17	1.38	49.28	3.08	0.07
II	12.55	4.45	61.93	3.39	0.06
Мамяля Южная					
II	13.21	2.32	57.95	4.61	0.06

Рудные тела приурочены к верхним горизонтам сургучно-красных яшм, вблизи их контакта с кремнистыми туффитами или кремнистыми сланцами.

Руды представлены плотными, иногда полосчатыми разностями и оруденелыми яшмами. Главными промышленными минералами являются псиломелан и пиролюзит. Минералогия руд не изучена, а химическая характеристика приведена в табл. 6.

Горнотехнические и гидрогеологические условия разработки нормальные, месторождение не обводнено. Подсчитанные запасы месторождения составляют более 120 тыс. т (Туманов, 1935 ф).

Ишбердинское месторождение расположено в 1 км севернее прииска Ишбердинского и д. Ишбердино.

Месторождение было открыто при добыче золота шахтным способом. В 1935 году С.Х.Туманов провел первые поисково-оценочные маршруты.

Месторождение представлено линзообразным рудным телом северо-восточного и северо-западного простирания и восточного падения (рис. 42). Руда не выдержана по простиранию, падению, мощности и постепенно выклинивается через омарганцованные яшмы. Длина тела по простиранию - 400 м, по падению - 10 м. Его мощность колеблется от 0.5 до 7 м, составляя в среднем – 2.2 м.

Рис. 42. Геологическая схема месторождения Ишбердинское (по Туманову, 1937 ф).

Условные обозначения: 1-тела марганцевых руд (а-установленные, б-предполагаемые), 2-сургучно-красные яшмы, 3-элементы залегания пород.

Вмещающие породы представлены яшмами бугулыгырского горизонта, смятыми в волнистые складки, с общим восточным падением. Вблизи рудного тела яшмы омарганцованы и ороговикованы.

Промышленными являются оксидные руды, которые сложены пиролюзитом и псиломеланом. Минеральный состав руд не изучен.

Запасы месторождения, подсчитанные С.Х.Тумановым (1937 ф), составляют около 100 тыс. т при средних содержаниях марганца в руде около 20 %.

Юмагужинское месторождение расположено в 1.5 км северо-восточнее г. Баймак и в 3 км северо-восточнее д. Галеево.

Месторождение известно с конца XIX века, сведений о первооткрывателях нет. Первое описание дано С.В. Шемякиным, которое было выполнено в процессе поисково-разведочных работ в 1931 г. Разведка месторождения проведена С.Х.Тумановым (1937 ф) и Л.Я.Меламудом (1945 ф).

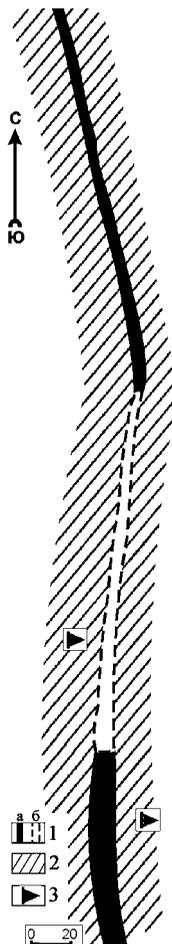
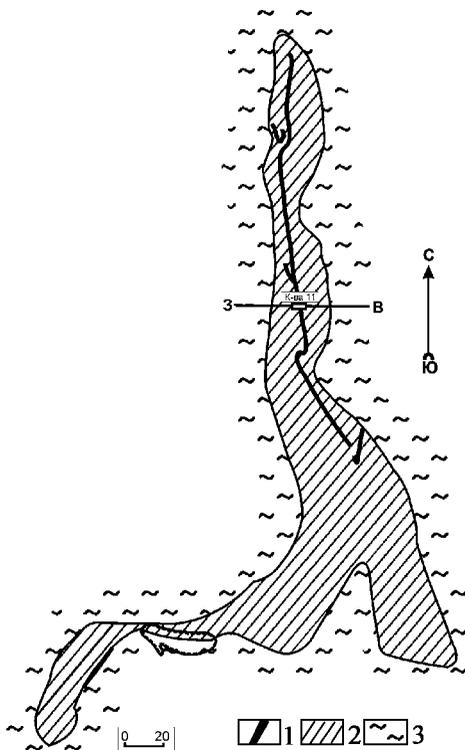


Рис. 43. Геологическая схема месторождения Юмагужинское (по Меламуду, 1945 ф и Решетниковой, 1985 ф).

Условные обозначения: 1-марганцевые руды, 2-сурьмочно-красные яшмы с прослоями буровато-фиолетовых туффитов, 3-делювий.



Месторождение состоит из одного пластообразного рудного тела северо-восточного простирания и крутого восточного падения (рис. 43, 44). Длина тела по простиранию 280 м, по падению рудный пласт прослежен на 50 м. Мощность изменяется в пределах от 0.3 м до 1.25 м, при средней – 0.9 м. Глубина залегания руд колеблется от 0 до 10 м. Строение рудной залежи осложняется синклинальными и антиклинальными складками, по мощности она не выдержана. Глубина окисления составляет около 10 м.

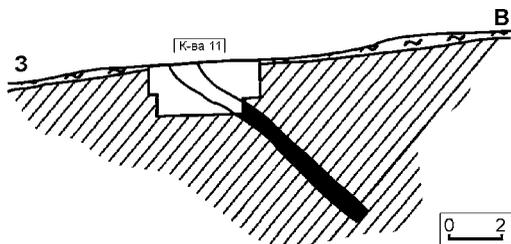
Руды оксидные плотные, массивные или полосчатые. В основной массе состоят из псиломелана и пиролюзита, которые представлены тонкодисперсными образованиями, а также присутствуют в виде колломорфных выделений. В целом минеральный состав руд не изучен.

Запасы руд на месторождении составляют менее 20 тыс. т, при среднем содержании марганца – 18 %, причем содержание кремнезема иногда достигает 73 % (Меламуд, 1945 ф). Руды по размерности обломков делятся на два сорта. К рудам I-го сорта

отнесены фракции более 12 мм, а ко II-му сорту отнесены руды с размерностью обломков менее 12 мм.

Горнотехнические условия отработки месторождения открытым способом благоприятные.

Рис. 44. Геологический разрез по линии 3-В месторождения Юмагужинское (по Меламуду 1945 ф).
Условные обозначения см. на рис. 43.



Янзигитовское месторождение расположено в 2 км восточнее д. Янзигитово на западном склоне г. Сагыл-Тау.

Месторождение открыто в 1870 году, имя первооткрывателя не известно. Впервые описано С.В.Шемякиным в 1931 году при проведении поисково-разведочных работ. Разведка объекта проведена С.Х.Тумановым (1935 ф). На территории месторождения расположено 4 карьера размером до 50×100 м и несколько ям (рис. 45). Количество и качество добытой руды не известны.

Месторождение представлено одной пластообразной залежью северного простирания и крутого восточного падения (рис. 46). Длина тела по простиранию 300 м, по падению – от 50 до 75 м. Мощность пласта невыдержанная и в среднем составляет 3 м. Иногда пласт расщепляется оруденелыми яшмами на два-три пропластка. Выклинивание пласта происходит постепенно через оруденелые (омарганцованные) яшмы. До глубины 30-35 м рудное тело окислено. Глубина залегания руд – до 60 м.

Рудный пласт и вмещающие его сургучно-красные яшмы смяты в изоклинальные складки. В этом рудном теле сосредоточено 100 % запасов месторождения.

На месторождении развиты полосчатые браунит-яшмовые руды, в которых, кроме браунита и гематита, отмечается халцедон и прожилки кварца. В целом же минеральный состав руд не изучен.

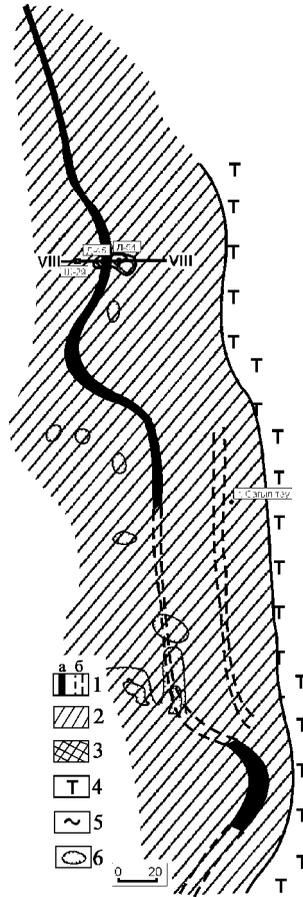


Рис. 45. Геологическая схема месторождения Янзигитовское (по Туманову, 1935 ф).

Условные обозначения: 1-марганцевые руды (а-выявленные, б-предполагаемые), 2-яшмы, 3-оруденелые яшмы, 4-туфы, 5-делювий, 6-горные выработки

Запасы руд на месторождении составляют около 10 тыс. т, при среднем содержании марганца 20.15 %, железа – 24 %; максимальное содержание кремнезема – 70 %, фосфора – 0.026 %. Глубина

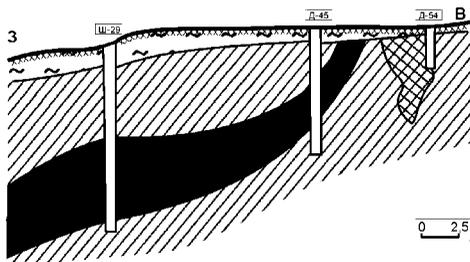
подсчета запасов – 75 м, при бортовом содержании Mn – 20 %. Руды ноздреватые, часто содержат железа больше, чем марганца.

Горнотехнические и гидрогеологические условия отработки месторождения благоприятные. Старые горные выработки, пройденные до глубины 20 м, остаются сухими.

Прирост запасов возможен за счет разведки площадей южнее и восточнее месторождения.

Рис. 46. Геологический разрез по линии VIII-VIII месторождения Янзигитовское по (Туманову, 1935 ф).

Условные обозначения см. на рис. 45.



Колтубанское месторождение расположено в 2.5 км к западу от оз. Колтубан и связано с темно-красными яшмами бугулыгырского горизонта. Максимальное оруденение наблюдается с поверхности, а с глубины 2-4 м значительно ослабевает. В свое время отработке подвергались руды с максимальным содержанием марганца (до 23 %) на изолированных участках, расположенных гнездами в различных частях яшмового поля (Павлов и др., 1980 ф).

Как установлено проведенными работами, марганцевые минералы отлагались между кремнистым веществом. На сегодняшний день на месторождении выделяются три типа руд:

- легкие пористые слоистые руды;
- пористые более плотные не слоистые руды;
- плотные сливные руды с небольшим количеством пор.

Основные промышленные оксидные минералы – псиломелан, пиролюзит. Они установлены визуально, а детальные минералогические исследования не проводились.

Северо-Файзуллинское месторождение расположено в 4 км севернее д. Файзуллино, на правом берегу р. Бол. Уртазымка.

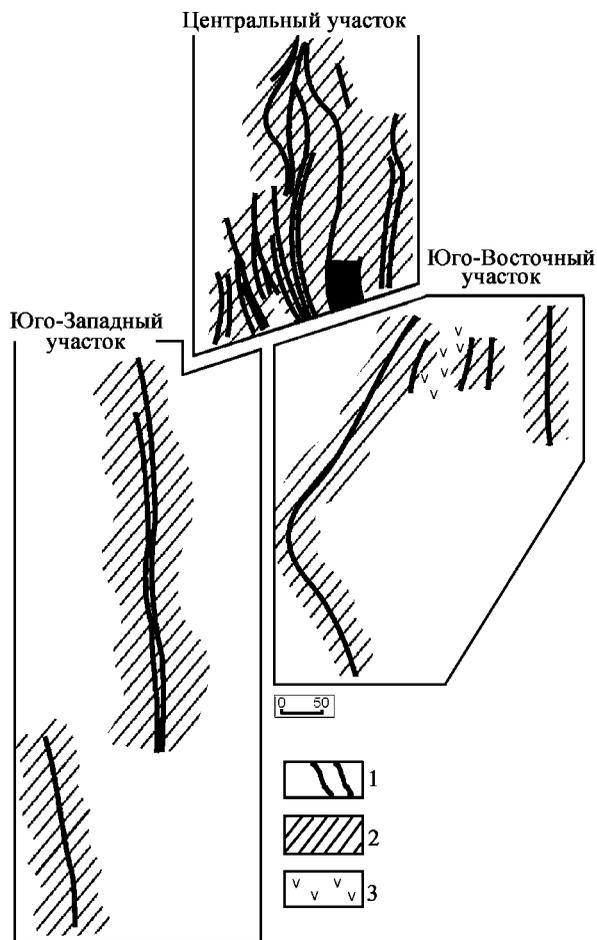


Рис. 47. Геологические схемы участков месторождения Северо-Файзуллинское (по Туманову, 1937 ф и Решетниковой, 1984 ф).
Условные обозначения: 1-марганцевые руды, 2-яшмы, 3-эффузивы.

Месторождение известно с дореволюционных времен. Более точные данные о первооткрывателях не известны. Детально оно было разведано С.Х.Тумановым (1937 ф). В его строении принимают участие 6 промышленных рудных тел (рис. 47), объединяемых в три участка.

На *Центральном участке* известно 2 рудных тела пластообразной формы, залегающих одно над другим, смятых в антиклинальные складки с размахом крыльев до 50 м. Мощность пластов колеблется от 0.5 до 2 м, а мощность межпластовых яшм составляет от 2 до 5 м. Содержание марганца в рудах изменяется от 17 % до 27 %.

Юго-западный участок расположен в 0.5 км к юго-западу от Центрального и состоит из двух рудных пластов мощностью от 1 до 2.5 м. Содержание марганца в руде от 17 % до 25 %.

Юго-восточный участок находится в 0.4 км к юго-востоку от Центрального и представлен двумя рудными пластами, прослеженными по простиранию на 800 м при мощности от 0.5 до 0.8 м (в северном направлении она увеличивается до 2.5 м). Выделен также один не промышленный пласт с содержанием марганца менее 17 %.

Общее простирание пластов северо-западное, падение – северо-восточное. По простиранию рудные тела не выдержанные, по падению прослежены на 25-30 м.

Руды месторождения слоистые или ленточные, плотные. По мощности пласта оруденение распространено неравномерно, минеральные агрегаты распределяются в виде вытянутых слоев, представленных тонкозернистыми и мелкозернистыми агрегатами родонита и псиломелана, иногда присутствуют манганит и пиролюзит. Выделяются четыре типа руд (Павлов и др., 1980): 1) полосчатые браунит-яшмовые; 2) яшмовидные родонит-кремнистые; 3) полосчатые родонит-яшмовые; 4) родонит-браунитовые. В минеральном составе перечисленных типов руд присутствуют следующие минералы: псиломелан, пиролюзит, рансееит, гаусманит, браунит, родонит, тефроит, рихтерит, гематит, барит, халцедон, кварц. Этот список пополнен Т.А. Семковой (2001) следующими минералами: криптомелан, родохрозит, андрадит, йогансенит, винчит, кальцит. Среднее содержание марганца в рудах – 17.5 %, железа – 3.1 %; максимальные содержания кремнезема составляют 58 %, а фосфора – 0.08 %.

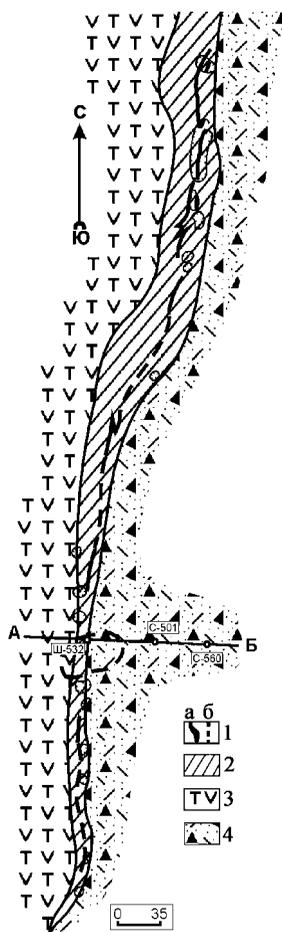
Горнотехнические и гидрогеологические условия отработки благоприятные, т.к. месторождение расположено на возвышенности.

Южно-Файзуллинское месторождение расположено в 1.5 км восточнее д. Файзуллино. Месторождение открыто в 1890 году и эксплуатировалось до 1917 года. На его территории известно 14 заброшенных карьеров. Количество добытой и вывезенной

руды неизвестно. Разведка проведена Д.Д.Пенинским (1943 ф), а подсчет запасов – А.Я.Хвесиным (1948 ф).

Рис. 48. Геологическая схема Южно-Файзуллинского месторождения (по Пенинскому, 1943 ф).

Условные обозначения: 1-марганцевые руды (а-рудные пласты, б-делювиальные руды), 2-кремнистые сланцы, яшмы и яшмовидные туффиты бугульгьрского горизонта, 3-диабазы и пироксеновые порфириты ирендыкской свиты, 4-туффиты, перемежающиеся с прослоями кремнистых сланцев, улутауской свиты.

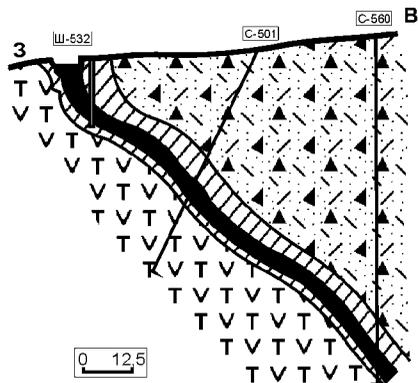


Месторождение состоит из двух промышленных рудных тел линзовидной формы, расположенных кулисообразно относительно друг друга (рис. 48). Нижний рудный пласт имеет северо-северо-восточное простирание и восточное падение под углами от 45° до 85° . Он резко выклинивается в северо-западном направлении, плавно уменьшает свою мощность на юго-востоке, тектонически срезан на юго-западе и не изучен на северо-востоке (рис. 49). Длина нижнего рудного пласта по простиранию 188 м, по падению 110 м. Мощность пласта колеблется от 2 до 5 м. Глубина залегания от 0 до 20 м. Средний рудный пласт также залегает согласно со вмещающими породами. Мощность пласта увеличивается с глубиной от 0.5 до 2.5 м.

Помимо этих крупных тел, существует верхний рудный пласт, который прослежен на 210 м по простиранию и на 65 м по падению. Его мощность около 0.5 м, но на глубине 30 м увеличивается

до 1.5 м. Он расположен согласно со вмещающими породами и часто замещается оруденелыми или безрудными туфами.

Рис. 49. Геологический разрез по линии А-Б месторождения Южно-Файзуллинское (по Пенинскому, 1943 ф).
Условные обозначения см. на рис. 48.



Все рудные тела окислены на глубину до 20 м и представлены порошковатыми, рыхлыми рудами черного цвета.

Средний состав руд следующий: марганец – 38.1 %, кремнезем – 21.4 %, сера – 0.041 %, фосфор – 0.058 %. По минеральному составу выделены следующие типы руд:

- силикатно-родонитово-карбонатные руды нижней не окисленной зоны;
- силикатно-родонитово-карбонатные руды, затронутые процессами окисления и частично окисленные;
- пиролюзит-псиломелановые руды, слагающие верхнюю часть зоны вторичного обогащения, в незначительных количествах содержащие реликты родонитовых руд;
- полосчатые браунит-яшмовые руды.

Первые три типа руд слагают нижний (основной) рудный пласт, четвертый тип руд полностью слагает средний рудный пласт.

Основными минералами марганца являются родонит и пиролюзит. Родонит присутствует, в подавляющем большинстве случаев, в виде агрегатов мелко- и крупнозернистой структуры и массивной текстуры, разбивается по карбонатным минералам. Иногда отмечаются достаточно крупные (до 1-1.5 см) кристаллы розового цвета игольчатого габитуса с хорошо выраженной спайностью и перламутровым блеском. Отмечены радиально-лучистые и сноповидные агрегаты родонита. Пиролюзит образует черные землистые или порошковидные массы. В составе руд,

кроме того, выделяются следующие минералы: браунит, псиломелан, манганит, родохрозит, тефроит, гематит, манганокальцит, кальцит, фридениит, хлорит, альбит, цеолит, актинолит, пирит, халькопирит (Павлов и др., 1980). На месторождении установлены также риббеит и аллеганит (Брусницын, 2001).

Вмещающие породы представлены кремнистыми сланцами, яшмами, туфами основных эффузивов и альбитофиров, самими альбитофирами, алевролитами, граувакковыми песчаниками и туффитами.

Горнотехнические и гидрогеологические условия отработки месторождения открытым способом благоприятные.

Рудопоявление Эн-Баи расположено в 1.5 км северо-западнее дер. Даутово. Оно было открыто работниками Магнитогорского металлургического комбината. Поисково-разведочные и разведочные работы на объекте проводились П.М. Постновым (1933 ф).

В результате проведенных работ было установлено, что рудопоявление представлено рудным телом пластообразной формы, имеющим северо-восточное простирание. Длина его по простиранию составляет около 60 м, а по падению – около 2 м. Выклинивания рудного тела не установлено. Мощность рудного пласта у поверхности (на глубине 1-1.8 м) составляет 0.4 м.

Текстуру руд, слагающих это рудопоявление, можно в целом охарактеризовать как полосчатую, которая характеризуется наличием пропластков марганцевых руд, мощностью 1-2 см, переслаивающихся с кремнистыми сланцами и оруденелыми окристыми сланцами. Ввиду этого, рудная масса хорошо обогащается за счет ручной отборки кремнистых пропластков. Главным промышленным минералом марганца является браунит. Минералогия руд не изучена. Вмещающие породы представлены туффитами и кремнистыми сланцами.

Предварительно подсчитанные запасы марганцевой руды составляют около 5 тыс. т, на глубину 6 м. Среднее содержание марганца в руде составляет 17.29 %; железа – 7.94 %. Максимальное содержание кремнезема в рудах составляет 43.1 %, а алюминия (в виде Al_2O_3) – 5.59 %.

Шадыгаевское рудопоявление расположено в Абзелиловском районе, в 3.5 км юго-западнее д. Шигаево.

Рудопроявление приурочено к прослою кремнистых туффитов в туфогенно-осадочных образованиях. Участками туффиты смяты в мелкие флексуровидные складки с горизонтальной амплитудой 15-20 м. Падение тела туффитов моноклиналиное, по простиранию и мощности не выдержано. Более подробные данные отсутствуют.

Басаевское рудопроявление представлено прослоями окисленных марганцевых руд в яшмах.

Давлетовское рудопроявление представлено тонкослоистыми, реже массивными, пятнистыми марганцевыми рудами окисно-кремнистого типа, мощностью 0.4-0.7 м. Местами развиты ноздреватые и сажистые разновидности. По данным химического анализа, содержание марганца в них от 14.3 до 25.81 %, железа – от 3.28 до 4.85 %, кремнезема – от 53.6 до 59.1 %, фосфора – от 0.046 до 0.55 %.

Ярлыкаповское рудопроявление. Среди бугулыгырских яшм отмечаются кварцевые жилы, с которыми связаны гнезда и жилы псиломелана.

Хусаиновское рудопроявление расположено в 3 км северо-западнее д. Хусаиново. Оно известно с 1934 года, но первооткрыватель не известен.

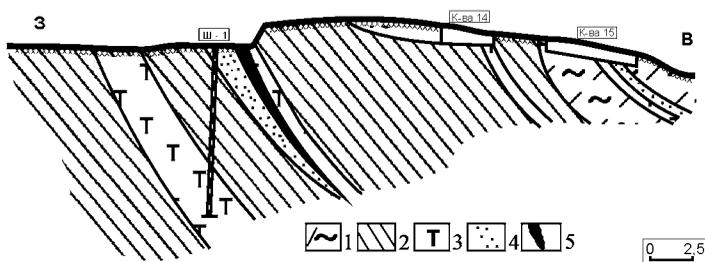


Рис. 50. Геологический разрез Хусаиновского рудопроявления (по Туманову, 1937 ф).

Условные обозначения: 1-кремнистые сланцы, 2-яшмы, 3-туфы, 4-кварцевые жилы, 5-марганцевые руды.

В строении рудопоявления принимают участие 4 рудных тела линзообразной формы (рис. 50). Они характеризуются меридиональным простиранием и восточным падением, по простиранию длина тел колеблется от 50 до 84 м, а по падению прослежены на 2.5 м, при колебаниях мощности от 0.4 до 0.8 м. Рудные тела с глубиной выклиниваются и на глубине 10 м переходят в оруденелые яшмы. Вмещающими породами служат сургучно-красные яшмы.

Подсчитанные запасы руд составляют 3 тыс. т (Туманов, 1937 ф). Среднее содержание марганца в них составляет 28.5 %, железа – 4.17 %, а максимальные содержания кремнезема – 33.72 %, глинозема – 4.27 %, фосфора – 0.06 %. Руды оксидные, псиломелановые слоистой текстуры, плотные, отмечена примесь сажистого пиролюзита. Более подробное описание названных и других минералов отсутствует. Руда относится к I-му сорту и пригодна для выплавки ферромарганца. Глубина подсчета запасов составила 5 м.

Горнотехнические и гидрогеологические условия отработки проявления благоприятные.

Месторождения и рудопоявления *Таналыкского марганцеворудного района* приурочены, в основном, к Таналыкскому поднятию и распространены в Баймакском и Хайбуллинском районах.

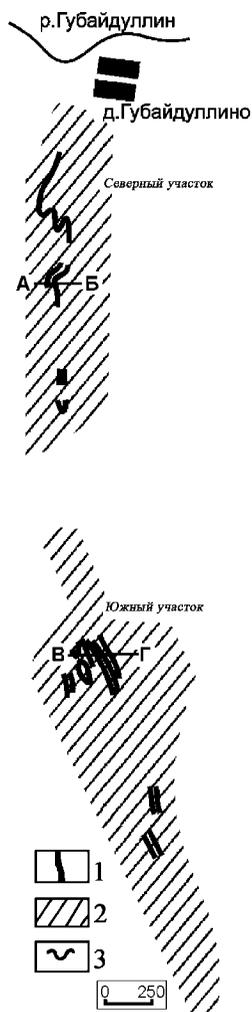
Губайдуллинское месторождение расположено в 6.5 км севернее пос. Тубинский и в 0.5 км южнее д. Губайдуллино (Куштуба). Месторождение открыто в 1910 году и первая оценка его запасов была сделана К.П.Столбковым (1937 ф), позднее Меламудом (1944 ф).

В строении месторождения выделяют два участка: Северный и Южный (рис. 51). На Северном участке выявлено два пластообразных тела, простирание которых изменяется от северного до северо-западного, падение крутое восточное (рис. 52). Длина их по простиранию изменяется от 60 до 500 м, а по падению они прослежены от 10 до 110 м. Мощность рудных залежей изменяется от 0.2 до 5.2 м, а глубина залегания руд – до 40 м.

На Южном участке известно два промышленных рудных тела, длина которых по простиранию от 50 до 110 м, а по падению – от 20 до 60 м (рис. 53). Мощность тел колеблется от 0.15 до 1.6 м, а глубина залегания – до 50 м.

Рис. 51. Геологическая схема разных участков месторождения Губайдулинское (по Меламуду, 1944 ф и Решетниковой, 1984 ф).

Условные обозначения: 1-марганцевые руды, 2-красные яшмы, 3-делювий.



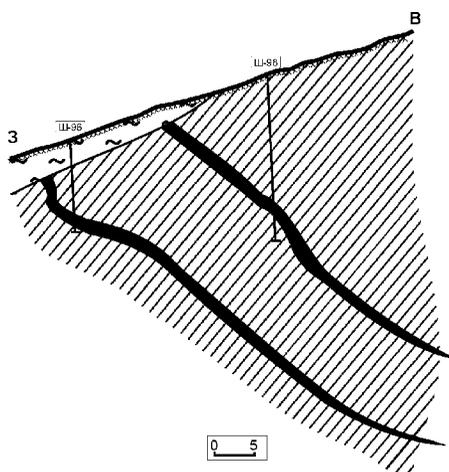
На обоих участках рудные залежи собраны в синклиналию складку и залегают согласно вмещающим породам. Рудные пласты залегают один над другим и разделены прослоем безрудных яшм, причем мощность последнего колеблется в широких пределах – от 0.2 до 6-20 м. Яшмы не выдержаны по падению и быстро выклиниваются. Строение рудных залежей изредка нарушается малоамплитудными (до 0.5 м) сбросами. Глубина зоны окисления не превышает 2 м.

Помимо промышленного рудного тела на Южном участке известен еще рудоносный пласт, который сложен низкосортными рудами (менее 10 % Mn) и имеет мощность от 0.1 до 0.4 м. Прослежен он до глубины 6 м.

На месторождении выделены зоны первичных и вторичных руд. Первая сложена родонитовыми и первичнополосчатыми браунитовыми рудами, вторая (марганцевая шляпа) – псиломелан-пирролюзитовыми, плотного строения и штокверковыми рудами. Последние представляют собой подрудные оруденелые породы. Содержание марганца в браунитовых полосчатых рудах – более 25 % (плотность – 2.84 т/м³), в родонитовых – до 25 % (плотность – 2.55 т/м³).

Рис. 52. Геологический разрез по линии А-Б месторождения Губайдуллинское (по Меламуду, 1944 ф и Решетниковой, 1984 ф).

Условные обозначения см. на рис. 51.



Основными минералами марганца являются браунит, родонит, пиролюзит и псиломелан. Браунит представлен тонкозернистыми, плотными массами серовато-черного цвета с полуметаллическим блеском. Псиломелан встречается в виде плотных и рыхлых тонкозернистых масс черного цвета, развивающихся по родониту и брауниту. Пиролюзит присутствует в виде сажистых масс, иногда образуя хорошо выраженные кристаллы призматического габитуса. По обогатимости руды отнесены к классу легкообогатимых, псиломелан-пиролюзитовые могут быть использованы без предварительного обогащения. Минеральный состав более детально не изучен.

Основными минералами марганца являются браунит, родонит, пиролюзит и псиломелан. Браунит представлен тонкозернистыми, плотными массами серовато-черного цвета с полуметаллическим блеском. Псиломелан встречается в виде плотных и рыхлых тонкозернистых масс черного цвета, развивающихся по родониту и брауниту. Пиролюзит присутствует в виде сажистых масс, иногда образуя хорошо выраженные кристаллы призматического габитуса. По обогатимости руды отнесены к классу легкообогатимых, псиломелан-пиролюзитовые могут быть использованы без предварительного обогащения. Минеральный состав более детально не изучен.

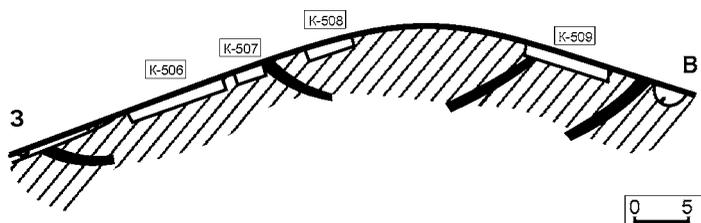


Рис. 53. Геологический разрез по линии В-Г месторождения Губайдуллинское (по Меламуду, 1944 ф).

Условные обозначения см. на рис. 51.

На *Северном участке* запасы составляют более 100 тыс. т руды, при среднем содержании марганца в руде 21.8 %, железа – 1.44% и максимальном содержании кремнезема – 52.04 %. По категории забалансовых учтено около 30 тыс. тонн руды. Средний выход богатых руд для второго пласта – 30 %, а для третьего пласта – 20%.

Для *Южного участка* запасы руды составляют более 10 тыс. тонн, забалансовые еще примерно 30 тыс. тонн. Среднее содержание марганца в балансовых рудах составляет 20.8 %, железа – 2.11%, а максимальное содержание кремнезема не превышает 52.04 %. Бортовое содержание марганца принято равное 10 %, а минимальная мощность рудных пластов, вошедших в расчеты – 0.5 м.

Вмещающими породами для руд служат сургучно-красные яшмы, общая мощность рудоносной пачки 60 м. Межрудные породы – те же яшмы, иногда туффиты.

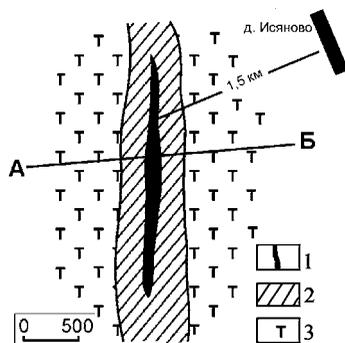
Горнотехнические условия отработки месторождения благоприятные для открытого типа. Вскрыша малой мощности и представлена рыхлыми породами – суглинки со щебенкой коренных пород. Гидрогеологические условия также благоприятные. Месторождение расположено на вершине холма и дренируется р. Губайдуллинской.

Исяновское месторождение расположено в 1.5 км юго-западнее д. Исяново.

Месторождение официально открыто в 1934 году, но эксплуатировалось в период до 1917 года. Более подробные данные отсутствуют.

Рис. 54. Геологическая схема Исяновского месторождения (по Столбкову, 1937 ф).

Условные обозначения: 1-марганцевые руды, 2-яшмы, 3-туфы.



На месторождении известно одно рудное тело пластообразной формы меридионального прости-

раная и западного падения (рис. 54). Длина его по простиранию 150 м, по падению оно прослежено до 65 м, в среднем длина по падению – 31.5 м. Мощность пласта колеблется от 0.9 до 3.5 м и в среднем составляет 2.2 м. Выклинивание пластов с глубиной не отмечено. Вмещающие породы, представленные яшмовидными туффидами сургучно-красного и светло-розового цвета, совместно с рудным телом образуют антиклинальную складку (рис. 55). Глубина зоны окисления не установлена, но отмечена обохренность пород.

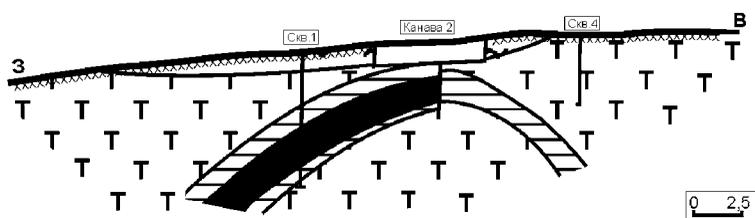


Рис. 55. Геологический разрез по линии А-В месторождения Исяновского (по Столбкову, 1937 ф и Сюткиной, 1983 ф).
Условные обозначения см. на рис. 54.

Запасы руд составляют более 80 тыс. т, при среднем содержании марганца 4.59 %, железа – 14.4 %, максимальном содержании кремнезема – 40.76 %, глинозема – 0.33 %, фосфора – 0.05 %. В верхней части тела руды сильно пористые, низкосортные. С глубиной качество руд повышается, они становятся более плотными.

В составе рудной залежи преобладают низкосортные руды (чуть меньше 80 тыс. т). Основным промышленным минералом марганца является псиломелан, который развивается в виде псевдоморфоз по толстотаблитчатым агрегатам родонита. Минеральный состав руд не изучен.

Месторождение не обводнено. В изученных материалах рекомендуется подземный способ отработки.

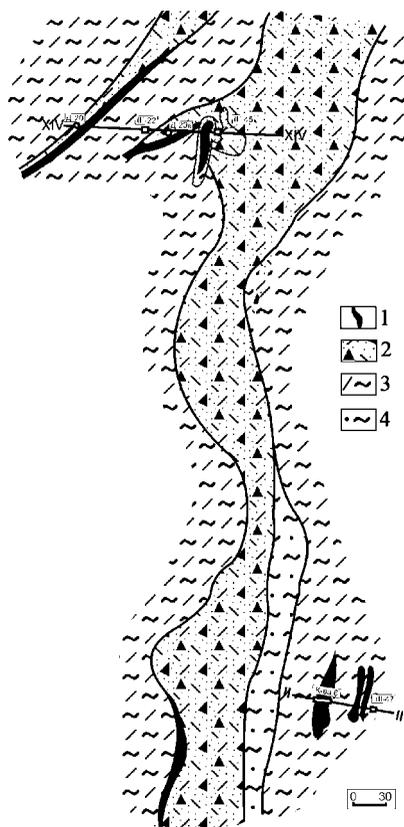
Асылдовское месторождение расположено в 8 км к юго-западу от г. Баймак.

Месторождение открыто в 1870 г, данных о первооткрывателях нет, а первое описание составил В.Г.Шемякин в 1931 году.

Асылловское месторождение эксплуатировалось в период с 1870 по 1910 годы, на месторождении известно 6 мелких карьеров (5×5 м) и 3 более крупных (20×30 м), глубиной до 10 м. Объем и качество добытой руды неизвестны, часть ее складирована в штабеля на объекте и не вывезена. Разведка была проведена С.Х.Тумановым (1937 ф).

Рис. 56. Геологическая схема разных участков месторождения Асылловское (по Туманову, 1937 ф и Решетниковой, 1984 ф).

Условные обозначения: 1-марганцевые руды, 2-кремнистые туффиты, 3-кремнистые сланцы, 4-делювий.



Месторождение состоит из двух промышленных рудных тел пластообразной формы меридионального и северо-восточного простирания и крутого восточного падения (рис. 56). Длина тел по простиранию колеблется от 70 до 100 м и в среднем составляет 80 м, длина по падению – 20-35 м (при средней, равной 25 м). Мощность рудных тел колеблется в пределах от 0.5 до 2.5 м, средняя составляет 1.5 м. Глубина залегания руд от 0 до 25 м. Рудные тела участвуют в строении крупных брахиантиклинальных складок. Они выдержаны по простиранию, падению и по мощности. До глубины 20-25 м развита зона окисления. В этих

двух рудных телах сосредоточены все руды, вошедшие в подсчет запасов.

Оксидные руды зоны окисления представлены массивными плотными, черными, с раковистым изломом и полуметаллическим блеском разновидностями. Основными рудными минералами месторождения являются пиролюзит и браунит. Пиролюзит представляет собой мелкозернистые или тонкозернистые массы массивной текстуры. Браунит присутствует также в виде тонкозернистых масс, участвующих в сложении массивных разновидностей руд. Силикатные руды и их минеральный состав не изучены.

По вопросу среднего содержания марганца в рудах, в изученных документах фигурирует противоречивая информация (цитируется по описанию месторождения): «... содержание марганца в пробах руд, взятых из штабелей составляет от 31.9 до 54.47% .», а при подсчете запасов среднее содержание принято за 20 %. «...среднее содержание марганца в рудах 20 % и при подсчете запасов учитывались требования, предъявляемые промышленностью к марганцевым рудам, а именно – содержание марганца в рудах не ниже 20 %».

По нашему мнению, из этого следует, что во время поисковых работ опробование самих рудных тел не производилось, и о составе руд судили на основании содержаний, полученных при анализе проб, отобранных из рудных штабелей. Однако, не решаясь распространить столь высокие содержания марганца (от 31.9 до 54.47 %) из руд штабелей на рудные тела, исследователи приняли за средние – минимально допустимые требования промышленности, существовавшие на то время, и, тем самым, подстраховали себя от переоценки запасов в недрах.

Учитывая специфику времени проведения работ (1942 г) это вполне вероятно. Остается не ясным, почему не проводилось опробование самих рудных тел, тогда как необходимые горные выработки (шурфы и канавы) были пройдены?

По тем же данным, в рудах из тех же штабелей содержится от 0.02 до 0.04 % серы и 0.06 – 0.12 % фосфора. Средние содержания кремнезема в них составляют 9.18 %, железа – 5.48 %, глинозема – 4.95 %. Установить, на сколько приведенные значения характеризуют состав реальных рудных тел, в свете выше изложенного, представляется затруднительным.

Подсчитанные запасы руд на месторождении составили около 40 тыс. т (Туманов, 1937 ф), однако, из-за недостаточной

изученности, они отнесены к категории забалансовых. Глубина подсчета запасов была определена в 20 м. Минимальная мощность рудных тел принята в 0.5 м.

Вмещающими породами для руд этого месторождения являются кремнистые сланцы и кремнистые туффиты. Первые имеют резкие контакты с рудными телами, вторые – постепенные переходы от руды к безрудным вмещающим породам, через зону омарганцевания.

Горнотехнические и гидрогеологические условия благоприятные для открытого способа обработки.

Перспективы месторождения расцениваются, как положительные за счет доразведки центральной части месторождения.

Рудопроявление Сукраковское расположено в Хайбуллинском районе РБ, в 4 км севернее д. Подольск.

Проявление приурочено к северному замыканию Гадиловской синклинали. Связано оно с кремнистыми породами. Выходы яшм образуют в рельефе гривки высотой 1-1.5 м. Яшмы кварц-гематитового состава приурочены к нижней части бугулыгырского горизонта. Более подробные данные отсутствуют.

2.1.2. Вещественный состав и типы марганцевых руд гидротермально-осадочных месторождений

Формирование описанных выше марганцевых месторождений происходило по сложной схеме (см. раздел 3.2.), но первичная вулканогенно-(гидротермально)-осадочная их природа отчетливо выражена во всех объектах (Топорков, Кожевников, 1938, Херасков, 1967, Туманов, 1943, и др.).

По форме рудные тела чаще всего представлены пластовыми залежами, которые обычно имеют мощность 1-2 м, но, в то же время, их мощности могут варьировать от нескольких сантиметров до 12 м. Протяженность рудных тел – 250-300 м, иногда достигает 700-800 м (Кожаевское, Ниязгулово-1), но есть линзы, мощность которых составляет первые метры (Янгизитовское и др.). Некоторые рудные объекты состоят из нескольких самостоятельных линз, приуроченных к одному пласту протяженно-

стью до 3,5 км (Ишбердинское, Мамилинское) или 2-3 км (Сев. Файзуллинское и Губайдуллинское). Большинство же месторождений представлены одним рудоносным горизонтом. На Северо-Файзуллинском объекте – два рудоносных пласта. На некоторых участках Губайдуллинского месторождения – несколько рудных горизонтов.

Рудные тела на всех месторождениях представлены двумя типами руд: 1) окисные и гидроокисные; 2) силикатные. Кроме того, выделяются оруденелые породы, которые в зависимости от содержания в них металла используются как нормальные или бедные руды.

Руды окисные и гидроокисные обычно слагают лежащий бок рудных тел. Среди них различаются: 1) плотные сливные (массивные), 2) ноздреватые, 3) полосчатые, 4) пористые (сажистые).

Сливные (массивные) руды не пользуются широким развитием, но в значительных количествах они свойственны Ялимбетовскому, отчасти Ниязгуловскому I и Уразовскому месторождениям. Руды плотные, однородные, серовато-черные с металлическим блеском и раковистым изломом. Они сложены, главным образом, браунитом, иногда переходящим в полионит и пиролюзит. Ноздреватые разновидности, имеющие крупноячеистую сложены браунитом, пиролюзитом и псиломеланом. Ячейки выполнены рыхлым пиролюзитом. Такие руды известны в Уразовском, Ялимбетовском, Кусимовском месторождениях.

Полосчатые руды характеризуются чередованием браунита с пиролюзитом. Мощность слоев до 1,5 см. Руда сечется по разным направлениям тонкими жилками (1-2 см), выполненными псиломеланом и пиролюзитом. Такие руды известны на Уразовском месторождении. Пористые руды – это губчатые руды, пустоты которых образуются за счет выщелачивания цемента или включений. Состоят они из пиролюзита, иногда вада. Такие руды приурочены к самым верхним частям месторождений и особенно характерны для Сукраковского рудопроявления.

Рыхлые руды приурочены к трещиноватым участкам других типов руд и сложены исключительно пиролюзитом. Скопления таких руд отмечаются во многих месторождениях.

Группа силикатных руд составляет большую часть месторождений, занимая нижнюю часть рудных тел. Различаются родонитовые, с реликтами триклинных пироксенов и пьомонитовые руды.

Родонитовые руды – плотные сливные, светло-розовые или желтоватые. Главными минералами являются: розовый родонит, желтоватый бустамит. В рудах, кроме того, присутствуют браунит, пиролюзит, псиломелан и много других минералов, которые будут описаны подробно далее в разделе, посвященном минералогии. Особенно широко сливные силикатные родонит-бустамитовые руды развиты в пределах Кызылташского, Казганташского и Южно-Файзуллинского месторождений.

Силикатные руды с триклинным пироксеном – плотные, массивные черного или темно-стального цвета с розоватыми, красно-бурыми и буровато-желтыми участками, сложенными триклинным пироксеном. В минеральном составе этих руд, кроме названных пироксенов, присутствуют: пьмонтит, браунит, манганит, полианит, пиролюзит, псиломелан, железный блеск и др., описанные в разделе, посвященном минералогии. Такие руды известны на многих месторождениях и, в том числе, Кожаевском и Уразовском.

Пьмонтитовые руды мало чем отличаются от пироксеновых. Названные руды массивные стально-серого цвета с участками розового, зеленовато-розового и красно-бурого цветов, сложенными пьмонтитом, пироксеном и гранатом. В составе руд, кроме названных, присутствуют также другие минералы, что и в пироксеновых и родонитовых силикатных рудах.

Оруденелые породы – это в базисе яшмы, яшмо-туффитовые ассоциации и туффиты. Наибольшим распространением пользуются оруденелые яшмы. Они представлены двумя типами. Первый тип – тонкопереслаивающиеся браунит с яшмой, мощностью слоев от нескольких мм до 1-2 см. Второй тип – массивные кремнистые породы с равномерным распределением в них оксидов марганца и железа. В них присутствуют: пьмонтит, браунит, псиломелан, пиролюзит. При больших содержаниях рудного компонента порода приближается к руде, при незначительном его количестве – это оруденелая яшма. Браунит-яшмовая руда вдоль пласта нередко сменяется пироксен-яшмовой рудой.

Другая разновидность оруденелых пород формируется по яшмо-туффитовым образованиям. Основная масса руды представлена полосчатыми браунит-карбонат-силикатными и карбонат-силикатными разновидностями. Главными минералами руд являются пироксены, гранаты, пьмонтит и др.

Переходы от браунит-яшмовых к карбонатно-силикатным рудам отчетливо проявились на Аюсазовском, а также можно видеть на Уразовском, Южно-Файзуллинском, Кызылташском,

Кожаевском, Сарбайском, Тетраукском и Ялимбетовском месторождениях.

Наконец, третий тип оруденелых пород связан с туффитами. Марганец в них представлен силикатными и карбонатными минералами. Силикаты отвечают марганцево-кальцитовым пироксенам и гранатам, иногда встречается пироксмангит (марганцево-железистый пироксен) и довольно много (до 15 %) гематита. Этот тип оруденелых пород характерен для железомарганцевых месторождений (Ниязгулово I, Биккулово).

2.1.3. Минералогия марганцевых руд гидротермально-осадочных месторождений

Минеральный состав марганцеворудных месторождений востока Башкортостана в последние годы изучался А.И. Бруницыным и его коллегами (1997 б, 1997 в, 1999 а, 2001 б, и др.). Эти материалы и вошли в данный раздел. Однако, оксидные руды, с той же детальностью не изучались, ввиду этого материалы по их минеральному составу менее детальны и основываются на данных С.Х.Туманова (1944 ф), Д.Д.Топоркова, К.Е. Кожевникова (1938), В.В.Павлова и др. (1980) и др.

В составе незатронутых гипергенными изменениями марганцевых породах восточной Башкирии установлено 55 минералов (табл. 7): 2 простых вещества, 9 сульфидов, 7 оксидов, 3 карбоната, по одному фосфата и сульфата, 32 силиката. Среди гипергенных минералов преобладает вернадит.

Минералы имеют очень неравномерное распространение. Все простые вещества и сульфиды, а из оксидов магнетит, криптомелан и голландит, являются редкими фазами, встречающимися лишь спорадически. Причем, некоторые из них (медь, арсенопирит, магнетит) иногда присутствуют в виде довольно крупных (1.5-3.0 см) выделений, остальные всегда образуют мелкие (меньше 1 мм) зерна. К типичным аксессуарным минералам (встречающимся в небольшом количестве практически повсеместно) относятся апатит и барит, менее распространен пиррофанит. Среди силикатов 12 минералов являются порообразующими фазами хотя бы на одном из месторождений, пять ми-

нералов (манганокуммингтонит, марганцевые тремолит, мусковит, флогопит, а также тальк) установлены лишь в единичных зернах, все остальные принадлежат к разряду характерных второстепенных или аксессуарных компонентов.

Главных минеральных фаз марганцевых пород восточной Башкирии 17 – кварц, гематит, гаусманит, кальцит, родохрозит, браунит, тефроит, риббеит, гранаты, пьомонит, пумпеллиит, родонит, пироксмангит, кариопилит, альбит и 14 характерных второстепенных и аксессуарных минерала пиррофанит, кутнагорит, апатит, барит, эпидот, манганаксинит, эгирин-авгит, йогансенит, манганбабигтонит, винчит, бементит, марганцевый клинохлор, парсеттенсит и неотокит.

Таблица 7

Минералы марганцевых месторождений восточной Башкирии

№	Минерал	Формула	Месторождения									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Простые вещества</i>												
1	Графит ¹	C				×						
2	Медь	Cu							×			
<i>Сульфиды и их аналоги</i>												
3	Сфалерит	ZnS				×						
4	Галенит	PbS				×						
5	Алабандин	MnS				×						
6	Молибденит	MoS ₂										
7	Халькопирит	CuFeS ₂				×						
8	Пентландит	Fe ₅ Ni ₄ S ₈				×						
9	Пирит	FeS ₂		×		×						
10	Арсенопирит	FeAsS				×						
11	Герсдорфит	NiAsS										
<i>Оксиды и гидроксиды</i>												
12	Кварц	SiO ₂	■	■	■	■	■	■	■	●	■	■
13	Гематит	Fe ₂ O ₃	●	■	■	●	●	●	●	■	■	■
14	Пиррофанит	MnTiO ₃		●	×		×					
15	Магнетит	FeFe ₂ O ₄			●							
16	Гаусманит	MnMn ₂ O ₄		■	■	■						

В числе диагностированных минералов есть целый ряд интересных редких находок. К ним относятся, прежде всего, следующие:

- 1) манганаксинит – минерал открыт Г.Барсановым (1951) в Башкирии на Кожаевском месторождении;
- 2) бариевый парсеттенсит – первая находка в мире;
- 3) кумбсит – вторая находка в мире, первая в России;
- 4) бариевый баннистерит – вторая находка в мире, первая в России;
- 5) риббеит – третья находка в мире, первая в России;
- 6) манганбабингтонит – первая находка на Урале;
- 7) пироксмангит – первая находка на Южном Урале;
- 8) самородная медь – первая находка в родонитовых породах Урала.

Кроме того, некоторые из более распространенных минералов представлены редкими разновидностями, специфического химического состава (гранаты, пьомонтит, эгирин-авгит и др.).

По преобладающим минералам марганцевые породы восточной Башкирии подразделяются на три типа (Брусницын, 2001 *a*): 1) силикатные, 2) оксидно-карбонатно-силикатные и 3) оксидно-силикатные.

Силикатные марганцевые породы образуют залежи Уразовского, Биккуловского и Средне-Файзулинского месторождений. Ведущими здесь являются две разновидности пород: 1) андрадит + родонит ± кариопилит; 2) кварц + пьомонтит ± эпидот ± пумпеллиит. Первые слагают собственно рудные залежи месторождений, вторые формируются в зоне соприкосновения рудных тел с вмещающими вулканокластитами.

Оксидно-карбонатно-силикатные породы развиты на месторождениях Кожаевском, Кызыл-Таш, и Южно-Файзулинском. Их минералогия очень разнообразна и, в значительной степени, обусловлена химическим составом. Наиболее существенное влияние на образование различных минеральных ассоциаций оказывает соотношение в породе количеств кремния и марганца, в меньшей степени – кальция, железа, алюминия и магния. Самые богатые руды сложены преимущественно гаусманитом, риббеитом, тефроитом и родохрозитом, при постепенном уменьшении концентрации марганца и повышении кремния порода сначала приобретает кариопилит-родохрозит-тефроитовый состав, затем кариопилит-родонитовый, родохрозит-пироксмангитовый, и, наконец, – пироксмангит-кварцевый, родохрозит-кварцевый

или, реже, пироксмангит-кварц-кариопилитовый. Встречаются также практически мономинеральные родохрозитовые, пироксмангитовые и родонитовые обособления. В участках с относительно высоким содержанием кремния и повышенными концентрациями железа формируются андрадит-родонитовые и родонит-гематит-андрадитовые породы. В породах же с высокими величинами $Mn/[Mn+Si]$, большие содержания железа способствуют формированию ассоциации карнопилита с гематитом, тефроита с гематитом или тефроита с магнетитом. Алюминий в таких породах концентрируется преимущественно в составе спессартина, кальций входит в состав карбонатов и родонита, магний – клинохлора. Различные минеральные агрегаты очень неравномерно распределены в объеме рудных тел.

Оксидно-силикатные породы установлены на месторождениях Кусимовском, Ниязгуловском-1 и 2, Янзигитовском, Северо-Файзулинском и северном участке Южно-Файзулинского. Главные минералы этих пород - браунит, родонит и кварц.

Формирование минерального состава марганцевых месторождений имеет длительную историю, охватывающую этапы седиментации, диа-, катагенеза и метаморфизма рудоносных отложений. РТ-параметры метаморфизма всех месторождений одинаковы и соответствуют пренит-пумпеллиитовой фации. Индикаторами таких условий в марганцевых породах является присутствие силикатов с высоким содержанием воды: карнопилита, парсеттенсита, бементита, баннистерита, кумбсита, марганцевого клинохлора. Так как уровень метаморфизма месторождений одинаков, то очевидно, что разнообразие их минерального состава определяется различиями в составе исходных отложений и условиями диа-, катагенеза.

Во всех случаях накопление марганца на стадии седиментации, скорее всего, происходило в форме оксидов и гидроксидов четырехвалентного марганца и, возможно, в форме марганец-кремнистого геля. Трансформация марганца в карбонатные и силикатные фазы начиналась в ходе диагенеза осадка и продолжалась на более глубоких уровнях преобразования породы. Ключевую роль при этом играло наличие в осадке органического вещества. Его присутствие создавало в породах восстановительную среду и способствовало образованию карбонатов и силикатов двухвалентного марганца (кариопилит, родонит, тефроит и другие). При низком содержании органического углерода или его отсутствии восстановление марганца осуществлялось

менее интенсивно и преобладающими фазами в породах становились силикаты трехвалентного марганца (браунит, пьомонит). Значительная примесь вулканокластического материала способствовала формированию существенно пьомонитовых пород с пумпеллитом и эпидом,

Выделенные три главных типа марганцевых пород имеют резко различную практическую значимость. Современная технология не позволяет эффективно обогащать силикатные марганцевые породы, а поэтому пока они не могут рассматриваться в качестве руды, даже несмотря на относительно высокие содержания металла (13-37 % MnO) («Инструкция...», 1985). Разработка месторождений с оксидно-карбонатно-силикатными породами требует проведения минералогического картирования внутреннего строения рудных залежей с выделением продуктивных блоков, сложенных преимущественно гаусманитом и родохрозитом, изучением закономерностей их распространения, оценкой масштабов развития. В дальнейшем необходима ручная сортировка марганцевых пород по качеству. В противном случае эксплуатация подобных объектов будет малоэффективной, так как основная часть породы, состоящая из родонита, тефроита, кариопилита и других силикатов к рудам не относится, хотя содержание MnO в ней может достигать 55 %.

Наконец, оксидно-силикатные породы по минеральному составу соответствуют технологическими нормам для марганцевых руд. Однако, самые богатые (40-62 % MnO) браунит-родонитовые разновидности практически полностью выработаны к концу 1940-х годов (месторождения Кусимовское, Ниязгуловское-1) или слагают чрезвычайно мелкие (первые тонны металла), непромышленные залежи (месторождения Янзигитовское и Губерлинское). На разрабатываемом же ныне Северо-Файзулинском месторождении руды представлены браунит-кварцевой породой с относительно низкими концентрациями марганца (15-18 % MnO).

Ниже приводится краткое⁴ описание наиболее интересных силикатов, включающее в себя характеристику морфологии, ассоциации, физических свойств, рентгенографических констант и химического состава⁵, а также некоторых условий образования.

⁴ Более полную информацию о некоторых минералах можно найти в отдельных статьях, ссылки на которые приводятся в тексте.

⁵ Все химические анализы выполнены микрозондовым методом.

Часть из рассмотренных минералов ранее была изучена В.Калининым (1978), мы дополняем эту работу материалами собственных исследований.

Браунит – один из главных минералов оксидно-силикатных руд марганца. На Южном Урале он установлен на месторождениях Ниязгуловском-1 и 2, Аюсазовском, Кусимовском, Северо-Файзуллинском, Янзигитовском и многих других (Бетехтин, 1940, Калинин, 1978, Гаврилов, 1972, Брусницын и др., 2000 в).

Браунитсодержащие породы довольно разнообразны по своему составу и строению. На Ниязгуловском-2, Аюсазовском, Кусимовском и северном участке Южно-Файзуллинского месторождения браунит слагает небольшие (0.5-1.5 см мощностью и 2-7 см по удлинению) линзочки, переслаивающиеся с гематит-кварцевыми яшмами. Типичным второстепенным компонентом таких пород являются родонит, пьомонтит, винчит, цельзиан и голландит. Помимо полосчатых гематит-браунит-кварцевых пород, на Кусимовском месторождении встречаются также линзовидные тела размером до 1 м по удлинению и до 20 см по мощности, сложенные браунит-родонитовой породой. Браунит в них образует выделения двух морфологических типов. К первому относятся небольшие (0.5-2.0 см в поперечнике) изометричные до округлых, ритмично-зональные метааккреции с частым чередование тонких (около 0.1 мм) зонков, сложенных либо родонит-браунитовыми сростками, либо кальцитом и пьомонтитом. Другая разновидность браунита – это мельчайшие (около 15 мкм) зерна неправильной формы, рассеянные в массе родонита. Кроме перечисленных фаз, в составе браунит-родонитовых пород диагностированы кариопилит, парсеттенсит, родохрозит, апатит и барит. Для Северо-Файзуллинского месторождения характерны браунит-кварцевые руды с небольшими содержаниями йогансенита, кальцита, андрадита и криптомелана. Браунит в них представлен мелкими (0.2 мм в поперечнике) изометричными зернами неправильной или ромбической формы, равномерно распределенными в кварцевой матрице. Наконец, на месторождениях Ниязгуловское-1 и Янзигитовское браунит слагает однородные неправильные по форме стяжения (конкреции) и линзовидные обособления размером от 3 до 50 см по удлинению, в которых присутствуют редкие вкрапленники пьомонтита, кварца, гематита и парсеттенсита.

Браунит имеет черную окраску и металлический блеск, он бывает очень похож на гипергенные оксиды марганца, от кото-

рых в образцах его можно отличить по характеру агрегатов – браунит не образует порошковидных, сажистых скоплений и секущих породу прожилков.

Дифрактограммы изученных образцов близки к эталонным данным для браунита (De Villiers, 1980). Главные линии рентгенограммы кусимовского браунита (анализ 1 в табл. 8) следующие $d(\text{Å})/I$: 3.493/17, 2.714/100, 2.518/5, 2.355/18, 2.343/10, 2.149/9, 1.669/13, 1.661/30, 1.420/16, 1.411/30. Параметры элементарной ячейки следующие (Å): $a_0 = 9.424(2)$, $c_0 = 18.74(1)$. Близкие метрики решетки имеет и южнофайзулинский браунит (Å): $a_0 = 9.421(2)$, $c_0 = 18.712(8)$.

Таблица 8

Химический состав (мас. %) и коэффициенты кристаллохимических формул браунита

Компонент	1	2	3	4	5	6	7	8
SiO ₂	10.12	10.39	10.12	10.20	9.74	10.44	9.92	10.4
Al ₂ O ₃	0.47	1.14	1.08	0.56	0.90	0.64	0.04	0.25
Fe ₂ O ₃ *	1.08	0.58	1.28	1.42	6.66	5.08	1.53	0.11
Mn ₂ O ₃ **	79.16	76.91	75.40	76.34	71.02	72.81	77.4	80.2
MnO**	6.50	11.14	9.66	10.57	8.67	9.71	8.43	9.59
MgO	0.58	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.52	0.00
CaO	3.62	0.62	1.66	0.94	2.58	1.71	1.93	1.99
Сумма	101.53	100.78	99.20	100.06	99.57	100.39	99.8	102.5
Коэффициенты рассчитаны на 8 катионов								
Si	0.99	1.03	1.01	1.02	0.98	1.04	0.99	1.01
Al	0.05	0.13	0.13	0.07	0.11	0.07	0.00	0.03
Fe ³⁺	0.08	0.04	0.10	0.11	0.50	0.38	0.12	0.01
Mn ³⁺	5.88	5.80	5.76	5.81	5.42	5.51	5.89	5.95
Сумма	6.01	5.97	5.99	5.98	6.02	5.94	6.01	5.99
Mn ²⁺	0.54	0.93	0.82	0.89	0.72	0.82	0.71	0.79
Mg	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.00
Ca	0.38	0.07	0.18	0.11	0.28	0.18	0.21	0.21
Сумма	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
O ²⁻	12.00	12.02	12.01	12.01	11.99	12.02	12.0	12.01

Примечание: Fe₂O₃*-общее содержание железа; соотношение Mn₂O₃** и MnO** рассчитаны по стехиометрии браунита. Месторождения: 1-2-Кусимовское (1-браунит, образующий ритмично-зональные стяжения, 2-мелкие зерна браунита в родонитовой матрице); 3-4-Южно-Файзулинское, северный участок (браунит из полосчатой гематит-браунит-кварцевой породы); 5-8-Северо-Файзулинское, изометричные зерна браунита из однородной микрополосчатой браунит-кварцевой породы.

Химический состав южноуральского браунита (табл. 8) близок к составам этого минерала из марганцевых месторождений других регионов.

Браунит образуется в процессе метаморфизма оксидно-марганцевых отложений. Термодинамические расчеты показали, что минерал может кристаллизоваться даже при низких температурах и давлении, соответствующих уровню катагенеза или самого раннего метаморфизма и остается устойчивым в очень широком интервале РТ-параметров, охватывающем условия от пренит-пумпеллитовой до амфиболитовой фаций. Для сохранения браунита необходимо поддержание в минералообразующей среде высокой фугитивности кислорода, в противном случае браунит разлагается с образованием тефроита и гаусманита.

Тефроит широко распространен в оксидно-карбонатно-силикатных марганцевых породах. В восточной Башкирии этот минерал относится к числу породообразующих фаз на месторождениях Кожаевское, Кызыл-Таш и Южно-Файзуллинское.

Тефроит слагает наиболее обогащенные марганцем участки рудных залежей. Для него характерна ассоциация с гаусманитом, родохрозитом, риббеитом, аллеганитом, кариопилитом, бементитом и алабандином. Обычно, тефроит образует мелкие (около 0.3 мм) изометричные зерна, самостоятельно или совместно с перечисленными минералами слагающие линзовидные или неправильные по форме обособления, размер которых варьирует от 0.5 до 10 см в поперечнике. Кроме того, в кариопилитовых агрегатах очень часто встречаются округлые (до 1 мм в диаметре) радиально-лучистые сростки 3-6 толстотаблитчатых кристаллов тефроита. Морфологические особенности свидетельствуют о том, что такие «конкреции» образуются путем роста тефроита за счет замещения кариопилитовой матрицы. Количество тефроитовых конкреций может быть разным, иногда они практически нацело заполняют породу, а кариопилит сохраняется только в виде реликтов. Кристаллизация тефроита сопровождается появлением в породе бементита. Пластинчатые индивиды последнего наблюдаются либо непосредственно в тефроите, в виде вростков, ориентированных преимущественно вдоль радиусов конкреций, либо в массе спутанно-волокнистого кариопилита в непосредственной близости от зерен тефроита. Условия протекания реакции распада кариопилита на тефроит и бементит мы обсудим в разделе, посвященном кариопилиту.

В образце тефроит имеет характерную пепельно-серую окраску; в шлифах бесцветен, $n \approx 1.81$, $n_e - n_o \approx 0.040$.

Главные линии дифрактограммы тефроита (анализ 6 в табл. 9) $d(\text{Å})/1$: 4.04/15, 3.85/10, 3.62/60, 3.122/20, 2.85/90, 2.69/30, 2.600/75, 2.554/100, 2.450/20, 2.387/25, 2.357/20, 2.329/15, 2.229/10, 2.109/10, 1.809/70 и 1.800/35. Параметры элементарной ячейки равны (Å): $a_0 = 4.890(3)$, $b_0 = 10.59(1)$, $c_0 = 6.244(3)$.

Химический состав южноуральского тефроита приведен в таблице 9. Большая часть анализов характеризуется низкими содержаниями элементов-примесей (Al, Fe и Mg) и только в очень редких случаях (анализ 3) содержание железа может достигать 5.28 мас. % FeO.

Риббеит и аллеганит. Эти редкие минералы являются полиморфными модификациями химического соединения $\text{Mn}_5(\text{SiO}_4)_2(\text{OH})_2$. Из них аллеганит встречается относительно часто, его присутствие зафиксировано как минимум на 15 месторождениях, в том числе на трех месторождениях Урала – Парнокском, Малоседельниковском и Бородулинском (Брусницын, 2000 б, Герасимов и др., 1999). Риббеит же очень редкий минерал. До самого последнего времени он был установлен всего на двух объектах: на месте его первой находки – месторождения Комбат в Намибии и на руднике Касо в Японии (Reasog e.a., 1987, Kato, Matsubara, 1994). Недавно риббеит и аллеганит обнаружены нами в рудах Южно-Файзуллинского марганцевого месторождения (Брусницын, Чуканов, 2002).

Риббеит относится к числу главных минералов южнофайзулинских марганцевых пород, аллеганит – второстепенных. Они встречаются в наиболее богатых марганцем разновидностях пород, сложенных гаусманитом, родохрозитом, тефроитом и кариопилитом, а также незначительными количествами аллабандина, герсдорфита и пентландита. Здесь риббеит и аллеганит слагают линзовидные или неправильной вытянутой формы обособления размером от 3 до 30 мм в поперечнике и 10-80 мм по удлинению. Как показали результаты рентгенофазового анализа, количественные соотношения аллеганита и риббеита в таких агрегатах в большинстве случаев составляют 1:5 или даже меньше, вплоть до полного отсутствия аллеганита. Обратная ситуация (то есть пробы либо с преобладанием аллеганита, либо вовсе без риббеита) установлена только в двух из двенадцати изученных нами образцах. При этом по морфологии существен-

но аллеганитовые участки практически идентичны родохрозит-риббеитовым скоплениям.

Родохрозит-риббеитовые (\pm аллеганит) агрегаты имеют колломорфную, глобулярную, кокардовую или неравномерно-зернистую (хлопьевидную) структуры, очень схожие со структурами раскристаллизации геля. В шлифах различить риббеит и аллеганит друг от друга не удастся, а поэтому нельзя также однозначно определить и возрастные взаимоотношения между этими минералами. Мы лишь предполагаем, что аллеганит образуется путем трансформации риббеита в результате повышения температуры метаморфизма. Степень завершенности фазовых переходов, как известно, в значительной мере обуславливается кинетическими факторами, ограничивающая роль которых особенно велика в условиях низких температур. Видимо, при РТ-параметрах пренит-пумпеллитовой фации даже геологически значимого отрезка времени недостаточно для полной трансформации риббеита в аллеганит. Вместе с тем, возрастные взаимоотношения риббеита (аллеганита) с другими минералами устанавливаются достаточно уверенно. Судя по особенностям текстур и структур пород к риббеиту (аллеганиту) близки по времени образования гаусманит, родохрозит, тефроит, аллабандин, ранние генерации пироксмангита, родонита и клинохлора, спескартин, парсеттенсит и, вероятно, бементит, основная масса же карипилита, скорее всего, кристаллизуется несколько ранее перечисленных минералов, а вторые генерации пироксмангита, родонита, родохрозита и кварца – позднее.

Физические свойства обоих минералов практически одинаковые: окраска в образце светло-бежевая, в шлифах - розовато-бежевая, плеохроизма не наблюдалось, $n_m \approx 1.75$, $n_g - n_p \approx 0.035$.

Главные линии дифрактограмм минералов $d(\text{Å})/I$:

1) риббеит (анализ 7 в табл. 9) - 4.42/25, 3.85/25, 3.57/15, 3.38/17, 2.94/55, 2.87/100, 2.80/20, 2.71/55, 2.69/40, 2.56/55, 2.53/40, 2.42/20, 2.36/35 и 1.81/95.

2) аллеганита (анализ 8 в табл. 9) - 3.62/70, 3.15/40, 2.86/100, 2.78/32, 2.74/38, 2.71/38, 2.70/50, 2.69/32, 2.61/60, 2.56/30, 2.54/20, 2.44/32, 2.39/36, 2.35/25, 1.81/90, 1.80/66.

Параметры элементарной ячейки равны (Å): 1) риббеит $a_0 = 10.678(4)$, $b_0 = 15.752(4)$, $c_0 = 4.844(1)$; аллеганит $a_0 = 10.68(1)$, $b_0 = 4.870(2)$, $c_0 = 8.284(7)$, $\beta = 108.73(7)^\circ$.

Таблица 9

Химический состав (мас. %) и коэффициенты
кристаллохимических формул тефрита,
риббеита и аллеганита

Компонент	1	2	3	4
SiO ₂	29.81	29.88	30.25	29.84
Al ₂ O ₃	0.00	0.00	0.79	0.00
FeO	0.41	1.11	5.28	0.00
MnO	68.48	69.17	64.08	70.66
MgO	1.42	0.00	0.00	0.00
Сумма	10.11	100.16	100.40	100.50
Si	0.99	1.00	1.00	1.00
Al _{IV}	0.00	0.00	0.00	0.00
Сумма	0.99	1.00	1.00	1.00
Al _{VI}	0.00	0.00	0.03	0.00
Fe	0.01	0.03	0.15	0.00
Mn	1.93	1.96	1.80	2.00
Mg	0.07	0.00	0.00	0.00
Сумма	2.01	1.99	1.98	2.00

Продолжение таблицы 9

Компонент	5	6	7	8
SiO ₂	30.51	30.30	24.22	24.74
Al ₂ O ₃	0.00	0.59	0.54	0.00
FeO	0.56	0.00	0.00	0.02
MnO	68.36	69.14	70.24	71.38
MgO	0.94	0.45	1.39	0.89
Сумма	100.38	100.47	96.39	97.08
Si	1.01	1.00	1.96	2.00
Al _{IV}	0.00	0.00	0.04	0.00
Сумма	1.01	1.00	2.00	2.00
Al _{VI}	0.00	0.02	0.01	0.00
Fe	0.02	0.00	0.00	0.00
Mn	1.92	1.94	4.83	4.89
Mg	0.05	0.02	0.17	0.11
Сумма	1.99	1.98	5.01	5.00

Примечание: Минералы: 1-6 – тефрит, 7 – риббеит, 8 – аллеганит. Месторождения: 1 и 2 – Кожаевское, 3 и 4 – Кызыл-Таш, 5-8 – Южно-Файзуллинское. Коэффициенты в кристаллохимических формулах тефрита и риббеита, аллеганита рассчитаны на 8 и 18 зарядов соответственно.

МИНЕРАЛЫ ГРУППЫ ГРАНАТА. В марганцевых месторождениях Южного Урала гранаты имеют довольно разнообразный химический состав, отвечающий тройной системе спессартин-гроссуляр-андрадит (Старикова, 1999; и др.). Наибольшее распространение имеет марганецсодержащий андрадит, реже встречаются спессартин и марганцевый гроссуляр. Нередко различные по составу гранаты присутствуют в смежных участках одного и того же рудного тела. Устанавливается следующая закономерность. В залежах, пространственно тесно связанных с джасперитами наблюдаются широкие вариации химического и видового состава гранатов. Здесь могут присутствовать минералы, представляющие либо полный изоморфный ряд от андрадита через гранаты сложного состава, в которых незначительно преобладает гроссуляровая молекула, к спессартину, либо значительные интервалы этого ряда. В марганцевых же линзах, латерально или стратиграфически оторванных от джасперитов, присутствует только один из гранатов, причем, в оксидно-силикатных породах это андрадит, а в оксидно-карбонатно-силикатных – спессартин.

Большие вариации состава гранатов, сходство ассоциации и многих физических свойств приводит к тому, что точная диагностика этих минералов требует выполнения химического анализа. Предварительная же возможна по условиям залегания рудных тел, характеру ассоциации и положению наиболее интенсивных линий рентгенограммы.

Спессартин. Этот минерал встречается в ассоциации с родонитом, родохрозитом, кариопилитом, парсеттенситом, кумбситом, марганцевым клинохлором, пирофанитом и кварцем. Минерал представлен мелкими (до 0.1 мм в поперечнике) изометричными, нередко хорошо ограненными зернами, которые обычно собраны в небольшие цепочки и линзовидные обособления. В образцах скопления спессартина имеют светлую коричневатую-желтую или реже бежевую окраску, в шлифах бесцветен с высоким рельефом ($n \approx 1.80$), изотропен. Самый интенсивный пик рентгенограммы соответствует межплоскостному расстоянию $d(\text{Å}) = 2.60$. По химическому составу (табл. 10) южноуральский спессартин делится на две группы. Первая, наиболее распространенная, включает в себя «классические» спессартины с относительно низкими содержаниями железа и кальция (анализы 1 и 2). Во вторую, более редкую, группу входят спессартины с высокими концентрациями кальция, лишь немногими

уступающими концентрациями марганца, и повышенными содержаниями железа (анализ 3).

Таблица 10

Химический состав (мас. %) и коэффициенты в кристаллохимических формулах минералов группы граната

Компонент	1	2	3	4	5
SiO ₂	37.15	36.80	36.94	36.63	37.16
TiO ₂	0.00	0.00	0.00	0.55	0.00
Al ₂ O ₃	20.54	21.03	16.70	11.93	11.32
Fe ₂ O ₃ *	0.88	0.00	6.46	13.31	14.91
FeO*	0.41	1.62	0.00	1.84	0.52
MnO	38.94	38.56	23.03	16.49	7.70
CaO	3.72	2.04	16.77	19.69	27.89
Сумма	100.12	100.05	99.90	100.44	99.50
Si	2.99	3.00	2.99	2.99	3.01
Коэффициенты рассчитаны на 12 атомов кислорода					
Ti	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00
Al	1.95	2.03	1.59	1.15	1.08
Fe ³⁺	0.05	0.00	0.39	0.82	0.91
Сумма	2.00	2.03	1.98	2.00	1.99
Fe ²⁺	0.03	0.11	0.00	0.13	0.04
Mn	2.66	2.67	1.58	1.14	0.53
Ca	0.32	0.18	1.45	1.72	2.42
Сумма	3.01	2.96	3.03	2.99	2.99

При еще более высоких концентрациях кальция и низких марганца, гранат формально приобретает *гроссуляровый* состав (Ca > Mn и Al > Fe³⁺). Однако, количества марганца в нем остаются довольно большими, а кроме того, по сравнению со спессартином продолжают возрастать и содержания железа. В результате, по соотношению катионов такие гранаты являются промежуточными либо между спессартином и гроссуляром (анализ 4 в табл. 10), либо между андрадитом и гроссуляром (анализ 5). Марганцевый гроссуляр подобного состава установлен на трех месторождениях – Кожаяевском, Кызыл-Таш и Средне-Файзуллинском. Из них самая интересная находка сделана на Кожаяевском месторождении, где марганцевый гроссуляр диагностирован в необычной для Южного Урала ассоциации с родонитом, альбитом, титанитом, винчитом, гематитом и кварцем (Семкова, 2001).

Продолжение таблицы 10

Компонент	6	7	8	9	10	11
SiO ₂	35.23	36.20	35.97	36.47	37.14	34.81
TiO ₂	0.30	0.53	0.00	0.06	0.23	0.30
Al ₂ O ₃	2.93	5.94	4.63	6.68	7.62	2.57
Fe ₂ O ₃ *	26.46	22.10	24.44	21.62	20.30	26.79
FeO*	0.55	0.00	1.22	0.12	0.10	4.92
MnO	9.98	9.51	5.51	7.20	5.34	9.32
CaO	24.64	25.85	27.89	28.57	29.84	24.49
Сумма	100.07	100.13	99.66	100.72	100.57	100.21
Коэффициенты рассчитаны на 12 атомов кислорода						
Si	2.99	3.02	3.01	3.00	3.02	2.99
Ti	0.02	0.03	0.00	0.00	0.01	0.02
Al	0.29	0.58	0.46	0.65	0.73	0.26
Fe ³⁺	1.69	1.39	1.54	1.34	1.24	1.73
Сумма	2.00	2.00	2.00	1.99	1.98	2.01
Fe ²⁺	0.04	0.00	0.09	0.00	0.01	0.35
Mn	0.72	0.67	0.39	0.50	0.37	0.68
Ca	2.24	2.31	2.50	2.51	2.60	1.98
Сумма	3.00	2.98	2.98	3.01	2.98	3.01

Примечание: Соотношение Fe₂O₃* и FeO* рассчитаны с учетом стехиометрии гранатов. Минералы: 1-3 – спессартин, 4 и 5 – гроссуляр, 6-11 – андрадит. Месторождения: 1, 4 и 6 – Кожаевское, 2 – Южно-Файзуллинское, 5 – Средне-Файзуллинское, 3, 7 и 8 – Кызыл-Таш, 9 – Уразовское, 10 и 11 – Северо-Файзуллинское.

Андрадит. В оксидно-карбонатно-силикатных породах андрадит ассоциирует с родонитом, кальцитом, кутнагоритом, гематитом, кариопилитом, баритом, манганбабингтонитом и кварцем, а в оксидно-силикатных – с браунитом, родонитом, йогансенитом, кварцем и криптомеланом. Он встречается в виде мелких (до 1 мм в поперечнике) изометричных идиоморфных кристаллов, а также в концентрически зональных, оолитоподобных агрегатах или сплошных криптозернистых массах с однородной или тонкополосчатой текстурой. В образцах минерал окрашен в светло-желтый, красновато-коричневый или желтовато-зеленый цвет. В шлифах практически бесцветен, со слабым зеленоватым оттенком, имеет высокий рельеф ($n \approx 1.8-1.9$), обычно слабо анизотропен ($n_g - n_p = 0.003-0.009$). Главный пик рентгенограммы

$d(\text{Å}) = 2.70$. Для химического состава андрадита (табл. 10) типичны, прежде всего, довольно высокие концентрации марганца (до 10 мас. % MnO) и постоянная примесь алюминия в количестве от 2.5 до 7.5 мас. % Al_2O_3 .

МИНЕРАЛЫ ГРУППЫ ЭПИДОТА. Данная группа в марганцевых месторождениях восточной Башкирии представлена пьомонитом и марганцевым эпидотом (Брусницын и др., 1997 а, 1997 б).

Оба минерала характерны для тех участков месторождений, где марганцевые отложения изначально были обогащены кальцием и алюминием. Эти элементы могли попадать в рудоносный осадок различными путями, но чаще всего их совместное присутствие отражает поступление в зону седиментации вулканомиктового материала. Поэтому закономерно, что наиболее высокие количества пьомонита наблюдаются на контакте рудных тел и вмещающих их вулканогенных пород (месторождения Уразовское и Биккуловское). Здесь часто развиваются очень своеобразные «пьомонитовые метатуфы», обладающие характерной для вулканогенно-осадочных пород кристалло- и литокластической структурами, но практически нацело замещенные агрегатом кварца, пьомонита и пумпеллиита с небольшим количеством гематита и апатита. Кроме того, в этих же приконтактных зонах присутствуют своеобразные пьомонит-кварцевые аллевролиты, а на Учалинском месторождении известны также линзы плотных пьомонит-кварцевых пород, целиком залегающие среди метаморфизованных туфобрекчий и туфов основного состава на значительном удалении от других типов марганцевых пород (Плетнев, 1995 а, Пирожок и др., 2000). В рудных телах, полностью залегающих в силицитах, пьомонит встречается в существенно меньших количествах, в них же иногда присутствует и марганцевый эпидот (месторождения Уразовское, Кусимовское и Кызыл-Таш).

Пьомонит. Морфология выделений пьомонита довольно разнообразна. В пьомонит-кварцевых металлевролитах он представлен относительно крупными (до 3 мм по удлинению) гипидиоморфными кристаллами призматического облика. В метатуфах он образует сноповидные, веерообразные агрегаты удлиненно-призматических кристаллов, развивающихся по пирокластическому материалу, здесь же присутствуют изометричные зерна пьомонита, встречающиеся в составе микрозернистого существенного кварцевого агрегата, цементирующего замещенные обломки вулканитов. В оксидно-силикатных марганцевых породах пьомонит встречается совместно с браунитом, квар-

цем, кальцитом, родонитом, цельзианом и голландитом. Он формирует изометричные или призматические кристаллы размером около 1 мм по удлинению. В окисдно-карбонатно-силикатных породах пьомонтит установлен лишь однажды, на месторождении Кызыл-Таш, в виде мельчайших (около 0.01 мм) зерен, рассеянных среди агрегата родонита, спессартина, карнопилита и гематита.

Пьомонтит обладает очень характерной темно-малиновой окраской, благодаря которой этот минерал без труда диагностируется в образцах, даже если он присутствует в небольших количествах и в очень мелких зернах. В шлифах пьомонтит очень легко узнается по сильному плеохроизму неповторимых цветов: N_g — темно-малиновый, N_m — аметистово-фиолетовый, N_p — светлый лимонно-желтый.

Химический состав изученного пьомонтита приведен в таблице 11. Анализы 1 и 5 близки к данным для этого минерала из других месторождений. В то же время пьомонтит из родонит-браунитовых пород Кусимовского месторождения (анализ 4) отличается необычно высоким содержанием марганца, соответствующим максимально-возможному для этого минерала. В кристаллах из метатуфов нередко устанавливается зональность распределения катионов: их внутренние части (примерно 85-90 об. %) обогащены марганцем (анализ 1), а каемки — железом (анализ 2). Формально внешние зоны подобных кристаллов относятся к эпидоту.

Главные линии дифрактограммы пьомонтита (анализ 1 в табл. 11) следующие $d(\text{Å})/I$: 5.01/30, 4.02/30, 3.49/40, 3.41/25, 3.21/25, 2.902/100, 2.823/40, 2.788/15, 2.693/15, 2.666/40, 2.597/50, 2.531/30, 2.403/50, 2.299/25, 2.163/20, 2.074/17, 2.045/15, 1.878/25, 1.619/10, 1.587/10, 1.582/15, 1.459/20. Параметры элементарной ячейки равны (Å): $a_0 = 8.880(3)$, $b_0 = 5.644(1)$, $c_0 = 10.157(4)$, $\beta = 115.36(3)^\circ$.

Эпидот. В отличие от пьомонтита марганцевый эпидот редко встречается на изученных объектах. Он диагностирован на Уразовском и Кызыл-Ташском месторождениях в виде неправильных по форме мелких (0.05-0.1 мм) зерен, образующих сростки с родонитом. Окраска эпидота в образце буровато-зеленая или желтая со слабым зеленоватым оттенком. В проходящем свете минерал желто-зеленый. Оптические свойства и рентгенографические константы стандартны для этого минерала. В отличие от «типичного» эпидота, химический состав (табл. 11) южноуральского минерала

характеризуется присутствием небольших концентраций марганца, который согласно расчетным данным может находиться как в двух, так и в трехвалентном состоянии.

Таблица 11

Химический состав (мас. %) и коэффициенты кристаллохимических формул минералов группы эпидота

Компонент	1	2	3	4	5	6
SiO ₂	38.02	37.63	37.07	37.53	37.86	37.55
Al ₂ O ₃	21.93	22.54	19.48	19.43	22.94	21.41
Fe ₂ O ₃ *	6.71	13.92	16.83	0.74	3.00	16.02
Mn ₂ O ₃ **	8.65	0.89	1.83	17.83	10.74	0.00
FeO*	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.40
MnO**	0.44	1.48	1.71	0.97	2.05	1.33
CaO	22.42	22.14	21.70	22.43	21.81	21.62
Сумма	98.17	98.60	98.57	98.93	98.37	98.34
Коэффициенты рассчитаны на 8 катионов						
Si	3.04	3.00	2.99	3.02	3.02	3.02
Al	2.06	2.11	1.83	1.85	2.15	2.03
Fe ³⁺	0.41	0.84	1.02	0.04	0.18	0.97
Mn ³⁺	0.53	0.05	0.16	1.09	0.65	0.00
Сумма	3.00	3.00	3.01	2.98	2.98	3.00
Fe ²⁺	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03
Mn ²⁺	0.03	0.10	0.12	0.07	0.14	0.09
Ca	1.92	1.89	1.88	1.93	1.86	1.86
Сумма	1.95	1.99	2.00	2.00	2.00	1.98
O ²⁻	12.03	11.99	12.00	12.01	12.01	12.02

Примечание: Fe₂O₃*, FeO* и Mn₂O₃**, MnO** рассчитаны с учетом стехиометрии минералов группы эпидота. Минералы: 1, 4 и 5 – пьмонтит, 2, 3 и 6 – эпидот; 1 и 2 – зональный кристалл (1 – ядро, 2 – кайма). Месторождения: 1-3 – Уразовское (1 и 2 – кристалл из пьмонтитового метатуфа, 3 – из эпидот-родонитовой породы); 4 – Кусимовское (родонитовая порода) 5 и 6 – Кызыл-Таш (5 – эпидот-родонитовая порода, 6 – карнопилит-карбонат-родонитовая порода). При расчете формульных единиц кислорода коэффициенты при OH-группе были приняты за единицу.

Манганаксинит. Высокомарганцевый аксинит – один из наиболее характерных минералов метаморфизованных марганцевых пород, локализованных среди вулканогенных толщ.

Впервые он был открыт Г.П.Барсановым (1951) в Башкирии на Кожаяевском месторождении. Изначально минерал был назван «севергенитом», но позже Международная комиссия по новым минералам признала данный термин излишним и утвердила название «манганаксинит». В настоящее время к нему относятся аксиниты с содержанием марганца $Mn > 0.50$ формульных единицы (ф.е.) и кальция $Ca > 1.50$ ф.е. (Sanero, Gottardi, 1968). При более низких концентрациях кальция, но более высоком содержании марганца минерал называется «тинценитом». Однако, последний в природе встречается крайне редко и сама необходимость использования для него отдельного термина вызывает сомнения.

Помимо Кожаяевского месторождения, высокомарганцевый аксинит на Южном Урале установлен на Учалинском колчеданном месторождении и марганцевых месторождениях Сарбайское, Кызыл-Таш и Уразовское (Плетнев, 1995 б, Брусницын и др., 1997 в, Семкова, Брусницын, 1999, Пирожок и др., 2000).

Манганаксинит встречается в двух типах ассоциаций. Первый, известный на всех перечисленных месторождениях, сформирован родонитом, кварцем, кальцитом, парсеттенситом и неотокиком. В таких породах четко выделяются две генерации манганаксинита. Ранний манганаксинит образует микрозернистые фарфоровидные агрегаты, слагающие в родонитовой породе небольшие (2-3 см по удлинению) слойки и линзочки. Вторая, поздняя генерация манганаксинита, встречается в виде секущих породу прожилков и гнезд. Для манганаксинита-II характерны уплощенные таблитчатые и клиновидные кристаллы, обычно собранные в сноповидные и веерообразные сростки.

Второй тип ассоциаций установлен только на Учалинском месторождении. Он представлен однородной пьомонтит-кварцевой породой, которую секут редкие прожилки, заполненные пластинчатыми индивидами манганаксинита.

Окраска манганаксинита в образце светлая, канареечно-желтая часто с заметным зеленоватым оттенком, микрозернистые агрегаты имеют белый цвет, а на Учалинском месторождении изредка встречается также оранжевый манганаксинит. В шлифах минерал бесцветный с хорошо проявленной спайностью в двух направлениях, пересекающейся под углом 90° , очень характерно мозаичное погасание, минерал оптически отрицательный, $n_m = 1.690$, $n_g - n_p = 0.010 - 0.012$.

Главные линии дифрактограммы башкирского манганаксинита (анализ 8 в табл. 12) следующие $d(\text{Å})/I$: 6.30/20, 3.46/80, 3.15/100, 2.972/35, 2.886/30, 2.811/100, 2.785/25, 2.572/20, 2.556/30, 2.457/20, 2.181/20, 2.161/25, 2.156/25, 1.920/25, 1.781/25. Параметры элементарной ячейки равны (Å): $a_0 = 8.911(6)$, $b_0 = 9.159(6)$, $c_0 = 7.158(5)$, $\alpha = 102.37(2)^\circ$, $\beta = 98.27(1)^\circ$, $\gamma = 88.20(2)^\circ$.

Химический состав уральского манганаксинита приведен в таблице 12. Все анализы, кроме одного, соответствуют манганаксиниту, в анализе 3 соотношение кальция и марганца формально отвечает тинцениту.

Таблица 12

Химический состав (мас. %) и коэффициенты кристаллохимических формул манганаксинита

Компонент	1	2	3	4	5
SiO ₂	40.84	41.12	43.33	43.04	42.82
Al ₂ O ₃	15.99	17.36	19.06	17.62	18.36
Fe ₂ O ₃ *	2.79	1.25	0.59	2.02	0.00
MnO	14.79	13.22	19.95	14.81	13.35
MgO	0.66	0.67	0.00	0.00	0.00
CaO	17.57	19.68	14.02	18.07	19.68
Сумма	92.64	93.30	96.95	95.56	96.90
Коэффициенты рассчитаны на 9 катионов					
Si	3.91	3.97	3.97	3.99	3.98
Al	1.80	1.92	2.05	1.92	2.01
Fe ³⁺	0.20	0.09	0.00	0.08	0.00
Сумма	2.00	2.01	2.05	2.00	2.01
Fe ²⁺	0.00	0.00	0.05	0.06	0.00
Mn	1.00	1.03	0.93	0.95	1.01
Mg	0.09	0.09	0.00	0.00	0.00
Сумма	1.09	1.12	0.98	1.01	1.01
Mn	0.20	0.02	0.62	0.21	0.04
Ca	1.80	1.98	1.38	1.79	1.96
Сумма	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
O ²⁻	14.91	15.08	15.00	14.99	14.99

Продолжение таблицы 12

Компонент	5	6	7	8
SiO ₂	42.82	42.08	41.86	41.89
Al ₂ O ₃	18.36	17.49	17.26	17.22
Fe ₂ O ₃ *	0.00	0.99	2.35	0.59
MnO	13.35	14.47	14.83	14.68
MgO	0.00	0.00	0.00	0.00
CaO	19.68	17.81	16.30	16.93
Сумма	96.90	92.84	92.60	91.31
Si	3.98	4.00	4.01	4.05
Al	2.01	1.95	1.95	1.96
Fe ³⁺	0.00	0.07	0.05	0.04
Сумма	2.01	2.02	2.00	2.00
Fe ²⁺	0.00	0.00	0.12	0.00
Mn	1.01	0.93	0.87	0.95
Mg	0.00	0.00	0.00	0.00
Сумма	1.01	0.93	0.99	0.95
Mn	0.04	0.19	0.33	0.25
Ca	1.96	1.81	1.67	1.75
Сумма	2.00	2.00	2.00	2.00
O ²⁻	14.99	14.96	15.01	15.05

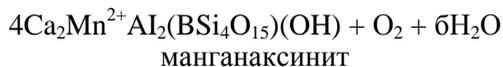
Примечание: Fe₂O₃* – общее содержание железа, соотношение Fe²⁺ и Fe³⁺ рассчитаны по стехиометрии аксинита. Месторождения: 1 – Кожаевское (аксинит из прожилка, секущего кварц-родонитовую породу), 2-5 – Учалинское (2 и 3 – манганаксинит из прожилков, секущих кварц-пьемонитовую породу, 4 и 5 – манганаксинит из прожилков, секущих кальцит-родонитовую породу), 6 – Уразовское (манганаксинит из прожилков, секущих андрадит-родонитовую породу, 7 и 8 – Кызыл-Таш (манганаксинит из родонитовой породы: 7 – первая генерация, 8 – вторая). Анализы 1 и 2 заимствованы из работ П.А.Плетнева (1995 а, 1995 б), 3-5 – П.И.Пирожка и др. (2000), 6-8 – наши данные. При расчете формульных единиц кислорода коэффициенты при ОН-группе и боре были приняты за единицы.

Образование манганаксинита в марганцевых породах может происходить двумя путями: 1) минерал может являться продуктом метаморфогенного преобразования собственно марганцевоносных отложений; 2) минерал может кристаллизоваться в результате более позднего воздействия на марганцевые породы

бороносных гидротермальных растворов не метаморфогенной природы.

В первом варианте образование в метаморфизованных марганцевых породах манганаксинита обусловлено наличием в них кальция, алюминия, кремния и, главным образом, бора. Последний поступал в исходный металлоносный осадок из гидротермальных растворов и адсорбировался глинистым материалом, а при метаморфизме был мобилизован межпоровыми растворами и переотложен в виде манганаксинита. Таким способом образовывался манганаксинит на месторождениях Кожаевское, Уразовское и Кызыл-Таш. Важно подчеркнуть, что благоприятные для накопления бора условия создавались только в непосредственной близости от устья рудоносных гидротермальных источников. По мере удаления от них бор рассеивался в толще морской воды, не создавая значительных концентраций. Поэтому боровая минерализация в виде манганаксинита встречается только на тех месторождениях, рудные залежи которых сформировались в зоне разгрузки рудоносных растворов. Важнейшей особенностью строения таких месторождений служит тесная пространственная связь рудных залежей с линзовидными или холмообразными телами гематит-кварцевых джасперитов. На расстоянии от джасперитовых построек марганцевые породы не содержат манганаксинита.

Иначе происходило образование манганаксинита на Учалинском месторождении. Джаспериты на этом месторождении не обнаружены, а аксинитовая минерализация локализована не только в марганцевых породах, но и во вмещающих их вулканитах. Причем, во всех случаях аксинит приурочен к поздним секущим породам трещинам, а состав минерала четко коррелирует с составом вмещающих его пород: в вулканитах развит ферроаксинит, в марганцевых линзах – манганаксинит. Кристаллизация минералов группы аксинита здесь связана с воздействием на различные горные породы обогащенных бором поздних гидротермальных растворов, парагенетически связанных с развитием вулканогенных комплексов. Взаимодействие бороносных флюидов с базальтами и андезитами приводило к формированию ферроаксинита, при попадании растворов в обогащенные марганцем толщи кристаллизовался манганаксинит. Схематично реакцию образования манганаксинита по кварц-пьемонтитовым породам можно представить уравнением:



Направление протекания данной реакции, помимо температуры и давления, определяется также и концентрациями кислорода и бора в минералообразующей среде. Для кристаллизации манганаксинита благоприятны снижение концентрации кислорода и повышения бора. При этом, по нашему мнению, решающим фактором при образовании манганаксинита было именно увеличение концентрации бора – наиболее специфичного компонента минералообразующей среды.

МИНЕРАЛЫ ГРУППЫ ПИРОКСЕНОВ. Марганецсодержащие пироксены принадлежат к числу редких для месторождений Башкортостана минералов.

Эгирин-авгит. Марганцевый эгирин-авгит обнаружен на Кожаевском месторождении в ассоциации с родонитом, кварцем и гематитом. Минерал наблюдается в виде выделений двух морфологических типов, которые являются двумя генерациями. Первый (ранний) эгирин-авгит образует мелкие (0.2 мм) изометричные зерна, рассеянные в мелкозернистой родонитовой матрице. Второй (поздний) представлен таблитчатыми кристаллами с сечением в форме ромба размером до 1 мм, либо их сростками. Такие кристаллы находятся в линзах и прожилках позднего зеленовато-желтого кварца, цементирующего обломки агрегата раннего родонита и эгирина-авгита.

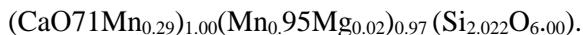
Физические свойства измерены для эгирина-авгита-М. Окраска в образцах темно-коричневая. В проходящем свете бурый, плеохроирует: N_g – темный зелено-коричневый, N_m – зелено-коричневый, N_p – коричневый; $cN_p = 10-12^\circ$, $-2V = 70^\circ$, $n_p = 1.705$, $n_m > 1.734$, $n_g - n_p \approx 0.035$.

Главные линии дифрактограммы $d(\text{Å})/I$: 6.39/40, 4.43/40, 2.93/15, 2.99/100, 2.91/60, 2.53/35, 2.49/35, 2.20/15, 2.02/15, 1.98/10, 1.61/10, 1.51/10.

Типичный химический состав следующий (мас. %): SiO_2 – 51.92, Al_2O_3 – 0.84, $\text{Fe}_2\text{O}_{3\text{общ}}$ – 23.12, MnO – 4.82, MgO – 3.44, CaO – 7.20, Na_2O – 8.71, сумма – 100.04. Кристаллохимическая формула имеет вид:



Йогансенит. Этот минерал установлен в качестве второстепенного компонента при электронно-микроскопическом изучении браунит-кварцевых пород Северо-Файзулинского месторождения. Йогансенит образует здесь одиночные таблитчатые кристаллы размером до 0.2 мм по удлинению с хорошо проявленной спайностью, пересекающейся под углом 90°. Химический состав минерала следующий (мас.%): SiO₂ – 48.86, FeO_{общ} – 0.12, MnO – 35.35, MgO – 0.24, CaO – 15.96, сумма – 100.54. Кристаллохимическая формула:



Диагностика минерала выполнена нами по особенностям его морфологии и химического состава и, к сожалению, не подтверждена рентгеновскими данными из-за мелких размеров зерен и их небольшого содержания в породе. Поэтому мы не можем полностью исключить того, что найденная фаза является все же не йогансенитом, а его полиморфным аналогом бустамитом. Однако на справедливость нашей диагностики дополнительно указывает тип минеральной ассоциации. В слабометаморфизованных марганцевых породах бустамит не встречается совместно с кварцем и браунитом, в то время как для йогансенита такой парагенезис известен, например, в Италии на месторождении Гамбатеза (Marescotti, Frezzotti, 2000).

ПИРОКСЕНОИДЫ. Среди марганцевых пироксеноидов на месторождениях восточного Башкортостана установлены три минерала – родонит, манганбабингтонит и пироксмангит. Самый распространенный из них – родонит – присутствует на всех месторождениях либо как породообразующий, либо как характерный второстепенный минерал. Манганбабингтонит диагностирован только на двух месторождениях (Уразовском и Кызыл-Таш) в качестве акцессорной фазы (Брусницын и др., 2001). Пироксмангит тоже пока определен только на двух месторождениях (Кусимовском и Кызыл-Таш), причем на обоих он является одним из главных минералов. При этом необходимо особо отметить, что из-за очень мелкозернистого строения пород и большого сходства многих диагностических характеристик родонита и пироксмангита единственным надежным способом различить эти минералы служит рентгенофазовый анализ. В настоящее время этим методом протестированы «родониты» многих, но не всех южноураль-

ских месторождений. Не исключено, что в дальнейшем пироксмангит будет найден и на некоторых других объектах. Одно из главных условий образования пироксмангита в слабо метаморфизованных марганцевых породах – это низкое (примерно 1-2 мас. % СаО) содержание в них кальция. При более высоких концентрациях кальция в породах могут встречаться оба пироксеноида, а если величина отношения $Ca/(Ca+Mn+Fe+Mg) > 0.2$, то устойчивым будет только родонит.

Родонит. Родонит на марганцевых месторождениях Южного Урала представлен, как минимум, двумя генерациями.

Родонит первой генерации встречается в ассоциации с кварцем, гранатами, пироксмангитом, кариопилитом, парсеттенситом, клинохлором, кальцитом, родохрозитом, браунитом и некоторыми другими минералами. Он часто образует криптозернистые, колломорфные плохо окристаллизованные агрегаты, в которых трудно различить отдельные индивиды, а кроме того, встречается в виде мелких (0.2-0.5 мм по удлинению) кристаллов таблитчатой или неправильной формы. Родонит второй генерации образует относительно крупные (до 5 мм по удлинению), часто хорошо ограненные таблитчатые кристаллы, слагающие маломощные (0.5-1.5 см) секущие прожилки, а также неправильные по форме гнезда в массе раннего родонита. Особенности взаимоотношения таких прожилков и гнезд с вмещающими их породами показывают, что часть их образовалась по механизму «альпийских жил», путем переотложения в трещины вещества из окружающих «материнских» агрегатов. Другая же часть появилась в результате привноса кремнезема в кариопилит-родохрозит-тефроитовые и другие обогащенные марганцем породы, причем источником SiO_2 могли служить как кварцсодержащие разновидности самих марганцевых пород, так и вмещающие рудные тела силициты. В ассоциации с родонитом-II наблюдаются кальцит, родохрозит, кариопилит, парсеттенсит и кварц.

Окраска раннего родонита варьирует от светло-бежевой, до розовой и светло-красной. Родонит второй генерации имеет те же окраски, но часто более интенсивные. В шлифах в относительно крупных выделениях минерал узнается по таблитчатой форме кристаллов с хорошей спайностью, пересекающейся под углом 90° , большому показателю преломления ($n_m \approx 1.74$) и низкому двупреломлению ($n_g - n_p = 0.009-0.012$). Точная диагностика минерала требует использования рентгенофазового анализа.

Фрагмент порошковой дифрактограммы в области 20° -ных углов, где родонит и пироксмангит наиболее сильно различаются, приведен на рисунке 57.

Химический состав родонита приведен в таблице 13. Самые большие вариации установлены в содержании кальция, количество которого изменяется от 4 до 9 мас. % СаО. По составу родониты двух генераций близки друг к другу.

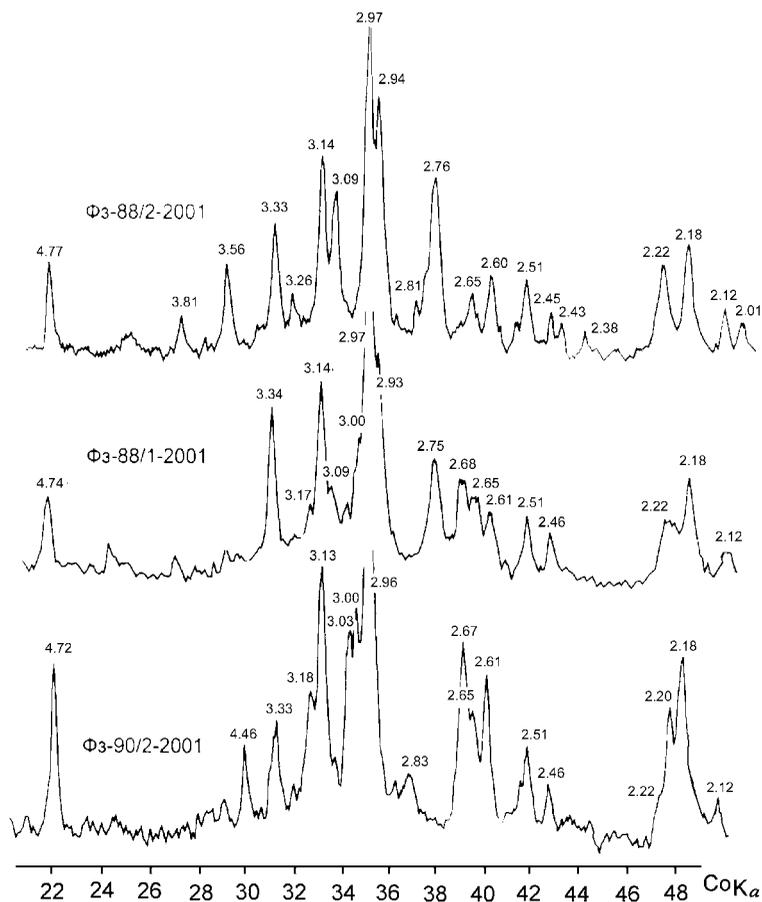


Рис. 57. Фрагменты дифрактограммы родонита (обр. Ф₃-88/2-2001), пироксмангита (обр. Ф₃-90/2-2001) и смеси двух фаз (обр. Ф₃-88/1-2001). Цифрами обозначены межплоскостные расстояния в ангстремах.

Таблица 13

Химический состав (мас. %) и коэффициенты
кристаллохимических формул родонита и пироксмангита

Компонент	1	2	3	4	5	6
SiO ₂	46.53	46.99	47.20	47.39	46.86	46.67
FeO	0.83	0.64	0.00	0.42	0.23	0.79
MnO	49.45	43.33	45.25	44.22	45.08	45.28
MgO	0.00	0.00	0.00	1.17	0.00	0.00
CaO	3.97	9.11	7.67	7.02	7.46	7.44
Сумма	100.78	100.07	100.12	100.22	99.63	100.17
Si	4.99	5.00	5.02	5.01	5.02	4.99
Fe	0.07	0.06	0.00	0.04	0.02	0.07
Mn	3.85	3.91	3.96	3.76	3.95	3.85
Mg	0.00	0.00	0.00	0.18	0.00	0.00
Сумма	3.92	3.97	3.96	3.98	3.97	4.02
Mn	0.64	0.00	0.12	0.20	0.14	0.15
Ca	0.46	1.04	0.88	0.80	0.86	0.85
Сумма	1.00	1.04	1.00	1.00	1.00	1.00

Продолжение таблицы 13

Компонент	7	8	9	10	11	12
SiO ₂	46.88	47.23	46.70	46.76	46.37	46.24
FeO	0.71	0.89	0.00	0.00	0.00	0.00
MnO	45.13	42.50	48.05	48.48	51.57	52.73
MgO	0.00	0.68	0.57	0.85	0.71	0.59
CaO	7.23	8.48	4.79	4.11	1.61	0.63
Сумма	99.94	99.78	100.11	100.20	100.26	100.19
Si	5.01	5.01	5.00	5.00	7.00	7.00
Fe	0.06	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00
Mn	3.92	3.79	3.91	3.86	5.85	5.86
Mg	0.00	0.11	0.09	0.14	0.16	0.13
Сумма	3.98	3.98	4.00	4.00	6.01	5.99
Mn	0.17	0.03	0.45	0.53	0.74	0.90
Ca	0.83	0.97	0.55	0.47	0.26	0.10
Сумма	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Примечание: Минералы: 1-10 – родонит, 11 и 12 – пироксмангит. Месторождения: 1 – Кожаевское, 2 и 3 – Уразовское (2 – первая генерация, 3 – вторая), 4 и 5 – Кусимовское (4 – первая генерация, 5 – вторая), 6 и 7 – Кызыл-Таш (6 – первая генерация, 7 – вторая), 8 – Северо-Файзуллинское, 9-12 – Южно-Файзуллинское (9 и 11 – первая генерация, 10 и 12 – вторая). Коэффициенты в кристаллохимических формулах рассчитаны на 15 и 21 атом кислорода для родонита и пироксмангита соответственно.

Пироксмангит. Так же, как и родонит, пироксмангит представлен двумя генерациями, которые по характеру ассоциации, морфологии и условиям образования практически идентичны генерациям родонита. Очень близки и физические свойства обоих минералов. Рентгенограммы же пироксмангита четко отличаются от родонитовых. Кроме того, в отличие от родонита химический состав пироксмангита характеризуется низкими концентрациями кальция (табл. 13, анализы 11 и 12). Однако, последний признак не является универсальным: в природе известны и родониты с низкими содержаниями кальция.

Манганбабингтонит. Этот очень редкий минерал впервые для Урала найден на территории Башкортостана, на месторождениях Уразовском и Кызыл-Таш.

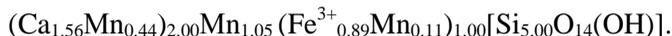
На обоих объектах манганбабингтонит является акцессорным минералом, встречающимся в составе родонит-гематит-андрадитовых агрегатов. Манганбабингтонит представлен мелкими (до 0.2 мм в поперечнике) выделениями неправильной, изредка таблитчатой формы, выполняющими интерстиции между кристаллами родонита. Как правило, в породе присутствуют изолированные ксеноморфные индивиды манганбабингтонита, значительно реже встречаются их короткие цепочки, а на Уразовском месторождении иногда и тончайшие секущие породу прожилки. В тесных сростаниях с манганбабингтонитом встречаются также кальцит и парсеттенсит. Общее количество манганбабингтонита в родонит-гематит-андрадитовых агрегатах не превышает 1 об. %.

В образцах манганбабингтонит узнать трудно из-за мелких зерен, а также потому, что по цвету и морфологии он похож на резко преобладающий в этих породах андрадит. В порошке фракции 0.10-0.20 мм минерал имеет бутыльно-зеленую окраску, прозрачен, обладает сильным стекляннным блеском. В шлифах манганбабингтонит диагностируется довольно легко: он светлый желтовато-зеленый (все остальные прозрачные минералы в данной ассоциации практически бесцветны) с хорошо проявленной спайностью в двух направлениях, пересекающихся под углом около 90°; удлинение положительное, погасание косое $n_g = 32-35^\circ$; $n_g = 1.742$, $n_m = 1.730$, $n_p = 1.720$, $n_g - n_p = 0.023-0.025$, $+2V = 80^\circ$. Плеохроизм слабый: N_g – светло-желтый, N_m – бесцветный, N_p – желто-зеленый.

Наиболее интенсивные максимумы порошковой дифрактограммы уральского манганбабингтонита следующие $d(\text{Å})/1$:

7.00/54, 6.70/57, 3.493/44, 3.350/31, 3.136/93, 3.040/75, 2.966/100, 2.743/34, 2.583/22, 2.468/41, 2.192/41. Параметры элементарной ячейки равны (Å): $a_0 = 7.527(5)$, $b_0 = 12.163(7)$, $c_0 = 6.706(5)$, $\alpha = 86.06(1)^\circ$, $\beta = 94.08(1)^\circ$, $\gamma = 111.67(2)^\circ$.

Типичный химический состав манганбабингтонита из руд месторождения Кызыл-Таш следующий, (мас.%): $\text{SiO}_2 - 51.76$, $\text{Fe}_2\text{O}_3 - 12.20$, $\text{MnO} - 19.51$, $\text{CaO} - 15.09$, сумма - 98.56. Кристаллохимическая формула имеет вид:



По химическому составу изученный минерал представляет собой предельно обогащенную марганцем разновидность манганбабингтонита, в которой марганец не только полностью заполняет отдельную катионную позицию, но и частично оккупирует позиции кальция и трехвалентного железа.

МИНЕРАЛЫ ГРУППЫ АМФИБОЛОВ. Группа амфиболов в марганцевых месторождениях восточного Башкортостана представлена манганокуммингтонитом, марганцевыми тремолитом и винчитом. Наиболее распространен и интересен последний из них.

Винчит. Марганцевый винчит установлен на трех месторождениях – Кожаевском, Северо-Файзуллинском и северном участке Южно-Файзуллинского. На первом из них он встречается в своеобразной гематит-альбит-гроссуляровой разновидности марганцесодержащих пород в ассоциации с альбитом, марганцевым гроссуляром, кварцем, титанитом и гематитом. На двух других винчит ассоциирует с кварцем, браунитом, гематитом, андрадитом, родонитом и, реже, родохрозитом.

Во всех случаях минерал имеет сходную морфологию и физические свойства. Винчит образует игольчатые индивиды, которые чаще всего собраны в параллельно-шестоватые, радиально-лучистые, и сноповидные агрегаты, встречаются также и изолированные иглы. Как правило, размер иголок винчита не превышает 0.3 мм по удлинению, а их общее количество не превышает 1 % от объема породы. Поэтому в образцах минерал виден с трудом. В шлифах винчит узнается по характерной ассоциации, морфологии и оптическим свойствам. Окраска светло-коричневая, в самых тонких иголках зеленовато-желтая, плеохроизм слабый: N_g – светло-коричневый, N_p – бледно-желтый, зеленоватый; $n_m \approx 1.65$, $n_g - n_p \approx 0.020$; погасание косое. Химический состав винчита Северо-Файзуллинского месторождения следующий (мас. %): $\text{SiO}_2 - 56.01$, $\text{Fe}_2\text{O}_3_{\text{общ}} - 10.09$, $\text{MnO} - 7.09$,

MgO – 13.98, CaO – 6.66, Na₂O – 4.20, сумма – 97.99. Кристаллохимическая формула имеет вид:



Кристаллизация винчита в марганцевых отложениях требует повышенной концентрации натрия в межпоровом флюиде. Источником последнего, вероятнее всего, служила захороненная в осадках морская вода, возможно обладающая повышенной соленостью. Наличие таких растворов способствовало кристаллизации в породах щелочного амфибола на стадии их диа- или катагенетических преобразований.

Кариопилит – водосодержащий силикат марганца со структурой, близкой к структуре серпентина (антигорита). К настоящему времени предложено несколько вариантов кристаллохимической формулы этого минерала. Последний из них, опирающийся на новейшие данные по расшифровке кристаллической структуры кариопилита (Guggenheim et al., 1982, Guggenheim, Eggleton, 1998) и максимально полно учитывающий особенности его химического состава, имеет вид:



(Брусницын и др., 2000 ф).

Кариопилит – характерный минерал слабо метаморфизованных марганцевых пород. На Южном Урале он установлен на большинстве изученных месторождений, причем, чаще всего кариопилит является одним из породообразующих минералов. Как правило, на месторождениях выделяются две генерации кариопилита.

Наиболее распространен кариопилит первой генерации. Для него характерны микрозернистые спутановолокнистые, войлокоподобные агрегаты. Кроме того, кариопилит-I нередко образует также глобулярные, колломорфные и концентрически-зональные структуры, идентичные структурам раскристаллизации стекловатой Mn-Si-фазы (неотокита) или геля. В оксидно-карбонатно-силикатных породах кариопилит-I обычно образует тесные сростания с тефроитом, родонитом, гранатами, парсеттенситом, родохрозитом, кутнагоритом, гематитом, гаусманитом, баритом и апатитом. Кроме того, на Южно-Файзуллинском месторождении установлена ассоциация кариопилита-I с кварцем и пироксмангитом. В оксидно-силикатных породах кариопилит первой гене-

рации ассоциирует с браунитом, родонитом, пьмонтитом, парсеттенситом и кальцитом.

Кариопилит второй генерации образуется преимущественно за счет локальной собирательной перекристаллизации кариопилита-I. Он представлен сноповидными, веерообразными и радиально-лучистыми агрегатами относительно крупных (от 0.1 до 3 мм), пластинчатых кристаллов, которые постоянно присутствуют в мелкозернистой массе раннего кариопилита. Иногда встречаются отдельные «снопики», но чаще они объединяются в единые гнезда размером до 2-3 см в поперечнике. В тесной парагенетической ассоциации с кариопилитом-II находятся поздние генерации родонита, кальцита и парсеттенсита. Последний, как правило, образует с кариопилитом очень тесные взаимные прорастания, что чрезвычайно затрудняет изучение обоих минералов. Генетические взаимоотношения кариопилита-II с тефроитом не всегда удается определить с полной уверенностью. Повидимому, в некоторых случаях кариопилит-II развивается путем замещения тефроита. Кроме того, кариопилит-II слагает многочисленные тонкие (0.3-4 мм) прожилки, секущие кариопилит-тефроитовые и тефроитовые обособления, а также агрегаты кариопилита-I.

Окраска кариопилита в образцах чаще всего темная красновато-коричневая, кроме того, встречаются коричневатозеленые образцы. Кариопилит второй генерации имеет хорошо заметный золотистый оттенок. В шлифах минерал светло-желтый, слабо плеохроирует: N_g – желтый, N_p – бледно-желтый, почти бесцветный. Из-за мелких размеров кристаллов нам удалось определить лишь некоторые оптические характеристики кариопилита-I (анализ 4 в табл. 14): $n_r = 1.65$, $n_g - n_p = 0.020 - 0.025$, погасание прямое; хорошо проявлена сплюснутая спайность в одном направлении. Кариопилит-II обладает близкими свойствами.

Главные линии дифрактограмм кариопилита (анализ 4 в табл. 14) следующие $d(\text{Å})/I$: 7.33/100, 3.648/65, 3.578/25, 2.833/75, 2.530/90, 2.388/17, 2.106/30, 1.974/10, 1.730/10, 1.648/25, 1.637/15, 1.612/18. Параметры элементарной ячейки равны (Å): $a_0 = 5.71(1)$, $b_0 = 9.889(3)$, $c_0 = 7.536(8)$, $\beta = 104.63(6)^\circ$.

Для химического состава южноуральского кариопилита (табл. 14) характерно переменное содержание марганца, алюминия, железа и магния, изменяющееся в пределах различных участков одного рудного тела.

Таблица 14

Химический состав (мас. %) и коэффициенты
кристаллохимических формул кариопилита

Компонент	1	2	3	4
SiO ₂	34.57	35.85	33.88	34.87
Al ₂ O ₃	3.76	2.09	4.65	0.82
FeO	2.57	1.52	0.00	0.00
MnO	45.96	47.66	51.70	53.20
MgO	3.68	1.79	0.83	0.00
Сумма	90.54	88.91	91.06	88.89
Коэффициенты рассчитаны на 26 зарядов				
Si	3.67	3.90	3.64	3.90
Al _{IV}	0.33	0.10	0.36	0.10
Сумма	4.00	4.00	4.00	4.00
Al _{VI}	0.15	0.15	0.23	0.01
Fe	0.23	0.14	0.00	0.00
Mn	4.14	4.39	4.70	5.04
Mg	0.58	0.29	0.13	0.00
Сумма	5.10	4.97	5.06	5.05

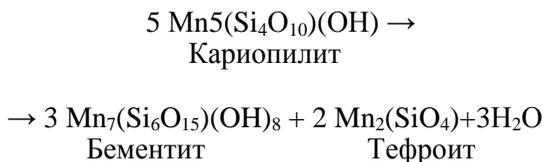
Продолжение таблицы 14

Компонент	5	6	7
SiO ₂	35.85	37.48	38.00
Al ₂ O ₃	4.76	1.10	2.49
FeO	3.14	0.20	6.71
MnO	44.02	49.41	37.54
MgO	2.34	3.08	6.03
Сумма	90.10	91.27	90.77
Коэффициенты рассчитаны на 26 зарядов			
Si	3.77	3.94	3.90
Al _{IV}	0.23	0.06	0.10
Сумма	4.00	4.00	4.00
Al _{VI}	0.36	0.08	0.20
Fe	0.28	0.02	0.57
Mn	3.92	4.40	3.26
Mg	0.37	0.48	0.92
Сумма	4.93	4.98	4.95

Примечание: Месторождения: 1 – Кожаевское, 2 – Уразовское, 3 – Ку-симовское, 4 и 5 – Кызыл-Таш, 6 и 7 – Южно-Файзуллинское.

Самые низкие концентрации элементов-примесей (Al, Fe и Mg) зафиксированы в спутанно-волокнутом кариопилите-I месторождения Кызыл-Таш, ассоциирующем с тефроитом и кутнагоритом, а их максимальное количество установлено в колломорфном кариопилите-I Южно-Файзуллинского месторождения, ассоциирующим с кварцем и пироксмангитом (анализ 7).

Характер взаимоотношений кариопилита с другими минералами, структуры его агрегатов и высокие по сравнению с ассоциирующими фазами содержания элементов-примесей указывают на то, что образование кариопилита в метаморфизованных марганцевых породах происходило за счет присутствующего в первичных (неметаморфизованных) отложениях силикатно-марганцевого материала. Последний мог быть представлен, например, смектитам, минералами группы хлорита, неотокитом, которые в различных пропорциях были смешаны с карбонатами или оксидами марганца и кварцем (опалом). Повышение температуры и давления способствовало преобразованию таких отложений в кариопилитсодержащие породы. Часть кариопилита, вероятно всего, кристаллизовалась путем структурной трансформации (раскристаллизации) неотокита – рентгеноаморфного силиката марганца, образующегося в некоторых гидротермально-осадочных марганцевых месторождениях при коагуляции Mn-Si-геля (Алексиев, 1960 Брусницын, Чуканов, 2001). Другая часть могла образоваться в ходе химических реакций карбонатов или оксидов марганца с кварцем и силикатными фазами. Устойчивость кариопилита ограничивается областью относительно низких температур, характерных для условий ката-метагенеза или низкоградного метаморфизма (цеолитовая, пренит-пумпеллиитовая фации). Как было отмечено выше, при описании тефроита в марганцевых породах Южного Урала четко фиксируется процесс разложения кариопилита с образованием тефроита и бементита. Наглядно его можно представить в виде реакции:



Этот процесс нам удалось воспроизвести экспериментально (Брусницын и др., 1999 б). Результаты экспериментов длительно-

стью 3 суток показали, что карипилит месторождения Кызыл-Таш (анализ 4 в табл. 14) при $P_{H_2O} = 500$ бар разлагается с образованием тефроита и бементита при температуре ниже 300°C .

Таким образом, присутствие карипилита в марганцевых рудах является индикатором низких температур метаморфизма рудных залежей.

Клинохлор. Этот минерал является типичным второстепенным компонентом марганцевых пород Южно-Файзулинского месторождения (Коробейникова, Брусницын, 2000). Чаще всего он ассоциирует с родохрозитом, спессартином и тальком, несколько реже встречается парагенезис с родонитом, кварцем и парсеттенситом. Клинохлор обычно образует мелкочешуйчатые, радиально-лучистые агрегаты, которые слагают небольшие гнезда в основной массе силикатно-карбонатной породы, выполняют интерстиции между кристаллами родохрозита, родонита и кварца или вытягиваются тонкими субпараллельными слоями, маркирующими общее полосчатое строение руды.

В образцах минерал обладает мышино-серым или серовато-зеленым цветом, в шлифах бесцветен, без плеохроизма, $n_g \approx 1.55$, $n_g - n_p = 0.003-0.005$, погасание прямое, нередко имеет аномальные цвета интерференции в синих и синеvато-зеленых тонах.

Дифрактограмма изученного хлорита близка к эталонным данным для безмарганцевого клинохлора-1M (ASTM 7-078, 7-165, 12-242, 29-701). Самые интенсивные пики рентгенограммы клинохлора (анализ 3 в табл. 15) следующие $d(\text{Å})/I$: 14.29/15, 7.11/75, 4.738/60, 3.550/100, 2.840/55, 2.585/20, 2.542/30, 2.445/22, 2.387/22, 2.262/15, 2.001/30, 1.564/15, 1.540/25. Параметры элементарной ячейки южнофайзулинского клинохлора равны (Å): $a_0 = 5.349(1)$, $b_0 = 9.244(2)$, $c_0 = 14.312(1)$, $\beta = 97.11(2)^\circ$.

Химический состав изученного минерала приведен в таблице 15. По соотношению железа, магния и кремния большинство анализов соответствуют клинохлору и лишь в очень редких случаях (анализ 7) попадают в поле пеннина, но практически на его границе с полем клинохлора (Дир и др., 1966). Концентрации марганца варьируют в разных образцах от 0.55 до 0.97 формульных единиц. Такие содержания слишком высоки для обычных клинохлора и пеннина, но существенно ниже, чем в марганцевом представителе группы хлоритов – пеннантите. Поэтому наиболее корректно называть данные минералы марганцевыми клинохлором и пеннином.

Присутствие в рудах Южно-Файзуллинского месторождения марганцевого клинохлора, тесно ассоциирующего с родохрозитом и родонитом свидетельствует о невысокой степени регионального метаморфизма данного объекта. Уже на уровне зеленосланцевой фации данный парагенезис становится не устойчивым и разлагается с образованием ассоциации манганкумингтонит+спессартин.

Таблица 15

Химический состав (мас. %) и коэффициенты в кристаллохимических формулах марганцевого клинохлора

Компонент	1	2	3	4	5	6	7
SiO ₂	29.28	29.69	31.96	30.51	32.17	32.80	31.04
Al ₂ O ₃	18.79	19.04	18.14	17.32	17.42	16.18	15.42
FeO	8.12	1.09	3.29	3.14	3.74	3.41	13.62
MnO	8.17	11.74	7.07	6.75	6.75	8.45	6.08
MgO	23.76	26.43	28.01	30.51	28.25	27.07	22.32
Сумма	88.13	87.99	88.47	88.23	88.33	87.91	88.51
Коэффициенты рассчитаны на 26 зарядов							
Si	2.91	2.90	3.05	2.94	3.08	3.18	3.12
Al _{IV}	1.09	1.10	0.95	1.06	0.92	0.82	0.88
Сумма	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
Al _{VI}	1.11	1.09	1.09	0.91	1.05	1.03	0.95
Fe	0.67	0.09	0.26	0.25	0.30	0.28	1.15
Mn	0.69	0.97	0.57	0.55	0.55	0.69	0.52
Mg	3.52	3.85	3.99	4.38	4.04	3.91	3.35
Сумма	5.99	6.00	5.91	6.09	5.94	5.91	5.97

Примечание: Проанализирован клинохлор из Южно-Файзуллинского месторождения.

Парсеттенсит является одним из самых распространенных второстепенных минералов марганцевых месторождений восточного Башкортостана. Здесь парсеттенсит впервые установлен нами в рудах месторождения Кызыл-Таш (Брусницын и др., 1999 а), а позднее этот минерал был диагностирован также на месторождениях Кожаевском, Уразовском, Биккуловском, Кусимовском и Южно-Файзуллинском.

Парсеттенсит встречается в ассоциации с родонитом, кварцем, кальцитом, кариопилитом, манганаксинитом, марганцевыми гранатами, апатитом и пирофанитом. Он образует спутано-волоконистые агрегаты, а также сноповидные и радиально-лучистые скопления тонкопластинчатых кристаллов. В образцах парсеттенсит имеет желтовато-бурую, до темно-коричневой окраску, в шлифах – светло-коричневый с отчетливым плеохроизмом: N_g – коричневый, N_p – бледно-желтый, почти бесцветный; хорошо проявлена слюдоподобная спайность в одном направлении; погасание прямое. Оптические свойства парсеттенсита месторождения Кызыл-Таш следующие: $n_g \cong n_m = 1.576$, $n_p = 1.546$, $n_g - n_p = 0.030$, $-2V = 12-15^\circ$.

Дифрактограмма южноуральского парсеттенсита по положению основных максимумов близка к литературным данным для этого минерала (Guggenheim, Eggleton, 1988; Sameshima, Kawachi, 1991, Eggleton, Guggenheim, 1994). Наиболее интенсивные пики рентгенограммы (анализ 4 в табл. 16) следующие $d(\text{Å})/I$: 12.57/100, 6.29/9, 4.175/13, 3.710/10, 3.138/12, 2.791/14, 2.641/16, 2.625/14, 1.630/11.

Типичные химические анализы южноуральского парсеттенсита представлены в таблице 16. Содержания большинства элементов (Al, Mn, Fe, Ca, Mg, Na и K) в изученном парсеттенсите, в целом, соответствуют составам данного минерала, приводимым в литературе. Вместе с тем, в отличие от других месторождений, парсеттенсит месторождения Кызыл-Таш содержит барий в количестве от 0.7 до 1.95 мас.% BaO. Это хорошо согласуется с высоким содержанием в марганцевых породах этого объекта барита и дает основание для выделения новой – бариевой разновидности парсеттенсита.

Баннистерит. Этот минерал на Урале впервые установлен С.Г.Суставовым на Кургановском месторождении поделочных родонитовых пород (Суставов и др., 1997). В Башкирии баннистерит диагностирован на Кожаевском месторождении (Семкова, Брусницын, 2001).

Минерал образуется в тесной ассоциации с родонитом, спессартином, родохрозитом, кумбситом и пирофанитом. Он представлен отдельными пластинчатыми индивидами размером до 1 мм по удлинению, которые нередко собраны в веерообразные и радиально-лучистые агрегаты.

Окраска в образце шоколадно-коричневая, в шлифах легко узнается по интенсивному плеохроизму: N_g – темно-коричневый,

N_p – бесцветный. Для химического состава кожаевского баннистерита характерно присутствие бария в количестве от 0.8 до 1.4 мас. % BaO (табл. 16). Близкий по составу бариевый баннистерит установлен был лишь однажды на месторождении Като в Японии (Matsubara, Kato, 1989).

Таблица 16
Химический состав (мас. %) и коэффициенты кристаллохимических формул парсеттенсита, баннистерита и кумбсита

Компонент	1	2	3	4	5	6
SiO ₂	45.73	41.01	40.79	42.23	47.71	47.89
Al ₂ O ₃	4.07	4.04	3.80	3.85	4.92	3.76
FeO	0.00	2.59	3.38	3.46	2.62	2.20
MnO	36.74	31.76	31.35	33.11	26.17	34.47
MgO	0.94	1.73	1.82	1.03	7.46	3.14
CaO	0.40	0.42	0.20	0.49	0.26	0.00
BaO	0.00	1.07	0.89	1.29	0.85	0.00
Na ₂ O	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00
K ₂ O	0.81	3.99	4.25	2.19	0.42	2.36
Сумма	88.69	86.61	86.48	87.85	90.41	93.82
Si	9.35	8.91	8.91	9.04	14.27	16.80
Al _{IV}	0.65	1.04	0.98	0.96	1.73	1.20
Сумма	10.00	9.95	9.89	10.00	16.00	18.00
Al _{VI}	0.33	0.00	0.00	0.01	0.00	0.36
Fe	0.00	0.45	0.62	0.62	0.66	0.65
Mn	6.36	5.85	5.80	6.00	6.63	10.24
Mg	0.29	0.56	0.59	0.33	3.32	1.64
Сумма	6.98	6.86	7.01	6.96	10.61	12.89
Ca	0.09	0.10	0.05	0.11	0.08	0.00
Ba	0.00	0.09	0.08	0.11	0.10	0.00
Na	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
K	0.21	1.11	1.18	0.60	0.16	1.06
Сумма	0.30	1.30	1.31	0.82	0.34	1.06

Примечание: Минералы: 1-4 – парсеттенсит, 5 – бариевый баннистерит, 6 – кумбсит. Месторождения: 1 – Кусимовское, 2-4 – Кызыл-Таш, 5 и 6 – Кожаевское. Коэффициенты в кристаллохимических формулах рассчитаны на 54, 84 и 98 зарядов для парсеттенсита, баннистерита и кумбсита соответственно.

Кумбсит – чрезвычайно редкий силикат марганца слоистой структуры. До самого последнего времени единственным местом находки этого минерала являлось месторождение Уотсон Бич (Новая Зеландия), где он обнаружен в составе мелкой (0.5-1.0 м) линзы слабо метаморфизованных марганцевых пород в ассоциации с родонитом, кварцем, спессартином, парсеттенситом, кариопилитом, родохрозитом, кутнагоритом, кальцитом и апатитом (Sameshima, Kawachi, 1991). Недавно кумбсит установлен нами на Кожаевском марганцевом месторождении (Семкова и др., 2002).

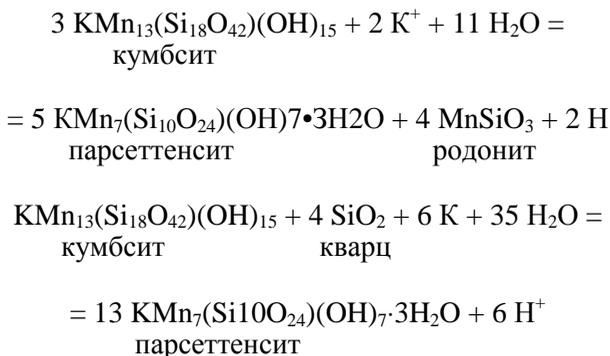
Кумбсит образует относительно большие (до 8 см в поперечнике) обособления неправильной формы, изредка встречающиеся среди основной массы родонитовой породы. В шлифах хорошо видно, что кумбситовые скопления сложены микроскопическими пластинчатыми индивидами размером до 60 мкм по удлинению, которые формируют спутанно-чешуйчатые агрегаты, напоминающие по своей структуре «карточный домик». В кумбситовой матрице неравномерно рассеяны идиоморфные кристаллы спессартина, пластинки пиррофанита и неправильной формы зерна родонита, родохрозита и довольно крупные (до 1 мм по удлинению) пластинки, а также их веероподобные, радиально-лучистые сростания бариевого банниерита.

В образцах кумбсит обладает светло-желтой окраской с незначительным зеленоватым оттенком. В шлифах уральский кумбсит бесцветен, плеохроизма не наблюдалось, $n_g \approx 1.62$, $n_g - n_p = 0.023-0.025$, погасание прямое.

Дифрактограмма кожаевского кумбсита по положению максимумов и их интенсивностям близка к данным из места первой находки этого минерала и его железистого эквивалента зусманита. Главные пики рентгенограммы следующие $d(\text{Å})/I$: 9.72/100, 4.853/45, 3.717/15, 3.240/50, 2.787/60, 2.551/85, 2.239/50, 1.680/20, 1.642/20, 1.618/20. Параметры элементарной ячейки равны (Å): $a_0 = 11.815(2)$, $c_0 = 29.146(9)$. Химический анализ уральского кумбсита представлен в таблице 16.

Редкость кумбсита, по всей видимости, обусловлена специфичностью условий его генезиса. По нашему мнению, ключевым параметром, контролирующим возможность кристаллизации кумбсита, служит состав межпорового флюида, а точнее активность в нем калия (как элемента, концентрирующегося преимущественно в кумбсите). Здесь важно отметить следующее. Сопоставление минералогии большого числа слабо метаморфизованных марганцевых

месторождений показало, что самой распространенной калийсодержащей фазой в них является другой слоистый силикат марганца – парсеттенсит $\text{KMn}_7[\text{Si}_9\text{AlO}_{24}(\text{OH})_6] \cdot 3\text{H}_2\text{O}$. По особенностям химического состава и структуры этот минерал чрезвычайно близок к кумбситу. Генетическую взаимосвязь между данными минералами схематично можно представить в виде химических реакций типа (для упрощения расчетов составы кумбсита и парсеттенсита приняты как безалюминиевые, а родонита - как безкальциевый):



При постоянных температуре и давлении, направление протекания данных реакций зависит от активности в растворе ионов калия и водорода (рН). Для смещения равновесия влево (в сторону кристаллизации кумбсита) благоприятны снижение активности калия и/или увеличение водорода (щелочности). Если же активность калия будет относительно высокая и/или водорода низкая, то за счет кумбсита в породе станет образовываться парсеттенсит. В марганцевых рудах с высокими содержаниями карбонатов (кальцита, родохрозита) рН межпорового флюида определяется общим количеством растворенных карбонат-ионов, ионов кальция и марганца. В случае постоянства этих величин, рН среды также останется постоянной. Тогда устойчивость кумбсита и парсеттенсита контролируется вариациями активности в растворе одного только калия.

Геологическая обстановка на рассматриваемых месторождениях не дает основания предполагать наличие отдаленных источников калия (например, поступления с глубинными флюидами, влияние близкорасположенных магматических очагов и т.п.). Скорее всего, концентрации щелочей и других компонен-

тов в межпоровом флюиде задавалась составом содержащих его вулканогенных и вулканогенно-осадочных пород. В толщах, где преобладают средние и, тем более, кислые породы флюиды должны быть более калиевыми, по сравнению с разрезами, в которых преобладают основные породы. В ситуации, когда породы месторождения обладают повышенной (по крайней мере в отношении калия) флюидопроницаемостью, характер рудовмещающих отложений будет непосредственно влиять на возможность кристаллизации в марганцевых рудах калийсодержащих силикатов. Таким образом, широкое распространение на метаморфизованных марганцевых месторождениях парсеттенсита и ограниченное – кумбсита, связано с тем, что среди окружающих рудные тела метавулканитов доля средних и кислых пород, как правило, достаточно велика.

Неотокит – рентгеноаморфный силикат марганца, в строении которого, по данным просвечивающей электронной микроскопии и ИК-спектроскопии, принимают участие разнориентированные пакеты слоистой структуры (Eggleton.e.a., 1983). Минерал принадлежит к числу характерных компонентов марганцевых месторождений различного генезиса («Минералы...», 1992). На Южном Урале появление неотокита связано с двумя различными процессами.

На Южно-Файзуллинском месторождении неотокит предположительно является реликтовой фазой, сохранившейся со стадии диагенеза рудоносных отложений. Первично-диагенетический неотокит известен, например, на месторождении Оброчиште в Болгарии, где он образуется при коагуляции коллоидального силикатно-марганцевого вещества (Алексиев, 1960). При повышении температуры и давления неотокит неустойчив и трансформируется в другие силикаты марганца, прежде всего, кариопилит (Брусницын, Чуканов, 2001). Однако, в силу кинетических ограничений, роль которых особенно велика при относительно низких температурах, реликты диагенетического неотокита или структурно-текстурные свидетельства его существования могут сохраняться вплоть до уровня пренит-пумпеллитовой фации.

Как отмечалось выше, при характеристике кариопилита, особенности строения агрегатов этого минерала первой генерации указывают на его кристаллизацию за счет преобразования стекловатой фазы (неотокита). Более того, на Южно-Файзуллинском месторождении в основной массе спутанно-волокнистого карио-

пилита-I нередко наблюдаются изотропные (неотокитовые ?) участки, а среди гаусманит-риббеит-тефроит-кариопилитовой породы нами найден довольно крупный (1.5 см в поперечнике), неправильный по форме реликт раннего неотокита, замещаемого родохрозитом и, в меньшей степени, кариопилитом.

Иного происхождения неотокит характерен для месторождений Кожаевского и Кызыл-Таш. На этих объектах неотокит является продуктом самой низкотемпературной стадии регрессивного этапа метаморфогенного минералообразования. Подобный неотокит встречается в гнездах и поздних прожилках, сложенных перекристаллизованными манганаксинитом, родонитом, кальцитом и кварцем, где он представлен мелкими (0.1-3.0 мм), неправильной формы выделениями, которые заполняют интерстиции между кристаллами родонита, кальцита и других фаз. Очевидно, что здесь неотокит является самой поздней по времени кристаллизации фазой, рождающейся в результате быстрого «сбрасывания» марганца и кремнезема в последних порциях рудоносных растворов.

Следует также отметить следующий важный момент. В приповерхностных горизонтах Кожаевского месторождения неотокит очень интенсивно замещается гипергенными гидроксидами марганца, которые при этом образуют псевдоморфозы стекловатого облика, иногда содержащие реликты неотокита. Причем, преобразование неотокита идет значительно интенсивней, чем родонита, тефроита, гранатов и многих других минералов, слагающих основной объем породы. По этой причине, при беглом осмотре месторождения, о неотоките создается впечатление как о гипергенном минерале. Однако, более тщательное исследование марганцевых руд показывает, что гидроксиды марганца развиваются по уже существовавшему гидротермальному неотокиту.

Неотокит имеет характерный стекловатый облик. Окраска в образцах темная, красновато-коричневая, блеск жирный, хрупкий, излом раковистый. В шлифах светло-коричневый, изотропный, $n = 1.520$.

Химический состав кожаевского неотокита следующий (мас. %): $\text{SiO}_2 - 49.08$, $\text{Al}_2\text{O}_3 - 5.27$, $\text{MnO} - 34.67$, $\text{Mg} - 0.52$, $\text{CaO} - 1.51$, сумма – 91.05. Кристаллохимическая формула:



Поиск и разведка месторождений, разработка в них промышленных руд на востоке Башкортостана связаны в основном с *окисными* и *гидроокисными* и, меньше, с силикатными минеральными ассоциациями. Оксиды марганца имеют гипергенную природу. Они развиваются в верхних частях марганцеворудных залежей по брауниту и, возможно, частично по родониту, присутствующему здесь же в виде небольших включений. Названные силикаты марганца известны также в нижних частях рудных залежей, в зоне преимущественного развития силикатных минералов и описаны выше в соответствующем разделе. Ниже приведена краткая характеристика окисных и гидроокисных минералов марганца.

Пиролюзит и полианит. Химический состав MnO_2 (Mn – 81,6 %; O – 28,4 %). Они различаются по структурным признакам. Полианит – кристаллический, образует агрегаты и полиморфные кристаллы. Пиролюзит – тонкозернистый (дисперсный). Переходные разновидности называются произвольно.

Полианит на рассматриваемых месторождениях описан Д.Л.Топорковым и К.Е.Кожевниковым (1938). Минерал в полированном шлифе серовато-белый с высокой отражательной способностью. Плеохраизм ясный в серых тонах. Иногда встречаются двойники. Спайность по одному направлению. Погасание прямое. Твердость от 3 до 6. Внутренних рефлексов нет. Реакция травления та же, что и пиролюзита.

Полианит развивается по брауниту, а также обнаружен в жилах, секущих руду. В свою очередь минерал замещается сеткой тонких жилок пиролюзита.

Пиролюзит известен во всех месторождениях востока Башкортостана. В промышленных рудах пиролюзит развит широко. В полированном шлифе – белый, слегка желтоватый, с сильной отражательной способностью, анизотропия слабо выражена. Пиролюзит – характерный минерал зоны окисления. Собственно пиролюзитовые руды отмечаются на Южно-Файзуллинском и Губайдуллинском, меньше на етраукском, Ялимбетовском и Уразовском месторождениях. В основном пиролюзит развивается по псиломелану в процессе дегидратации. Есть примеры, когда он замещает родонит и браунит. Особенно охотно пиролюзит замещает кремнезем: кварц, опал, халцедон. На границе с кварцем пиролюзит по трещинкам проникает в него и обрамляет его зерна. В крупных выделениях пиролюзита отмечаются мелкие выделения одновременно угасающего кварца.

Манганит. Состав его $MnO(OH)$; содержит 89,76 % Mn_2O_3 и 10,24 % H_2O . Манганит заполняет пустоты, где образует почковидные натечные образования. Микроскопически – это агрегаты мелких вытянутых зерен. Встречаются двойники. Цвет минерала серовато-белый. Отражательный плеохроизм слабый. Анизотропия ясно выражена от белого до синего. Твердость 3-4. По манганиту развивается пиролюзит и псиломелан, а скопления манганита нередко секутся жилками псиломелана. Манганит присутствует в пиролюзитовой руде Южно-Файзуллинского, а также отмечен на Уразовском (Топорков, Кожевников, 1938) месторождениях.

Псиломелан и вада нередко описываются под общим названием псиломелан. Основными химическими компонентами их состава являются MnO_2 , Mn_2O_3 , MnO и H_2O , количественное соотношение которых изменчиво. На месторождениях, а они описаны на Уразовском и Южно-Файзуллинском, псиломелан образует очень привлекательные натечные формы буровато-черного цвета с матовым блеском. С поверхности они покрыты тонкой буровато-серой пленкой вада. Псиломелан также образует псевдоморфозы по марганцевым карбонатам, силикатам и брауниту, с сохранением структуры первичного минерала. Нередко он образует сетку жилок, развивающуюся по руде и выходящих во вмещающие породы. В отдельных зернах отмечается чередование псиломелана и пиролюзита, при этом последний замещает псиломелан.

2.1.4. Месторождения бобовых марганцевых руд

Эти месторождения располагаются вблизи с. Аскарова на удалении 1,5 км на юг (Аскаровское) и на 10-12 км на север (Кужановское и Салаватское). Месторождения приурочены к участкам пересечения или приближения речных долин к выходам кремней. Размеры всех рудных залежей небольшие – до 400 м по простиранию и до 100 м в ширину. Руды по составу не выдержаны; через 25-50 м марганцевые руды переходят в железомарганцевые и далее в бурые железняки. Все эти месторождения

изучены Б.М.Федоровым (1944 ф) и дальнейшие описания объектов даны по его материалам.

Аскардовское месторождение. Месторождение вскрыто р. Сугарик в 1,5-2 км к югу от п. Аскардово и занимает ее пойму шириной в 150-200 м и протяженностью 650 м. Выделяются два рудных тела – восточное и западное. Восточное прослеживается по простиранию на 300 м, а ширина его колеблется от 20 до 60 м. Западное имеет неправильные очертания; длина его около 350 м, ширина – 25-120 м. На месторождении выделяются два типа руд: бобовые и слоистые.

Бобовые руды слагают почти все месторождение. Они сложены бобовинами размером от 2-3 до 10 мм в диаметре, состоящими из гидроокислов марганца и цементированными черными глинами. Нередко здесь же присутствуют галька и щебенка кремней, яшм и туфов, количество которых изменчиво и, соответственно, содержание марганца в рудах не стабильно. Количество марганца в концентрате в три раза, а железа в два раза больше, чем в рудной массе.

Слоистые руды установлены лишь в одном случае. Они образуют тонкие (2-5 мм) пластины темно-фиолетового и темно-серого цветов, промежутки между которыми заполнены порошковатой массой.

Валовые запасы руды составляют 17 тыс. т (Федоров, 1944 ф).

Даутовское месторождение расположено в 1 км к западу от д. Даутово по р. Идяш. Рудоносная полоса вытянута вдоль течения реки. В связи с тем, что руды залегают на неровной, размытой поверхности, выделяются несколько рудных залежей: три из них расположены на правом берегу, две на левом, а одна – на обоих берегах реки.

Первое рудное тело (правый берег) находится в северо-западном углу площади и образует овальное тело размером 75×70 м.

Второе тело залегают на обоих берегах и имеет протяженность 140 м при ширине от 25 до 100 м.

Третье рудное тело овальной формы, протягивается на 150 м при ширине 50 м.

Четвертое рудное тело расположено вблизи восточной границы участка. Длина его 80 м, ширина – до 60 м. Восточная граница рудного тела не оконтурена.

Пятое рудное тело расположено на левом берегу р. Идяш. Оно имеет неправильную форму, протяженность – 200 м и ширину от 75 до 150 м.

Шестое рудное тело также овальной формы, протяженностью 100 м при ширине – 50 м.

Все залежи сложены бобовыми рудами с цементом, представленным черными глинами. Бобовины округлые или грушевидные, в диаметре от 2 до 100 мм.

Химические анализы бобового концентрата (Mn – от 2.01 % до 23.84 %, в среднем 10.32 %; Fe – от 1.37 % до 9.78 %, в среднем 5.52 %; SiO₂ – от 30.04 до 48.20 %) показывают, что марганца в них вдвое больше, чем в валовой рудной массе (Mn – от 1.36-19.10 %, в среднем 5.14 %; Fe – от 1.37 % до 6.22 %; SiO₂ – от 26.97 % до 60.40 %, в среднем 51.81 %).

Запасы рудной массы составляют 23 тыс. т.

Ново-Кучаровское месторождение расположено в 500 м к западу от Кучарово, на правом и левом берегу р. Мугак.

Рудная залежь вытянута в широтном направлении и представлена двумя рудными телами. Первое рудное тело имеет вытянутую форму длиной 350 м при ширине от 20 до 70 м, второе – длину 120 м и ширину – 70 м. Залегают рудные тела непосредственно под почвенным слоем и подстилаются черными глинами с галькой и щебнем кремнистых сланцев, туфов и яшм, поверхности которых сильно обохрены. Мощность их изменяется от 0.1 до 0.5 м. В отдельных выработках подстилающие серые глины имеют зеленоватый оттенок ввиду присутствия в них вивианита. Здесь мощность рудного тела колеблется в пределах от 0.2 до 0.9 м.

Руды представлены темно-серыми, почти черными глинами, содержащими округлые, реже грушевидные бобовины гидроокислов марганца, диаметром от 1-2 до 10 мм. В рудной массе в большом количестве встречаются галька и щебень кремнистых сланцев, туфов и яшм.

При опробовании выход бобового концентрата из рудной массы колеблется от 11.0 до 46.5 %, составляя в среднем по месторождению 32.9 %. По данным химического анализа содержание в концентрате марганца колеблется от 1.31 до 22.85 %, железа – от 1.32 до 10.94 %, кремнезема – от 9.40 до 58.48 %.

В то же время, содержание марганца в рудной массе колеблется от 2.28 до 12.48 %, железа – от 1.82 до 15.62 %, кремнезема – от 22.70 до 51.20 %.

Кужановское рудопроявление расположено в 200 м к северу от д. Кужаново, на правом берегу р. Мугак.

Рудное тело залегает среди глинисто-галечных образований, а на севере граничит с песчано-галечными отложениями. Оно вытянуто в широтном направлении и в плане имеет эллипсообразную форму с размерами по длинной оси 110 м и по короткой – 70 м. Залегает тело непосредственно под почвенно-растительным слоем, мощность его составляет 0.2 – 0.5 м (в среднем – 0,43 м), а подошвой являются серые глины со щебнем и галькой кремнистых сланцев, туфов и яшм, местами с песчано-галечными образованиями.

На месторождении выделяются следующие типы руд:

- бобовые разновидности;
- чешуйчатые марганцевые руды;
- марганцевые руды, цементирующие песчано-галечные образования;
- омарганцованные бурые железняки.

Бобовые руды являются наиболее распространенными и составляют больше половины общих запасов рудной массы. Они представляют собой округлые бобовины диаметром от 2-3 до 10 мм, состоящие из гидроокислов марганца, залегающие в черных и темно-серых глинах. В рудном теле в большом количестве встречается мелкая (2-3 см) галька и щебень кремнистых сланцев, туфов и яшм, а также единичные валуны и крупная галька. Глины также содержат окислы марганца в тонкорассеянном виде.

По данным химического анализа выход бобового концентрата по месторождению колеблется от 49.8 до 60.4 %, составляя в среднем 56.46 %. Содержание в концентрате марганца колеблется от 17.26 до 21.66 %, железа – от 2.28 до 10.92 %, кремнезема – от 18.08 до 36.20 %. Содержание в рудной массе марганца составляет от 60.21 до 15.48 %, железа – от 2.73 до 3.71 %, кремнезема – от 27.42 до 45.40 %.

Пластинчатые руды развиты в юго-восточной части рудного тела. Они представлены тонкими (2-5 мм) пластинками, расположенными почти вплотную друг к другу. Иногда пространство между пластинами заполнено порошковатой массой черного цвета.

Марганцевый цемент встречен близ границы рудного тела с песчано-галечными образованиями в его северной части. Он представляет собой плотную, весьма твердую породу пятнистой

окраски, среди темно-коричневой массы цемента встречаются гальки и валуны черного, зеленого и красного цветов.

Омарганцованные бурые железняки развиты в юго-восточной части месторождения, близ контакта бобовых руд с пластинчатыми разновидностями. По внешнему виду они представляют собой плотную, твердую породу желто-бурого цвета карвернозной структуры.

Подсчитанные запасы составляют 4 тыс. т.

Салаватовское рудопроявление марганцевых руд расположено на левом берегу р. Мугак, на северо-восточном окончании д. Салаватово.

Рудное тело расположено на глубине 0.10-0.40 м и покрыто почвенно-растительным слоем, подошвой являются серые глины с галькой и щебнем кремнистых сланцев, туфов и яшм. Мощность рудного тела 0.10-0.50 м. Геологический разрез пород, слагающих месторождение следующий:

- 1) Почвенно-растительный слой, 0.10-0.40 м.
- 2) Рудное тело, 0.10-0.50 м.
- 3) Серые глины с галькой и щебнем кремнистых сланцев, туфов и яшм, видимая мощность более 1 м.

По результатам опробования, выход бобового концентрата колеблется от 3 до 51 %, составляя в среднем по рудопроявлению 21.6 %. По данным химического анализа содержание марганца в нем колеблется от 4.01 до 17.89 %, железа – от 4.33 до 23.37 %, кремнезема – от 22.84 до 54.24 %.

Запасы составляют 3.5 тыс. т.

Вещественный состав бобовых руд и условия их образования. Строго говоря, детальные исследования вещественного состава бобовых руд не проводились. Основными минеральными формами являются оксиды и гидроксиды марганца: манганит, псиломелан и пиролюзит. Установлено, что в составе бобовых руд рассматриваемых месторождений присутствует около 10 % органического вещества. Именно органическое вещество, разлагаясь с выделением метана, сероводорода и водорода, создавало восстановительную среду, благоприятную для образования вышеназванных минералов.

2.1.5. Перспективы увеличения запасов и использование марганцевых руд

Обобщая вышеизложенные материалы по месторождениям марганца, приуроченным к западному борту Магнитогорского мегасинклинория, отметим, что рассмотренные месторождения относятся к категории мелких. Основную ценность, как сырье для промышленности, представляют в них богатые оксидные руды и браунит. Именно эти руды в большинстве месторождений разрабатывались и частично (до уровня грунтовых вод) или полностью выбраны.

Многие месторождения и рудопроявления мало изучены и не разведаны. Между тем, среди них известны такие месторождения, как Ялимбетовское, которое погружается на глубину 140 м, при длине залежи – более 300 м, мощности – от 0,5 до 8 м и запасах руд, превышающих 300 тыс. т. Другое – еще большее – Ниязгулово-І: рудное тело погружается до глубины 280 м, в приповерхностных частях оно имеет линзовидную форму: длина залежи 700 м, мощность – от 1,5 до 13,5 м. Запасы руд составляют около 1,5 млн. т. Такие параметры месторождений позволяют, вслед за А.А. Макушиным и В.В. Павловым, с оптимизмом смотреть на возможность увеличения запасов руд при доразведке известных месторождений и рудопроявлений. Что касается оценки перспектив региона в целом нужно отметить следующее.

А.А. Макушин и В.В. Павлов считают регион «высокоперспективным» и обосновывают это расчетами. Только в пределах Абзелиловского и Учалинского районов, по их представлениям, возможно выявить еще не менее 20 марганцевых месторождений типа Ниязгулово-І. По нашему мнению, вопрос о перспективах выявления новых рудных объектов следует разделить на две части – выявление близповерхностных (до 50 м) и глубокозалегающих (более 50 м) тел. Напомним, что все месторождения марганца в пределах Магнитогорского мегасинклинория имеют небольшие запасы (обычно 100-300 тыс. т, максимум – 1-1,5 млн. т). Экономически рентабельной в настоящее время является отработка лишь близповерхностных месторождений, но так как регион относительно хорошо изучен с поверхности, то для чрезмерного оптимизма нет оснований. Даже в случае открытия одного или двух-трех новых месторождений, которые по разме-

рам будет аналогичны известным, увеличение общих запасов марганцевых руд будет невелико. Следовательно, принципиальных изменений в состоянии марганцеворудной базы в башкирской части Магнитогорского мегасинклинория в ближайшее время не ожидается, но некоторое увеличение запасов вполне реально. Что касается перспектив выявления глубокозалегающих рудных тел – мы вполне разделяем мнения вышеназванных исследователей, но поиски таких месторождений имеют смысл при возможности их рентабельной разработки, а следовательно – это дело отдаленного будущего.

Другое дело, что в современных рыночных условиях малого предпринимательства разработка небольших месторождений в условиях высокоразвитой инфраструктуры региона, близости заводов потребителей руды (Магнитогорский и Белорецкий металлургические комбинаты, а также металлургические предприятия в городах Миасс, Златоуст и др.) и большое количество местных трудовых ресурсов, в том числе высококвалифицированных, может быть достаточно рентабельной. Напомним, что во всех марганцевых объектах, немалая, а нередко главенствующая роль принадлежит марганцевым силикатным минеральным ассоциациям. Последние, обладая нежным, очень приятным мяско-красным и розовым цветом с различными оттенками и очень интересным рисунком черного цвета за счет оксида марганца, напоминающим неповторимые пейзажи, находят применение как поделочный и облицовочный материал. Кроме того, исследованиями А.И.Брусницына (2001) установлена богатая минералогия месторождений, а, следовательно, есть возможность использовать их в качестве коллекционного материала, организовав соответствующее производство.

2.2. Марганцевое оруденение Зилаирского синклинория

Марганцевые месторождения в пределах Зилаирского синклинория до последнего времени не были известны, хотя на присутствие здесь более 40 проявлений бурых железняков с марганцем указывалось еще П.П. Херасковым в 1967 году. На Петровской площади, относительно недавно (1983-1986 гг), было открыто месторождение, названное Зилаирским. Позднее оно было детально разведано (Коноплин и др., 1999 ф). Проект на разведку другого участка, Магадеевского, расположенного в районе одноименного села на левобережье р. Ашкарка, утвержден Геолкомом РБ в 2000 году. Первый из этих объектов расположен на восточном крыле Зилаирского синклинория, а второй – на западном. Кроме этого, признаки марганцевого оруденения были выявлены и в центральной части Зилаирского синклинория, к югу от гипербазитовых массивов Крака.

Марганцевое оруденение, на всех вышеназванных участках, контролируется кремнистыми и кремнисто-глинистыми сланцами, имеющими серую, светло-серую и черную окраски. Мощность их колеблется от первых десятков метров до 100 м.

Здесь же следует отметить, что в этих породах на Магадеевском участке, В.Н. Пучковым (2000) были собраны конодонты рода *Palmatolepis*, находки которых были повторены Р.Р. Якуповым и др. (2001 ф). Таким образом, утвердилось мнение, что толща отвечает франскому веку, поскольку она содержит названные конодонты и залегает стратиграфически ниже зилаирской свиты с фаунистическими остатками фаменского возраста. Ранее, на многих геологических картах эти осадки относились к мукасовскому горизонту или рассматривались как нижняя часть названного горизонта. При этом очевидно, что мукасовский горизонт структурно связан с более молодыми осадками фаменского яруса зилаирской свиты.

На самом деле эта толща тесно связана с нижележащими осадками, которые представлены на Петровском участке кварцевыми песчаниками, алевролитами, филлитами, переслаивающимися с известковыми конгломератами и гравелитами (как и на всем восточном борту Зилаирского синклинория). В них присутствуют многочисленные фаунистические остатки разного класса и вида, соответствующие силуру и нижнему девону. Эти

отложения смяты в мелкую складчатость и надвинуты на мукасовский горизонт и зилаирскую свиту, которые имеют другой стиль складчатости.

В восточном борту Зилаирского синклинория рассматриваемую рудоносную толщу кремнистых и глинистых сланцев в последнее время выделяют как ибрагимовский горизонт (Макушин, 1977 ф), а все нижележащие осадки, включая кварциты, филлиты силура и нижнего девона – рассматривают в объеме суванякского комплекса (Пучков, 2000).

В западном борту рудоконтролирующие кремнистые и глинистые сланцы вещественно не отличаются от ибрагимовской толщи, но они отвечают самостоятельному стратону, прослеживаясь от района с. Магадеево на север на несколько десятков км. Состав и строение разреза толщ более низких стратиграфических уровней здесь иной. В частности, широким распространением пользуются известняки живета и глинистые сланцы эйфеля. В целом, осадки западного борта Зилаирского синклинория слабо метаморфизованы.

2.2.1. Месторождения Зилаирского синклинория

В пределах рассматриваемой структуры марганцевое месторождение известно лишь одно.

Зилаирское месторождение расположено в 4 км к востоку от с. Зилаир, в 2,5 км восточнее слияния ручьев Убойный и Первый Ключ. Оно было открыто В.В.Радченко и В.В.Родионовым при проведении тематических работ с 1983 по 1986 год, параллельно были проведены поисковые (Акбашев, Сухова, 1995 ф) и, позднее, разведочные (Коноплин и др., 1999 ф) работы.

Зилаирское месторождение представлено тремя линзами, залегающими согласно с напластованием пород, которые здесь имеют падение 50-60°. Оруденение приурочено к приконтактовой части кремнистых сланцев и зеленых глинистых сланцев, подстилающихся бурыми железняками и кварцевыми песчаниками. К северу от рудопроявления рудоносные кремни выполаживаются с образованием мелких складок, осложненных раз-

рывной тектоникой. Верхняя линза от средней отделена горизонтом кремней мощностью 11.3 м, а средняя от нижней – пачкой глинистых сланцев мощностью 4.4 м. Средняя, она же наиболее крупная линза, по падению прослежена на 98 м при максимальной мощности – 21.1 м. На поверхности рудное тело прослежено на 18 м.

Наиболее высококачественные руды слагают приповерхностную часть средней линзы. С глубиной содержание марганца снижается. В контуре марганцевых руд с бортовым содержанием 30 %, максимальный его показатель 49.58 % (образец из обнажений). Среднее содержание руд в тех же контурах бортовых значений составляет 44.46 %. Соответственно, запасы руд на объекте отвечают 6370 т.

Марганцевая руда в основном оксидная и сложена пиролюзитом и псиломеланом. Визуально руда плотная с криптокристаллической и тонкокристаллической структурой; в верхней части залежи – ячеисто-шлаковидная, ноздреватая, иногда сажистая. Присутствуют также слоистые разновидности руд. Отмечается присутствие родонита. Родонит и сопутствующие ему минералы, по видимому, пользуются значительным распространением на месторождении, поскольку в рудном поле известны развалы родонитовых пород с размерами отдельных глыб более 2 м.

Как уже отмечалось выше, марганцевое оруденение в Зилаирском синклинии на сегодняшний день представлено лишь одним, Зилаирским месторождением, расположенным в восточном борту структуры. Но этим не ограничиваются потенциал и перспективы региона на этот вид полезных ископаемых, о чем свидетельствуют материалы, приводимые ниже.

В восточном борту синклиния бурожелезняково-марганцевые проявления располагаются в зоне шириной около 10 км и протяженностью, с перерывами, более чем на 300 км (Радченко, Родионов, Цветкова, 1996 ф). В последнее время объектом поискового исследования стала Петровская площадь, которая составляет незначительную часть указанной перспективной зоны. Здесь, кроме Зилаирского объекта, ранее был известен ряд проявлений марганца, в том числе Анновское, расположенное на северной окраине д. Анновка, с содержанием окиси марганца в руде 45.24 % (Кайзер и др., 1939 ф). Известны также ряд точек минерализации, среди которых можно отметить объекты, выявленные по ручьям Бонбон, Сатле, Макайле, Имшагле, Б.Ику, Кане и у бывшей д. Ибрагимово.

Важным результатом поисковых работ на Петровской площади является установление контроля марганцевого оруденения узким стратиграфическим интервалом осадков, соответствующих франскому ярусу. Эти отложения представлены кремнистыми и глинисто-кремнистыми сланцами, получившими название ибрагимовского горизонта. Вторым важным результатом является то, что оруденение контролируется осадками, которые структурно тесно связаны с подстилающими древними образованиями и составляют с ними единый (суванякский) комплекс.

Отсюда следует, что широко развитые в регионе кремни мукасовского горизонта, которые составляют вместе с отложениями зилаирской свиты единый структурный ярус, не являются рудоносными, и, соответственно, они должны быть исключены из площадей опоискования. На Петровской площади рудоносный ибрагимовский горизонт развит восточнее осадков мукасовской толщи вместе с зилаирской свитой, и они разделены Западно-Бемкейским разломом. По материалам Д.А. Коноплина (1999 ф) прогнозные ресурсы продуктивной пачки Петровской площади оцениваются в объеме 4.8-5 млн. т руды.

Перспективы Западного борта синклинория основываются, в первую очередь, на материалах геолого-съемочных и поисково-оценочных работ, проведенных в последнее время.

В частности, в 3 км севернее д. Магадеево В.П. Филоновым и В.В. Радченко (1999) была установлена марганцевоносная зона шириной 140 м при общей протяженности в 12 км. Оруденение контролируется кремнистыми и глинисто-кремнистыми сланцами с франскими конодонтами. В этих слоистых осадках присутствует серия интенсивно омарганцованных прослоев тех же пород мощностью от 0,15 до 1 м.

В основании скрытой части марганцевоносной зоны, истинная мощность которой составляет около 50 м (Филонов, Радченко, 1999 ф), есть коренные выходы пирролюзит-псиломелановых руд мощностью до 1 м. Заметим, что лежащий бок рудного горизонта не вскрыт. Падение оруденелых прослоев юго-восточное под углом 30-35°. Прогнозные ресурсы В.П. Филонов и В.В. Радченко оценивают в 50 млн. т руды, что, по нашему мнению, завышено как минимум на два порядка. Реальные прогнозные ресурсы, по аналогии с другими месторождениями такого типа на Южном Урале, не могут превышать от сотен тыс. до полутора миллионов тонн.

Здесь же следует заметить, что указанным участком не ограничивается марганцевое оруденение западного борта Зилаирского синклинория. Так как в 40 км от указанного Магадеевского объекта на север, на правом берегу ручья Подлиственный (в 1.5 км юго-западнее д. Азнаулово) выделяется зона железомарганцевого оруденения. В ее геологическом строении участвуют тот же комплекс кремней, глинисто-кремнистых сланцев и алевролитов, что и на Магадеевском участке. Время формирования этих осадков, по-видимому, синхронно, но на геологических картах, в пределах железомарганцевой зоны, они датированы живетом или средним девоном. Эта зона прослеживается до г. Белорецка. В.П. Филонов и В.В. Радченко (1999 ф) рассматривают западный борт Зилаирского мегасинклинория как самостоятельную марганцеворудную провинцию с огромными прогнозными ресурсами, которые, по нашему убеждению, завышены, как и в предыдущем случае, приблизительно на два порядка. Тем не менее, вышеуказанные материалы позволяют, с достаточной степенью уверенности, говорить о том, что прогнозные ресурсы этой зоны на марганцевое сырье довольно значительны и требуют дальнейшей постановки детальных поисковых работ.

2.3. Марганцевое оруденение западного склона Южного Урала

В пределах башкирской части западного склона Южного Урала выделяются два рудных района – Зианчуринско-Кугарчинский и Улутелякский. Размещаясь в одной мегазоне, они заметно отличаются между собой особенностями геологического строения, составом руд и формационной принадлежностью рудных объектов.

Зианчуринско-Кугарчинский рудный район расположен в пределах Западно-Уральской зоны внешней линейной складчатости.

Рудоносные образования достаточно строго стратифицированы и приурочены к разрезу нижнекаменноугольных отложений. Последние слагают Богдановскую и Новомихайловскую

тектонические чешуи, которые смяты в антиклинальные складки. В замковых частях этих складок обнажаются рудоносные образования, прослеживающиеся от бассейна р. Б. Ик на севере до бассейна р. Усаклык на юге в виде узкой меридиональной полосы параллельной линейной складчатости.

Оруденение контролируется двумя основными стратиграфическими уровнями: серегуловским горизонтом и иткуловской свитой.

Серегуловский марганцеворудный горизонт отвечает зоне сочленения мазитовской и куруильской свит. Мазитовская свита (Келлер, 1946) имеет довольно однообразный состав. В основном свита сложена аргиллитами (60-65 %), меньше песчаниками и алевролитами (30-30 %) и в основании в небольшом объеме (3-5 %), присутствуют прослои известняков и мергелей.

Во всем разрезе свиты присутствуют остатки фораминифер и водорослей, которые, по заключению З.А. Синицыной (1980), отвечают калановскому горизонту нижнего турне.

Куруильская свита (Хворова, 1937) сложена переслаивающимися темно-серыми до черных кремнистыми аргиллитами, алевролитами, известняками, фтанитами и кремнями с преобладанием кремнистых пород. Контакт куруильской свиты с нижележащими отложениями мазитовской свиты согласный, но резкий, и проводится в основании прослоев силицитов, принадлежащих к серегуловскому марганценовому горизонту. Возраст свиты охарактеризован многочисленными находками остатков фораминифер, остракод, конодонтов и, по определению Н.М. Кочетковой и В.Н. Пазухина (Шевчук, 1987 ф), отвечают косореченско-кизиловскому уровню верхнего турне.

Таким образом, можно констатировать, что марганценовый серегуловский горизонт, выделенный А.А.Макушиным (1977 ф), отвечает основанию куруильской свиты и может являться прекрасным маркером.

Иткуловская свита (Хворова, 1937) имеет сложный литологический состав и отличается слабой обнаженностью. В ее объеме выделяются две подсвиты – нижняя и верхняя, первая из которых подразделяется по литологическому составу на четыре пачки (Макушин, 1977 ф).

Первая пачка нижней подсвиты залегает на отложениях куруильской подсвиты, и граница между ними проводится по появлению первых слоев известняковых брекчий. Она состоит из

переслаивания алевролитов, аргиллитов, известняков и известняковых брекчий.

Вторая пачка залегает согласно на первой, и граница проводится в основании полосчатых кремнистых алевролитов, содержащих линзы и прослои черных силицитов, а в целом, в ее составе присутствуют алевролиты, аргиллиты, маломощные редкие прослои известняков и песчаников. Довольно часто все разновидности пород окремнены.

Третья пачка представлена аргиллитами, алевролитами и прослоями известняков, но основной объем составляют железомарганцевые силициты, к которым, в частности, приурочено рудопроявление Улу-Елга.

Четвертая пачка сложена известняками, которые на севере имеют органогенно-обломочный, а на юге – песчаный составы.

В нижней подсвите наблюдается богатый комплекс фораминифер, и присутствуют конодонты, которые позволяют детально расчленить разрез следующим образом:

- первая пачка отвечает косвинскому горизонту визейского яруса;
- вторая – терметашскому или пестерковскому горизонту нижневизейского подъяруса;
- третья – кизгинскому или илычскому горизонту средневизейского подъяруса;
- четвертая – карса克林скому или дружининскому горизонту средневизейского подъяруса каменноугольной системы.

Верхняя подсвита иткуловской свиты по латерали имеет неоднородный состав (Курбатов, 1965). В целом, она сложена известняками, алевролитами, аргиллитами и силицитами. На севере преобладают известняки и силициты, на юге известняки обогащаются терригенным материалом, а количество силицитов сокращается в объеме. Тонко- и крупнозернистые разновидности известняков иногда окремнены и пропитаны черными оксидами марганца и железа. Силициты – обычно марганцовисто-железистые. При этом оруденение проявляется в виде пылевидных скоплений окислов Mn, иногда они имеют послойный рисунок.

Возраст верхней подсвиты по комплексу фораминифер отвечает верхам среднего визе, в частности, куртымскому горизонту, и верхнему визе.

В пределах района известны марганцевоносная свита (иткуловская), отдельный горизонт (серегуловский), выявлены место-

рождения (Шигрышское, Зианчуринское) и многочисленные рудопроявления.

Рудоносный серегуловский горизонт прослеживается примерно на 60 км с юга на север с шириной выходов от 10 до 40 м, при истинной мощности горизонта от 1 до 15 м. В пределах его выходов известны несколько рудопроявлений, наиболее значимыми и интересными среди которых являются (с юга на север): *Каюбарсовское*; расположенное в 6 км севернее – *Мазитовское*; далее в 5 км севернее *Габбасовское*; еще в 5 км севернее *Кугарчинское*; через 11 км дальше на север *Серегуловское*; через следующие 4 км к северу *Имян-Карауловское I*; далее в 6 км – *Яу-Сайкан II* и, наконец, в последующих 30 км *Танатовское рудопроявление*.

Все названные рудоносные объекты по геологическому строению сходны, поскольку в них присутствует один и тот же набор пород – спонгиевые известняки, кремнистые аргиллиты, опоковидные прослои (Шарков, 1981). В названных породах примерно одинаковые вариации содержаний главных химических компонентов (табл. 17).

Таблица 17
Химические составы основных разновидностей пород серегуловского рудного горизонта (в %)

Породы	SiO ₂	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MnO ₂
Известняки	37.9-48.0	16.2-24.20	0.25-1.80	2.53-4.76	3.10-5.27	0.70-2.01	0.69-6.62
Аргиллиты	4.0-62.9	4.60-11.3	0.25-2.75	6.30-17.95	4.24-7.40	н.о.-0.92	сл.-1.80
Опоки	47.5-62.5	4.00-16.60	0.25-2.25	2.37-5.45	2.34-6.56	н.о.-7.86	3.68-17.88

А.А.Макушин (1977 ф), проанализировав химические составы пород серегуловского марганцеворудного горизонта, указывает на устойчивость его количественных и качественных характеристик на всем 60 километровом протяжении. Характерными геохимическими особенностями рудоносного горизонта являются:

- 1) относительно высокое содержание марганца (12,55-15,75%);
- 2) низкое содержание железа (среднее – 2-5 %);

- 3) низкое содержание фосфора (среднее – 0,1-0,03 %);
- 4) высокие содержания кремния (среднее – 40-50 %);
- 5) сравнительно низкие содержания $\text{CaO} + \text{MgO}$ (6–16 %).

Исходя из их химического состава, марганцевые руды серегуловского горизонта следует относить к маложелезистым, карбонатно-силикатным разновидностям, с низким содержанием фосфора.

Среди известных месторождений марганцевых руд, подобных рудам серегуловского горизонта, можно отметить Аккермановское, описанное А.Г. Бетехтиным (1946). Оно размещается в нижневизейских отложениях, которые представляют собой переслаивание тонкослоистых опок, спонголитов, окремнелых известняков. Общая мощность рудоносного горизонта этого объекта колеблется от 4 до 5 км, а средние содержания основных компонентов составляют: марганца – 18 %, железа – 6 %, кремнезема – около 50 %, фосфора – 0,05 %.

В **иткуловской свите** рудоносные горизонты отмечаются на двух уровнях. Раннеиткуловская рудоносная толща наиболее характерно проявлена в пределах Бика-Курккан – Улу-Елгинской рудоносной зоны.

Здесь установлены *рудопроявления Яу-Талкан и Улу-Елга*, которые представлены сравнительно маломощными рудными телами линзовидной формы, выклинивающимися на расстоянии от 50 до 200 м. Руды характеризуются низкими содержаниями марганца (от 0,26 до 12,15 %), относительно высокими железа (6-41 %) и фосфора (0,33-0,5 %), а также SiO_2 , изменяющимися в пределах от 31 до 49 %.

Специфику рудоносности среднеиткуловской толщи можно проследить на примере рудных участков **Бика-Курккан, Улу-Елга, Имян-Караул I**. Во всех этих рудопроявлениях оруденение приурочено к опокам, спонгиевым известнякам и известковым спонголитам. Линзочки, стяжения, маломощные прослои являются наиболее характерными формами марганцесодержащих осадков, которые представляют собой седиментационно-диагенетические образования.

Названные рудные участки являются частями Зианчуринского месторождения и будут рассмотрены дальше при характеристике самого объекта. Согласно проведенным исследованиям химического состава руд иткуловской свиты, относительно аналогичных руд серегуловского горизонта, первые являются более

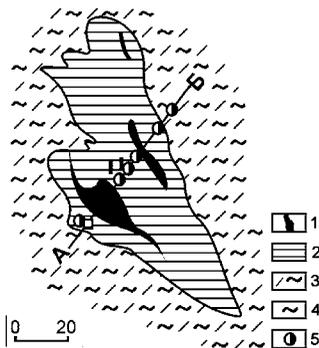
высокожелезистыми (от 20 до 26 %), высокофосфористыми (от 0.2 до 0.9 %) и низкокремнистыми (в среднем около 25 %), но количества марганца и кальция в них близки между собой ($MnO+MnO_2 = 9-13\%$; $CaO = 12-15\%$).

Ниже приводится характеристика двух известных месторождений, расположенных в этом рудном районе.

Месторождение Шигрышское расположено в 4 км юго-восточнее д. Шигрыш. Месторождение открыто в 1944 году при проведении поисково-разведочных работ на железо и марганец С.А.Позднышевым (1945 ф). В ходе работ, проводимых в период с 1944 по 1950 гг. на месторождении было пройдено 16 профилей горных выработок вкрест простирания пород (4 профиля непосредственно на месторождении), расстояние между которыми составило 10-12 м, а между выработками – 2-5 м; пройдено 155 ду-док, 51 канава, 30 шурфов, отобрано 2 валовые пробы, 18 бороз-довых, 35 штуфных, были выполнены химические анализы пород и руд и проведены их петрографические исследования.

Рис. 59. Геологическая схема ме-
сторождения Шигрышское (по
Позднышеву, 1945 ф и Решетнико-
вой, 1984 ф).

Условные обозначения: 1-марган-
цевые руды, 2-глинисто-кремнистые
сланцы, 3-кремнистые сланцы, 4-
кора выветривания, 5-скважины.



Оруденение наблюдается на западном крыле шигрышской антиклинали. Рудовмещающие породы представлены глинисто-кремнистыми сланцами, измененными до состояния обеликованных пестрых глин. Ширина ореола 50 м, длина 120 м, изучен он до глубины 25 м. Породы имеют моноклиальное падение на запад под углом 75° и осложнены более мелкой складчатостью. Юрская кора выветривания относится к линейному типу и сложена глинами с обломками марганцевой руды. Четвертичные элювиальные образования представлены желто-бурыми суглинками мощностью от 0.5 до 3.0 м со щебенкой известняков.

Рудное тело слепое, пластообразной формы, северо-западного простирания и юго-западного падения, имеет размеры по простиранию 25 м, по падению прослежено на 16 м (рис. 59). Мощность его колеблется от 0.8 до 25.0 м. Для него характерно сложное строение, быстрое выклинивание на глубину по падению и простиранию (рис. 60). Вблизи рудного тела выявлено пять непромышленных линз и гнезд железомарганцевой руды с содержаниями марганца 10-13 %.

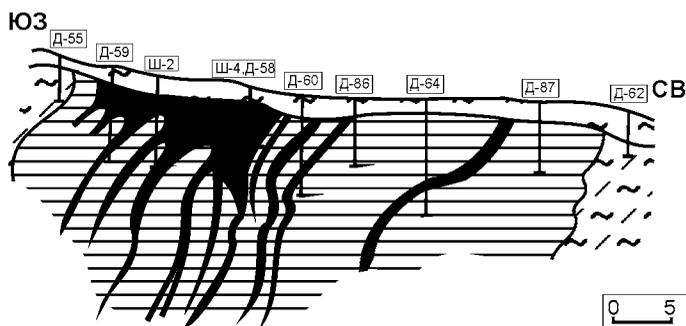


Рис. 60 Геологический разрез по линии А-Б месторождения Шигрышское (по Позднышеву, 1945 ф и Решетниковой, 1984 ф). Условные обозначения см. на рис. 59.

Рудные минералы представлены лимонитом, гетитом, псиломеланом. Редко отмечаются манганит, пирит, циркон. Псиломелан встречается в виде колломорфных и метаколлоидных образований. В жилах иногда наблюдается зональное строение и частичная раскристаллизация.

Руды месторождения представлены двумя типами: коренные марганцево-кремнистые и обломочные. Марганцево-кремнистые руды плотные, массивные, черного цвета. Состоят из лимонита, гетита, псиломелана, изредка встречаются кристаллики манганита и зерна пирита. Из нерудных минералов преобладают кварц, халцедон, серицит, хлорит. Содержание марганца до 20 %, кремнезема – 30-45 %. Обломочные руды залегают в виде глыб и желваков в глиноподобных породах (юрская кора выветривания). Содержания марганца от 18 до 33 %, кремнезема – 27-55 %. Последние залегают в виде карманов над

коренными рудами, разделяют же их пласты глинистых пород мощностью от 1 до 20 м.

Содержание марганца в среднем по месторождению составляет 21.01 %, железа – 8.92 %, максимальное содержание кремнезема равно 70.62 %, серы – 0.08 %, фосфора – 0.2 %. Химический состав руд (в вес. %): Al_2O_3 – 8.55; Fe_2O_3 – 12.9; CaO – 2.15; MgO – 0.87; MnO – 7.99; SiO_2 – 37.00 (Позднышев, 1945 ф).

Технологические испытания руд не проводились. По химическому составу они являются не кондиционными для изготовления сплава ферромарганца, но могут быть использованы для изготовления передельного чугуна.

Запасы на 1946 г составляли 4 тыс. т (Позднышев, 1945 ф). Горнотехнические и гидрогеологические условия на месторождении благоприятные. Вскрыша рыхлая, представлена глинами, суглинками со щебенкой известняков и кремнисто-глинистых пород, мощностью от 0.5 до 3 м. Месторождение расположено на вершине холма, ручей Шигрыш, протекающий в 200 м западнее месторождения, хорошо дренирует подземные и поверхностные воды.

Зианчуринское месторождение расположено в 25-30 км северо-восточнее райцентра д. Исянгулово. На месторождении выделяется 8 участков: Бика-Курккан, Яу-Сапкан 2, Улу-Елга, Имян-Караул 1, 2, Капчук, Сулейманово 2 (рис. 61). Первое обследование месторождения провел Б.А.Чухин в 1932 году. Участки Улу-Елга и Яу-Сапкан выявлены в 1939 году К.П. Столбковым. В ходе изучения месторождения было пройдено по 10-18 профилей горных выработок на каждом участке вкрест простирания пород, расстояние между профилями 25-50 м, между выработками от 2 до 50 м. Отобрано 245 бороздовых проб и 400 шлиховых для химического анализа и минералогических исследований. В 1974-77 годах на участке Бика-Курккан пробурено 2 скважины глубиной 173 и 109 м.

Промышленные рудные тела локализуются в древней коре выветривания. Месторождение сложено известняками и сланцами нижнего карбона. Генезис оруденения первично-осадочный. Карбонатные руды по мнению А.А.Макушина являются седиментационно-диагенетическими образованиями. В зоне окисления отмечается обогащение за счет выветривания.

Рудовмещающими породами на месторождении являются кремнистые и глинистые сланцы. Иногда встречаются их извест-

ковистые разновидности и кремнелые известняки иткуловской свиты визейского яруса. Общая мощность разреза составляет 500 м. Породы залегают согласно на известняках куруильской свиты и перекрываются известняками бухарчинской свиты. Рудные тела образуют крутопадающие антиклинальные и синклиналильные складки. Рудные прослои часто мелкофрированы. Преобладающее падение пластов на юго-восток. Головы пластов разрушены, часто повернуты на северо-запад и имеют пологое залегание. По простиранию и падению, а также по мощности пласты не выдержаны. Отмечаются и значительные колебания концентраций марганца. Мощность рудных прослоев колеблется от 0.1 до 5.0 м, глубина залегания – от 0 до 25 м. Размеры по простиранию от 150 до 2200 м, размеры по падению – от 10 до 60 м.

Рис. 61. Схема размещения участков Зианчурина месторождения.

Точки на схеме – отдельные участки Зианчурина месторождения (1-Бика-Куркан, 2-Яу-Сапкан-2, 3-Яу-Сапкан, 4-Улу-Елга, 5-Имян-Караул I, 6-Имян-Караул II, 7-Капчук, 8-Сулейманово).



Главные промышленные минералы – псиломелан, пиролизит, гидрогематит, гетит. Псиломелан – основной рудный минерал, он представлен сплошными колломорфными массами, тонкими прожилками и корочками, а также в виде тонкодисперсного пигментирующего вещества в опоконидных породах. Гидрогематит образует плотные колломорфные массы или встреча-

ется в виде тонких корочек большей частью в ассоциации с псиломеланом. На месторождении выделено три типа руд:

- рыхлые, порошковатые железомарганцевые руды;
- плотные марганцево-железистые руды;
- карбонатно-железо-марганцевые, окисленные руды.

Первый тип руд приурочен к зоне элювия и образует разрушенную марганцевую шляпу. Основные рудные минералы: лимонит, переходящий в гетит, псиломелан, иногда вернадит. Плотные железомарганцевые и марганцево-железные руды образуют пласты и линзы тонкопереслаивающихся рудных пропластков (до 22) и глинистых кремнелых, оруденелых сланцев. Рудный минерал представлен псиломеланом, который образует бесформенные колломорфные скопления, тонко распылен в породе или образует прожилки и корочки. Карбонатно-железо-марганцевые (первичные) руды образуют пласты и линзы, основными рудными минералами их являются манганокальцит, манганосидерит и сидерит.

В целом руды месторождения убогие, содержание марганца в них составляет не более 25 %, железа – 34 %, кремнезема более 50 %, фосфора – 0.05 %. Содержание марганца в рыхлых рудах изменяется от 17.64 до 25.57 %, железа от 9.52 до 16.85 %; в плотных рудах – марганца от 3.44 до 11.04 %, железа от 21.6 до 34.4 %; в окисленных рудах – марганца от 7.7 до 8.13 %, железа от 1.92 до 3.28 %. Среднее содержание по всем типам руд: фосфора 0.1-0.5 %, кобальта 0.02-0.07 % (табл. 18).

Таблица 18

Средний химический состав руд (в %)

№	Mn	Fe	Co	Ni	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	P	ПП
1	17,6	169	0,02	0,21	32,1	5,05	2,3	0,9	0,2	9,4
2	3,44	34,1	-	0,19	29,7	5,47	2,11	0,74	0,36	9,86
3	25,6	95,2	0,07	0,24	25,8	8,44	1,82	0,72	0,35	13,7
4	11,1	21,6	0,04	0,28	34,8	6,94	1,16	0,53	0,28	8,44
5	9,35	22,4	-	0,2	36,9	5,66	2,27	1,75	0,1	9,78
6	7,71	32,8	-	-	49,0	9,32	11,5	-	0,11	15,5
7	8,13	19,2	-	-	51,6	8,15	15,2	0,03	0,11	13,7
8	7,91	25,4	-	-	38,3	4,12	1,87	-	0,24	8,56

По содержанию основных компонентов руды подразделяются на 2 сорта. К 1-му сорту отнесены руды с суммарным содержа-

нием железа и марганца 40 %, при содержании Mn – 17 %. Во втором сорте руд суммарное содержание железа и марганца колеблется от 25 до 40 %, при содержании марганца от 8 до 17 %. Обогащаемость руд легкая.

Горнотехнические и гидрогеологические условия разработки благоприятные.

Участок Бика-Курккан расположен в 11 км на северо-восток от д. Верхне-Бикбердино и в 5.5 км на север от устья р. Азакла. Разведочные работы здесь проводились с помощью канав и шурфов (Столбков, 1946 ф). Всего пройдено около 50 канав глубиной 2-3 м и 20 шурфов глубиной 5-10 м.

Линзовидные залежи и прослои железомарганцевых руд в коре выветривания выявлены на площади около 0.15 км² (0.6×0.25 км). Приурочены они к южному замыканию Восточно-Азаклинской синклинали, сложенной известняками бухарчинской свиты. Площадь распространения обеленных силицитов и глиноподобных продуктов выветривания в замыкании и крыльях синклинальной складки значительно больше. Мощность глинистой структурной коры выветривания, пробуренной на юге проявления, равна 63 м К.П.Столбковым на проявлении выделено три рудных горизонта, в составе каждого из которых обнаружено несколько линзовидных залежей окисленных железомарганцевых руд среди светлых опоквидных и глинистых продуктов выветривания. Отмеченные залежи, протяженностью до 160 м и шириной до 26 м, состоят из нескольких слоев рыхлой или плотной железомарганцевой или марганцево-железной руды. Мощность отдельных рудных прослоев – 0.1-1.6 м при суммарной их мощности в залежи – до 3.8 м. Слои разделены глинистыми продуктами выветривания мощностью в несколько метров. В шурфах отмечается резкое выклинивание рудных образований с глубиной. Все железомарганцевое оруденение сосредоточено в приповерхностной зоне до глубины 10 м. Об этом свидетельствуют и мелкие аномалии ВП, интерпретируемые как приповерхностные (Макушин, 1977 ф).

Средние содержания полезных компонентов в рыхлых железомарганцевых и плотных марганцево-железных рудах достигают (в %): марганца – от 11.04 до 25.57 %, железа – от 9.52 до 21.6 %, кремнезема – от 25.78 до 34.8 %. Руды имеют коллоидную, брекчиевидную, кавернозную текстуру. Представлены пиролюзитом, вернадитом, псиломеланом, лимонитом. За-

пасы рудопроявления Бика-Курккан составляют 73.8 тыс.т окисленных железомарганцевых руд.

Участок Яу-Сапкан расположен в 4.5 км севернее устья р.Азакла и в 5.7 км на северо-восток от проявления Улу-Елга. Здесь (рис. 61) в 40-метровой пачке, суммарная мощность прослоев бедной ноздреватой марганцево-железной руды составляет 9 м (22 % от мощности пачки). Мощность отдельных рудных слоев колеблется от 0.15 до 1.5 м. Протяженность их составляет до 200 м. Они вскрыты двумя профилями канав в северной и южной частях проявления. По содержанию марганца и железа руды аналогичны рудам проявления Улу-Елга. Оба проявления относятся к остаточному генетическому типу формации кор выветривания.

К данному рудному горизонту относятся также участки высыпок железомарганцевых руд, выделенные К.П.Столбковым в 1946 году: **Имян-Караул I и Капчук I**.

Пункт минерализации **Имян-Караул I** расположен в 5 км на северо-восток от д. Б. Бикбердино на водоразделе р. М. Сурень и Б. Карсакла. Здесь К.П.Столбковым (1946 ф). пройдено две канавы, вскрывшие в элювиально-делювиальном слое бедные марганцево-железные руды.

Пункт минерализации **Капчук I** расположен в 4 км на юго-запад от д. Серегулово.

Участок Имян-Караул II расположен в 5 км северо-восточнее д. Верхнее Бикбердино, в 1.5 км северо-западнее вершины г. Имян-Караул (с абс. отм. 504 м) и в 22 км северо-восточнее райцентра – д. Исянгулово.

Участок открыт К.П.Столбковым в 1931 году. В период с 1931 по 1977 года на объекте было пройдено 3 профиля канав вкрест простирания пород, в 50 м друг от друга и несколько линий закопушек, а также отобрано около 33 проб на химические анализы.

Структурно оруденение приурочено к западному крылу Суреньской синклинали. Рудовмещающие породы и руды падают на восток под углом 45° и более. Вмещающие породы мазитовской свиты серегуловского горизонта представлены прибрежно-морскими фациями континентального склона и имеют мощность 150-300 м.

Рис. 62. Геологическая схема месторождения Имян-Караул II (по Макушину, 1977 ф).

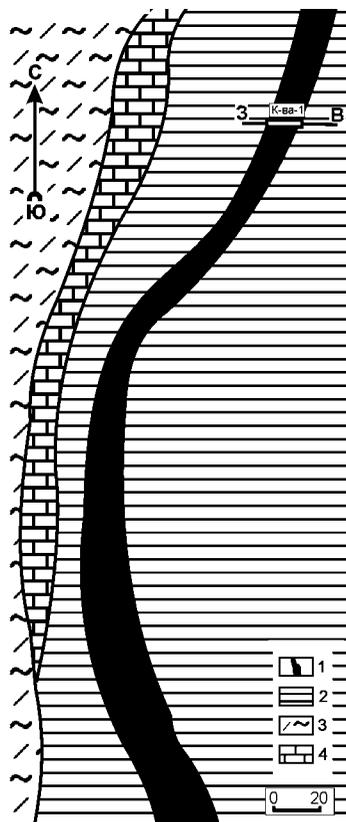
Условные обозначения: 1-марганцевые руды, 2-глинистые сланцы, 3-кремнистые сланцы, 4-известняки .

Рудное тело имеет пластообразную форму, северо-восточное простирание и крутое восточное падение. Средняя длина 1200 м, ширина – 250 м, мощность – 8 м, глубина залегания достигает 10 м (рис 62, 63). Генезис марганцевых карбонатных руд первично-осадочный. Рудные прослои имеют мощность от 0.1 до 0.5 м. Переход к вмещающим породам постепенный, через оруденелые глинистые и известковистые сланцы. Общая мощность рудной залежи 2.9 м. Рудный пласт выдержан по падению и простиранию, собран в мелкие, запрокинутые на запад складки.

Рудные минералы на месторождении представлены псиломеланом, пирролюзитом, вернадитом, причем псиломелан образует сплошные колломорфные массы, тонкие прожилки и корочки, а также присутствует в виде тонкодисперсного пигментирующего вещества в известняках.

В их химическом составе установлены: сера (до 0.03 %), фосфор – 0.1 %, SiO_2 – 51.58 %, Al_2O_3 – 8.15 %, CaO – 15.23 %. Потери при прокаливании в среднем равны 13.66 %. Подсчитанные запасы составляют 220 тыс.т, при средних содержаниях марганца – 8.13 % (Макушин, 1977 ф).

Руды могут быть использованы промышленностью при условии предварительного обогащения их химическим способом. Механический способ обогащения исключается из-за рас-



пыленности рудных минералов во вмещающей их породе. Месторождение в целом заслуживает постановки более детальных поисково-оценочных работ для уточнения параметров рудного тела, минералогического и химического состава руд.



Рис. 63. Зарисовка канавы №1 на участке Имян-Караул II (по Макушину, 1977 ф).

Условные обозначения см. на рис. 62.

Рудопроявление Улу-Елга расположено в 5.5 км северо-восточнее д. В. Бикбердино на левобережье р. Улу-Елга в 1.7 км к северу от ее устья.

Разведочными канавами глубиной до 3 м и единичными шурфами до 12.5 м (при расстоянии между линиями 40-50 м) среди обеленных аргиллитов, кремнистых аргиллитов и известняков, в результате проведенных К. П. Столбковым (1946 ф) работ, вскрыты пластовые крутопадающие, линзообразные тела и слои окисленных марганцево-железных руд (рис. 64, 65) мощностью от 0.1 до 1.6 м, протяженностью до 150 м.

Мощность рудоносной пачки 10-70 м при общей протяженности до 600 м. Проявление приурочено к западному крылу запрокинутой на запад антиклинали во фронтальной части Кызылташского надвига. Рудные тела сложены рыхлыми железомарганцевыми и плотными марганцево-железными рудами, с содержанием в них марганца от 3.44 до 17.64 %, железа от 16.08 до 34.14 %, кремнезема от 24.17 до 32.18 %. Рудные минералы представлены лимонитом, псиломеланом, вернадитом, пиролюзитом. В шурфах отмечались переходы окисленных марганцево-железных руд в частично окисленные железистые известняки. Запасы подсчитаны до глубины 50 м и равны 280 тыс.т (Столбков, 1946 ф).

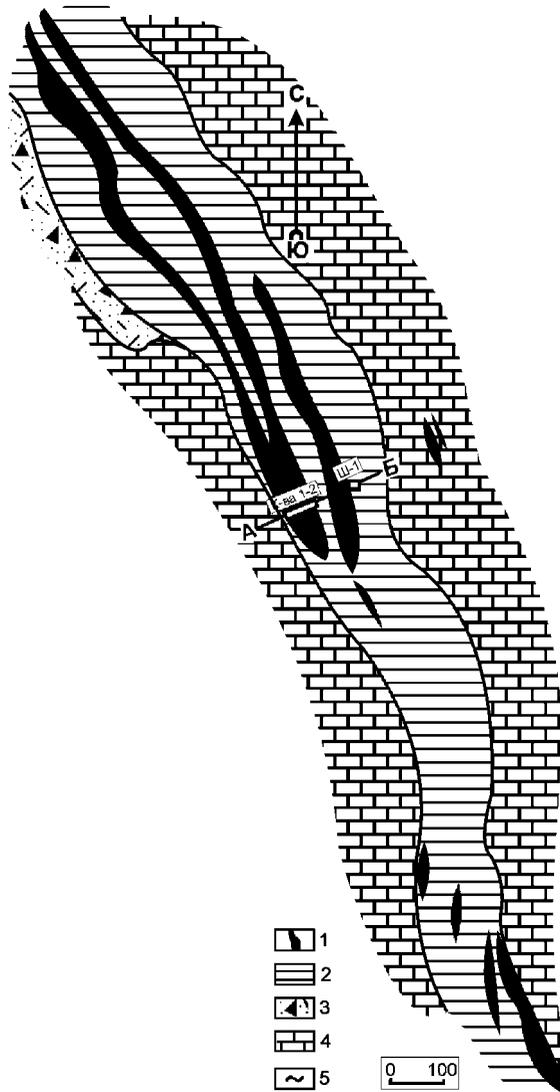


Рис. 64. Геологическая схема участка Улу-Елга Зианчуринского месторождения (по Столбкову, 1946 ф).

Условные обозначения: 1-марганцевые руды, 2-глинистые сланцы иткульовской свиты (C₁), 3-окремненные глинистые сланцы с прослоями алевролитов и окремненных песчаников иткульовской свиты (C₁), 4-плитчатые известняки бухарчинской свиты (C₁), 5-делювий.

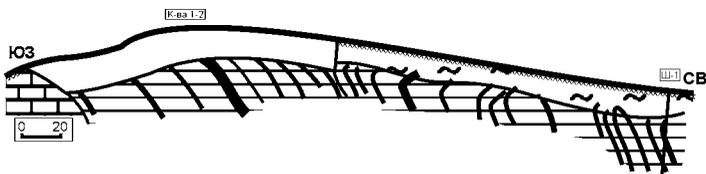


Рис. 65. Геологический разрез по линии А-Б участка Улу-Елга месторождения Зиянчуринского (по Столбкову, 1946 ф).
Условные обозначения см. на рис. 64.

Улутелякское марганцеворудное поле является частью рудоносной зоны, которая в структурном плане отвечает Предуральскому краевому прогибу, расположенному вблизи тектонического контакта с более древними (верхний рифей – средний карбон) образованиями Каратауского структурного комплекса.

Продуктивными породами здесь являются известняки. Долгое время стратиграфическое положение этих карбонатных толщ было неопределенным. Известно было, что в восточной части рудного поля марганцовистые известняки подстилаются известняками артинского возраста и перекрыты глинами и мергелями уфимского яруса.

По данным поискового бурения установлена приуроченность марганцевого оруденения к двум маломощным пачкам (3-8 м) известняков раннекунгурского возраста, которые разделены толщей ангидрита мощностью 32 м в пределах контура Тюлько-Тюбинского месторождения гипса. Оруденелые известняки перекрываются ангидрито-гипсовой толщей переменной мощности (0.2-40 м). Продуктивный горизонт, согласно Д.Е. Айзенбергу (1944 ф), выделен в самостоятельную толщу условно кунгур-уфимского возраста. А.А. Макушин (1971 ф) этот горизонт, вместе с нижележащими осадками кунгурского возраста, объединяет в улутелякскую свиту филипповского горизонта.

Марганцовистые толстоплитчатые известняки являются маркирующими и залегают трансгрессивно на желто-бурых мергелистых глинах переменной мощности (от 0.4 до 9 м).

Улутелякское месторождение расположено в 7-7.5 км к северо-западу от г. Аша Челябинской области и в 5-7 км к северу от ж.-д. ст. Казаяк. Площадь месторождения 1×4 км с прости-

ранием на северо-восток 45° . Оно ограничено с юга, запада и востока ручьями От-Елга и Культюта, с северо-востока – профилем разведочных скважин. В западной части месторождения, где развиты гипсы кунгурского яруса, широко проявился современный поверхностный и погребенный карст. Установлено, что рудные слои в пределах карстовых форм рельефа отсутствуют или представлены развалами руд с большим количеством безрудного материала (рис. 66, 67).

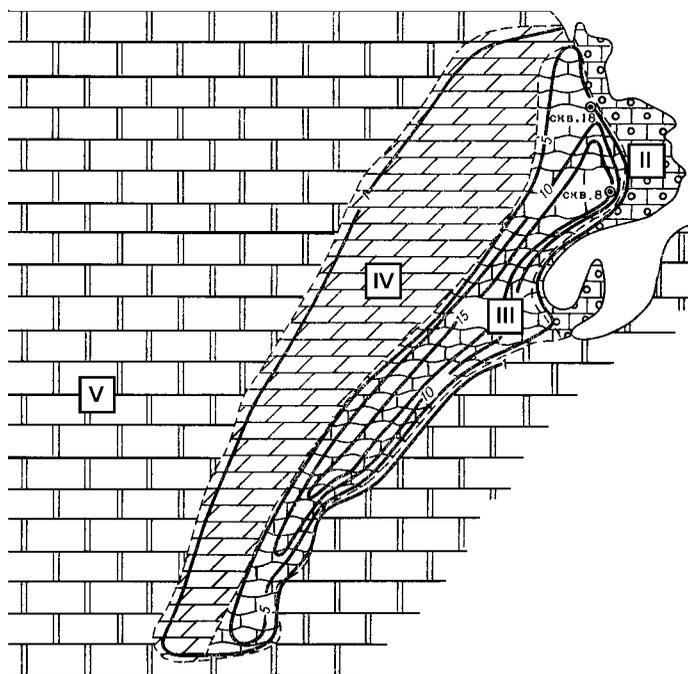


Рис. 66. Литолого-фациальная схема марганцевоносного пласта Улутеляжского месторождения (по Грибову, 1972).

Условные обозначения: II-оолитовые известняки, III-марганцевые руды, IV-органогенные мергели, V-доломиты. Цифры на схеме – изолинии максимальных содержаний марганца.

В целом, месторождение объединяет группу разобнесенных участков, разведанных и опоискованных с разной степенью детальности. В 1941-1945 годах К.П.Столбковым, А.В.Хадаковым и Д.Е.Айзенбергом была проведена разведка Улутелякского месторождения с подсчетом запасов по категории В+С₁. Позднее, в 1952-1953 годах, на площадях, примыкающих к разведанным участкам, проведены поисковые работы, и установлены новые участки окисленных руд. Далее в 1967-1971 годах А.А. Макушиным опоисковывались центральная и западная части Улутелякского рудного поля с целью промышленной оценки флюсовых марганцевых известняков.

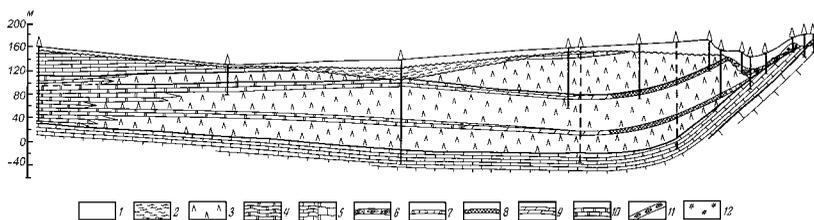


Рис. 67. Геологический разрез Улутелякского месторождения (по Грибову, 1972).

Условные обозначения: 1-четвертичные отложения, 2-третичные глины, 3-5-пермские отложения (3-ангидриты, 4-доломиты, 5-известняки), 6-11-фации марганценосных пластов (6-онколитовые известняки, 7-оолитовидные известняки, 8-марганцевые руды, 9-мергели, 10-доломиты, 11-элювиальное залегание марганцевых известняков, 12-вернадитовые рыхлые руды).

На Улутелякском рудном поле разведаны и подсчитаны запасы: на Ново-Северном, на Северном, на Центральном, на Ржановском, на Красочном и на Тюлько-Тюбинском участках. Другие участки (Салдыбашевский, Михайловский, Россомашинский, Рождественский, Трехгранный и Казаякский) опоискованы, но сведения даже о прогнозных ресурсах по ним отсутствуют.

Работами 1968-1971 годов был выявлен **Тюлько-Тюбинский участок** марганцевистых известняков, существенно отличающийся от ранее известных участков по условиям залегания и качеству руд. Все выявленные до 1967 года участки (Ржановский, Центральный,

Северный, Ново-Северный, Михайловский и Трехгранный) содержат частично окисленные марганцовистые известняки без сульфидов марганца, а содержание серы в них составляет 0.03 – 0.05 %. Работами А.А.Макушина (1971 ф) было установлено, что марганцовистые известняки в нормальных разрезах, т.е. не вскрытых денудацией и затем перекрытых рыхлыми отложениями, содержат тонкую вкрапленность сульфидов марганца. При этом содержание серы в марганцовистых известняках составляет от 0.3 до 0.9 %.

Кроме сульфидов, в известняках содержатся также сульфаты, которые еще больше увеличивают содержание серы.

В пределах Тюлько-Тюбинского участка на глинистых, окремнелых известняках и мергелях артинского яруса залегают массивные серые и голубовато-серые ангидриты регрессивной пачки улутеляжской свиты, имеющие мощность 0-30 м. Выше регрессивной пачки трансгрессивно залегает нижний рудный горизонт, представленный доломитизированными известняками и мергелями (в основании горизонта). Известняки серые и светло-серые, массивные, часто брекчиевидные и «конгломератовидные». В подчиненном количестве присутствуют тонкослоистые глинистые разновидности. Мощность рудного горизонта от 4.15 до 5.4 м. Глубина вскрыши нижнего рудного горизонта колеблется от 3-15 до 111.5 м. Залегающие выше ангидриты верхней регрессивной пачки имеют мощность 40-50 м. Они согласно перекрываются отложениями верхней пачки улутеляжской свиты. Марганцевое оруденение приурочено к трансгрессивным горизонтам улутеляжской свиты. Содержание марганца в доломитизированных известняках нижней трансгрессивной толщи составляет от 1.9 до 5.85 %, а в верхней – от 1.20 до 9.96 %. Рудные залежи ранее разведанных участков являются частями верхнего рудного пласта, который был размыт древними эрозионными процессами, а сами известняки подверглись выветриванию и переотложению. Часть из них, позже, была перекрыта неогеновыми и четвертичными отложениями. Марганцевое оруденение прослеживается по всей площади развития трансгрессивных пачек улутеляжской свиты. Содержание марганца во вмещающих породах незначительно.

В пределах Тюлько-Тюбинского участка различаются два генетических типа марганцевых руд: седиментационно-диагенетические руды, представленные карбонатами (родохрозит, манганокальцит) и сульфидом (алабандин) марганца; и окисленные руды, представленные вернадитом, рансьеитом и псиломе-

ланом. Карбонатные и сульфидные руды развиты в пределах структурно-фациальных зон лагунно-морской седиментационной области, а окисленные руды преобладают в пределах зоны трансгрессивного контакта улутеляжской свиты. Карбонаты марганца и кальцит слагают основную массу пород. Они тонкозернисты, и разделить их не представляется возможным.

Сульфид марганца – алабандин – встречается в доломитизированных известняках и мергелях трансгрессивных горизонтов Улутеляжской свиты в виде темно-зеленых вкраплений, образующих полосчатый, ленточный, линзовидный, пленочный и желваковый седиментационно-диагенетические текстурные типы. Очень редко алабандин образует тонкие вкрапления в обломках карбонатных пород. Таким образом, сульфиды марганца наиболее развиты в тех структурно-фациальных зонах и генетических типах отложений, к которым приурочены и более высокие содержания карбонатов марганца.

Вернадит является основным рудным минералом окисленных руд. Образуется при выветривании первичных разновидностей сначала в виде отдельных хлопьевидных сгустков и постепенно сплошь окрашивает всю породу в красновато-коричневый цвет.

Ренсьеит выделяется мелкими пятнами среди карбонатно-вернадитовой массы, заметными только под микроскопом, и в виде кусковатых дендритов, окруженных ореолом из хлопьев вернадита.

Псилломелан образует натечные корки по трещинам и, реже, вкрапленные стяжения. Образовался он из конкреций родохрозита в процессе выветривания и окисления марганцовистых известняков. Химический состав марганцовистых известняков приведен в табл. 19.

Благоприятное сочетание содержаний окиси кальция и марганца в известняках позволяет, заменяя им обычный металлургический известняк, одновременно вводить в металл марганец и, тем самым, добиваться сокращения расходов на получение ферромарганца.

В 1962 году проводились опытные плавки в мартеновских печах с использованием марганцовистых известняков Улутеляжского месторождения. По результатам опытных плавок были сделаны следующие выводы:

1. При обжиге марганцовистого известняка можно получать марганцовистую известь с сохранением удовлетворительной кусковатости, удобную для присадки в печь.

2. Марганцовистый известняк является флюсом, совмещающим в себе свойства основного флюса, каким является обычный металлургический известняк, и разжигающих флюсов. Как следствие хороших флюсующих свойств, необходимо отметить быстрое растворение марганцовистого известняка (извести) с получением жидкоподвижных, активных шлаков надлежащей основности на протяжении всех периодов плавки.

3. В целом применение марганцовистого известняка позволяет улучшить протекание процесса шлакообразования и дает возможность сократить удельный расход ферромарганца.

Таблица 19

Химический состав известняков

Наименование пробы	Химический состав, %					
	Mn	SiO ₂	CaO	P ₂ O ₅	S	п.п.п.
Окисленные известняки	9.05	9.77	40.0	0.04	0.06	32.1
Проба необожженного известняка	7.75	10.22	31.2	н.д.	0.94	36.5
То же после обжига	10.62	14.26	55.4	н.д.	0.34	8.37
Средневзвешенный состав известняка	8.79	8.26	32.9	0.07	0.39	37.5
Технологическая проба	7.2	9.6	34.0	0.06	0.53	

Таким образом, опытные плавки показали пригодность марганцевых известняков для использования в стеклоплавильном производстве в качестве основных флюсов. По отношению к обычному металлургическому известняку он обладает рядом преимуществ, связанных с пониженной температурой плавления, а главное – наличием марганца.

Рудные горизонты первичных марганцовистых известняков в пределах Улутелякского рудного поля подсечены и химически охарактеризованы: верхний – семнадцатью скважинами, а нижний – десятью. По морфологическим особенностям рудных тел и неоднородному распределению марганца и окиси кальция в них, месторождение может быть отнесено ко второй группе. Как показывает анализ, проведенный А.А.Макушиным (1971 ф), промышленный интерес может представлять только верхний рудный горизонт между профилями VII-VII и XII-XII. Границами участка по падению пласта являются: с востока – выход

верхнего рудного горизонта под рыхлые отложения, с запада – глубина залегания кровли рудного горизонта 50 м.

Горнотехнические и гидрогеологические условия отработки месторождения удовлетворительные. Геологические условия и глубина залегания рудной толщи позволяют вести его разработку открытым способом.

В целом по Улутелякскому рудному полю разведанные запасы марганцевых руд по категории В+С₁ более 10 млн. т. Общая площадь подсчета запасов составляет 3.5 кв. км, что соответствует 10 % площади развития оруденения. Из этого следует, что перспективы увеличения запасов руд только в Улутелякском поле весьма значительны.

Глава 3

РАЗМЕЩЕНИЕ И ГЕНЕЗИС МАРГАНЦЕВОГО ОРУДЕНЕНИЯ БАШКОРТОСТАНА

3.1. К вопросу о формировании марганцеворудных месторождений Башкортостана

О происхождении промышленных месторождений марганцевых руд Башкортостана существуют различные суждения, но доминирует представление об их осадочной природе (Бетехтин, 1944, Страхов и др., 1968 и др.). Кроме осадочной теории, утвердились представления о гидротермальных и гидротермально-осадочных условиях образования рудных объектов. Рассматриваемые месторождения и рудопроявления Магнитогорской и Зилаирской структур, бесспорно, связаны с вулканической деятельностью (Вахромеев и др., 1982, Соколова, 1982, Контарь и др., 1999, и др.). Впервые на вулканогенно(гидротермально)-осадочную природу таких месторождений Южного Урала указал Л.С.Либрович (1932, 1936). Источником рудного вещества таких месторождений являются гидротермы, связанные с вулканизмом. Палеогидротермальные поля, по-видимому, приурочены к депрессиям, где функционировали периферические очаги (Жуков, 2000).

При взаимодействии гипогенного флюида с бассейновой водой происходит их смешение, с обогащением усредненного раствора кислородом, что в итоге приводит к осаждению марганца. В гидротермально-осадочных месторождениях вполне возможны прямые переходы от руд, сформированных в процессе гидрогенного осаждения, к гидротермальным рудам. Транспортная зона гипогенных флюидов является открытой системой, и, следовательно, обогащение флюида кислородом может происходить еще в пределах земной коры. С.Рой, (1986), К.Бострел (1971, 1976), которыми были изучены парагенезисы минералов в объектах с разными режимами формирования руд, показали наличие в них определенной минеральной зональности. Так, в наиболее глубоких частях рудоносных жил образуются минералы только с двухвалентным марганцем (Mn^{2+}) – родохрозит, ро-

донит, тефроит, алабандин, которые ассоциируют с сульфидами цветных металлов. Гипсометрически выше, т.е. в областях с небольшим поступлением в систему кислорода с метеорными водами, кристаллизуются оксиды с низкой валентностью марганца – это биксбиит-браунитовые руды. Наконец, в приповерхностных зонах, где флюидная система особенно обогащается кислородом, кристаллизуются оксиды с высокой валентностью марганца: криптомелан, псиломелан, пиролюзит-коронадитовые руды. Совершенно очевидно, что в системе от более глубоких горизонтов к верхним постепенно снижается температура. Таким образом, поверхностные марганцевые отложения горячих источников сложены низкотемпературными оксидными минералами с высокой валентностью марганца. Итак, вулканогенные марганцевые месторождения в нижних частях тел могут быть представлены рудами гидротермального генезиса, а в верхних – гидрогенного. Заметим, что обычно в месторождениях вулканогенно-осадочной природы Уральского региона в нижних горизонтах рудных залежей развит родонит, генезис которого, однако, многими исследователями трактуется как метаморфический или метасоматический. Вышезалегающие руды ассоциируют с туфами и, особенно, с яшмами, а также другими кремнистыми осадками, иногда с небольшими линзами известняков. Руды здесь, подвергшиеся многократному изменению, характеризуются внутренней полосчатостью и четко слоистым строением, выявляя первичные признаки быстрого осаждения.

Другая точка зрения, популярная в тридцатые и пятидесятые годы прошлого столетия, заключается в следующем: в морскую воду, с которой связано формирование осадочных (гидрогенных) месторождений, марганец поступает с поверхностными и грунтовыми водами, которые выносят его с континентов в процессе выветривания. Растворение и выщелачивание происходит в достаточно широком диапазоне Eh и pH, чему способствуют марганцевые почвенные бактерии (Perkins and Novielli, 1962). Установлено также, что важная роль при извлечении марганца в процессе выветривания принадлежит гуминовым кислотам (дубильной, галловой, фульвокислотам, щавелевой, малоновой). В условиях насыщения интенсивность извлечения марганца из пород зон выветривания с помощью металлоорганических комплексов может значительно преобладать над другими механизмами. В соответствии с этим, в различных климатических условиях будут действовать различные механизмы извле-

чения марганца из пород (Крерар и др., 1972, Лисицына, 1965, 1968, 1973).

Обогащение морской воды марганцем может также происходить путем выщелачивания его из базальтов океанического дна морской водой. Этот процесс может иметь ореольный характер, либо контролироваться узкими тектоническими зонами, но непременным условием является повышенная температура воды, которая обуславливает конвекцию, что, в свою очередь, ускоряет процесс выщелачивания.

Обычное неорганическое осаждение растворенного марганца происходит при определенных значениях Eh и pH. Известно, что pH осаждения гидроксида марганца зависит от его концентрации в растворе (начало осаждения – pH 7,8 при концентрации 1M, полное осаждение – pH 10,4 при концентрации 10^{-5} M). Гидроксид марганца неустойчив, легко окисляется кислородом до $Mn(OH)_4$, скорость окисления и осаждения увеличивается с ростом pH и уменьшается в присутствии гидрокарбонат- и сульфат-ионов, очевидно, из-за процессов комплексообразования. О формах нахождения марганца в кислых аэрированных растворах имеются разные суждения: это и диссоциированные карбонаты и гидрокарбонаты, гидроксиды, сульфаты, хлориды, комплексные соединения. По утверждению Грамм-Осипова (1980), 90% растворенного в океанических водах марганца представлено двухвалентным марганцем: 59,32% в форме Mn^{2+} и 30,43% в форме $MnCl^+$. Устойчивой также считается форма, соответствующая ацидокомплексам типа $[Mn(H_2O)_6]Cl_2$. При разрушении этих комплексов под воздействием электролитов высвобождается катион марганца и осаждается в виде гидратированных коллоидов псиломелана. Таким образом, в морской воде могут складываться условия, благоприятные для образования марганцевых отложений.

В последние годы исследователями выдвинута сероводородная (бескислородная) модель марганцевого рудообразования, свойственная бассейнам с черносланцевой седиментацией (Гурвич, 1992).

Основу модели составляет предположение о способности марганца накапливаться в бескислородных (сероводородных) водах в растворенном состоянии. Возникают как бы вторичные коллекторы, в которых накапливается марганец независимо от экзо- или эндогенной его природы. Такие зараженные сероводородом водоемы или их части никогда не способствуют рудооб-

разованию, а скорее наоборот. Вместе с тем, эти марганценовые коллекторы являются вполне подвижными и, перемещаясь, могут попасть в область высокой аэрации (Голота, 1997), где при благоприятной фациально-географической обстановке происходит осаждение марганца (Столяров, 1993).

Другая модель основана на элизионной концепции (Павлов, Домбровская, 1993). Суть ее в том, что рудообразующие растворы связаны с катагенными процессами, которые также генерировали нефтеобразующие флюиды. Следовательно, крупнейшие осадочные месторождения марганца и железа, а также нефти и газа составляют единый комплекс полезных ископаемых нефтегазоносных бассейнов. Важнейшей особенностью этих бассейнов являются седиментационные захороненные воды и воды катагенной природы, генерируемые из нелитифицированных глинистых осадков. Проникая в зоны разгрузки и на путях движения, подземные воды нефтегазоносных бассейнов участвуют и в седиментационных, и литогенетических, и рудогенетических процессах.

Придерживаясь в целом первоначально-осадочной или вулканогенно-осадочной, или иной природы марганцевых руд, многие исследователи обосновывают на примере конкретных месторождений существенные минеральные преобразования обусловленные процессами метаморфизма, а также более позднего выветривания. Проблемы метаморфизма активно обсуждаются при оценке формирования марганцевых месторождений Урала (Брусницын, 2000 и др.). На примере месторождений Башкортостана можно проследить, что в процессе регионального метаморфизма сколько-нибудь серьезных перемещений вещества не происходило. Миграция марганца имела место, при этом контроль этого процесса осуществлялся разрывными нарушениями. Последние присутствуют на всех месторождениях. Подвижность марганца в процессе вторичных изменений проявилась в образовании массивных оксидных руд или оруденелых яшм в лежащих боках рудных тел.

В позднюю фазу преобразование руд связано с поверхностным выветриванием (Михайлов, 2000). В результате действия гипергенных процессов минералы марганцевых руд растворялись и переотлагались здесь же в виде высоковалентных оксидов марганца. При благоприятных физико-химических условиях соединения марганца могут быть вынесены на некоторое расстояние от рудных тел, а следы их миграции широко известны и

проявляются в виде тонких прожилков, примазок, а иногда они образуют (особенно в сланцах) почковидные натечные обособления. В иной физико-химической среде (иных Eh и pH) марганец выносится на земную поверхность в подвижной ионной форме и попадает в сточные воды, а также в застойные водоемы или болота, где отлагаются так называемые бобовые болотные руды. Последние формируются в обстановке, где в изолированной от кислорода среде происходит разложение органических остатков, сопровождающееся выделением метана, сероводорода, водорода. В придонной зоне формируется восстановительная среда, благоприятная для осаждения рыхлых или сцементированных бурым железняком отложений марганца в виде манганита, псиломелана, пиrolюзита. Чаще всего они встречаются в ассоциации с гетитом, гематитом в форме конкреций, бобовин.

В последнее время был опубликован ряд работ, в которых подняты вопросы генезиса руд (Голота, 2000), проблемы их прогнозирования (Михайлов, 2001), а также посвященные особенностям строения и минерального состава марганцеворудных месторождений Башкортостана и условиям их образования (Брусницын, 1998, 1999, 2000, 2001 и др., Семкова, 1999, 2001 и др, Жуков, 1997, 1998, 2000, 2001, Старикова, 1997, 1998, 1999, 2000, 2001).

Обратимся к работе В.В.Голоты (2000), которая стоит особняком от других. Работа основывается, главным образом на материалах по Улутелякскому месторождению. Автор утверждает, что существует лишь один генетический тип рудных концентраций марганца. «Таким единственным типом образования значительных скоплений марганца может быть один – осадочный. ... месторождения марганцевых руд обязаны своим происхождением регрессии подготовительного водоема, которая происходит одновременно с тектоническим заложением крупной впадины, принимающей через мелководные проливы кислые марганецсодержающие воды подготовительного бассейна. ... необратимая разгрузка подготовительного бассейна может произойти только однажды, поэтому ... «вспышки» марганцевого рудогенеза никогда не повторяются.» (Голота, 2000).

Главными геохимическими барьерами автор гипотезы считает окислительный барьер в подготовительном водоеме и щелочной – в конечном бассейне рудоотложения.

Подготовительный этап марганцевого рудообразования – самый продолжительный геологический процесс, тогда как перенос

марганцевого раствора водами пролива и осаждение в дельте причисляются к ряду скоротечных, катастрофических явлений.

В зоне гипергенеза месторождения марганцевых руд деградируют и разрушаются, марганец выщелачивается и переносится «кислородными водами, но еще быстрее ... термальными сероводородными», легко мигрирующими по проницаемым песчанистым слоям. (Голота, 2000).

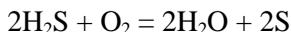
Роль долговечного аккумулятора марганца отводится водам рек, болот, озер, континентальных морей. Магматические очаги, интрузивы, вулканы, рифты, разломы, линейные элементы, гидротермы, марганценозные формации, космическая пыль, как источники рудного вещества категорически отвергаются.

В связи с гипотезой «генетического монотипа» марганцевых месторождений неясно, как объяснить известные ассоциации марганцевых минералов с минералами гидротермального или магматического происхождения.

Марганецсодержащие минералы широко распространены в гранитных пегматитах (в качестве акцессорных). Ионы марганца Mn^{2+} и Mn^{3+} относятся к наиболее важным хромофорам пегматитов: розовую окраску ювелирных разновидностей турмалина, берилла (розовый и красный воробьевит, морганит), сподумена, пурпурного агата связывают с ионами марганца, изоморфно замещающего ионы Al^{3+} (Мур, 1985).

Минералогические исследования показали, что марганец не является экзотическим компонентом среды магматического или гидротермального минералообразования (Смирнов, Ишков, 1995). Это же следует из многих публикаций, в том числе Н.П.Хераскова (1967), который, ссылаясь на В.Линдгрена (1934), указывает на наличие марганцевых минералов (родонита и родохрозита) в эпитермальных месторождениях золото-серебряной формации молодого возраста в США, Перу, Трансильвании и др. регионах. Показателен пример вулканического источника Ортес Дельта (штат Юта, США) с высоким содержанием марганца в воде (Callaghana Totas, 1939). В конусе источника отложено до 700 т с содержанием марганца до 20 % (Херасков, 1967).

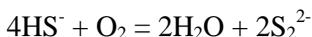
В работе В.В.Голоты утверждается, что в подготовительный бассейн марганец поставлялся концентрированными сероводородными водами. Здесь стоит учитывать, что сам сероводород мало растворим в воде: концентрация насыщенного раствора H_2S составляет ~ 0,1 м/л, его водные растворы неустойчивы, на воздухе мутнеют из-за окисления сероводорода:



При нагревании растворимость H_2S уменьшается: сероводородная кислота слабее (константы диссоциации: $K_1 = 9 \cdot 10^{-8}$, $K_2 = 10^{-14}$) угольной и вытесняется последней из раствора. Сульфид $\text{MnS} \cdot n\text{H}_2\text{O}$ в воде нерастворим (растворяется в соляной кислоте), к тому же неустойчив, окисляется кислородом воздуха.



В форме гидросульфида марганец может мигрировать в кислой среде, но и HS^- -ионы тоже медленно окисляются на воздухе, давая *полисульфиды*.



Есть в работе В.В.Голоты некоторые «химические заблуждения». Например, утверждение, что кислотность раствора может возрастать из-за полной диссоциации «сильной» серной кислоты. Серная кислота – не сильная, так как проявляет окислительные свойства, степень ее диссоциации $\lambda = 0,60$ (60 %). Она является сильнодействующей по отношению ко многим материалам, и диссоциирует по двум ступеням, не минуя образования гидросульфат иона. Результирующий ионный состав зависит от концентрации кислоты:

Концентрация С (моль/л)	0,001	0,005	0,05	1,00	2,00
% H^+	65,2	62,5	50,6	50,7	50,4
% HSO_4^-	4,4	12,4	31,5	47,8	48,8
% SO_4^{2-}	30,4	25,1	13,9	1,5	0,8

Как видно, содержание SO_4^{2-} в концентрированных растворах незначительно. Имеются и другие вольные толкования свойств компонентов.

В то же время, утверждение о том, что месторождение Улутеляк имеет осадочное происхождение, справедливо. Первично-осадочную природу, бесспорно, имеют также месторождения Зианчуринско-Кугарчинского рудного поля.

Изучением марганцевых руд Урала длительное время занимался Б.М.Михайлов (1986, 1993, 2001). В его видении гипергенные месторождения представляют собой полихронные и полифункциональные образования, которые возникли в процессе мультипликативного совмещения марганцеворудных концен-

траций разного возраста и генезиса. Б.М.Михайлов выделяет пять этапов формирования месторождений этой группы, подразделяя на стадии прогрессивного и регрессивного литогенеза.

К прогрессивному отнесены: 1) накопление марганца в илах морских бассейнов – син-диагенетический этап; 2) обезвоживание и раскристаллизация илов, формирование первичных кремнисто-оксидных и кремнисто-карбонатных марганцевых руд – катагенетический этап; 3) перекристаллизация первичных руд, замещение гидроксидов браунитом, гаусманитом, возникновение родонита, тефроита – метаморфический этап.

Стадии регрессивного литогенеза: 4) частичное дробление пород при тектонических подвижках, коррозия кварца, частичный гидролиз оксидных минералов агрессивными (возможно термальными) водами, проникающими в отложения – регрессивно-катагенетический (эпигенетический); 5) окисление и гидролиз первичных марганцевых руд, замещение карбонатов, оксидов, силикатов гидроксидами – криптомеланом, вернадитом, образование пиролюзита – гипергенный этап. В условиях влажных жарких климатов возможно образование крупных месторождений высококачественных руд.

Гипергенные месторождения марганца образуют три самостоятельных типа: а) месторождения в латеритных покровках; б) марганцевые шляпы; в) карстовые месторождения. Для Южного Урала наиболее характерно образование марганцевых шляп.

И.Г.Жуков, изучавший девонские марганценозные отложения Магнитогорского мегасинклиория, выделяет следующие генетические типы месторождений: 1) придонные гидротермальные, 2) гидротермально-осадочные, 3) придонные гипергенные, 4) кластогенные и 5) гидрогенные. Ведущими среди них являются два первых типа, отличающихся друг от друга стратиграфическим положением, формой рудных тел, их размерами, положением относительно рудоносной постройки, проявлением метасоматических изменений, внутренним строением рудных тел, запасами. Отложения придонно-гидротермального типа характерны для палеоостровных дуг, гидротермально-осадочные – для междугового бассейна. Исследованные И.Г.Жуковым палеогидротермальные поля с отложениями марганца обоих типов приурочены к палеовулканическим сооружениям. Для придонно-гидротермальных марганцеворудных залежей характерно формирование рудоносной постройки в толще или на поверхности осадков на месте выхода низкотемператур-

ных гидротерм, где происходит дифференциация материала на кремнисто-железистую (джасперитовую) и марганцеворудную части. В подошве рудоносная постройка сопровождается гидротермальными изменениями. Гидротермально-осадочные марганценозные отложения характерны для низкотемпературных палеогидротермальных полей (вмещающими структурами служат локальные палеодепрессии в зонах спрединга), им свойственна пластовая форма и ритмичная слоистость руд. Гидротермальных изменений в подошве нет. И.Г.Жуковым высказано предположение, что отложение руд происходило из растворов, поступавших в депрессии из удаленных источников. Выделение основной массы железа вблизи гидротермальных источников объясняется сравнительно легкой окисляемостью двухвалентного железа и более далекой миграцией марганецсодержащих растворов.

Таким образом, марганценозные отложения девона Магнитогорской палеоостроводужной системы рассматриваются И.Г.Жуковым как вулканогенно-осадочные. Источником рудного вещества являлись гидротермы, обусловленные вулканизмом. В пределах палеогидротермальных полей формировались резко дифференцированные железистые (гематит-кварцевые) и марганцевые отложения, составляющие единую рудоносную постройку. Структура каждой конкретной постройки зависела от состава рудообразующего флюида, миграционной способности элементов, быстроты смешения с морской водой, скорости автокатализа или биологического катализа. Разгрузка гидротерм происходила на геохимическом барьере, возникавшем в зоне смешения эндогенных флюидов и морских вод. Марганец осаждался преимущественно в карбонатной, возможно, оксидной формах. *Разбавление металлоносного осадка вулканокластическим, биогенным материалом способствовало в дальнейшем, при метаморфизме рудных залежей, образованию различных марганцевых минеральных ассоциаций.* Первичные карбонаты марганца были перекристаллизованы, частично диссоциировали с образованием гаусманита. На месте марганецсодержащих кремнисто-карбонатных илов сформировались силикаты (тефроит, родонит и др.). В участках, обогащенных железом, образовались гематит, магнетит, андрадит, эпидот, а также гроссуляр, спессартин и др. Температура метаморфизма оценена по индикаторным минералам в 250-400°C, что соответствует степени метаморфизма вмещающих пород. Гипергенные процессы при-

вели к преобразованию метаморфогенных минералов в оксиды и гидроксиды марганца.

Работы Е.В.Стариковой посвящены изучению марганцевого месторождения Кызыл-Таш, расположенного в пределах Магнитогорско-Мугоджарского палеовулканического пояса в зоне, интерпретируемой как фрагмент средне-верхнедевонской палеоостровной дуги. Аналогично Файзуллинским, месторождение представляет холмообразную постройку с джасперитовым ядром и марганцевыми рудами в периферийных зонах. Оно залегает в толще вулканогенно-осадочных пород. Рудолокализирующая постройка образовалась на месте выхода гидротермальных растворов на палеоокеаническое дно. Марганцевые руды локализуются в кровле постройки и приурочены к пониженным, в первичном залегании, участкам – склонам холма и прогибу между вершинами. Джаспериты по объему значительно превосходят небольшие тела марганцевых руд. Карбонатно-силикатные марганцевые породы месторождения сформированы при низкоградном региональном метаморфизме гидротермально-осадочных марганцевых отложений – *оксидно-гидроксидных*. Чтобы оценить основные физико-химические параметры образования первичных марганцевых руд, было выполнено компьютерное термодинамическое моделирование взаимодействия морской воды с базальтами, выбранными в качестве исходной породы.

На основе анализа построенных диаграмм, сделан вывод о том, что в природных системах *«возможно формирование двух типов контрастных по свойствам растворов»*: 1) высокотемпературного восстановительного слабокислого и 2) низкотемпературного слабоокислительного кислого.

Продукты отложения первого раствора – кварц, пирит и магнетит. Из второго раствора осаждаются кварц и гематит. Минералы марганца накапливаются в наиболее удаленных от устья частях залежи из обоих растворов, в первом случае в виде карбоната марганца (родохрозит), во втором – в виде оксида (пирролюзит).

Сделан вывод о том, что рудоносная постройка месторождения Кызыл-Таш образовалась при поступлении на океаническое дно окислительных гидротермальных растворов ($t < 250^\circ \text{C}$, $\text{pH} \sim 3,5$) *термоконвекционной природы*, сформированных при флюидодоминирующем режиме взаимодействия морской воды с подстилающими породами. Дифференциация вещества в зоне

рудотложения обусловлена градиентами температуры, рН и окислительного потенциала.

В рассмотренных публикациях многие виды работ выполнены их авторами совместно. Их объединяет единство подхода в интерпретации генетической природы месторождений, сходство моделей формирования рудоносных структур. Есть, разумеется, и различия. Так, И.Г.Жуков считает, что источником рудного вещества были гидротермы, связанные с вулканизмом, тогда как Е.В.Старикова полагает, что поставлявшие марганец гидротермальные растворы формировались при взаимодействии морской воды с подстилающими базальтами, с чем согласны не все авторы настоящей монографии. Гидротермальные растворы, разумеется, могут образовываться в процессе циркуляции морской воды через подстилающие породы. В рассматриваемой модели неясно, как меняются в толще базальтов нагретые и обогащенные рудными компонентами морские воды – гидротермы при подъеме к поверхности дна через аналогичные же породы. Если температура вод повышалась по мере продвижения на глубину и изменялся их состав, то, поднимаясь вверх сквозь подводные базальты, гидротермы должны охлаждаться и также изменяться, если существует градиент температур между поверхностью дна и в толще подстилающих пород. Если такого градиента нет, то морская вода в устье должна кипеть.

Кроме того, неясно, что происходит с более высокотемпературными восстановительными глубинными гидротермами второго типа. Если уж они образовались, то, вероятно, тоже могут «разгружаться». Не возникает ли следующий этап в образовании рудотложений, когда под воздействием высокотемпературных ($> 250^{\circ}\text{C}$) гидротерм первичные оксиды-гидроксиды марганца преобразуются в карбонатно-силикатные отложения, возможно образование второстепенных высокотемпературных минералов.

Интерпретируя результаты термодинамического моделирования, уместно было бы сделать оговорку, что рассмотренная модель образования гидротермального раствора отвечает частному случаю хлоридно-натрий-магниевой исходной морской воды, не содержащей H_2S , SO_4^{2-} , с незначительной концентрацией H_2CO_3 , которая немного возрастает к заключительному этапу формирования в обоих вариантах расчета. Возможны и другие модели исходной морской воды, особенно в отношении анионов, в частности, карбонатсодержащих компонентов.

По поводу рассеянных рудных элементов и бария в марганцевых рудах И.Г.Жуков (2000) замечает, что повышенные содержания цинка (~ (0,007-0,02 %), свинца (0,0005-0,001 %), бария ~ (0,02-3 %) могут встречаться на марганцевых месторождениях, локализованных на значительном удалении от колчеданных месторождений. В качестве примера приводится месторождение Кызыл-Таш, где выделена даже бариевая разновидность парсеттенсита – второстепенного марганецсодержащего минерала (Ba – от 0,78 до 1,37 %).

В этих работах недостает термобарогеохимических исследований, которые могли бы многое прояснить.

Несмотря на то, что часть факторов рудоотложения оказалась неучтенной, работа Е.В.Стариковой, бесспорно, интересна и насыщена физико-химическими параметрами процессов рудообразования.

Работы А.И.Брусницына и Т.Семковой в основном посвящены минеральному составу различных марганцевых месторождений региона, краткая характеристика которых изложена ими в разделе данной работы. Основываясь на минералогических исследованиях, они обосновывают несколько иную модель формирования марганцеворудных месторождений Магнитогорского мегасинклинария. Эта модель в их кратком изложении приведена ниже.

Накопление рудного вещества происходило в месте выхода на морское дно низкотемпературных ($T \leq 100^\circ \text{C}$) гидротермальных растворов, парагенетически связанных с очагами подводного вулканизма и имевших, скорее всего, термоконвекционную природу. Растворы имели марганец-железо-кремниевую специализацию. Их разгрузка происходила на геохимическом барьере, формирующимся в области смешения эндогенных флюидов с морской водой. Большая часть кремнезема и железа отлагалась непосредственно у устья гидротермы, давая начало железо-кремнистым илам (протоджасперитам). Марганец же, обладающий большей растворимостью, осаждался лишь в верхних зонах гидротермального потока, где флюид был максимально разбавлен морской водой. Формирующаяся взвесь марганцевых минералов частью рассеивалась в окружающей среде, частью концентрировалась в отрицательных формах рельефа – у подножья холма и в депрессии между двумя его вершинами, где в незначительной степени смешивалась с «фоновым» терригенным материалом. Такой процесс приводил к дифференциации элементов и образова-

нию зональной гидротермальной постройки с железо-кремнистым «ядром» и марганцевыми залежами во внешних частях.

Накопление рудного вещества носило циклический характер. Фазы активной гидротермальной деятельности чередовались с этапами ее затухания. В периоды относительного покоя возвышенные участки гидротермальной постройки размывались придонными течениями, а рудоносные илы концентрировались у ее подножья и во впадине между вершинами. Там они частично перемешивались с терригенными и органогенными компонентами. Подобным образом формировались железо-кремнистые отложения, содержащие алюминий, марганец и некоторые другие компоненты, которые в процессе диагенеза были преобразованы в яшмы и массивные джаспериты. Интенсивность поступления терригенного материала была выше на периферии гидротермального холма, поэтому яшмы локализируются именно здесь и не встречаются в центральной части месторождения. После полного отмирания гидротермальной системы рудоносная постройка была фрагментально разрушена, а затем перекрыта вулканогенно-осадочными породами.

Осаждение марганца, скорее всего, происходило в оксидной форме, как это имеет место в современных рудоносных осадках, а затем на стадии диагенеза оксиды трансформировались в карбонаты в ходе реакции с углеродом органического вещества. На такой процесс указывает присутствие гаусманита в виде реликтов в «основной массе» родохрозитовой породы, причем только в ее наиболее богатых марганцем участках, в рудах с меньшими содержаниями марганца первичные оксиды полностью вытеснены родохрозитом. Преобразованию оксидов в карбонаты способствовала близость к гидротермальному источнику, поставлявшему углекислоту и обеспечивавшему благоприятные условия для развития бентосной фауны. На постседиментационных стадиях в ходе взаимодействия марганцевых фаз с кремнеземом, глинистым, железистым и другим материалом в породе появился большой набор силикатов. Мы предполагаем, что часть силикатов марганца (неотокит, смектиты, хлотиты и т.п.) образовалась уже на стадии диагенеза марганцевого осадка и, в дальнейшем, при повышении температуры и давления трансформировалась в более устойчивые фазы (родонит, тефроит, гранаты и др.). На ранних этапах сохранялась восстановительная обстановка среды минералообразования, что способствовало кристаллизации в рудах силикатов двухвалентного марганца. Метамор-

физм не превышал уровня пренит-пумпеллитовой фации. Именно этой фации соответствует метаморфизм вмещающих вулканитов («Медноколчеданные...», 1992), а также широкое развитие в марганцевых породах силикатов с высоким содержанием воды (кариопилита, парсеттенсита).

Гипергенные процессы привели к разложению силикатов и карбонатов с образованием оксидов и гидроксидов марганца и окончательно оформили минеральный облик месторождения.

Важнейшую роль марганцевому рудообразованию А.И.Брусницын придает региональному метаморфическому процессу. «Выделяются две стадии метаморфогенного минералообразования. На первой, протекавшей на прогрессивном этапе метаморфизма в условиях постепенного повышения температуры и давления (до $t - 450^{\circ} - 500^{\circ} \text{C}$; $P - 2 \text{ Кбар}$), происходили химические реакции между компонентами исходной породы, в результате которых образовалась основная масса родонита, тефроит, санолит, спессартин и другие минералы ... Все реакции протекали на фоне интенсивных пластических деформаций и сопровождалась неоднократной перекристаллизацией минералов ... Вторая стадия связана с регрессивным этапом метаморфизма ($t < 420-470^{\circ} \text{C}$). В это время родонитовые породы подверглись хрупким деформациям, что приводило к появлению в них многочисленных трещин, в которых переотлагались ранее образованный родонит, пироксмангин, родохрозит, кварц, манганокумингтонит ...». Таким образом, процесс формирования родонитовых пород имел *изохимический* характер. «Состав метаморфогенных парагенезисов обусловлен температурой и давлением, а также соотношениями количеств SiO_2 , Al_2O_3 , MnO , CaO и некоторых других компонентов в исходном осадке» (Брусницын, 2000, стр. 163-164).

Наконец, в работе, посвященной Уразовскому месторождению Т.А.Семкова, А.И.Брусницын, И.Г.Жуков (2001, стр. 164) пишут: «...формирование Уразовского месторождения объединяет в себе три последовательно развивающихся длительных геологических процесса: накопление и диагенез исходных металлоносных осадков (девон), метаморфизм (пермь) и гипергенез (мезозой) рудных залежей.»

Нами (Д.Н.Салихов, Г.И.Беликова и С.Г.Ковалев) принята несколько иная модель формирования рассматриваемых месторождений Магнитогорского мегасинклинория, которая в ряде позиций созвучна с представлениями А.А.Гаврилова (1972). В соответствии с моделью, начало рудогенеза обязано осаждению мар-

ганца из морской воды благодаря гидротермам, связанным с вулканической деятельностью. Рудное вещество осаждалось в виде оксидов марганца при определенном гидрохимическом состоянии морской воды непосредственно вблизи источников. При этом площади рудоотложения составляют в диаметре от нескольких метров до 700-800 м. Поскольку выпадение оксидов марганца происходит только в определенном интервале Eh и pH раствора, то рудные осадки на всей площади рудного тела одинаковы. Одновременно с марганцем происходит выпадение кремнезема на более обширных площадях морского дна. Формирование рудных осадков в Башкирской части Магнитогорского мегасинклинория отвечает ярлыкаповскому времени (Салихов и др., 1999), т.е. живетскому ярусу среднего девона. Таким образом, продолжительность рудообразования соответствует трем конодонтовым зонам или, примерно, 4 млн. лет. На протяжении всего этого времени локально проявлялся риодацит-базальтовый вулканизм, продукты которого слагают карамалыташскую свиту. Щитовидные вулканы с трещинным излиянием базальтов этой свиты (Карамалыташская, Сибайская и др. вулканические структуры) контролируются системой меридиональных разломов (Серавкин, 1986). Такие разломы нередко контролируются также маломощными прослоями базальтов и долеритов среди яшм и красных кремней бугульгирского горизонта, которые, возможно, являются маломощными силлами. Эти запечатанные более молодыми образованиями разломы иногда активизировались тектоническими движениями, и таким образом вскрывали марганцевые месторождения. К ним, в частности, относится Восточно-Ирендыкский разлом с известными месторождениями Мамиля, Ишбердинское и др. Эти объекты располагаются на значительном удалении от крупных вулканических построек.

Итак, в процессе осадочного марганценакопления формировались рудные тела, перекрытые слоями кремней или переслаивающиеся между собой. Однако, флюидно-гидротермальная активность продолжалась. Поступающие на уровень осадочных марганцевых руд флюиды и гидротермы, экранируясь осадками, особенно кремнистыми, распространялись послойно. В итоге происходило метасоматическое преобразование минерального состава руд и перемежающихся с ними пород. Наиболее интенсивным минеральным преобразованиям отвечают гематит-кварцевые породы или джаспериты. Они развиваются ниже лежащего бока рудных тел и представляют собой массивные, пятни-

стые породы, нередко брекчированные с глобулярной структурой. Химический состав джасперитов в основном кремниевый (75-95 %) с высокими содержаниями железа (4-20 %) и марганца. В целом это образования гидротермально-метасоматической природы.

В лежачем боку рудных тел по разрезу выше джасперитов формировались силикатные руды и породы. Эта зона разнообразных минеральных ассоциаций метасоматической природы, в верхней части содержащая браунит. Висячий бок рудных тел в некоторых месторождениях представлен рудами существенно браунитового состава, которые образовались метасоматическим путем с привносом кремнезема. Аналогичные руды отмечаются на объектах, где преимущественно развиты полосчатые разновидности руд. В итоге на месторождениях устанавливается достаточно хорошо выраженная вертикальная зональность, сформированная при метасоматозе. В подрудной зоне формировались высококремнистые и относительно высокожелезистые породы – джаспериты, в которых присутствуют умеренные количества марганца. Выше, уже в лежачем боку рудного тела, метасоматические образования отвечают силикатным минеральным ассоциациям. В них, по сравнению с джасперитами, количество марганца увеличивается, при снижении содержания кремния и железа. Наконец, в верхней браунитовой зоне, отвечающей висячему боку рудных тел, количество марганца достигает максимума, кремния резко снижается, а содержания железа сходит до минимума.

Распределение силикатных руд и пород в рудном теле неоднородно. Отмечается довольно быстрая смена различных минеральных ассоциаций, как по вертикали, так и по горизонтали. Состав минералов также неустойчив (см. раздел «Минералогия...»). Такая вертикальная зональность и неоднотипность минеральных ассоциаций, безусловно, связана с неустойчивостью температур T (μ H_2O), давления P (ΔV), химических потенциалов μ CO_2 , μ $(Na, K)_2O$, μ SiO_2 , значений pH и Eh и других факторов.

Для выяснения ориентировочных данных по температурам кристаллизации родонитов было выполнено некоторое количество декрепитометрических анализов образцов родонитов из Южно-Файзуллинского и Кожаевского месторождений. Декрепитационные кривые, как известно, фиксируют температурные интервалы интенсивного растрескивания (взрывания) включений либо термической диссоциации минералов; в том и в другом случае декрепитационные экстремумы характеризуют стабиль-

ность самого минерала или фазового равновесия в содержащихся в нем включениях: массовое растрескивание включений отражает скорость кристаллизации минерала и состояние минералообразующей среды, поскольку формирование основной массы включений происходит в период гетерогенизации гидротермального раствора.

На рис. 68 приведены декрептограммы родонитов, снятые на вакуумном декрепитаторе серии ВД. Декрепитирование осуществлялось высокочувствительным газовым катарометром, запись производилась на двухкоординатном самописце, начальная величина вакуума в капсуле составляла $2 \cdot 10^{-2}$ МПа. Родониты с прожилками кварца, вкраплениями родохрозита (кривые 1,2) дают сходные декрепитационные графики с одним низкотемпературным пиком до 100°C , соответствующим отгонке гигроскопической воды и резким падением вакуума при температуре около 400°C , обусловленным массовым разложением родохрозита с выделением H_2O и CO_2 (результатом чего явилось частичное, либо почти полное почернение образцов по мере превращения родохрозита в оксиды марганца). Пик, вызванный термической диссоциацией настолько интенсивен, что перекрывает все последующие эффекты от растрескивания включений. Данные кривые указывают на проблематичность преобразования оксидов марганца в родохрозит или родонит в процессе динамометаморфизма: родохрозит термически не стабилен при температурах около 400°C , а для образования родонита необходимо, как минимум, наличие растворенного кремнезема. На графике декрепитации образца родонита (кривая 3), отмечаются, помимо дегидратационных, пики, обусловленные массовым растрескиванием включений в интервале температур $350\text{--}450^\circ\text{C}$, а также переходом $\alpha - \beta$ кварца в интервале $570\text{--}600^\circ\text{C}$.

Принимая во внимание приведенные ранее Р-Т параметры (Брусницын, 2000) заметим, что области температур $450\text{--}500^\circ\text{C}$ и давлений – 2 кбара являются сверхкритическими для водной системы и, следовательно, при этом исчезают различия между жидкостью и газом (паром). Давление в таких системах носит гидростатический характер, а продукты реакции будут существенно отличаться от веществ, возникающих в «сухих» твердофазных системах. В твердофазных средах происходит только квазигидростатическая передача давления (Руманс, 1976), соответственно давление по всему объему тела будет неоднородно.

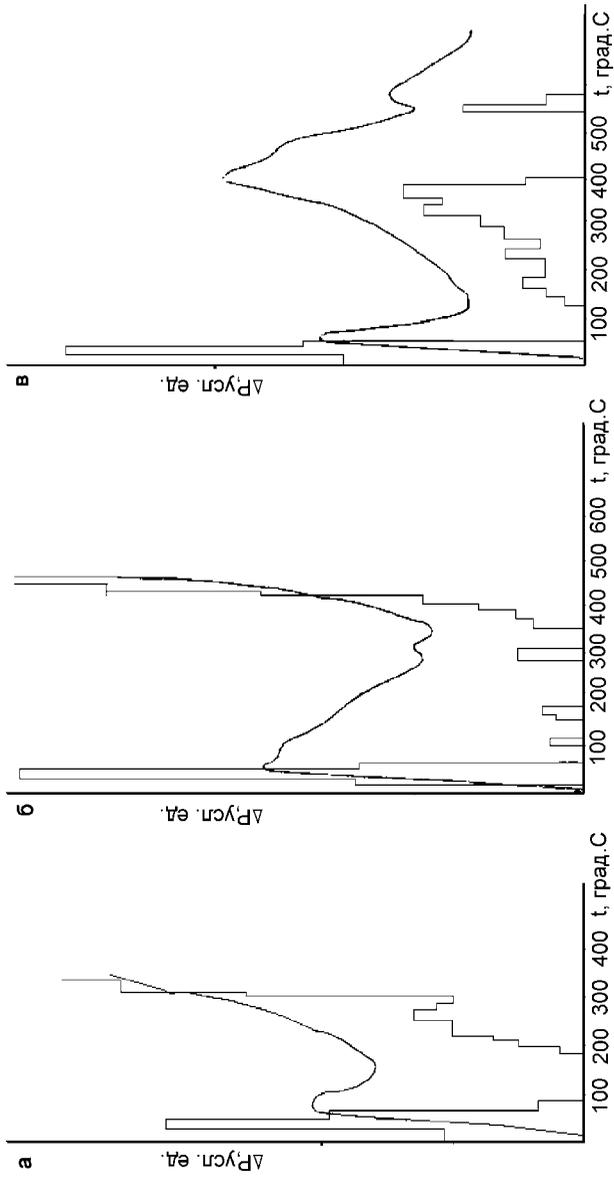


Рис. 68. Деконволюграммы родонитовых пород: а, б-Южнофайзуллинское месторождение, в-Кожавское месторождение

Горообразование с региональным динамометаморфизмом, безусловно, отражалось на веществе марганцеворудных месторождений, но минеральные преобразования в них требуют специальных исследований. Известно, что руды вместе с вмещающими породами смяты в складки, обнаружены брекчиевые разновидности, на многих месторождениях установлены разломы. Последние контролируют обогащенные оксидами участки рудных тел. И, наконец, в процессе гипергенеза формировались оксиды и гидроокислы марганца – это марганцевые шляпы известные практически на каждом месторождении.

Итак, принятая нами модель отражает формирование марганцеворудных месторождений Башкирского мегасинклинория в конкретном, узком диапазоне времени, отвечающему накоплению ярлыкаповской свиты и одновременного проявления риолит-базальтового вулканизма (карамалыташский комплекс). В этот период происходило как осадочное накопление оксидов марганца, так и их метасоматическое преобразование, определив таким образом вещественный состав месторождений, сохранившийся до наших дней. Последующие изменения мало отразились на минеральном составе руд.

В итоге, такая модель позволяет локализовать геологические поиски марганцевых руд в пределах определенного стратиграфического уровня.

Успех интерпретации результатов наблюдений, укладываемых в общую схему, зависит от того, в какой мере можно количественно учесть одновременное воздействие множества факторов: химические, термохимические и физические свойства компонентов, градиенты температур и концентраций, режим Eh и рН, направленность и скорость потока, присутствие посторонних реагентов, геологические условия и т.п. Трудности, возникающие при попытках реконструировать условия рудоотложения связаны с тем, что практически невозможно точно воспроизвести те конкретные природные условия, в которых происходило образование руды в отдаленное время. Всякая модель – упрощенное, условное приближение к естественному процессу. Но удачные, пусть даже схематичные, модели могут быть полезными, т.к. при их интерпретации нередко появляется возможность (или необходимость) применения количественно измеряемых параметров, свойств, закономерностей. К таким методам, по нашему мнению, относится термодинамическое моделирование рудообразующих процессов. Вероятностную оценку

условий образования и термодинамической устойчивости конкретных минеральных фаз можно также просчитать методами равновесной химической термодинамики, которые применены для руд отдельных месторождений.

Заметим, что исследование минеральных равновесий методами химической термодинамики все более утверждается в геологии как один из способов комплексного изучения условий природного минералообразования. Физико-химические диаграммы, построенные по результатам расчетов соотношений устойчивости в одно- или многокомпонентных минеральных системах, представляют наглядное графическое отображение химических реакций, свойственных изучаемым системам.

Вычисление констант равновесия играет ключевую роль, так как интерпретация диаграмм полей устойчивости минеральных фаз позволяет выявлять главные контролирующие физико-химические факторы смещения равновесий.

Термодинамика равновесных фаз позволяет характеризовать саму возможность, направление и пределы протекания процессов минералообразования.

Математическую основу расчетных методов химической термодинамики составляет ряд уравнений, использующих основные характеристические функции: изобарный потенциал G (либо свободная энергия Гиббса F), энтальпия H , энтропия S , мольный объем, удельная теплоемкость. Вычисление констант равновесия производится по уравнениям изотермы реакции Вант-Гоффа (Киреев, 1975):

$$\Delta G^\circ = -RT \ln K_p \quad (1)$$

(в газовой среде)

$$\text{и } \Delta F^\circ = -RT \ln K_c \quad (2)$$

(в разбавленных растворах)

где: ΔG° (ΔF°) – изменение изобарного потенциала реакции (свободной энергии Гиббса) в стандартных условиях ($P = 1 \text{ атм.}$, $T = 298,16^\circ$), R – универсальная газовая постоянная; K_p и K_c – константы равновесия реакции; T – абсолютная температура.

Изотермы реакции применимы для любых температур при условии, что известна температурная зависимость теплового эффекта реакции $\Delta H^\circ = f(T)$, либо имеются табличные данные по изобарным потенциалам образования (ΔG°_T) продуктов реакции и исходных веществ при интересующей температуре. Такие све-

дения о природных соединениях, как правило, ограничены. В этом случае проводятся приближенные расчеты, дающие не менее важную информацию, поскольку проясняется тенденция самопроизвольного протекания минералообразующего процесса.

В качестве одного из приближений принимается, что тепловой эффект реакции не изменяется с температурой, и это равнозначно условию $\Delta C_p = 0$. В этом случае используется уравнение:

$$\Delta G^\circ_T = \Delta H^\circ_{298} - T \Delta S^\circ_{298}, \quad (3)$$

где: ΔH°_{298} – изменение энтальпии (теплового эффекта) при образовании соединения из простых веществ в стандартных условиях; ΔS°_{298} – стандартное изменение энтропии.

Изотерма реакции тогда принимает вид:

$$RT \ln K_p = -\Delta H_{298} + T \Delta S_{298} \quad (4)$$

В другом варианте приближенного расчета ΔG°_T допускают, что теплоемкость системы меняется с температурой на одну и ту же величину: $\Delta C_p \neq 0$, $\Delta C_p = \text{const}$, и ΔG°_T вычисляют по следующей формуле:

$$\Delta G^\circ_T = \Delta H^\circ_{298} - T \Delta S^\circ_{298} + \Delta C_p [(T - 298) - T \ln T/298,16], \quad (5)$$

затем рассчитывают константу реакции.

Вторым приближением можно воспользоваться, когда имеются справочные данные по температурной зависимости теплоемкости продуктов реакции и исходных веществ, то есть коэффициенты a , b , c' , в уравнении $C_p = f(T)$

$$C^\circ_p = a + bT + c'/T^2 \quad (6)$$

Для точных расчетов условий равновесия при повышенных температурах необходимо проинтегрировать уравнение (6) по T для интервала $\Delta T = 298,16 - T$.

Марганцевые руды по минеральному составу подразделяются на оксидные, карбонатные, смешанные (оксидно-карбонатные) и силикатные. Практически все типы промышленных месторождений марганца связаны с кремнистыми, карбонатными и железистыми породами. В связи с этим особое значение приобретает изучение равновесных систем, содержащих карбонаты (Mn–

H₂O – CO₂), кремнезем (Mn – H₂O – CO₂ – SiO₂) и соединения железа (Mn – H₂O – Fe – CO₂). В работе рассматриваются лишь первые две системы.

Проанализируем более детально первую из них. В качестве главного породообразующего минерала здесь выступает кальцит. Изучению условий равновесия кальцита посвящена обширная литература, главным образом, в экспериментальной минералогии, учении о растворах, но привлекается подобная информация для решения геологических задач не часто. Области устойчивости минеральных фаз в карбонатной среде рассматривались для условий, приближенных к реальному процессу гидротермального минералообразования (процессы биогенного карбонатообразования здесь не рассматриваются). При наличии справочных термодинамических данных константы равновесия рассчитывались для повышенных температур; при отсутствии необходимых сведений по температурной зависимости термодинамических функций фазовые границы определялись для стандартных условий.

В расчетах принята водородная шкала: электродный и термодинамические потенциалы водорода, а также мольная теплоемкость иона H⁺ приравнены к нулю.

Одна из главных реакций в такой системе – образование кальцита:



Источником карбонатных компонентов является углекислый газ из атмосферного воздуха или поступающий из разломов и трещин в результате подводной вулканической деятельности. Сумма растворенных карбонатных компонентов (H₂CO₃ водн. + HCO₃⁻ водн. + CO₃²⁻ водн.) создается за счет растворения CO₂ и теснейшим образом связана с рН раствора: в щелочной среде растворение идет активнее, чем в кислой; в свою очередь, процесс растворения приводит к повышению кислотности (Гаррелс, Крайст, 1968). Ионная форма растворенного CO₂ зависит от рН среды, так как образующаяся углекислота диссоциирует по двум ступеням с образованием ионов HCO₃⁻, CO₃²⁻, H⁺. Это означает, что вдоль шкалы рН активность разных карбонатных компонентов не одинакова и в определенных пределах рН количественно преобладают различные их формы. На начальном участке до рН 6,4 основным компонентом является недиссоциированная H₂CO₃, в интервале рН от 6,4 до 10,3 преобладает гидрокарбонат HCO₃⁻. В щелочной зоне при рН > 10,3 главным будет карбонат-ион CO₃²⁻. Подобное распределение активности со-

блюдается для любой суммы растворенных карбонатов. Для расчета констант равновесия в карбонатных средах необходимо знать, помимо термодинамических потенциалов, активности Ca^{2+} и других конкурирующих ионов, парциальное давление углекислого газа PCO_2 либо сумму растворенных карбонатных компонентов $[\Sigma \text{CO}_2] = [\text{H}_2\text{CO}_3]_{\text{водн}} + [\text{HCO}_3^-]_{\text{водн}} + [\text{CO}_3^{2-}]_{\text{водн}}$, кислотность среды pH, температуру и давление. Предполагается также, что известны коэффициенты активности всех компонентов: $\alpha_{\text{H}_2\text{CO}_3}$, $\alpha_{\text{HCO}_3^-}$, $\alpha_{\text{CO}_3^{2-}}$, α_{H^+} , α_{OH^-} , $\alpha_{\text{Ca}^{2+}}$, $\alpha_{\text{Mn}^{2+}}$; для нормальных условий используются константы равновесия: $K_{\text{CaCO}_3} = 10^{-8,3}$, $K_{\text{H}_2\text{CO}_3} = 10^{-6,4}$, $K_{\text{HCO}_3^-} = 10^{-10,3}$, $K_{\text{H}_2\text{O}} = 10^{-14}$, $K_{\text{CO}_2} = 10^{-1,47}$; PCO_2 для атмосферных условий составляет $10^{-3,5}$ атм. Окислительно-восстановительный потенциал Eh на равновесия карбонатов влияния не оказывает вплоть до нижней границы устойчивости воды, вблизи которой возможны переходы $\text{C} \rightleftharpoons \text{CO}$. Для минералов марганца необходимо рассматривать также диаграммы в координатах Eh – pH.

При расчете полей устойчивости соединений марганца в карбонатной среде на разных участках шкалы pH учитывались преобладающие формы растворенного CO_2 . Диаграмма построена на основе следующих уравнений:

- 1'. $\text{Mn}^{2+} + \text{HCO}_3^- \Rightarrow \text{MnCO}_3 + \text{H}^+$
 $\lg K_p = 0,7; \lg [\Sigma \text{CO}_2] = 5,3 - \text{pH}, [\text{Mn}^{2+}] = 10^{-6}$
- 1". $\text{Mn}^{2+} + \text{CO}_3^{2-} \Rightarrow \text{MnCO}_3$
 $\lg K = 11; \lg [\Sigma \text{CO}_2] = -5, [\text{Mn}^{2+}] = 10^{-6}$
2. $2\text{MnCO}_3 + 3\text{H}_2\text{O} \Rightarrow \text{Mn}_2\text{O}_3 + 2\text{CO}_3^{2-} + 6\text{H}^+ + 2\bar{e}$
 $\lg K = -70,9; \lg [\Sigma \text{CO}_2] = -35,4 + 3\text{pH}$
3. $3\text{MnCO}_3 + 4\text{H}_2\text{O} \Rightarrow \text{Mn}_3\text{O}_4 + 3\text{HCO}_3^- + 5\text{H}^+ + 2\bar{e}$
 $\lg K = -64,3; \lg [\Sigma \text{CO}_2] = -21,4 + 1,66 \text{pH}$

Были просчитаны также условия равновесий, не зависящие от суммы растворенных карбонатов; активность Mn^{2+} везде принята равной 10^{-6} :

- a) $\text{Mn}^{2+}/\text{Mn}_2\text{O}_3$; pH = 9,1;
- b) $\text{Mn}^{2+}/\text{MnO}$; pH = 11,6;
- c) $\text{Mn}^{2+}/\text{MnO}_2$; pH = 11,8;
- d) $\text{Mn}^{2+}/\text{Mn}_3\text{O}_4$; pH = 5,7;
- e) $\text{Mn}^{2+}/\text{MnSiO}_3$; pH = 8,7;
- f) $\text{Mn}_2\text{O}_3/\text{MnO}_2$; pH = 11,9;
- g) MnO/MnO_2 ; pH = 11,8;
- h) $\text{Mn}_3\text{O}_4/\text{Mn}_2\text{O}_3$; pH = 11,7.

Для многих достаточно распространенных минералов марганца, в которых наиболее ярко проявлен изоморфизм, отсутствуют термодинамические данные по стандартным теплотам образования, мольным теплоемкостям и другим функциям, поэтому расчет равновесий для них не проводился (манганоильменит–(FeMn)TiO₃, манганокальцит–(CaMn)CO₃, манганосидерит–(MnFe)CO₃, манганофаялит–(MnFe)SiO₄, манганит–MnO₂×Mn(OH)₂, манганобрусит, манганозепидот и др.).

Расчитанная нами фазовая диаграмма системы Mn–H₂O–CO₂, наложенная на аналогичную диаграмму полей устойчивости кальцита и доломита, построенную А. П. Бояркиным (1980) показана на рис. 69. Границы стабильности даны для стандартных условий в зависимости от суммы растворенных карбонатов и рН, при [Mn²⁺] = 10⁻⁶, [Ca²⁺] = [Mg²⁺] = 10⁻².

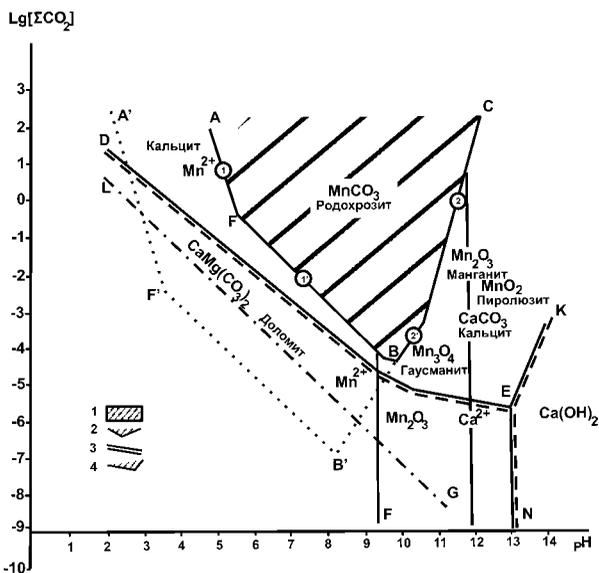


Рис. 69. Диаграмма полей устойчивости минералов марганца, наложенная на аналогичные соотношения карбонатов (по Бояркину 1980) при стандартных условиях

1 – поле устойчивости родохрозита при [Mn²⁺] = 10⁻⁶; 2 – границы образования родохрозита при [Mn²⁺] = 10⁻²; 3 – поля устойчивости соединений кальция при [Ca²⁺] = 10⁻²; 4 – граница осаждения доломита при [Mn²⁺] = [Ca²⁺] = 10⁻²

Согласно расчетам А. П. Бояркина (1980), достаточно обширное поле устойчивости кальцита, показанное фигурой ДЕК, ограничено реакциями диссоциации в кислой среде и преобразованием в портландит в щелочной. На диаграмме наглядно проявлены основные факторы, контролирующие устойчивость кальцита: концентрация Ca^{2+} , ΣCO_2 и рН среды. Снижение концентрации Ca^{2+} в растворе при постоянстве других параметров сдвигает диссоциацию в щелочную область, то есть сжимает поле кальцита, а повышение содержания углекислоты смещает равновесное состояние в кислую область. Конкурирующим осадителем карбоната выступает ион Mg^{2+} , при повышении концентрации которого происходит замещение кальцита магнезитом. Кроме того, варьирование отношения концентрации $\text{Ca}^{2+}/\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ в большом интервале (от 0,02 до 0,95) приводит к развитию доломитизации. Кривая, показывающая осаждение доломита, обозначена LG. Факторами, благоприятными для стабильности кальцита в стандартных условиях, являются повышенные содержания Ca^{2+} , малые содержания Mg^{2+} и увеличение парциального давления CO_2 . Заштрихованная часть диаграммы – фигура AFBC представляет соотношения устойчивости родохрозита в интервале рН от 5 до 12, как функцию $\lg [\Sigma \text{CO}_2]$. Поле родохрозита полностью размещается в зоне стабильности кальцита. Кривая AFB отражает образование родохрозита при взаимодействии растворов, содержащих Mn^{2+} , с карбонатными компонентами. Нижняя граница отложения родохрозита при $[\text{Mn}^{2+}] = 10^{-6}$ определяется суммой растворенных карбонатных компонентов $[\Sigma \text{CO}_2] = 10^{-5}$. Контур A'F'B' отражает смещение положения равновесия в сторону меньших значений рН при повышении активности Mn^{2+} до 10^{-2} ; при этом поле родохрозита расширяется. Граничные условия образования MnCO_3 составляют значения рН от 3 до 8, сумма растворенных карбонатов – не ниже 10^{-8} .

В щелочной зоне при возникновении определенной окислительно-восстановительной обстановки на границе поля MnCO_3 (кривая BC) возможны метастабильные фазы, представленные различными оксидами марганца: Mn_2O_3 (манганит), Mn_3O_4 (гаусманит), MnO_2 (пирролюзит). Причиной, вызывающей окислительно-восстановительные процессы в карбонатной породе, может быть целый ряд веществ: сульфидная и элементарная сера, соли закисного железа, углерод, органические соединения. Роль окислителя может выполнять водяной пар в интервале темпера-

тур 140–300°C, что было показано в экспериментах по изучению диссоциации сидерита в нейтральных средах (Мельник, 1966). Процесс идет в две стадии с образованием сначала вюститита, окисляющегося затем до магнетита, и выделением газообразного CO₂, который в свою очередь восстанавливается до CO.

С целью выяснения условий образования сульфидных марганцевых руд в карбонатных породах осадочного генезиса выполнялись эксперименты по проведению сульфидно-карбонатных реакций с разными карбонатами (FeCO₃, PbCO₃, MnCO₃, ZnCO₃) и серой в газовой фазе в интервале температур 100–300°C (Kullerud, 1971). В эксперименте с родохрозитом образовавшаяся твердая фаза определена как гауэрит (MnS₂), ни алабандин, ни другой из полиморфов MnS не был выделен. Газовая фаза состояла из CO₂ и SO₂. Окислительно-восстановительная обстановка реализовалась в результате протекания реакции карбонат–сера, а сама реакция была «запущена» термическим воздействием. Соотношение S:SO₂ выполнило здесь роль потенциалопределяющей пары. Окислительно-восстановительные процессы, таким образом, могут быть спровоцированы тепловой проработкой пород. Известно также, что резкое изменение режима поступления CO₂ может привести к изменению окислительно-восстановительных свойств пород. Кроме того, оксиды марганца сами подвержены многим взаимопревращениям, участвуя в процессах автоокисления.

Внешние воздействия на процессы равновесия. Если отвлечься от источников появления в растворе ионов Mn²⁺ и их концентрации, то можно констатировать, что необходимым условием образования родохрозита (в нормальных условиях) является присутствие растворенных карбонатов, которые могут масштабнo обеспечить систему углекислым газом. Достаточное условие для осаждения MnCO₃ – наличие кальцита, либо доломита и определенная кислотность среды. Этот же вывод подтверждается сопоставлением растворимости карбонатов кальция и марганца. Произведение растворимости родохрозита $PR_{MnCO_3} = 1,8 \times 10^{-11}$, тогда как $PR_{CaCO_3} = 3,8 \times 10^{-9}$, то есть значение активности карбонатного компонента [CO₃⁻²], достаточное для осаждения MnCO₃, достигается в присутствии кальцита, следовательно, толщи кальцита служат геохимическим барьером для осаждения родохрозита. Этим же объясняется тесная ассоциация родохрозита с кальцитом и доломитом. На рис. 69 контур А'F'B' подчеркивает тот факт, что поле родохрозита обширнее поля кальцита при одинаковых концентрациях ионов Mn²⁺ и

Ca^{2+} . При попадании раствора, содержащего ионы марганца и кальция в соотношении около 1:1, в зону поступления CO_2 родохрозит выпадает ранее кальцита, так как его произведение растворимости преодолевается прежде, чем начнет осаждаться кальцит, и поле устойчивости MnCO_3 обширнее, чем у кальцита и доломита. Это означает, что следующим важнейшим контролирующим фактором образования карбонатных марганцевых руд является концентрация Mn^{2+} в растворе.

Химизм процессов при образовании марганцевых карбонатных руд одинаков по существу происходящих реакций независимо от их генезиса – гидротермального либо осадочного. Различными являются форма проявления и конкретная геохимическая обстановка. Главное же различие состоит в приоритете факторов, контролирующих консолидацию рудного вещества. Для гидротермальных процессов таким параметром является температура. Карбонат марганца не устойчив химически при температурах выше 100°C . Дифференциация карбонатов группы кальцита обусловлена различной температурной зависимостью растворимости кальцита, магнезита, сидерита и родохрозита, последний выносятся раствором как наиболее растворимый, что ведет к обособлению родохрозитовых жил. На рис.70 приведены диаграммы полей устойчивости кальцита при разных температурах (по Бояркину, 1980) и границы осаждения родохрозита для 200°C и стандартных условий. Для кальцита высокотемпературные границы осаждения – кривые DE и D'E' сближены по сравнению с аналогичными кривыми родохрозита. Повышение температуры значительно сдвигает положение равновесия MnCO_3 – раствор в сторону более кислых сред.

При выяснении воздействия на положение равновесия различных контролирующих факторов обычно исходят из общих закономерностей. Главный обобщающий принцип: равновесие в системе при воздействии внешних факторов смещается в направлении, уменьшающем эффект воздействия. Изменение конкретных параметров неодинаково влияет на условия равновесия:

1) *концентрация* не меняет константы равновесия, но сдвигает его положение в сторону расходования, либо выведения из сферы реакции избыточного реактива. Увеличение $[\text{Mn}^{2+}]$ вызывает более активное осаждение марганца в виде карбоната, что приводит к расширению поля устойчивости родохрозита.

2) *давление* влияет аналогично концентрации – константа равновесия не меняется, но положение равновесия сдвигается в на-

правлении уменьшения давления (относится к газообразным компонентам реакции). Повышение парциального давления CO_2 равнозначно росту концентрации карбонатных компонентов и ведет к расширению поля устойчивости родохрозита. Изменение парциального давления и концентрации всегда увязывается с изменением рН среды.

3) изменение *температуры* двояко сказывается на равновесии, в зависимости от типа реакций: для экзотермических – константа равновесия уменьшается; для эндотермических – увеличивается.

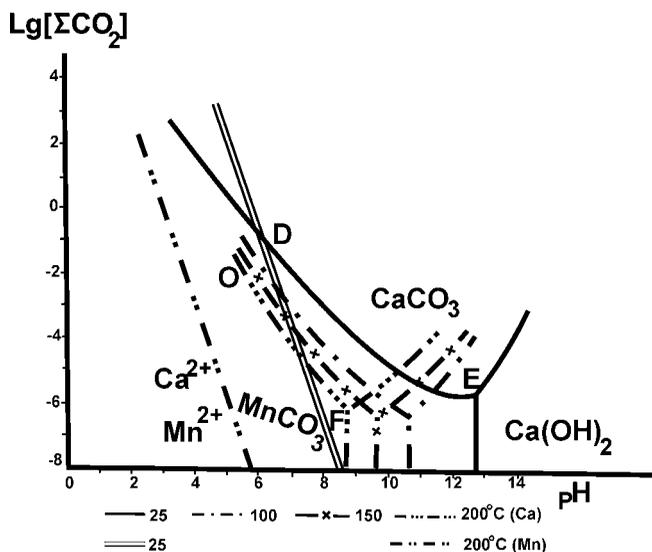
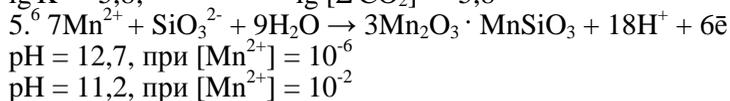
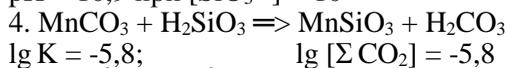
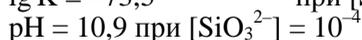
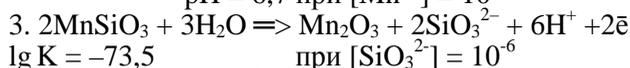
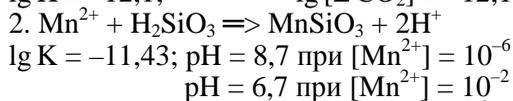
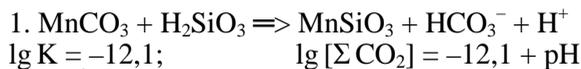


Рис. 70. Соотношения устойчивости кальцита (по Бояркину 1980) и родохрозита для разных температур при $[\text{Ca}^{2+}] = 10^{-2}$, $[\text{Mn}^{2+}] = 10^{-6}$

Равновесия в системе $\text{Mn} - \text{CO}_2 - \text{SiO}_2 - \text{H}_2\text{O}$ (рис.71). Здесь рассматриваются соотношения устойчивости минеральных фаз марганца, в возникновении которых принимает участие кремнезем, либо ассоциирующих с кремнеземом.

Для удобства сравнения с диаграммой равновесных состояний в карбонатных породах выбраны те же оси координат, хотя карбонатные компоненты в большинстве рассматриваемых реакций участия не принимают. Диаграмма рассчитана для стандартных условий. Справочные термодинамические данные для кремнезема ограни-

чены, поэтому из силикатов рассчитывалось только поле устойчивости родонита. Рассмотрены следующие реакции:



Сопоставление диаграмм приводит к следующим выводам: в присутствии кремнезема возникает поле устойчивости родонита в ассоциации с кварцем. Области стабильности родохрозита и родонита частично перекрываются, причем родонит вытесняет родохрозит, сужая поле последнего. Нижней границей родохрозита в данной системе является условие: сумма растворенных карбонатов не ниже $10^{-5,8}$, то есть должен быть приток углекислоты.

Границы устойчивости родонита (фигура КТJV) контролируются кислотностью – щелочностью раствора – pH от 6,7 до 10,2, а также содержанием кремневой кислоты.

В щелочной области при $\text{pH} > 10$, как и в карбонатных породах, образуются метастабильные фазы высших оксидов марганца, которые могут подвергаться взаимопревращениям при определенных значениях Eh.

Главными контролирующими факторами для процессов рудообразования в кремнистых породах являются:

- 1) окислительно-восстановительный потенциал среды;
- 2) значение pH;
- 3) концентрация Mn^{2+} .

⁶ Состав и структура браунита интерпретируются по-разному. А.Г.Бетехтин (1950), Д.Спейдл (1985) рассматривают браунит как оксид $\text{Mn}^{2+}\text{Mn}^{4+}\text{O}_3$. У Лазаренко (1971), а также в справочниках «Termodinamik Properties ...» (1995) браунит представлен как оксид: $\text{Mn}^{2+}\text{Mn}_6^{3+} \cdot \text{SiO}_{12}$ и $3\text{Mn}_2\text{O}_3 \cdot \text{MnSiO}_3$. В связи с этим расчет выполнен для разных форм браунита.

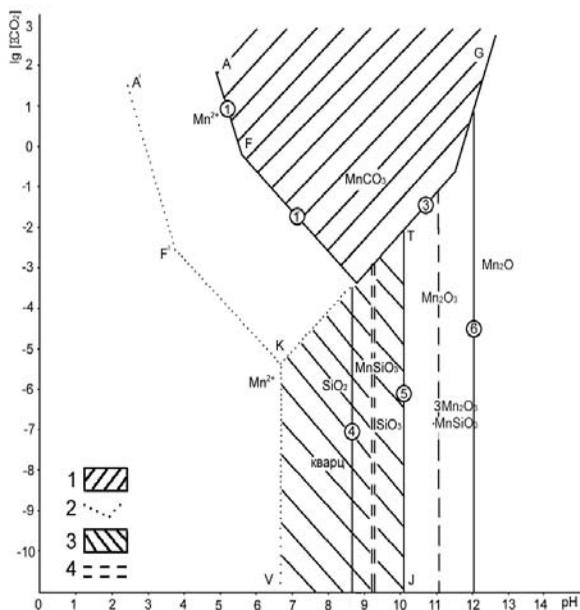


Рис. 71. Поля устойчивости минералов марганца в системе $\text{Mn}-\text{CO}_2-\text{SiO}_2-\text{H}_2\text{O}$ при стандартных условиях.

1 – поле родохрозита при $[\text{Mn}^{2+}] = 10^{-6}$; 2 – границы устойчивости родохрозита при $[\text{Mn}^{2+}] = 10^{-2}$; 3 – поле родохрозита при $[\text{Mn}^{2+}] = 10^{-2}$; 4 – граница растворения кварца

Таким образом, расчет минеральных равновесий в системе $\text{Mn}-\text{CO}_2-\text{SiO}_3-\text{H}_2\text{O}$, выполненный методами равновесной химической термодинамики, дает возможность получать дополнительную информацию о физико-химических условиях образования рудных минералов марганца.

В схемах, поясняющих механизм фракционирования железистых и марганцевых отложений, реализующийся при формировании гидротермально-осадочных месторождений, нередко в качестве аргумента используют различие в подвижности ионов железа марганца: марганец везде объявлен «более подвижным элементом». Строго говоря, это не совсем так. Подвижности ионов – величины, пропорциональные скоростям ионов, иначе говоря, подвижности ионов – их абсолютные скорости движения, выраженные в едини-

цах электропроводности. Численные значения подвижности этих элементов таковы: для Fe^{2+} – 53,5, для Fe^{3+} – 68, для Mn^{2+} – 53,5, однозначно утверждать, что «марганец подвижнее железа» нет оснований. Очевидно, резкая дифференциация обусловлена комплексом причин. Попытаемся показать это, применив методы расчетной химической термодинамики.

Используя уравнение взаимосвязи между электродным потенциалом и константой равновесия реакции образования сопряженной окислительно-восстановительной пары (в случае марганцевого месторождения потенциалопределяющими парами выбраны $\text{Mn}^{2+}/\text{MnO}_2$ и $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$), можно рассчитать некоторые граничные условия устойчивого существования указанных компонентов, с тем чтобы выявить возможности их миграции. На рис. 72 показана диаграмма соотношений устойчивости компонентов марганца и железа в координатах Eh – pH для 25° С. Марганец, как элемент с переменной валентностью, проявляет резко выраженные окислительно-восстановительные свойства и, в определенных условиях, окисляет Fe^{2+} до Fe^{3+} . График построен для концентраций марганца от 10^{-6} до 1 моль/л и отношений $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$ от 1000:1 до 1:1000. Область между линиями 1 и 2 – зона начала осаждения MnO_2 и исчезновения Mn^{2+} .

Точка *a* характеризует равновесие MnO_2 , $\text{Fe}(\text{OH})_3$, Mn^{2+} в области pH = 4, Eh = 0,76 V при исходной концентрации $[\text{Mn}^{2+}] = 10^0$, отношение, $[\text{Fe}^{3+}]:[\text{Fe}^{2+}] = 1:1$. Повышение кислотности (рассматривается движение от точки *a* вверх по линии 1 может привести к растворению MnO_2 даже без изменения окислительности-восстановительности среды. В условиях, благоприятных для осаждения $\text{Fe}(\text{OH})_3$ (до pH ~ 1,5), подвижной формой будет Mn^{2+} , при этом величина Eh может возрастать до значения 1,05 V.

Точка *b'*. Равновесие MnO_2 , $\text{Fe}(\text{OH})_3$, Mn^{2+} в области pH = 3,3, Eh = 0,83 V при исходной концентрации $[\text{Mn}^{2+}] = 10^0$, исходное отношение $[\text{Fe}^{3+}]:[\text{Fe}^{2+}] = 10:1$. С повышением кислотности до pH ~ 1,5 будут складываться условия такие же, как и в точке *a*, только «размах» допустимых изменений Eh уменьшается.

Аналогичная тенденция будет сохраняться в точках *c'*, *d'*, *e'*. В точке *e'* повышение кислотности может вызвать растворение гидроксида железа, но гидролиз будет подавлен. Восстановится подвижность для окисной формы железа (отношение $[\text{Fe}^{3+}]:[\text{Fe}^{2+}]$ здесь составляет 10000:1, т.е. концентрация Fe^{2+} незначительна). Кислотность среды составляет примерно 1,5-1,7 pH, Eh ~ 1,0 V. Подвижны и Fe^{3+} , и Mn^{2+} . Но если при этом же значении

ox/red – потенциала снизить кислотность до $\text{pH} \sim 3,5$, осаждаться будет не только $\text{Fe}(\text{OH})_3$, но и MnO_2 , при этом марганец может полностью перейти в осадок.

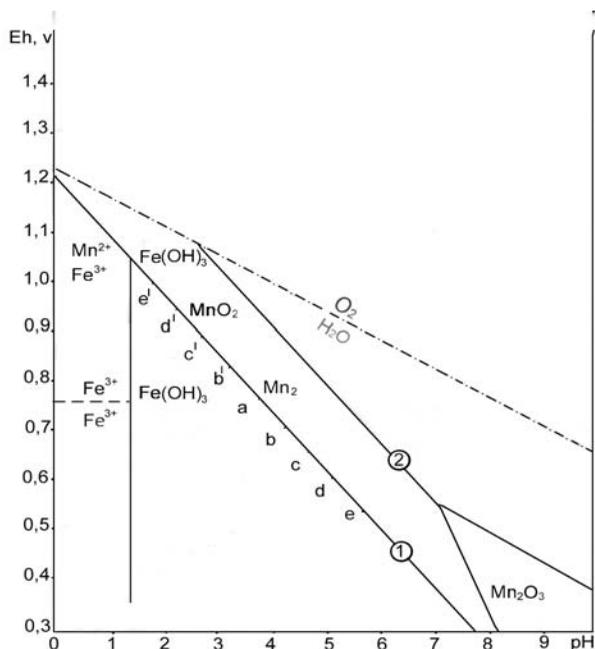


Рис. 72. Соотношения устойчивости минеральных фаз марганца и железа при стандартных условиях.

При движении от точки a вниз по прямой 1 (точки a, b, c) можно охарактеризовать тенденцию следующим образом: хотя возрастает восстановительность среды и исходные растворы содержат преимущественно двухвалентное железо, последнее все же будет осаждено из раствора в гидроксидной форме, а ионы Mn^{2+} будут преобразовываться в MnO_2 при снижении кислотности. При $\text{pH} \sim 7,5$, $\text{Eh} \sim 0,55 \text{ V}$ весь марганец и все железо (изначально двухвалентное) окажется в осадке.

Из рассмотренного примера следует, что условия совместного, либо раздельного осаждения марганца и железа характеризуется определенными сочетаниями значений pH , Eh и концентраций раствора.

3.2. Закономерности распространения марганцевого оруденения на территории Республики Башкортостан

Прогнозирование перспективных площадей для поисков оруденения всегда зависит от степени разработанности теории рудного процесса. Между тем, как следует из материалов предыдущего раздела, в проблеме генезиса марганцеворудных месторождений не все обстоит просто и ясно. Несмотря на большое количество опубликованных материалов, дискуссия по поводу условий образования руд еще продолжается, примером чего может служить разное видение авторами данной монографии истории рудогенеза месторождений Магнитогорского мегасинклинория.

На территории Республики Башкортостан распространены три генетических типа марганцеворудных месторождений и рудопроявлений: гидротермально-осадочные, осадочные морские и болотные. Причем, в ее восточных областях особенно многочисленны месторождения гидротермально-осадочного типа. Они широко развиты в Магнитогорской и Зилаирской структурах, являющихся зонами интенсивно проявленного палеозойского вулканизма. В целом на Южном Урале выделяются несколько возрастных уровней марганцевого оруденения, связанных с палеозойской историей развития региона. В частности, в пределах Мугоджар известны месторождения и рудопроявления марганцевых руд ордовикского возраста (Гаврилов, 1967). В башкирской части Магнитогорского мегасинклинория все марганцевое оруденение контролируется ярлыкаповским горизонтом, который датируется верхней частью эйфельского яруса, а по уральской шкале – нижней частью живетского яруса среднего девона (Салихов, Маслов и др., 1999). Здесь же, в пределах восточного борта этой структуры, известны месторождения турнейского яруса раннего карбона (Салихов, 1997). На территории Зилаирского синклинория датированный возраст Магадеевского проявления марганца – верхний фран, т.е., как по международной, так и по региональной стратиграфическим шкалам отвечает низам верхнего девона (Пучков, 2000, Якупов и др., 2001 ф).

Таким образом, на территории Башкортостана наиболее раннее по времени формирования марганцевое оруденение связано с вулканической деятельностью в среднем девоне (ярлыка-

повский горизонт) в Магнитогорском мегасинклинии и в верхнем девоне (франский ярус) в Зилаирском синклинии. Литологический контроль оруденения осуществляется преимущественно кремнистыми породами, яшмами и яшмоидами бугульгырского горизонта в Магнитогорском мегасинклинии и кремнистыми сланцами ибрагимовской толщи Зилаирского синклиния.

Процессы формирования марганцевого оруденения Республики Башкортостан в общем виде связаны с этапами палеозойской активности Уральской складчатой системы. Наиболее ранние проявления оруденения связаны с задуговым островодужным вулканизмом среднего девона восточных окраин Башкортостана. Позднее, во франское время, центр рудогенеза перемещается на восток, в Зилаирский синклиний, где формируются гидротермально-осадочные месторождения. В нижнекаменноугольное время, на западной окраине складчатой области Башкирского Урала марганцевое рудообразование обусловлено процессами осадконакопления (гидрогенного), а в Магнитогорском мегасинклинии в это же время формируются вулканогенно-осадочные месторождения.

Дальнейшее проявление марганцевого оруденения связано с осадконакоплением в области передового прогиба. В условиях жесткой коллизии Уральской складчатой системы в перми (Пучков, 2000; Салихов, 1997), приведшей к горообразованию, насыщенные металлами морские воды устремились в прогиб между платформой и горными сооружениями, где и происходило гидрогенное осаждение металла. Наконец, разрушение горной системы обнажило марганцеворудные месторождения или вывело их на уровень грунтовых вод, благодаря воздействию которых марганец выщелачивался и переносился поверхностными водами в различные водоемы, в том числе болота. В последних происходило формирование бобовых руд благодаря присутствию в осадке органического вещества, при разложении которого формировалась восстановительная обстановка, способствовавшая рудогенезу.

Перспективы Республики Башкортостан на марганцевое сырье хотя и довольно значительны, но характеризуются определенной спецификой. Выше было отмечено, что гидротермально-осадочные месторождения, формировавшиеся в тесной связи с вулканическими процессами, представлены в основном небольшими объектами с запасами руд 100-400 тыс. т и, как ис-

ключение, 1500 тыс. т. Но хотя и башкирская часть Магнитогорского мегасинклиория изучена достаточно хорошо, приведенные материалы свидетельствуют, что здесь вполне вероятно выявление новых близповерхностных (до глубин 150 м) месторождений. Более глубокие горизонты (свыше 250 м) также являются перспективными, но экономическая целесообразность разработки мелких объектов на таких глубинах, мягко говоря, сомнительна. Большой интерес в этом плане представляет малоизученный Зилаирский синклиорий, где возможно обнаружение близповерхностных рудных скоплений в промышленных масштабах.

Значительные перспективы, по нашему мнению, присущи также центральной и западной частям Башкортостана и структурам передовых линейных складок Урала, где расположена Зианчуринско-Кугарчинская группа марганцевых объектов, контролирующаяся нижнекаменноугольными кремневыми известняками и глинистыми сланцами серигуловского горизонта. Этот горизонт нижнего карбона является рудоносным на всем его простирании (Шарков, 1991).

Кроме этого, нельзя не отметить Улутеляжскую группу оруденелых известняков пермского возраста со значительными, уже выявленными на сегодняшний день, запасами и не менее значительными перспективами. Здесь же следует отметить и мнение В.В.Голоты (2000), который обосновывает перспективность новых площадей, расположенных на территории междуречья рек Лемезы и Инзера.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе приведены сведения о большинстве из известных месторождений и рудопроявлений марганца в Башкортостана. Дано подробное описание минерального состава гидротермально-осадочных месторождений востока Башкортостана, которым охвачены не только главные минеральные фазы, но и второстепенные, и акцессорные – всего около шестидесяти минералов. Диагностированы находки очень редких минералов, часть из которых описана впервые в регионе, на Урале и в России. Среди распространенных минералов установлены редкие их разновидности специфического химического состава.

С применением методов равновесной химической термодинамики проведен анализ состояния наиболее распространенных минералов марганца, позволяющий определить конкретные физико-химические условия, предопределяющие отложение, устойчивое существование и преобразование реальных ассоциаций рудных минералов.

Полученные новые данные, уточняющие стратиграфическое положение большинства месторождений, позволяют говорить о наличии единого марганцеворудного горизонта в разрезе палеозойских отложений востока Башкирии. Все гидротермально-осадочные месторождения локализируются на уровне ярлыкаповского горизонта и его возрастных аналогов в иных структурно-фациальных подзонах Магнитогорской мегазоны. Этот вывод может служить основой для концентрации поисково-разведочных работ в определенных районах или определять направленность и целесообразность доразведки известных месторождений для увеличения прироста уже существующих запасов.

В то же время, мы отдаем себе отчет в том, что проблема генезиса марганцевых месторождений остается открытой, так как, даже у авторов данной работы нет единой точки зрения по этому вопросу. Причиной такого положения дел, на наш взгляд, является сложность проблемы, во многом определяемой свойствами самого рудного элемента – марганца, химически активного переходного металла с ярко выраженной склонностью к изомерфизму, комплексообразованию, проявлению поливалентности и разных окислительно-восстановительных свойств. Ее решение во многом зависит от совершенствования методов иссле-

дования вещества, количественного определения физико-химических параметров рудогенеза в различных геологических обстановках и разработки теорий минерало- и рудообразования в целом.

Кроме того, дальнейшей проработки требует вопрос о совершенствовании методики обогащения бедных, некондиционных руд, так как их обогащение широко используемыми сегодня механическими и физическими способами приводит к тому, что процент выхода богатых, соответствующих кондициям руд составляет менее 20 %, а остальное уходит в хвосты. Таким образом, в первую очередь должны внедряться химические методы обогащения, которые позволяют достигать полного извлечения марганца из оксидных бедных руд любого качества. Но выбор технологии этого процесса и связанные с этим экономические расчеты представляют собой самостоятельную задачу, не входящую в число решаемых в этой книге.

АЛФАВИТНЫЙ СПИСОК МЕСТОРОЖДЕНИЙ И РУДОПРОЯВЛЕНИЙ

№ п/п	Название объекта	Стр.
1.	Абыкай	65
2.	Аркры-Гур	78
3.	Аскаровское	162
4.	Асылловское	112
5.	Аумышевское	84
6.	Аюсазовское	81
7.	Баимовское	70
8.	Бай-Султан	50
9.	Басаевское	107
10.	Бика-Курккан	182
11.	Биккуловское	74
12.	Бильское	64
13.	Богосты	66
14.	Восточное Каракасты 1	67
15.	Габдимовское	68
16.	Губайдуллинское	108
17.	Давлетовское	107
18.	Даутовское	162
19.	Западно-Никольское	57
20.	Зианчуринское	179
21.	Зилаирское	169
22.	Ильтибановское	66
23.	Имян-Караул II	183
24.	Исяновское	111
25.	Ишбердинское	96
26.	Казган-Таш	92
27.	Каракасты	67
28.	Кожаевское	47
29.	Колтубанское	101
30.	Кужановское	164
31.	Кураминское	45
32.	Кусимовское	79
33.	Кызыл-Ташское	90

34.	Малые Учалы	57
35.	Мама-Аик	66
36.	Мамиля	95
37.	Никольское	53
38.	Ниязгулово I	71
39.	Ниязгулово II	76
40.	Ново-Кучаровское	163
41.	Нуккутуба	73
42.	Рахметовское	89
43.	Салаватовское	165
44.	Сар-Бай	51
45.	Северо-Файзуллинское	101
46.	Серегуловское	175
47.	Сукраковское	115
48.	Сулеймановское	41
49.	Таган-де-Биль	65
50.	Тальшман	63
51.	Тетраукское	57
52.	Тус-Га	66
53.	Улу-Елга	185
54.	Улу-Тау	64
55.	Улутелякское	187
56.	Уразовское	60
57.	Хусаиновское	107
58.	Шадьгаевское	106
59.	Шигрышское	177
60.	Эн-Баш	106
61.	Южно-Файзуллинское	103
62.	Южный Абыкай	65
63.	Юмагужинское	97
64.	Ялимбетовское	86
65.	Янзигитовское	99
66.	Ярлыкаповское	107
67.	Яу-Сапкан	183

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Адамчук В.А.* Марганец СССР в мировой марганцевой промышленности / Москва-Ленинград: Государственное научно-техническое горное издательство, 1932. 66 с.
2. *Алексиев Б.* Неотокит из олигоценового марганцеворудного горизонта Варненского района // Минералогич. сборник. Львовского геол. об-ва, № 14, 1960. С. 208-214.
3. *Барсанов Г.П.* О изоморфном ряде аксинита и новом минеральном виде севергените // Труды Минералогич. музея АН СССР, вып. 3, 1951.
4. *Бетехтин А.Г.* Южноуральские марганцевые месторождения как сырьевая база магнитогорского металлургического комбината имени Сталина // Труды ИГН АН СССР, вып. 30, 1940.
5. *Бетехтин А.Г.* О генетических типах марганцевых месторождений // Изв. АН СССР, сер. геол. Москва-Ленинград: 1944. С. 3-42.
6. *Бетехтин А.Г.* Классификация промышленных марганцевых руд // Горный журнал, № 1, 1945. С.11-14.
7. *Бетехтин А.Г.* О новой марганценосной провинции на Южном Урале // ДАН, № 1, 1945. С. 44-47.
8. *Бетехтин А.Г.* Промышленные марганцевые руды СССР // М.: Изд-во АН СССР, 1946. 315 с.
9. *Бояркин А.П.* Условия образования магнетитовых и сидеритовых месторождений на Южном Урале и их прогнозирование // Дис... канд. геол.-минер. наук. Уфа: рукоп., 1980. 218 с.
10. *Брусницын А.И.* Родонитовый пояс Урала // Уральская летняя минералогическая школа-2000 // Екатеринбург: УГГГА, 2000 а. С. 28-38.
11. *Брусницын А.И.* Родонитовые месторождения Среднего Урала (минералогия и генезис) // СПб.: Из-во СПбГУ, 2000 б. 201 с.
12. *Брусницын А.И.* Минералогия марганцевых месторождений восточной Башкирии и перспективы их освоения // Геология и перспективы расширения сырьевой базы Башкортостана и сопредельных территорий. Уфа: ИГ УФНЦ РАН, 2001 а. С. 166-168.
13. *Брусницын А.И.* Файзулинская группа марганцевых месторождений (Южный Урал) // Металлогения древних и современных океанов-2001. История месторождений и эволюция рудообразования. Миасс: Ин-т минер., УрО РАН, 2001 б. С. 111-120.

14. *Брусницын А.И., Жуков И.Г., Семкова Т.А., Старикова Е.В.* Уразовское марганцевое месторождение (Южный Урал) / Палеогеографические и геодинамические условия образования вулканогенно-осадочных месторождений // Тез. докл. междунар. конф. Миасс: Ин-т минер., УрО РАН, 1997 а. С.207-209.
15. *Брусницын А.И., Семкова Т.А., Жуков И.Г.* Пьемонтит из Уразовского марганцевого месторождения (Южный Урал) // Уральская летняя минералогическая школа-97. Екатеринбург: УГГА, 1997 б. С. 231-215.
16. *Брусницын А.И., Семкова Т.А., Чуканов Н.В.* Манганаксинит из месторождения Кызыл-Таш – новая находка на Южном Урале // Вестник СПбГУ. Сер. 7. Геология, география, 1997 в, вып. 2. С. 89-94.
17. *Брусницын А.И., Старикова Е.В., Кривовичев С.В., Чуканов Н.В.* Бариевый парсеттенсит из марганцевого месторождения Кызыл-Таш (Южный Урал) // Записки Всероссийского минералогического общества, № 6, 1999 а.С. 79-90.
18. *Брусницын А.И., Кольцов А.Б., Калинина О.Г.* Минеральные ассоциации и термобарометрия метаморфизованных марганцевых руд Парнокского месторождения (Полярный Урал) // Уральская летняя минералогическая школа-99. Екатеринбург: УГГА, 1999 б. С. 260-264.
19. *Брусницын А.И., Старикова Е.В., Жуков И.Г.* Марганцевое месторождение Кызыл-Таш (Южный Урал, Россия): девонский прототип низкотемпературных гидротермальных построек современного океана // Геология рудных месторождений, Т. 42, № 3, 2000 а. С. 231-247.
20. *Брусницын А.И., Папчинская М.А., Нестеров А.Р.* Новые данные о Кусимовском марганцевом месторождении (Южный Урал) // Металлогения древних и современных океанов-2000. Открытие, оценка, освоение месторождений. Миасс: Ин-т минер. УрО РАН, 2000 б. С. 72-77.
21. *Брусницын А.И., Папчинская М.А., Романова Ю.И.* Браунит из марганцевых месторождений Южного Урала // Минералогические Музеи в XXI веке. Материалы международного симпозиума. СПб.: СПбГУ, 2000 в. С. 22-23.
22. *Брусницын А.И., Старикова Е.В., Щукарев А.В., Чуканов Н.В., Калинина О.Г.* Кариопилит из марганцевого месторождения Кызыл-Таш (Южный Урал) // Записки Всероссийского минералогического общества, № 6, 2000 г. С. 108-118.

23. *Брусницын А.И., Старикова Е.В., Чуканов Н.В., Семкова Т.А.* Новые данные о манганбабингтоните // Записки Всероссийского минералогического общества, № 5, 2001. С. 82-91.
24. *Брусницын А.И., Чуканов Н.В.* Условия образования и характер метаморфогенных трансформаций неотокита // Некристаллическое состояние твердого минерального вещества. Сыктывкар: ИГ КНЦ РАН, 2001. С. 106-110.
25. *Брусницын А.И., Чуканов Н.В.* Риббеит и аллеганит из марганцевых пород Южно-Файзулинского месторождения (Южный Урал) // Записки Всероссийского минералогического общества, 2002. (в печати).
26. *Варенцов И.М., Рахманов В.П.* Месторождения марганца // Рудные месторождения СССР / Под ред. Смирнова В.И. М.: Недра, 1978. Т. 1. С. 112-171.
27. *Варенцов И.М., Формозова Л.Н.* Осадочные руды железа и марганца // Тр. Геол. ин-та. Вып. 70. М.: АН СССР, 1962. 175 с.
28. *Вахромеев И.С., Макушин А.А., Ходак Ю.А., Павлов В.В.* Палеовулканические условия образования эвгеосинклинальных марганцевых месторождений на Южном Урале // Геология и геохимия марганца. М.: Наука, 1982. С. 132-137.
29. *Вернадский В.И.* Очерки геохимии. М.: Наука, 1983. С. 82-100.
30. *Гаврилов Л.А.* Марганценосный вулcano-осадочный комплекс ордовика Южного Урала и Северных Мугоджар. М.: Наука, 1967. 114 с.
31. *Гаврилов Л.А.* О роли диагенеза в формировании эксгальционно-осадочных марганцевых руд. ДАН СССР, т. 191, № 3, 1970. С. 667-670.
32. *Гаврилов А.А.* Эксгальционно-осадочное рудонакопление (на примере Урала и Казахстана). М.: Недра, 1972. 215 с.
33. *Гаррелс Р.М., Крайст Ч.Л.* Растворы, минералы, равновесия. М.: Мир, 1968 г. 367с.
34. *Герасимов Н.Н., Наседкина В.Х., Онищенко С.А., Шишкин М.А.* Минеральный состав руд Парнокского железо-марганцевого месторождения (Полярный Урал, Россия) // Геология рудных месторождений, Т. 41, № 1, 1999. С. 84-96.
35. *Голота В.В.* Подготовительная стадия осадочного марганцеворудного процесса. Уфа: 2000. 90 с.
36. *Грибов Е.М.* Улутелякское марганцевое месторождение (Башкирское приуралье) // Геология рудн. м-ний, том XIV, №6, 1972. С. 95-101.

37. *Гурвич Е.М.* Марганценакопление и бассейны черносланцевой седиментации // Марганцевые руды. Л.: ВСЕГЕИ, 1992. С. 9-11.
38. *Дир У.А., Хауи Р.А., Зусман Дж.* Породообразующие минералы. Т.3. М.:Мир, 1966. 317 с.
39. *Жуков И.Г.* Девонские марганценозные отложения Магнитогорской палеоостроводужной системы / Автореферат канд. дисс. Екатеринбург: 2000. 23 с.
40. *Жуков И.Г.* Генетические типы девонских марганценозных отложений Магнитогорской палеоостроводужной системы // Металлогения древних и современных океанов-2000. Открытие, оценка, освоение месторождений. Миасс: Ин-т минер. УрО РАН, 2000. С. 63-67.
41. *Жуков И.Г., Мизенс Л.И., Сапельников В.П.* О находке бентосной фауны на низкотемпературном палеогидротермальном поле Южно-Файзулинского марганцевого месторождения (Южный Урал) // Металлогения древних и современных океанов-98. Руды и генезис месторождений. Миасс: Ин-т минералогии УрО РАН, 1998. С. 111-116.
42. *Жуков И.Г., Леонова Л.В.* Бентосная фауна из придонной гидротермальной постройки Файзулинского низкотемпературного палеогидротермального поля // Металлогения древних и современных океанов-99. Рудоносность гидротермальных систем. Миасс: Ин-т минер. УрО РАН, 1999. С. 74-79.
43. *Зайков В.В., Зайкова Е.В., Масленников В.В.* Строение, рудоносность и методика геологического картирования островодужных комплексов Южного Урала // Геологическое картирование вулcano-плутонических поясов /Под ред. Межеловского В.Н. Москва: Геокарт, 1994. С. 191-264.
44. *Зайкова Е.В.* Кремнистые породы офиолитовых ассоциаций (на примере Мугоджар). М.: Наука, 1991.
45. *Зоненшайн Л.П., Кориневский В.Г., Казьмин В.Т. и др.* Строение и развитие Южного Урала с точки зрения тектоники литосферных плит // История развития Уральского палеокеана. М.: ИО АН СССР, 1984. С. 6-56.
46. Инструкция по применению классификации запасов к месторождениям марганцевых руд // Сборник руководящих материалов по геолого-экономической оценке месторождений полезных ископаемых. М.: Из-во ГКЗ СССР, 1985.
47. *Калинин В.В.* Марганцевые и железо-марганцевые месторождения восточного склона Южного Урала // Марганцевые месторождения складчатых областей СССР. М.: Наука, 1978. С. 55-90.

48. *Келлер Б.М.* Каменноугольные и нижнепермские отложения юго-западной окраины Каратауского комплекса // Сов. геология, сб.9, 1946.
49. *Ким А.А., Заикина Н.В.* Самородный марганец из щелочных пикритов // Отечественная геология, 2001. С. 32-34.
50. *Киреев А.В.* Курс физической химии. М: Химия. 1975. 775 с.
51. *Контарь Е.С., Савельева К.П., Сурганов А.В., Алешин Б.М., Шишкин М.А., Герасимов Н.Н., Костромин Д.А., Папулова О.Б., Сергеева В.В.* Марганцевые месторождения Урала. Екатеринбург, 1999. 118 с.
52. *Коробейникова Ю.С., Брусницын А.И.* Марганцевый клинохлор Южно-Файзулинского марганцевого месторождения (Южный Урал) // Уральская летняя минералогическая школа-2000. Екатеринбург: УГГГА, 2000. С. 351-253.
53. *Курбатов Л.М.* Месторождения марганца в Башкирии // Тр. третьего Всесоюзного совещания по черным металлам. М.-Л.: госуд. науч.-техн. геол. развед., 1933. 221 с.
54. *Либрович Л.С.* К геологии южной части Башкирского Урала. Тр. ВГРО, вып. 144, 1932. С. 1-66.
55. *Лазаренко Е.К.* Курс минералогии. М.: Высшая школа, 1971. 277 с.
56. *Либрович Л.С.* Геологическое строение Кизило-Уртазымского района на Южном Урале. Тр. ЦНИГРИ, вып. 81, 1936. С. 1-208.
57. *Листова Л.П.* Физико-химические исследования условий образования окисных и карбонатных руд марганца. М.: АН СССР, 1961. 120 с.
58. *Лисицын А.П.* Гидротермальные системы мирового океана – поставка эндогенного вещества // Гидротермальные системы и осадочные формации срединно-океанических хребтов Атлантики. М.: Наука, 1993. С. 147-246.
59. *Макушин А.А.* О марганце в нижнепермской галогенной формации Башкирского Приуралья. ДАН СССР. т. 191, № 6, 1970. С. 1381-1384.
60. *Макушин А.А.* О генезисе марганцевого оруденения среди отложений нижнепермской галогенной формации Башкирского Приуралья // ДАН СССР. т. 206. № 3. 1972. С. 683-686.
61. *Макушин А.А.* Закономерности распределения марганца в отложениях улутелякской свиты (Башкирское Предуралье) // Литология и полезные ископаемые, № 2, 1975. С. 70-80.

62. Марганцевое рудообразование на территории СССР // Материалы совещания по марганцевым рудам. Май 1982, г. Каражал. М.: Наука, 1984. 293 с.
63. *Марфунин А.С.* Введение в физику минералов. М.: Недра, 1974. 324 с.
64. Медноколчеданные месторождения Урала. Условия формирования / Под ред. С.Н.Иванова и В.А.Прокина. Екатеринбург: УрО РАН, 1992. 307 с.
65. *Мельник Ю.П.* Экспериментальные исследования по окислению сидерита водяным паром // Исследования природного и технического минералообразования. М.: Наука, 1966. С. 120-126.
66. Минералы. Справочник. Под ред. Н.Н.Смоляниновой. М.: Наука, т. IV, Вып. 2, 1992. 661 с.
67. *Михайлов Б.М.* Актуальные проблемы прогнозирования марганцевых месторождений на Урале // Литология и полезные ископаемые, № 1, 2001. С. 3-15.
68. *Михайлов Б.М.* Рудоносные коры выветривания. Л.: Недра, 1986. 238 с.
69. *Мстиславский М.М.* Принципы прогнозирования промышленных месторождений // Руды и металлы, № 3-5, 1994. С. 29-37.
70. *Мстиславский М.М.* Закономерности образования месторождений марганца на континентах // Изв. вузов: геология и разведка, № 2, 1987. С. 47-54.
71. *Мстиславский М.М., Рахманов В.П.* Роль генетических концепций при прогнозировании месторождений марганца // Руды и металлы, № 1, 1997. С. 16-24.
72. *Мур. П.* Минералы пегматитов // Минералогическая энциклопедия. Л.: Недра, 1985. С. 191-195.
73. *Неберидзе Д.С.* Глубокое извлечение марганца из карбонатных концентратов / Электрохимия марганца. IX. Тбилиси: Мецниереба, 1988. С. 158-163.
74. Обогащение твердых полезных ископаемых // Горная энциклопедия. Под ред. Л.А.Барского. т. 3. М.: Советская энциклопедия, 1987. С. 531-532.
75. Оценка месторождений при поисках и разведках. Вып. 14 // Авалиани Г.А. Марганец. М.: Госполитиздат, 1953. 139 с.
76. *Обвинников Л.Н.* Полезные ископаемые и металлогения Урала. М.: Геоинформатик, 1998. 413 с.
77. *Павлов Д.И., Домбровская Ж.В.* Осадочные месторождения марганца как продукты восходящей разгрузки подземных вод нефтеносных бассейнов // Отечественная геология, № 8, 1993. С. 21-26.

78. Папчинская М.А., Брусницын А.И. Процессы метаморфогенного минералообразования в марганцевых рудах Кусимовского месторождения (Южный Урал) // Металлогения древних и современных океанов-2001. История месторождений и эволюция рудообразования. Миасс: Ин-т минер. УрО РАН, 2001. С. 124-129.
79. Парагенезис металлов и нефти в осадочных толщах нефтегазоносных бассейнов / Под ред. Д.И.Горжевского, Д.И.Павлова. М.: Недра, 1990. 269 с.
80. Пирогов Б.И., Пирогова В.В. Минералогическое исследование железных и марганцевых руд. М.: Недра, 1973. 214 с.
81. Пирожок П.И., Перова Е.Н., Орлов М.П. Марганцевая минерализация Учалинского медноколчеданного месторождения // Металлогения древних и современных океанов-2000. Открытие, оценка, освоение месторождений. Миасс: Ин-т минер. УрО РАН, 2000. С. 78-82.
82. Плетнев П.А. Минералогия гондитов и метавулканитов пренит-пумпеллиитовой фации Учалинского колчеданного месторождения, Южный Урал // Уральская летняя минералогическая школа-1995. Екатеринбург: УГГГА, 1995 а.
83. Плетнев П.А. Минералогия гондитов и метавулканитов пренит-пумпеллиитовой фации Кожаевского марганцевого месторождения, Южный Урал // Уральская летняя минералогическая школа-1995. Екатеринбург: УГГГА, 1995 б.
84. Постнов П.М. Марганцевые месторождения Абзелиловского района Башкирской АССР // Разведка недр, № 15, 1934. С. 9-12.
85. Пучков В.Н. Палеоокеанические структуры Урала // Геотектоника, № 3, 1993. С. 18-33.
86. Пучков В.Н. Палеодинамика Южного и Среднего Урала. Уфа: Даурия, 2000. 146 с.
87. Рой С. Месторождения марганца. М.: Мир, 1986. 520 с.
88. Руманс С.И.М. Применение высоких давлений в препаративной химии / Препаративные методы в химии твердого тела. М.: Мир, 1976. С. 94-156.
89. Салихов Д.Н. Среднепозднепалеозойская коллизионная история развития Магнитогорского мегасинклинория / Автореферат докторской диссертации. Екатеринбург: 1997. 85 с.
90. Салихов Д.Н., Яркова А.В. Нижнекаменноугольный вулканизм Магнитогорского мегасинклинория. Уфа: 1992. 138 с.
91. Салихов Д.Н., Маслов В.А., Артюшкова О.В., Бабуров А.В. К проблеме марганцевого оруденения в Башкирской части Магнитогорского мегасинклинория // Геология и полезные ископае-

мые республики Башкортостан проблемы и перспективы освоения минерально-сырьевой базы. Уфа: Институт геологии УНЦ РАН, 1999. С. 157-159.

92. *Санько Л.А.* Полицикличная гидротермальная кварц-гематитовая постройка Янзигитовского марганцевого месторождения // Ежегодник-1988. Свердловск: ИГиГ УрО СССР, 1989. С. 81-85.

93. *Семкова Т.А.* Марганцевые руды Кожаевского месторождения (Южный Урал) // Металлогения древних и современных океанов-2001. История месторождений и эволюция рудообразования. Миасс: Ин-т минер. УрО РАН, 2001. С. 120-124.

94. *Семкова Т.А., Брусницын А.И.* Силикаты марганца Уразовского марганцевого месторождения (Южный Урал) // Металлогения древних и современных океанов-99. Рудоносность гидротермальных систем. Миасс: Ин-т минер. УрО РАН, 1999. С.68-71.

95. *Семкова Т.А., Брусницын А.И.* Редкие силикаты марганца Кожаевского месторождения (Южный Урал) // Геология и перспективы расширения сырьевой базы Башкортостана и сопредельных территорий. Уфа: ИГ УФНЦ РАН, 2001. С. 169-172.

96. *Семкова Т.А., Брусницын А.И., Жуков И.Г.* Уразовское марганцевое месторождение (Южный Урал) // Геология и перспективы расширения сырьевой базы Башкортостана и сопредельных территорий. Уфа: ИГ УФНЦ РАН, 2001. С. 162-175.

97. *Семкова Т.А., Брусницын А.И., Чуканов Н.В., Бритвин С.Н.* Кумбсит из Кожаевского марганцевого месторождения (Южный Урал) // Записки Всеросс. Минералог. Общ-ва, № 2, 2002.

98. *Серавкин И.Б., Косарев А.М., Салихов Д.Н., Знаменский С.Е., Родичева З.И., Рыкус М.В., Сначев В.И.* Вулканизм Южного Урала. М.: Наука, 1992. 195 с.

99. *Серков А.Н.* Состояние сырьевой базы родонита на Урале // Горный журнал. Уральское горное обозрение, вып. 11, 1993. С. 137-139.

100. *Смирнов С.З., Ишков Ю.М.* Рудообразующие компоненты флюидов остаточных гранитных пегматитов (на примере пегматитов массива Кент, Центральный Казахстан) // Тр. РАН СО. Объед. ин-т. геологии, геофизики и минералогии, № 832, 1995. С. 44-49.

101. *Соколова Е.А.* Марганценосность вулканогенно-осадочных формаций // Тр. ГИН АН СССР. Вып. 360. М.: Наука, 1982. 195 с.

102. Справочник по обогащению руд. Основные и вспомогательные процессы. М.: Недра, т. 2, часть 2, 1974. С. 149-151, 166-167.

103. *Спейдл Д.* Браунит / Минералогическая энциклопедия. М.: Недра, 1985. С.364.
104. *Старикова Е.В.* Особенности морфологии и химического состава марганецсодержащих гранатов из месторождения Кызыл-Таш, Южный Урал // Вестник СПбГУ. Сер. 7: Геология, география, Вып. 4, 1999. С. 98-107.
105. *Старикова Е.В.* Геологическое строение, минералогия и условия формирования марганцевого месторождения Кызыл-Таш, Южный Урал // Дис. канд. геол.-мин. наук. СПб.: СПбГУ, 2001. 227 с.
106. *Столяров А.А.* Проблемы формирования крупномасштабных концентраций марганца в сероводородных бассейнах и перспективы их выявления в России // Руды и металлы, № 1, 1993. С. 32-38.
107. *Страхов Н.М.* Типы накоплений марганца в современных водоемах и их значение для познания марганцеворудного процесса // Литология и полезные ископаемые, № 4, 1965. С. 18-49.
108. *Сурин Т.Н., Мосейчук В.М.* Геодинамика развития Магнитогорского палеовулканического пояса (Южный Урал) // Вестник СПбГУ. Сер. 7: Геология, география, вып. 4, 1995. С. 11-18.
109. *Сулов А.Г.* Марганец // Металлы в осадочных таблицах. М.: Наука, 1964. С. 100-170.
110. *Суставов С.Г., Брусницын А.И., Ильина А.Н., и др.* Новые данные о баннистерите // Записки Всероссийского минералогического общества, № 5, 1997. С. 64-74.
111. *Теленков О.С., Масленников В.В.* Автоматизированная экспертная система типизации кремнисто-железистых отложений палеогидротермальных полей Южного Урала. Миасс: Ин-т минер. УрО РАН, 1995. 198 с.
112. *Тигунов Л.П.* Состояние и перспективы развития сырьевой базы черной металлургии. Марганцевые руды // Минеральные ресурсы России, № 4, 1994. С. 14-19.
113. *Топорков Д.Д., Кожевников К.Е.* Марганцевые месторождения Южного Урала // Полезные ископаемые. Тр. НИИ Геологии, разведки и исследования минер. сырья. Свердловск: Уралгеомин, вып. 2, 1938.
114. *Филонов В.П., Радченко В.В.* К проблеме укрепления марганцеворудной базы Республики Башкортостан // Геология и полезные ископаемые Республики Башкортостан, проблемы и перспективы освоения минерально-сырьевой базы. Мат-лы III Республ. геол. конф. Уфа: ИГ УНЦ РАН, 1999. С. 159-161.

115. *Хабиков А.В.* Улутеляк – новое месторождение окисленных карбонатных марганцевых руд в пермских отложениях Башкирии. Изв. АН СССР. Серия геолог., № 4, 1944. С. 70-85.
116. *Хворова И.В.* Среднекаменноугольные отложения западного склона Урала в пределах Южной Башкирии и Оренбургской области. БМОИП, нов. сер., т. XLV, отд. геол., вып. 6, 1937.
117. *Херасков Н.П.* Геология и генезис Восточно-Башкирских марганцевых месторождений // Вопросы литологии и стратиграфии СССР. Памяти академика А.Д.Архангельского. М.: Из-во АН СССР, 1951.
118. *Шарков А.А.* Закономерности распределения марганца в серегуловском горизонте на Южном Урале // Литология и полезные ископаемые, № 1, 1991. С. 72-85.
119. *Штрэнберг Л.Е.* О некоторых деталях процесса осадочного рудообразования (на примере марганцевых руд Восточного Зауралья) // ДАН СССР, т. 138, № 5, 1961. С. 1183-1186.
120. *Штрэнберг Л.Е., Карасева Г.И., Рычкова В.Б.* К вопросу о роли диагенеза в образовании марганцевых руд // ДАН СССР, т. 143, № 2, 1962. С. 430-433.
121. *Boström K., Farquharson B. and Eyl W.* Submarine hot springs as a source of active ridge sediments. // Chem. Geol. 10. 1971. P 189-203.
122. *Boström K.* Particulate and dissolved matter as sources for pelagic sediments. // Acta Univ. Stockholm., Stockholm Contrib. Geol. 30. 1976. P. 17-79.
123. *De Villiers J.P.R.* The crystal structure of braunite II and its relation to bixbyite and braunite // Amer.Miner. 1980, Vol. 65, P.756-765.
124. *Eggleton R.A., Pennington J.H., Freeman R.S., e.a.* Structural aspect of the hisingerite-neotocite series // Clay. Miner., 1983. Vol. 18. P. 21-31.
125. *Eggleton R.A., Guggenheim S.* The use of electron optical methods to determine the crystal structure of a modulated phyllosilicate: Parsettensite. // Amer.Miner. 1994, Vol. 79. P.426-437.
126. *Guggenheim S., Bailey S.W., Eggleton R.A., Winkles P.* Structural aspects of the greenalite and related minerals. // Canad.Miner. 1982. Vol.20. P. 1-18.
127. *Guggenheim S., Eggleton R.A.* Crystal chemistry, classification, and identification of modulated layer silicate. // Mineralogical Society of America, Reviews in Mineralogy, 1988, Vol. 19. P. 675-725.

128. *Guggenheim S., Eggleton R.A.* Modulated crystal structures of greenalite and caryopilite: a system with long-range, in-plane structural disorder in the tetrahedra sheet // *Canad.Mineral.* 1998. Vol.36. P. 163-179.
129. *Kato A., Matsubara S.* Ribbeite from the Kaso mine, Kanuma City, Tochigi Prefecture, Japan // *Mineral. Jour.* 1994. Vol. 17. № 2. P. 77-82.
130. *Kullerud G.* Сульфидно-карбонатные реакции. В кн.: Экспериментальная петрология и минералогия. М.: Недра, 1971. 324 с.
131. *Marescotti P., Frezzotti M.L.* Alteration of braunite ores from Eastern Liguria (Italy) during syntectonic veining processes: mineralogy and fluid inclusions / *Eur.J.Mineral.* 2000. № 2. P. 341-356.
132. *Matsubara S., Kato A.* A barian bannisterite from Japan // *Miner. Mag.*, 1989. Vol. 53. P. 85-87.
133. *Peacor D.R., Dunn P.J., S.-C. Su, Innes J.* Ribbeite, a polymorph of alleghanyte and member of the leucophoenicite group from the Kombat mine, Namibia // *Amer.Mineral.*, 1987. Vol. 72. P. 213-216.
134. *Robie R.A., Hemingway B.S.* Thermodynamic Properties of Minerals and Related Substances at 298.15K and 1Bar (10^5 Pascals) Pressure and at Higher Temperatures // *U.S.Geol. Survey Bull.* 2131. Washington. 1995. P. 203.
135. *Sameshima T., Kawachi Y.* Coombsite, Mn analogue of zussmanite, and associated Mn-silicates, parsettensite and caryopilite, from southeast Otago, New Zealand // *New Zealand Jour. of Geology and Geophysics*, 1991. Vol. 34. P. 329-335.
136. *Sanero E., Gottardi G.* Nomenclature and crystallochemistry of axinites // *Amer.Mineral.*, 1968. Vol. 53. P. 1407-1411.

Делир Нурзадаевич Салихов
Сергей Григорьевич Ковалев
Алексей Ильич Брусницын
Галина Ивановна Беликова
Павел Григорьевич Бердников
Татьяна Алексеевна Семкова
Екатерина Владимировна Сергеева

**ПОЛЕЗНЫЕ ИСКОПАЕМЫЕ
РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН
(марганцевые руды)**

Рекомендовано к изданию Ученым советом
Института геологии УНЦ РАН
(протокол № 7 от 22 мая 2002)

Оригинал-макет подготовлен в
Институте геологии УНЦ РАН
С.Г.Ковалевым