

Наконец, в северной части массива развиты протяженные (до 200 м по длине при мощности 20-50 м) зоны серпентинизированных гарцбургитов (дунитов?) с убоговкрапленными рудами, полностью замещенными серпентином. При микроскопических исследованиях отчетливо видна хлоритовая кайма вокруг зерен бывших хромшпинелидов, по границам выделяется магнетит с реликтами хромита, а центральная часть практически полностью замещена серпентином. Подобные преобразования достаточно редки и происходят в локальных зонах под действием кислых растворов.

Таким образом, в пределах единого хромоворудного поля устанавливается целый ряд метасоматических процессов, каждый из которых привел к изменению, и нередко полному, составу хромитовых руд. Но если процессы высокотемпературного преобразования приводят к обогащению руд хромом и, отчасти, железом, а следовательно – улучшению их качества, то низкотемпературные явления приводят к формированию низкохромистых магнетитов, не имеющих существенного промышленного значения.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бетехтин А.Г., Кашин С.А. Хромиты СССР. М.: Изд-во АН СССР, 1937. Т. 1. 388 с.
2. Макеев А. Б., Брянчанинова Н. И. Топоминералогия ультрабазитов Полярного Урала. 1999. 252 с.
3. Малахов И.А., Савохин И.В., Бурмако П.Л., Кузнецов В.И. Влияние процессов метаморфизма и метасоматизма на состав хромшпинелидов в ультрамафитов и хромитах Урала // Известия Уральской гос. горно-геол. акад. Серия: Геология и геофизика. Екатеринбург, 2001. Вып. 13. С. 66-73.
4. Москалева С.В. Гипербазиты и их хромитоносность. Л., 1974. 279 с.

УДК 553.32 (470.5)

И.А. Никулина

#### ПЕРСПЕКТИВЫ МАРГАНЦЕНОСНОСТИ ПРИПОЛЯРНОГО УРАЛА

На современном уровне изученности на Урале выделяются 11 стратиграфических уровней марганценосности - от среднерифейского до верхнемелового-нижнепалеогенового. Из них только верхнемеловой-нижнепалеогеновый (североуральский) уровень на сегодняшний день является промышленно значимым: в настоящее время добыча марганцевых руд в России ведется практически только на Тыннинском месторождении в Северо-Уральском бассейне [4].

Северо-Уральский бассейн протягивается узкой меридиональной полосой почти на 300 км от широты г. Серова на юге и до пос. Бурмантово на севере и включает 15 месторождений. 9 из них разведаны детально: Березовское, Ново-Березовское, Южно-Березовское, Екатерининское, Марсятское, Юркинское, Лозьвинское, Ивдельское, Тыннинское; 5 месторождений исследованы на стадиях предварительной разведки или поисково-оценочных работ: Бурмантовское, Южно-Ивдельское, Вишерское, Глухарненское, Колинское. Кроме того, выделяется ряд перспективных площадей, в пределах которых пласты марганцевых руд промышленной мощности вскрыты несколькими профилями скважин.

По общему мнению, марганцеворудный бассейн не ограничивается описанной территорией. На основании детального изучения стратиграфии и тектоники мезокайнозоя Северного Зауралья установлено, что этот бассейн охватывает лишь часть обширной зоны шельфа инфрапалеоценовой трансгрессии, которая наступала с севера. Следовательно, рудосодержащие осадки этого возраста могут быть найдены по простирацию шельфа вдоль восточного склона Урала. В целом бассейн должен соответствовать всей сохранившейся от размыва области шельфа самой древней трансгрессии палеогена на Урале [6]. Эти соображения обусловили целесообразность проведения прогнозных исследований к северу от Северо-Уральского бассейна, на территории Ханты-Мансийского автономного округа.

Методика прогнозных построений определяется масштабом работ, изученностью оцениваемой площади и объемом информации по эталонным объектам.

Геологическим заданием предусматривался мелкомасштабный прогноз (1:500000), что предполагает применение простых методических схем и элементарных приемов математической

обработки данных. Использование в таком масштабе сложных методик и громоздкого математического аппарата создает иллюзию точности, не соответствующей реальности.

Изученность территории отражается в качестве геологической карты, на базе которой выполняется прогноз. Надежность прогнозных построений однозначно определяется точностью геологической основы. Прогнозная оценка марганценосности Приполярного Урала выполнена по Геологической карте Урала территории Ханты-Мансийского автономного округа масштаба 1:500000, составленной в 2002 г. В.А. Душиным, М.М. Павловым, В.Н. Кошевым и О.П. Сердюковой по материалам ПГО "Полярноуралгеология", "Главтюменьгеология", "Уралгеология", ЗапСибНИГНИ и СНИГЭ УГГГА, и вошла в окончательный отчет.

В качестве эталонных объектов для прогнозирования взяты месторождения Северо-Уральского бассейна. Показателем масштаба оруденения для них принята суммарная величина запасов по категориям В, С<sub>1</sub> и С<sub>2</sub>; прогнозные ресурсы с целью повышения надежности прогноза не учитывались.

Условия размещения марганцевых руд в целом изучены достаточно детально. Анализ информации, содержащейся в многочисленных публикациях, позволил сформировать набор рудоконтролирующих факторов, который может рассматриваться как модель геолого-структурных позиций марганцеворудных объектов. Модель объединяет закономерности локализации осадочных марганцевых руд наиболее крупных палеогеновых бассейнов – Никопольского, Чиатурского, собственно Северо-Уральского и др. При разработке модели использованы обобщающие и специальные работы разных авторов [3, 4, 6, 7]

В соответствии с масштабом исследований, модель включает факторы, контролирующие размещение минерализации на уровнях рудных районов и полей. Полученный набор рудоконтролирующих факторов марганцевых руд североуральского типа приводится ниже. Факторы объединены в три группы: палеогеографические, тектонические и литолого-стратиграфические.

#### 1. Палеогеографические

- 1.1. Краевые части эпиплатформенных морских бассейнов
- 1.2. Стык отпрепарированного приподнятого пенеппена и аккумулятивной равнины
- 1.3. Зоны мелководного шельфа с архипелагами островов
- 1.4. Расчлененный рельеф морского дна, углубления дна бассейна: эрозионные углубления-впадины палеозойского фундамента, депрессионные понижения, ложбины и т. д.
- 1.5. Смена регрессивного режима на трансгрессивный

#### 2. Тектонические

- 2.1. Крупные тектонические зоны палеозойского заложения на границе пенеппена и равнины
- 2.2. Малоамплитудные разломы субширотной и диагональной ориентировки, образующие поднятые и опущенные блоки
- 2.3. Опущенные блоки земной коры
- 2.4. Тектонические участки, расположенные вблизи береговой линии (за счет неоднократного поднятия и опускания увеличивается число ритмов осадконакопления и мощность рудоносного горизонта)
- 2.5. Срединные, погруженные, прогибающиеся части стабильных блоков
- 2.6. Крупные депрессии в породах домезозойского фундамента
- 2.7. Прибортовые части депрессий
- 2.8. Наложенные мульды
- 2.9. Пострудная складчатость

#### 3. Литолого-стратиграфические

- 3.1. Верхнемеловой и нижнепалеогеновый стратиграфические уровни
- 3.2. Базальные горизонты верхнемеловых и палеоценовых месторождений
- 3.3. Периоды прекращения вулканической деятельности (отсутствие в разрезе вулканических пород)
- 3.4. Нижние части трансгрессивных серий
- 3.5. Песчано-глинистая кварц-глауконитовая формация
- 3.6. Низкие темпы седиментации (оруденение не разубоживается терригенными породами)
- 3.7. Алевропесчаный либо песчано-алевритовый кварц-глауконитовый с родохрозитом и примесью глинистого монтмориллонит-бейделлитового материала состав пород

3.8. Перекрытие рудоносной толщи более глубоководными образованиями, предохраняющими рудный горизонт от размыва

3.9. Перекрытие рудоносной толщи четвертичными аллювиальными и ледниковыми гравийно-галечными отложениями (под которыми залегают богатые окисленные руды).

Не все из перечисленных факторов могут быть использованы в прогнозной оценке. Одни из них предполагают проведение специализированных (палеогеографических, геоморфологических и др.) исследований, другие не получили отражения на геологической карте-основе. Факторы, которые участвуют в прогнозировании, считаются рабочими.

Для определения геолого-структурных позиций эталонных месторождений использована схема размещения марганцеворудных объектов Урала на структурно-тектонической основе, составленная Е.С. Контарем, К.П. Савельевой и В.В. Сергеевой [4].

Оценкой значимости разных факторов в контроле размещения оруденения является суммарная доля связанных с ними запасов руды в общей величине запасов бассейна.

Разведанные запасы отдельных месторождений опубликованы [6] и характеризуются следующими значениями:

1. Бурмантовское – 12.6 млн т руды по категории С<sub>2</sub>;
2. Тынинское – 838 тыс т, в том числе по категории В – 605 тыс. т;
3. Лозьвинское – 4.66 млн т, по категории В – 2.92 млн т;
4. Юркинское – 12.2 млн т, в том числе по категории В – 3.9 млн т;
5. Полуночное – 4.4 млн т – выработаны и на балансе не стоят;
6. Ново-Березовское – 3683 тыс. т (с отработанными) по сумме категорий;
7. Березовское – 3008 тыс. т, в том числе по категории В – 1580 тыс. т;
8. Южно-Березовское – 2723 тыс. т по сумме категорий;
9. Ивдельское – 5.1 млн т, по категории В – 3.3 млн т;
10. Южно-Ивдельское – 7.2 млн т по категории С<sub>1</sub>;
11. Екатерининское – 9277.7 тыс. т по категории С<sub>1</sub>;
12. Глухарненское – 919 тыс. т по категории С<sub>1</sub>;
13. Вишерское – 3605 тыс. т по категории С<sub>1</sub>;
14. Марсятское – 1139.4 тыс. т по сумме категорий;
15. Колинское – 3465 тыс. т по категории С<sub>1</sub>.

Суммарные разведанные запасы по бассейну, полученные путем сложения приведенных запасов месторождений, составляют 74.8 млн т руды.

Расчет оценок значимости факторов иллюстрирует таблицей. Строки таблицы отвечают рассматриваемым факторам, а столбцы – отдельным месторождениям бассейна, которые для упрощения таблицы указаны номерами, соответствующими приведенным выше. Если данный фактор присутствует на месторождении, в соответствующей клеточке ставится плюс, если нет, – минус. Затем сумма запасов месторождений, на которых данный фактор проявился, делится на общую сумму запасов бассейна и умножается на 10 для приведения к более удобной десятибалльной шкале. Вычисленная таким образом оценка стоит в последнем столбце таблицы.

Как видно из таблицы, 7 факторов получили максимальную оценку – 10 баллов, то есть они установлены на всех эталонных месторождениях. Это краевые части эпиплатформенных морских бассейнов, верхнемеловой-нижнепалеоценовый стратиграфический уровень, прекращение вулканической деятельности (отсутствие в разрезе вулканических пород), трансгрессивный режим, мелководный морской бассейн, терригенная кварц-глауконитовая формация, алевропесчаный состав пород. Эти факторы, таким образом, являются общими и рассматриваются как обязательные. На карте выделяется область присутствия всех обязательных факторов, и дальнейшие прогнозные построения ведутся только в ее пределах. Такой подход позволяет сразу отбраковать большую часть территории и уменьшить объем работы.

Остальные факторы могут присутствовать, а могут и не присутствовать на разных месторождениях. Они считаются разделяющими, или дополнительными.

Так, из 15 рассматриваемых месторождений 11 расположены вблизи береговой линии (на удалении менее 5 км): Бурмантовское, Тынинское, Лозьвинское, Юркинское, Полуночное, Ново-Березовское, Березовское, Южно-Березовское, Ивдельское, Южно-Ивдельское и Марсятское. Их суммарные запасы составляют 57.5 млн т руды. Екатерининское, Глухарненское, Вишерское и Колинское месторождения удалены от береговой линии на более значительное расстояние. Запасы их в сумме равны 17.3 млн т руды. Поделив каждое число на 74.8 и умножив на 10, получаем оценки 7.7 и 2.3 балла соответственно.

Рудоконтролирующие факторы месторождений Северо-Уральского бассейна

Факторы	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Баллы
Краявая часть эпиплатформенного морского бассейна	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	10.0
Положение относительно береговой линии:																
- вблизи (до 5 км)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	+	-	7.7
- на удалении	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	-	+	2.3
Приподнятый пенеппен	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	1.6
Аккумулятивная равнина	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	9.2
Верхнемеловой-нижнепалеоценовый стратиграфический уровень	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	10.0
Прекращение вулканической деятельности	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	10.0
Трансгрессивный режим	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	10.0
Мелководное море	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	10.0
Положение относительно депрессий:																
- прибортовые части	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	+	-	-	8.0
- вне депрессий	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	+	+	2.0
Положение относительно крупных тектонических зон палеозойского заложения:																
- вблизи	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	9.5
- на удалении	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	0.5
Малоамплитудные разломы:																
- субширотные	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	-	+	5.0
- субмеридиональные	-	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	4.9
- северо-западные	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	0.1
Степень опускания блока (возраст пород верхнего слоя):																
- верхний палеоген	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	0.7
- средний палеоген	-	-	+	+	+	+	+	+	-	+	+	-	+	-	+	7.3
- ранний палеоген	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-	2.0
- верхний мел	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	0.1
Залегание пород:																
- антиклинальное	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	-	2.0
- моноклинальное	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	+	8.0
Подстилающие породы:																
- вулканогенные	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	6.6
- карбонатные	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	-	-	2.8
- интрузивные	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	0.6
Терригенная кварц-глюконитовая формация	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	10.0
Алевропесчаный состав пород	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	10.0

Большинство эталонных месторождений находится в пределах аккумулятивной равнины Зауралья, и только Лозьвинское и Колинское - на площади приподнятого пенеппена. Тыньинское месторождение залегает на границе пенеппена и равнины, размещаясь одновременно в обеих структурах, поэтому его запасы были учтены при расчете оценок в том и другом случаях. Суммарные запасы месторождений аккумулятивной равнины составляют 69.0 млн т. приподнятого пенеппена - 6.6 млн т. Их оценки соответственно равны 9.2 и 6.6 балла.

Одним из важнейших рудоконтролирующих факторов являются крупные депрессии в породах домезозойского фундамента. К прибортовым частям таких депрессий приурочены 11 эталонных месторождений: Бурмантовское, Тыньинское, Лозьвинское, Юркинское, Полуночное, Ново-Березовское, Березовское, Южно-Березовское, Ивдельское, Южно-Ивдельское и Вишерское. Вне депрессий расположены Екатеринбургское, Глухаренское, Марсятское и Колинское месторождения. Суммарные запасы первой группы составляют 60.0 млн т, второй - 14.8 млн т, а оценки соответственно 8.0 и 2.0 баллов.

Аналогичным образом было оценено влияние на размещение марганцевых руд остальных рабочих факторов: крупных тектонических зон палеозойского заложения, малоамплитудных разломов разной ориентировки, степени опускания блоков (возраста пород, выходящих на земную

поверхность), складчатых структур (антиклинального и моноклинального залегания) и генезиса подстилающих пород, которые рассматриваются в генетических моделях как возможный источник марганца (см. таблицу).

Установленные таким образом рудоконтролирующие факторы и оценки их относительной значимости позволили провести прогноз марганценосности территории ХМАО на количественной основе. Область действия общих, или обязательных факторов, выделенная предварительно на геологической карте, разбивается на отдельные носители информации – элементарные квадраты (ЭК) со стороной 2x2 см, что в заданном масштабе равно 10x10 км и в среднем соответствует уровню рудных полей и районов. Для каждого ЭК определяется суммарная оценка присутствующих в нем разделяющих, или дополнительных, факторов. С помощью несложной программы для ЭВМ выполняется расчет и сортировка оценок и выделение в качестве перспективных ЭК, получивших максимальные оценки. Программа включает: 1) расчет суммарных оценок и их сортировку по убыванию; 2) расчет средней суммарной оценки всех ЭК из области действия обязательных факторов – 1-го среднего; 3) выделение в качестве перспективных ЭК, оценки которых выше 1-го среднего; 4) расчет средней суммарной оценки для перспективных ЭК – 2-го среднего; 5) выделение в качестве перспективных площадей первой очереди ЭК, оценки которых выше 2-го среднего. Величина 1-го среднего составила 21.6 балла, 2-го среднего – 25.9 балла. Из 137 ЭК области действия обязательных факторов количество перспективных с оценкой выше 1-го среднего оказалось 64, а перспективных первой очереди с оценкой выше 2-го среднего – 11. Компактные группы перспективных ЭК первой очереди околнурены геологическими границами и рассматриваются как перспективные марганцеворудные районы.

Всего выделено три перспективных района - Вольинский, Няйский и Северо-Сосьвинский, названных по названиям протекающих в их пределах рек.

Вольинский район является самым северным и расположен к югу от р. Волья. Он образован двумя ЭК с оценками 29.6 баллов каждый. Западной границей района служит контакт потенциально рудоносного верхнемелового-раннепалеогенового осадочного комплекса с раннемеловыми толщами - северной, южной и восточной.

Няйский район находится южнее и размещается по обоим берегам р. Няйс. Он сложен пятью ЭК с самыми высокими оценками – от 29.6 до 34.7 балла. С запада он ограничен тем же контактом рудовмещающих отложений с более ранними. Остальные контуры также проходят по тектоническим нарушениям.

Северо-Сосьвинский район – самый южный из всех и приурочен к долине одноименной реки. Он образован четырьмя перспективными ЭК с оценками от 28.5 до 29.6 балла. Границы его проведены аналогично двум другим районам.

Для оценки надежности прогнозирования аналогичные суммарные оценки значимости рудоконтролирующих факторов подсчитаны и для эталонных месторождений. Они составили:

1) Бурмантовское	29.3 балла;
2) Тыньинское	29.2;
3) Лозьвинское	34.5;
4) Юркинское	34.5;
5) Полуночное	34.5;
6) Ново-Березовское	34.5;
7) Березовское	34.5;
8) Южно-Березовское	34.5;
9) Ивдельское	27.9;
10) Южно-Ивдельское	30.8;
11) Екатерининское	19.4;
12) Глухарненское	14.1;
13) Вишерское	14.1;
14) Марсятское	14.1;
15) Колинское	23.0.

Таким образом, из 15 эталонных месторождений 11 соответствуют перспективным площадям и 10 – перспективным первой очереди. То есть совпадение наблюдается примерно в 70 % случаев, что говорит о достаточно высокой для заданного масштаба надежности прогнозных построений.

Подтверждением реальности прогнозных построений является открытие по ручью Яны-Нял-Лох-Сос, правому притоку р. Волья, горизонта конкреционных марганцевых руд, который рассматривается как аналог марганценосной полуночной пачки Северо-Уральского бассейна и

прослеживается на юг по всей площади Северо-Сосьвинского буроугольного района. Горизонт залегает на контакте леплинской свиты, входящей в дербышинскую свиту верхнего мела-нижнего палеогена, которая включает рудоносный слой с нижнепалеоценовыми породами.

В 1987 г. на Приполярном Урале было открыто Парнокское (Пачвожское) месторождение железо-марганцевых руд, которое в настоящее время является одним из наиболее значительных на Урале. Суммарные запасы окисленных и карбонатных марганцевых руд месторождения составляют по категориям  $C_1+C_2$  14.3 млн т, а с прогнозными ресурсами 88.2 млн т. Даже по разведанным запасам оно превосходит все месторождения Северо-Уральского бассейна и на сегодняшний день является самым крупным марганцевым объектом на Урале.

Руды месторождения приурочены к терригенно-карбонатным отложениям среднего-верхнего ордовика. На этом возрастном уровне были известны лишь Верхне- и Нижне-Чувальские мелкие месторождения железо-марганцевых руд. Открытие Парнокского месторождения привело к выделению средне-верхнеордовикского, или парнокского, стратиграфического уровня марганценосности Урала [4].

Парнокский тип, таким образом, представлен всего лишь тремя месторождениями – собственно Парнокским и Верхне- и Нижне-Чувальскими. На основании анализа опубликованных и фондовых материалов [4] по этим объектам был также определен набор рудоконтролирующих факторов, образующих модель благоприятной геолого-структурной позиции:

#### 1. Палеогеографические

1.1. Восточная окраина Восточно-Европейской платформы

1.2. Область сочленения отложений мелководного шельфа с образованиями глубоководного шельфа и склонов

#### 2. Структурно-тектонические

2.1. Крупные синклиновые структуры

2.2. Зоны чешуйчато-надвигового строения

2.3. Тектонические покровы и их отдельные ветви

2.4. Северо-западная и северо-восточная ориентировка надвиговых структур

2.5. Развитие параллельных крупным надвигам мелких нарушений взбросо-надвигового типа, вызывающих многократное повторение разреза и увеличение мощности рудного горизонта

2.6. Синклинальные углубления

#### 3. Метаморфические

3.1. Контактный и региональный метаморфизм вмещающих пород, связанный с надвиговыми дислокациями

3.2. Уровень метаморфизма: граница зеленосланцевой и эпидот-амфиболовой фаций

#### 4. Стратиграфо-литологические

4.1. Средне-позднеордовикский стратиграфический уровень

4.2. Лемвинские и елецкие фации

4.3. Терригенно-карбонатные отложения качамыльской и шугорской свит

4.4. Большие мощности рудовмещающих пород (наблюдается прямая корреляция оруденения и мощности рудовмещающей пачки  $C_1$  парнокской толщи)

4.5. Геохимическая специализация рудоносной формации: повышенные содержания Cu, Pb, Zn, Co, V, Ba, As

4.6. Наличие в области сноса пород, обогащенных марганцем (основного и ультраосновного состава).

Из этого набора также были выделены рабочие факторы. Из них 5 являются общими, или обязательными, то есть характерны и для Парнокского, и для Чувальских месторождений. К ним относятся:

1) восточная окраина Восточно-Европейской платформы;

2) средне-позднеордовикский стратиграфический уровень;

3) область сочленения елецких и лемвинских фаций;

4) зоны чешуйчато-надвигового строения;

5) терригенно-карбонатные толщи.

По этим факторам была выделена область, в пределах которой выполнялись дальнейшие прогнозные построения на основе разделяющих, или дополнительных, факторов:

1) тектонические покровы их отдельные части;

2) северо-восточная и северо-западная ориентировка надвиговых структур;

- 3) узкие тектонические клинья между отдельными ветвями надвигов (моноклиналильные пластины);
- 4) параллельные крупным надвигам мелкие нарушения взбросо-надвигового характера;
- 5) синклиналильные углубления;
- 6) наличие в области сноса пород основного и ультраосновного состава, обогащенных марганцем.

Запасы марганцевых руд на Верхне-Чувальском месторождении составляют 7.7 тыс. т, для Нижне-Чувальского запасы не подсчитаны и ориентировочно оцениваются в 23.1 тыс. т. Однако, по мнению Е.С. Контаря и др. [4], по геологической позиции, особенностям строения, составу руд и генетической модели они обнаруживают много сходных черт с Парнокским месторождением, и здесь наиболее вероятно обнаружение объекта, сопоставимого по параметрам с Парнокским.

Для оценки относительной значимости рудоконтролирующих факторов какими-либо количественными методами этих данных недостаточно. В таких случаях применяются полуколичественные параметры. Чаще всего используются показатели теории информации – информационный вес или относительная энтропия.

Расчет информационных весов – это обязательная процедура во всех логико-информационных методах. Методика их расчета разная [1]. Нами для повышения надежности прогноза использованы два варианта определения информационных весов. В первом варианте каждое проявление данного фактора в рассматриваемом ЭК оценивалось в 1 балл. Соответственно, если фактор отмечался в одном ЭК дважды или трижды (такие случаи единичны), его информационный вес составлял 2, 3 и т. д.

Во втором варианте учитывалось соотношение масштабов Парнокского и Чувальских месторождений на сегодняшнем уровне изученности. Как известно, разница запасов в ряду «рудопоявление - мелкое месторождение - среднее месторождение - крупное месторождение» составляет примерно 1 порядок. В соответствии с этим факторы, проявившиеся только на Парнокском месторождении, получали оценку 10, установленные только на Чувальских объектах, – 1. Факторы, присущие тем и другим месторождениям, оценивались в 11 баллов. Таким образом, при прогнозировании по второму варианту принимались следующие оценки:

- положение вблизи границы между елецкими и лемвинскими фациями – 11;
- тектонические покровы и их отдельные ветви – 11;
- простираение надвиговых структур:
  - северо-восточное – 10;
  - северо-западное – 1;
- узкие тектонические клинья (моноклиналильные пластины) между ветвями надвигов – 10;
- параллельные крупным надвигам мелкие нарушения взбросо-надвигового типа – 10;
- синклиналильные углубления – 1;
- вмещающие породы:
  - щугорская свита (елецкие фации) – 1;
  - польинская свита (лемвинские фации) – 10;
- наличие в области сноса пород ультраосновного и основного составов (обогащенных марганцем) – 11.

Обработка собранных в кадастре данных также выполнялась двумя способами с той же целью повышения надежности прогноза.

Первый способ наиболее простой. Для каждого ЭК подсчитывалось количество проявившихся в нем рудоконтролирующих факторов или их оценок (информационных весов). Полученное число рассматривалось как оценка перспективности ЭК.

Второй способ основан на методах теории информации и заключается в расчете для каждого оцениваемого ЭК показателя относительной энтропии. Использование относительной энтропии для прогнозирования рудной минерализации описано впервые Б.С. Коганом [2].

Энтропия является мерой неоднородности информации. Чем большее значение имеет относительная энтропия, тем более полный набор РФ встречен в данном квадрате, тем более он соответствует генерализованной модели, тем выше вероятность обнаружения здесь минерализации. И наоборот, чем меньше энтропия, тем более ограничен набор РФ, тем более он далек от генерализованной позиции [1].

Расчет показателя относительной энтропии осуществляется по следующим формулам:

$$-100H = \frac{-100 \sum_{i=1}^m H_i}{H_{\max}} = \frac{-100 \sum_{i=1}^m P_i \lg P_i}{\sum_{i=1}^m \frac{1}{m} \lg \frac{1}{m}} = \frac{-100 \sum_{i=1}^m P_i \lg P_i}{\lg m}; P_i = \frac{n}{N},$$

где  $H$  – относительная энтропия, %;  $H_i$  – энтропия каждого рудоконтролирующего фактора, бит;  $H_{\max}$  – максимальная энтропия, бит;  $P_i$  – вероятность, рассчитанная для каждого фактора в каждом ЭК;  $n$  – число проявлений данного рудоконтролирующего фактора в каждом квадрате;  $N$  – общее количество проявлений данного фактора;  $m$  – количество факторов.

Расчеты и выделение перспективных ЭК также проводились с помощью несложных авторских программ для ЭВМ.

Таким образом, в целом оценка перспективности территории на марганцевые руды парнокского типа выполнялась по четырем вариантам: 1) по сумме единичных оценок РФ; 2) по сумме балльных оценок; 3) по показателю относительной энтропии единичных оценок; 4) по показателю относительной энтропии балльных оценок.

Степень совпадения оценок перспективности ЭК, рассчитанных разными способами, оказалась довольно высокой – более 80 %, что позволяет оценивать прогнозные построения как достаточно надежные.

В качестве перспективных взяты ЭК, выделенные по всем четырем вариантам. Они вынесены на карту и оконтурены геологическими границами. В результате выделены два перспективных рудных района, названных также по речным долинам Верхне-Вольинским и Верхне-Няйским. Контуров обоих районов на западе проходят по границе елецких и лемвинских фаций, на востоке по линиям надвиговых структур, на севере и юге – по поперечным разломам.

Обращает на себя внимание совпадение перспективных рудных районов североуральского и парнокского типов по широте. Они, по всей видимости, фиксируют две марганценозные зоны Урала – западную (парнокский тип) и восточную (североуральский тип).

Прогнозные ресурсы категории  $P_3$ , подсчитанные в соответствии с инструктивными материалами [5], составили для североуральского типа 245 млн т руды, для парнокского – около 40 млн т.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Бабенко В.В., Коцуба А.П.** Прогнозирование условий размещения полезных ископаемых. Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 2001. 385 с.
2. **Коган Р.И., Белов Ю.П., Родионов Д.А.** Статистические ранговые критерии в геологии. М.: Недра, 1983. 136 с.
3. **Критерии** прогнозной оценки территорий на твердые полезные ископаемые / Под ред. Д.В. Рундквиста. Л.: Недра, 1978. 607 с.
4. **Марганцевые** месторождения Урала / Е.С. Контарь, К.П. Савельева, А.В. Сурганов и др. Екатеринбург: Изд-во УГСЭ, 1999. 120 с.
5. **Методическое** руководство по оценке прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых. Вып. 1. Принципы и методы оценки / Ю.В. Богданов, М.Н. Денисов, А.И. Кривцов и др. М.: Изд-во ВИЭМС, 1986. 77 с.
6. **Рабинович С.Д.** Северо-Уральский марганцеворудный бассейн. М.: Недра, 1971. 264 с.
7. **Рудные** месторождения СССР. В трех томах / Под общей ред. В.И. Смирнова. Т. 1. М.: Недра, 1974. 328 с.