

УДК 528.94:553.32.078.044(470)

А. В. Молчанов, Г. А. Козлов, В. Н. Белова, В. В. Семенова (*Институт Карпинского*)

КАРТА ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ РАЗМЕЩЕНИЯ И ПРОГНОЗА ОСНОВНЫХ ТИПОВ МЕСТОРОЖДЕНИЙ МАРГАНЦА НА ТЕРРИТОРИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ МАСШТАБА 1 : 2 500 000

В статье охарактеризована Карта закономерностей размещения и прогноза основных типов месторождений марганца на территории Российской Федерации масштаба 1 : 2 500 000, составленные в 2022 г. в виде ГИС-проектов во Всероссийском научно-исследовательском геологическом институте им. А. П. Карпинского на основе анализа и обобщения карт закономерностей размещения и прогноза месторождений полезных ископаемых, входящих в состав комплектов Госгеолкарт-1000/3. Использовалась имеющаяся информация по региональной и отраслевой металлогении, балансовым запасам месторождений стратегических видов минерального сырья, количественной оценке прогнозных ресурсов (авторских и утвержденных) территории Российской Федерации (по состоянию на 01.01.2022 г.). Приведены общие сведения по марганцевым и железомарганцевым рудам, показаны прогнозные критерии выделения разноранговых металлогенических подразделений, приведены ресурсы различных категорий для территории Российской Федерации, а также по федеральным округам и геолого-промышленным типам оруденения. Даны рекомендации по направлению дальнейших геологоразведочных работ на марганцевое оруденение.

Ключевые слова: металлогения, марганец, запасы, ресурсы, рекомендации.

A. V. Molchanov, G. A. Kozlov, V. N. Belova, V. V. Semenova (*Karpinsky Institute*)

MAP OF THE DISTRIBUTION PATTERNS AND PREDICTION OF THE MAIN TYPES OF MANGANESE DEPOSITS IN THE RUSSIAN FEDERATION AT 1 : 2,500,000 SCALE

The article describe the Map of distribution patterns and prediction of the main types of manganese deposits in the Russian Federation at 1 : 2,500,000 scale, compiled in 2022 as GIS projects at A.P. Karpinsky Russian Geological Research Institute based on the analysis and generalization of maps of distribution patterns and prediction of mineral deposits included in the sets of the State Geological Maps 1000/3. We used available information on regional and sectoral metallogeny, balance reserves of deposits of strategic types of mineral raw materials, quantitative assessment of predicted resources (authored and approved) of the Russian Federation (as of 01.01.2022). General information on manganese and ferromanganese ores is provided, predictive criteria for identifying metallogenic units of different ranks are shown, resources in various categories are given for the Russian Federation, as well as for federal districts and mining types of mineralization. Recommendations are given on the direction of further geological exploration for manganese mineralization.

Keywords: metallogeny, manganese, reserves, resources, recommendations.

Для цитирования: Молчанов А. В. Карта закономерностей размещения и прогноза основных типов месторождений марганца на территории Российской Федерации масштаба 1 : 2 500 000 / А. В. Молчанов, Г. А. Козлов, В. Н. Белова, В. В. Семенова // Региональная геология и металлогения. – 2024. – № 97. – С. 61–80.

Введение. Российская Федерация, включая территорию ее континентального шельфа, обладает мощной минерально-сырьевой базой с месторождениями практически всех известных на Земле видов минерального сырья и занимает одно из ведущих мест в мире по их запасам и добыче. В то же время качество руд, включая стратегические, высоколиквидные и остродефицитные виды полезных ископаемых, играющих важней-

шую роль для развития высокотехнологичных отраслей промышленности, низкое. До недавнего времени Российская Федерация была вынуждена проводить лишь первичную переработку добытого из недр минерального сырья с последующим его экспортом. Ситуация на мировом рынке полезных ископаемых после 24 февраля 2022 г., в связи с наложением на Россию зарубежными странами санкций, направленных на ослабление

и разрушение экономики страны, резко изменилась, и надеяться на импорт недостающих стране полезных ископаемых вряд ли возможно. В связи с этим перед металлогеническими подразделениями отрасли стоит актуальнейшая задача по локализации на территории Российской Федерации площадей ранга рудный (потенциальный рудный) район, узел, перспективных для выявления в их пределах высокорентабельных месторождений стратегических видов минерального сырья, характеризующихся высокими содержаниями полезных компонентов, простотой их извлечения и существенными запасами, с рекомендацией постановки на таких объектах средне-, крупномасштабных (1 : 200 000–1 : 50 000) работ по геолого-минералогическому картированию или прогнозно-металлогеническому, поисковых исследований.

В настоящее время на территории России практически не осталось легко открываемых, выходящих на современную дневную поверхность, месторождений твердых полезных ископаемых. К сожалению, и задел перспективных площадей для поисков твердых полезных ископаемых, оставшихся с советского времени, практически полностью исчерпан, а выделение новых, хорошо обоснованных в прогнозном отношении площадей явно недостаточно. Наблюдается крайне малое число открываемых месторождений твердых полезных ископаемых, что объясняется как объективными, так и субъективными причинами. В частности, отсутствием или крайне малым количеством специалистов по региональной и специальной металлогении, металлогеническому анализу территорий, участвующих в прогнозных обобщениях на региональных стадиях работ. Это необходимо для конкретизации, выделения площадей под поисковые работы на стратегические высоколиквидные и остродефицитные виды минерального сырья, особенно на стадии ГДП-200/2 и ГК-1000/3, включая работы по мониторингу серийных легенд ГК-1000/3 в части их металлогенических блоков. Прогноз и поиск месторождений твердых полезных ископаемых, не выходящих на современную дневную поверхность, дело экономически затратное и требует (что логично) проведения именно высококлассными специалистами в области металлогении тщательного металлогенического анализа территорий РФ в масштабах от 1 : 2 500 000 до 1 : 50 000 с привлечением (для обоснования перспективных площадей комплекса) современных методов и методик анализа. В результате работ была определена степень проявленности на современной дневной поверхности прогнозных критериев и поисковых признаков, указывающих на возможность нахождения в том или ином исследуемом геологическом пространстве месторождений твердых полезных ископаемых.

В настоящее время в России заканчивается программа по созданию комплектов Госгеолкарт-1000/3, в состав которых входят карты закономерностей размещения и прогноза месторождений полезных ископаемых. На их основе, с привлечением также отдельных карт масштаба

1 : 200 000, накопленной информации по региональной и отраслевой металлогении, балансовым запасам месторождений стратегических видов минерального сырья, количественной оценке прогнозных ресурсов (авторских и утвержденных) территории Российской Федерации (по состоянию на 01.01.2022 г.) сотрудниками отдела металлогении и геологии месторождений полезных ископаемых Института Карпинского в 2022 г. были составлены ГИС-проекты «Карты закономерностей размещения и прогноза стратегических видов¹ минерального сырья Российской Федерации масштаба 1 : 2 500 000 – марганца, лития, титана, хрома, бериллия, циркония, редкоземельных иттриевой группы, золото-медно-порфировых месторождений, эпитермальных и крупнообъемных черносланцевых месторождений золота» в программной среде ArcGIS с использованием основного приложения платформы ArcMap (версия 10.2). Эти карты, с одной стороны, дают общее представление о пространственно-временных закономерностях размещения месторождений стратегических видов минерального сырья на территории Российской Федерации, а с другой, позволяют аргументированно обосновать и планировать постановку региональных геологических исследований масштаба 1 : 200 000 (ГДП-200, ГМК-200)² на среднесрочную (до 2030–2035 гг.) и дальнюю (после 2035 г.) перспективы с последующей локализацией площадей под поиски месторождений стратегических видов сырья, включая марганец.

В настоящее время создаются ГИС-проекты «Карты закономерностей размещения и прогноза стратегических видов минерального сырья Российской Федерации масштаба 1 : 2 500 000 – бокситы, ниобий, уран, ванадий, плавиковый шпат, молибден», тем самым в недалеком будущем будут составлены Карты закономерностей размещения и прогноза стратегических видов минерального сырья Российской Федерации масштаба 1 : 2 500 000 практически на все стратегические металлы и даны рекомендации для постановки в пределах России ГДП-200/2, ГМК-200 с последующим выделением площадей для постановки поисковых работ.

Составленные ГИС-проекты являются многослойными (рис. 1), что позволяет при необходимости увидеть местоположение разноранговых металлогенических таксонов (металлогенические

¹ 30 августа 2022 г. вышло Распоряжение Правительства РФ № 2473-р «Об утверждении перечня основных видов стратегического минерального сырья», в котором указано, что Минприроды России совместно с Минэкономразвития России, Минфин России, Роснедрами должны обеспечить приоритетное финансирование за счет средств федерального бюджета работ по воспроизводству МСБ дефицитных видов стратегического минерального сырья, в перечень которых включены 17 элементов: U, W, Cr, Mo, бокситы, Be, Ta, Zr, V, Re, графит, плавиковый шпат, включая элементы, критически зависимые от импорта: Mn, Ti, Li, Nb, REE Y-группы.

² ГДП-200/2 – геологическое доизучение площади масштаба 1 : 200 000 (второе поколение); ГМК-200 – геолого-минералогическое картирование масштаба 1 : 200 000.

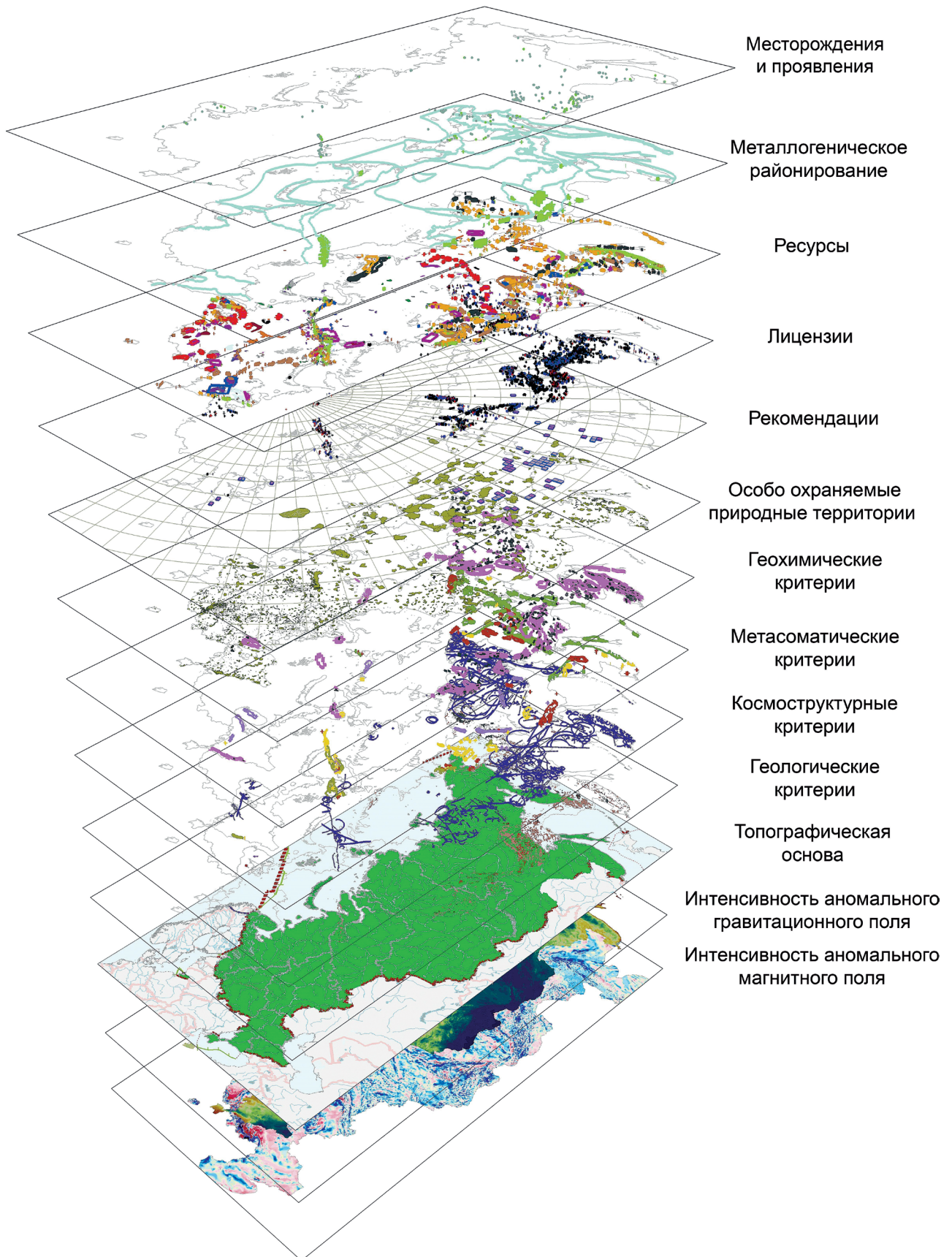


Рис. 1. Компоненты (слои) ГИС-проектов «Карты закономерностей размещения и прогноза основных типов месторождений стратегических полезных ископаемых (на примере марганца) территории Российской Федерации масштаба 1 : 2 500 000»

зоны, рудные и потенциально рудные районы, узлы) и конкретных рудных объектов (месторождения, рудопроявления, пункты минерализации) стратегических видов минерального сырья в геофизических полях, в областях развития различных типов рудоносных гидротермально-метасоматических образований, в пределах развития различных по возрасту, генезису и составу геологических тел, интерпретационных структур космофотоматериалов и т. д. На созданных картах отображены прогнозные критерии – магматические, стратиграфические, гидротермально-метасоматические, тектонические, космоструктурные, геохимические, собственно металлогенические (разноранговые металлогенические таксоны, локальные рудные объекты различной рудно-формационной принадлежности) и др., сочетание которых на конкретных территориях позволяет выделять участки, наиболее благоприятные на выявление месторождений. При этом в ГИС-проектах в качестве отдельного слоя показаны конкретные номенклатурные листы масштаба 1 : 200 000, рекомендуемые для поставки ГДП-200/2 или ГМК-200.

Привязка металлогенических таксонов ранга металлогенических зон, рудных районов и узлов обоснована на картах как геологически, включая проявленность различных прогнозных критериев, так и фактическим размещением месторождений и прогнозных ресурсов всех категорий по конкретным локальным и площадным перспективным объектам.

Для создания Карты закономерностей размещения и прогноза основных типов месторождений марганца территории Российской Федерации масштаба 1 : 2 500 000, для обоснования критериев прогнозной оценки территории страны на данные виды стратегического сырья ниже кратко описаны их геохимические особенности, поведение в различных геологических процессах, приуроченность к определенным типам горных пород и т. д.

Карта закономерностей размещения и прогноза основных типов месторождений марганца территории Российской Федерации масштаба 1 : 2 500 000. Общие сведения. Марганец в природе образует рудные концентрации в форме окислов, гидроокислов и карбонатов. В экзогенных условиях он подвижен в восстановительной и инертен в окислительной средах, в связи с чем геохимическими барьерами для миграционной формы Mn^{+2} являются кислородный ($Mn^{+2} \rightarrow MnO_2$) и карбонатный ($Mn^{+2} \rightarrow MnCO_3$); наименьшее значение имеет сульфидный барьер ($Mn^{+2} \rightarrow MnS$) и совсем незначительное – фосфатный ($Mn^{+2} \rightarrow Mn_3(PO_4)_2$). В связи с этим основные рудные концентрации марганца представлены в карбонатной и оксидной (первичной и вторичной) минеральных формах [4; 26–28]. Наибольшую промышленную ценность представляют вторичные оксидные руды зоны гипергенеза [4; 19; 26]. При слабом метаморфизме осадочных руд образуются оксидно-силикатные браунитовые ($3Mn_2O_3 \times MnSiO_3$) и оксидные гаусманитовые (Mn_3O_4) руды, имею-

щие большое практическое значение, а интенсивно метаморфизованные руды при превращении окислов в силикаты марганца практически теряют промышленное значение.

Известно также о способности марганца накапливаться в растворенном состоянии, концентрироваться в водной среде аноксидных (бескислородных, сероводородных) бассейнов, создавая масштабный внутрибассейновый «марганцевый фонд» (промежуточный коллектор), являющийся непосредственным «источником» для развития впоследствии крупномасштабного рудного процесса [17; 26].

Из вышеизложенного понятно, что руды марганца по минеральному и химическому составу подразделяются на *окисные, карбонатные и силикатные*. При этом в настоящее время металлургическая промышленность России использует преимущественно окисные (и окисленные) руды: *пирролизит-псиломелановые и манганитовые* при активной разработке гаусманитовых и браунитовых руд в ЮАР и окисно-карбонатных руд месторождений Никопольского марганцеворудного бассейна¹.

В целом *сырьевая база марганцевых руд России характеризуется низким качеством*: по содержанию марганца подавляющая часть руд месторождений относится к бедным (среднее значение по месторождениям колеблется в пределах 6,6–31,04% Mn), при том, что в большинстве объектов рентабельными являются содержания Mn: от 16 до 26% [19]. Руды месторождений относятся к труднообогатимым, концентрации вредных примесей (фосфора, железа, кремнезема) зачастую повышены [10]. Освоение российских марганцеворудных объектов сдерживается отсутствием эффективных промышленных технологий обогащения и переработки низкокачественных руд, а также отсутствием инфраструктуры в районах локализации большинства перспективных объектов. Промышленная добыча марганцевых руд в России не ведется с 2013 г., но начиная с 2017 г. в стране ведется опытно-промышленная добыча; в 2020 г. ее объемы составили 188 тыс. т руды [10].

Балансовые запасы марганцевых руд по состоянию на 01.01.2021 г. составляли 283,5 млн т руды и заключены в недрах 27 месторождений; еще на двух учтены только забалансовые запасы. Прогнозные ресурсы марганцевых руд Российской Федерации по состоянию на 01.01.2019 г. оценены и апробированы в 35 объектах в количестве 943,7 млн т руды, в том числе: категории P_1 – 232 млн т руды (24,6% от общероссийских), категории P_2 – 143,7 млн т руды (15,2 %) и категории P_3 – 568 млн т руды (60,2%) [6].

¹ Исключением являются руды рудопроявления Высокогорное (бассейн р. Юдома), которое представлено сульфидно-марганцевыми жилами, на 87–97% (!) сложеными алабандином (MnS), а в качестве примесей выступают пирит, пирротин, галенит, сфалерит, индиевые сульфиды, сульфосоли Pb, Zn, Sn, Ag, касситерит, кварц, марганцевые карбонаты, редко доломит и кальцит, манганиаксинит и др. Содержание марганца в рудах варьирует от 42 до 62%.

ГИС-проект «Карта закономерностей размещения и прогноза основных типов месторождений марганца территории Российской Федерации масштаба 1 : 2 500 000» состоит из многочисленных смысловых слоев (рис. 1) и атрибутивных таблиц с характеристиками разномасштабных металлогенических подразделений (металлогенические зоны, рудные или потенциальные рудные районы и узлы). ГИС-проекты картографически оформлены и скомпонованы. Результат компоновки представлен в формате .jpg (рис. 2).

Минерагеническое районирование включало изображение в цифровой форме полей распространения на современном эрозионном срезе минерагенических таксонов различных рангов, начиная с минерагенических провинций (рис. 3), минерагенических зон, рудных (потенциальных рудных) районов и узлов.

Легенда к Карте закономерностей размещения и прогноза основных типов месторождений марганца территории Российской Федерации масштаба 1 : 2 500 000. На основе анализа проявленности марганцевого оруденения на территории Российской Федерации составлена Легенда к Карте закономерностей размещения и прогноза основных типов месторождений марганца территории Российской Федерации масштаба 1 : 2 500 000. Фрагменты Легенды приведены на рис. 4–9, представляющие собой конкретные критерии проявления марганцевой минерализации, отраженные на карте: геологические (плутонические и гипабиссальные комплексы, вулканические и осадочно-вулканические образования), метасоматические, тектонические, космоструктурные, геохимические и металлогенические критерии, выступающие в качестве основных прогностических слоев, позволяющих проводить металлогеническое районирование страны. Прогностические критерии по сути являются фрагментами новейших картографических материалов, представленных картами Российской Федерации масштаба 1 : 2 500 000, прошедших НРС Роснедра и созданных в Институте Карпинского, ИМГРЭ и ВИМС – геологической, рудоносных гидротермально-метасоматических формаций, аномального магнитного поля, гравиметрического поля, геохимической и др.

Переходя к вопросу создания Карты закономерностей размещения и прогноза основных типов месторождений марганца территории Российской Федерации масштаба 1 : 2 500 000 в виде ГИС-проекта, следует указать, что в основу построения авторов были положены подходы к металлогеническому анализу обширных территорий и прогнозу на его основе, разработанные в разные годы учеными Института Карпинского. В ГИС-проекты в виде условных обозначений, отраженных в Легенде, вынесены различные типы прогностических критериев, в той или иной степени ответственных за локализацию искомого оруденения. Наиболее перспективными площадями в прогностическом отношении выступают те, в пределах которых установлена проявленность максимального коли-

чества прогностических критериев, их масштабность и значимость.

Легенда состоит из трех связанных между собой информационных блоков:

а) блока данных по объектам собственно минерагенического районирования;

б) блока данных по месторождениям, рудопроявлениям и пунктам минерализации конкретных видов полезных ископаемых;

в) блока геолого-структурной основы.

Блок данных по объектам минерагенического районирования. На карту вынесены границы минерагенических зон, рудных районов и узлов. При этом тип границ указанных минерагенических подразделений различается в зависимости от присутствия полезного ископаемого в составе главных или попутных компонентов конкретных минерагенических подразделений (рис. 4).

Каждый металлогенический таксон индексируется на карте и в атрибутивных таблицах ГИС-проекта (рис. 4).

Блок данных по рудным объектам. На Карте закономерностей размещения и прогноза основных типов месторождений марганца вынесены известные месторождения, рудопроявления и пункты минерализации. Для месторождений и рудопроявлений выполнен рудноформационный анализ, результаты которого позволяют в ГИС-проектах и на полотно карты показывать месторождения и рудопроявления различными значками в зависимости от принадлежности объектов к конкретным рудноформационным типам. Значки различаются в зависимости от нахождения полезного ископаемого в рудном объекте в качестве главного или попутного компонента (рис. 5).

Блок геолого-структурной основы представляет собой условные обозначения различных геологических подразделений, отраженных на Геологической карте России и прилегающих акваторий масштаба 1 : 2 500 000 [3]. При этом геологические подразделения, не имеющие существенного влияния на формирование и (или) размещение прогнозируемого оруденения, показаны на карте в черно-белом варианте, а геологические образования (стратифицированные, магматогенные), прямо или косвенно влияющие на формирование и (или) размещение в геологическом пространстве оруденения, показаны в цветовой гамме (рис. 6) в соответствии с геологическим возрастом (стратифицированные толщи).

Для выделения площадей, наиболее благоприятных для выявления марганцеворудных объектов, в качестве наиболее значимых, с точки зрения прогнозирования, выступают *геологические критерии*, отражающие состав, строение и закономерности размещения осадочных рудоносных толщ. При этом их учет может служить не только для региональной положительной оценки отдельных территорий страны на марганцевое оруденение ранга рудный, потенциальный рудный район, узел или минерагеническая зона, но предполагать также и качество, а в ряде случаев и количество прогнозируемых марганцевых руд [18]. При этом,



Рис. 3. Схема минерагенических провинций России

поскольку марганцевые месторождения представляют собой существенно экзогенные образования, для них характерна связь с процессами перераспределения и дифференциации вещества в бассейнах осадконакопления, диагенеза и катагенеза, сформированных продуктивных осадочных толщ. Наиболее значимыми при прогнозировании

выступают вещественно-стратиграфические особенности осадочных и вулканогенно-осадочных толщ, а также их возраст.

В истории геологического развития планеты Земля на территории Российской Федерации выделяется несколько металлогенических эпох формирования руд марганца: докембрийская, рифейско-

Металлогеническое районирование

Металлогенические таксоны и их специализация

Границы минерагенических провинций

Марганец		Зоны	Районы	Узлы
в составе главных компонентов	установленные			
	потенциальные			
в составе попутных компонентов	установленные			
	потенциальные			

Индексация металлогенических таксонов

- Индекс металлогенической зоны: АСЦ.3
- Индексы рудных районов: АСЦ.1.1
КЧ.0.2
- Индексы узлов: 1.0.2
1.2
АС.0.0.1

АСЦ.3 – зона 3 в Алдано-Становой провинции

АСЦ.1.1 – район 1 в зоне 1

КЧ.0.2 – район 2 вне зоны

1.0.2 – узел 2 вне района

1.2 – узел 2 в районе 1

АС.0.0.1 – узел 1 вне района и вне зоны

Рис. 4. Условные обозначения металлогенических таксонов, показанных на Карте закономерностей распределения и прогноза основных типов месторождений марганца территории Российской Федерации масштаба 1 : 2 500 000

М е с т о р о ж д е н и я
и
п р о я в л е н и я

Рудные формации	Крупные и уникальные	Средние	Малые	Проявления
Железистых кварцитов марганец-сланцевая				
Железо-марганцевая кор выветривания апокарбонатная				
Железо-марганцевая кремнисто-карбонатная				
Железо-марганцевая оксидно-карбонатно-силикатная яшмовая				
Железо-марганцевая оксидно-силикатно-карбонатная				
Железо-марганцевых конкреций илесто-глинистая (ЖМК)				
Железорудная терригенная зон инфильтрации				
Марганцевая браунит-гаусманит-родонитовая				
Марганцевая вулканогенно-карбонатно-терригенная				
Марганцевая вулканогенно-кремнистая				
Марганцевая карбонатная				
Марганцевая карбонатная (манганокальцит-родохрозитовая)				
Марганцевая кор выветривания				
Марганцевая кремнисто-карбонатная				
Марганцевая скарновая				
Марганцевая сланцево-гондитовая				
Марганцевая сульфатно-карбонатная				
Марганцевая терригенная				
Марганцевая туфо-кремнисто-карбонатная				
Стратиформная карбонатная (кремнисто-родохрозитовая)				
Тунгомелан-псиломелан-окисномарганцевая				
неясного рудоформационного генезиса				

отдельные находки
железо-марганцевых
конкреций
(ЖМК)

в составе главных
компонентов в
составе
побутных
компонентов

Рис. 5. Формационная принадлежность месторождений и проявлений марганцевой минерализации, показанных на Карте закономерностей распределения и прогноза основных типов месторождений марганца территории Российской Федерации масштаба 1 : 2 500 000

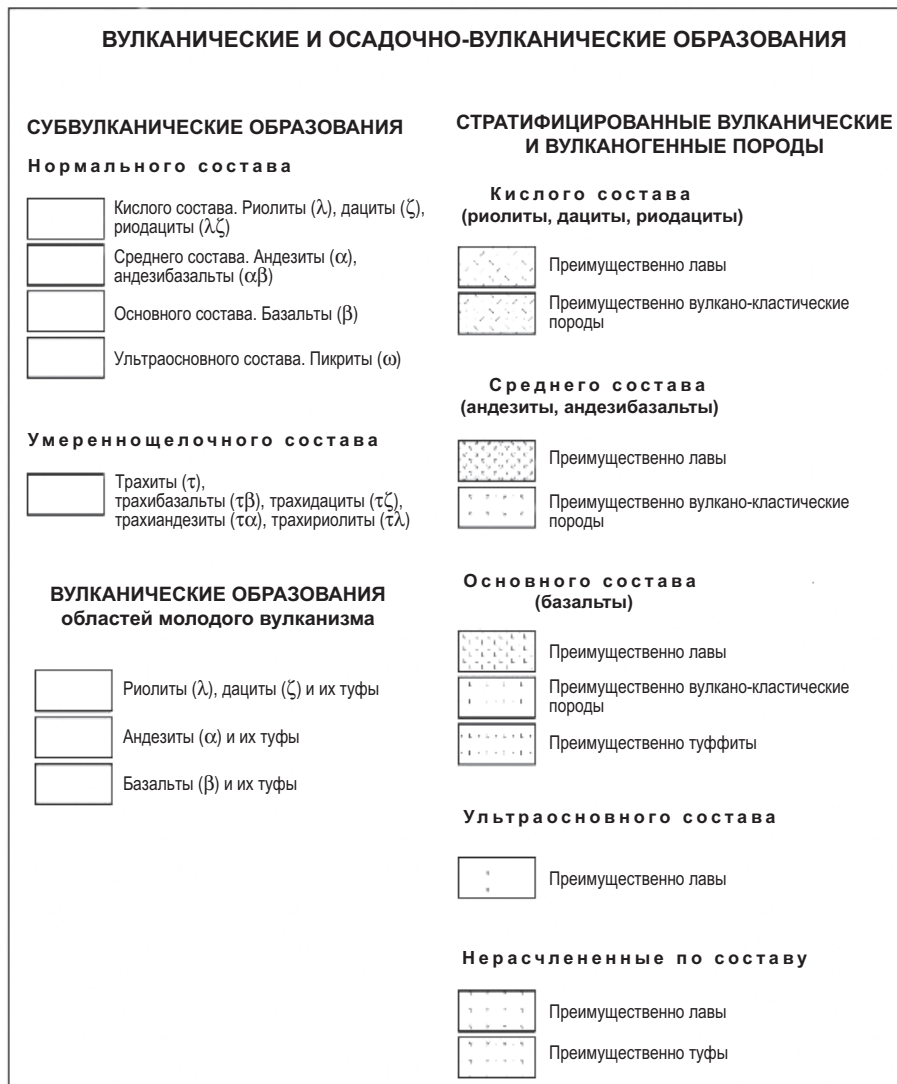
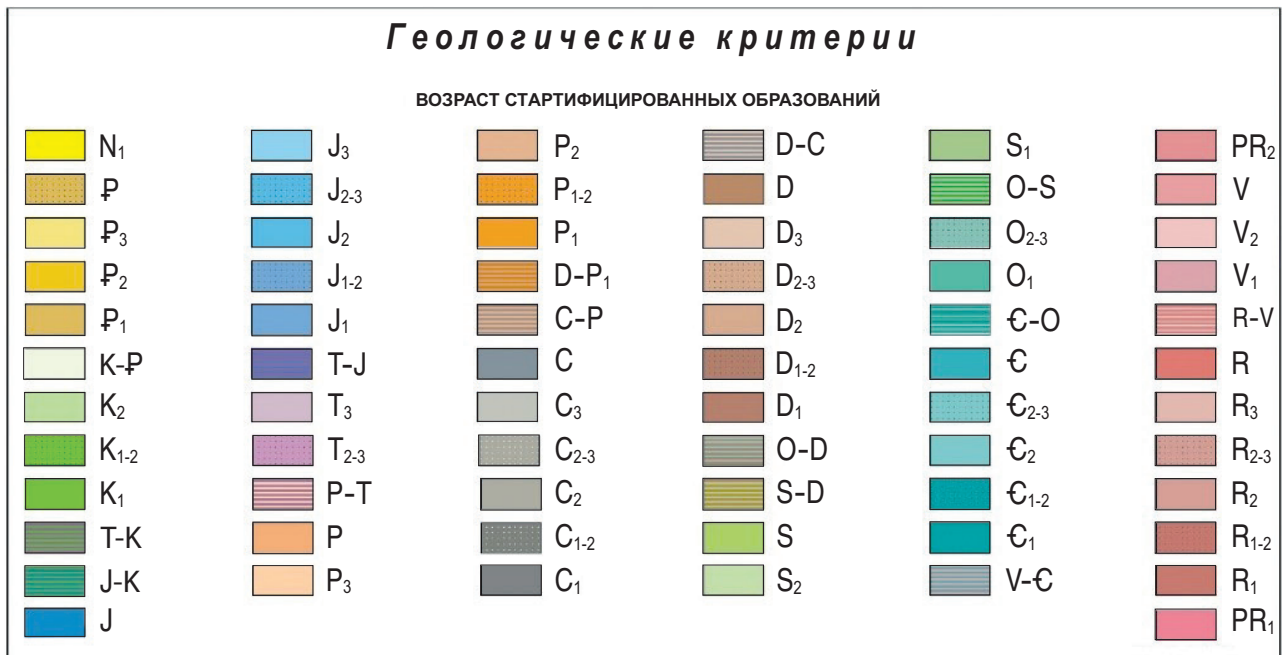


Рис. 6. Геологические критерии к цифровой Карте закономерностей размещения и прогноза основных типов месторождений марганца территории Российской Федерации масштаба 1 : 2 500 000

кембрийская, девонско-каменноугольная, пермская, юрско-меловая, палеоген-олигоценая, олигоцен-четвертичная.

Метасоматические критерии по отношению к марганцевому оруденению, исходя из особенностей генезиса последнего, имеют ограниченную прогностическую значимость. Хотя применительно к некоторым металлогеническим подразделениям

России установлена причастность гидротермальных и подводновулканических процессов к возникновению марганцевого оруденения. При этом к рудоносным гидротермально-метасоматическим формациям, ответственным за марганцевое оруденение, отнесены вулканогенные и плутоногенные гидротермально-метасоматические формации скарнового и фельдшпатофирового типов

Метасоматические критерии

Рудоносные гидротермально-метасоматические формации

УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ГИДРОТЕРМАЛЬНО-МЕТАСОМАТИЧЕСКИХ ФОРМАЦИЙ		ТИПЫ И ВИДЫ РУДОНОСНЫХ ГИДРОТЕРМАЛЬНО-МЕТАСОМАТИЧЕСКИХ ФОРМАЦИЙ	РАНГИ АРЕАЛОВ ГМФ			
			Области	Районы	Узлы	Площади
ПЛУТОНОГЕННЫЕ	ГИПОЗОНЫЕ	Ск – Скарновый: пропилит-скарновая, собственно скарновая, серпентинит-родингитовая, фельдшпатолит-скарновая				
ВУЛКАНОГЕННЫЕ	КОНТИНЕНТАЛЬНЫЕ КРАТОНИЗАЦИОННЫЕ	АРТ – Фельдшпатофировый: аргиллизитоидный трапповый траппово-аргиллизитовая				

Рис. 7. Метасоматические критерии. Рудоносные гидротермально-метасоматические формации, сопровождающие марганцевое оруденение

Геохимические критерии

Геохимические таксоны и их специализация

МИНЕРАГЕНИЧЕСКАЯ СПЕЦИАЛИЗАЦИЯ АНОМАЛЬНЫХ ГЕОХИМИЧЕСКИХ ПЛОЩАДЕЙ (АГХП)	РАНГИ АГХП		
	Зоны	Районы	Узлы
черные металлы			
черные и благородные металлы			
черные и цветные металлы			
черные и редкие металлы			
черные и радиоактивные металлы			
черные и алмазы			
черные металлы и нерудные п.и.			

Рис. 8. Геохимические критерии. Разноранговые геохимические таксоны, показанные на Карте закономерностей размещения и прогноза основных типов месторождений марганца территории Российской Федерации масштаба 1 : 2 500 000

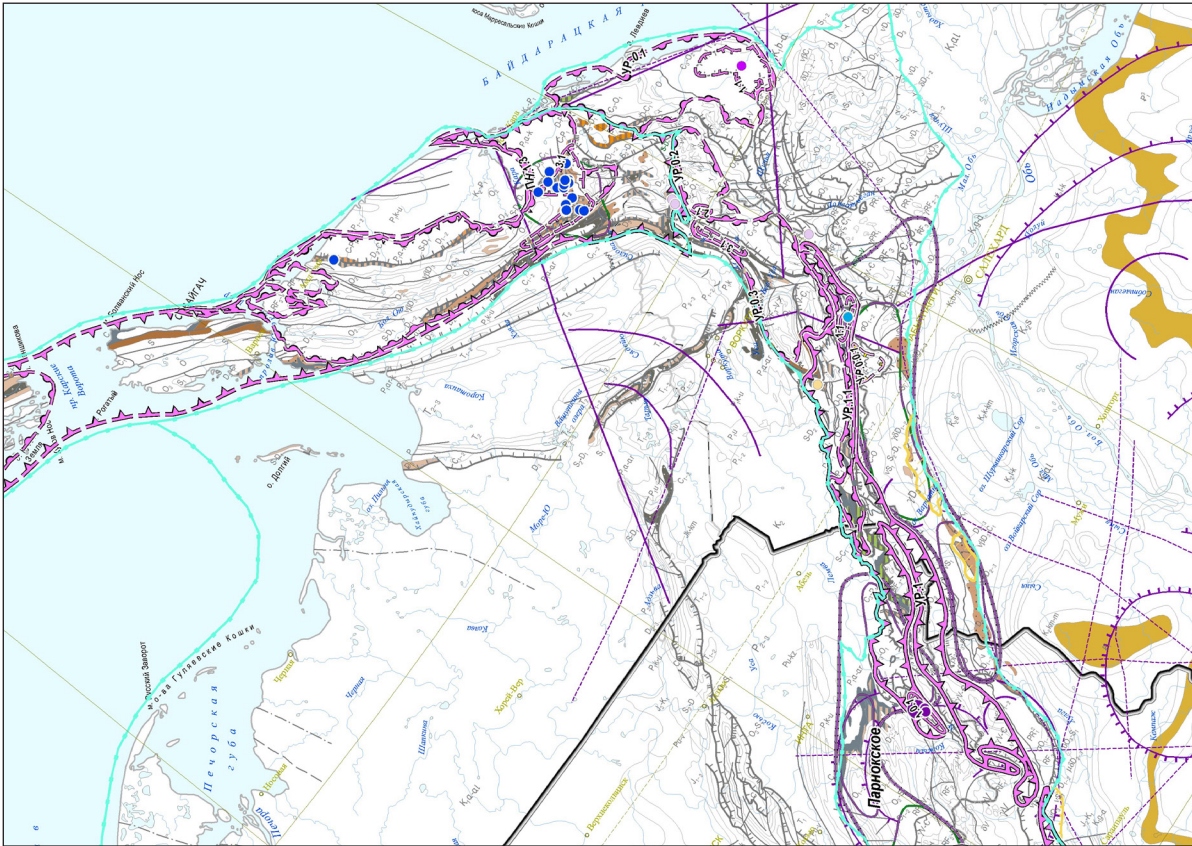


Рис. 11. Фрагмент Карты закономерностей размещения и прогноза основных типов месторождений марганца территории Российской Федерации масштаба 1 : 2 500 000 (Уральская, Пай-Хой-Новоземельская минерагенические провинции)

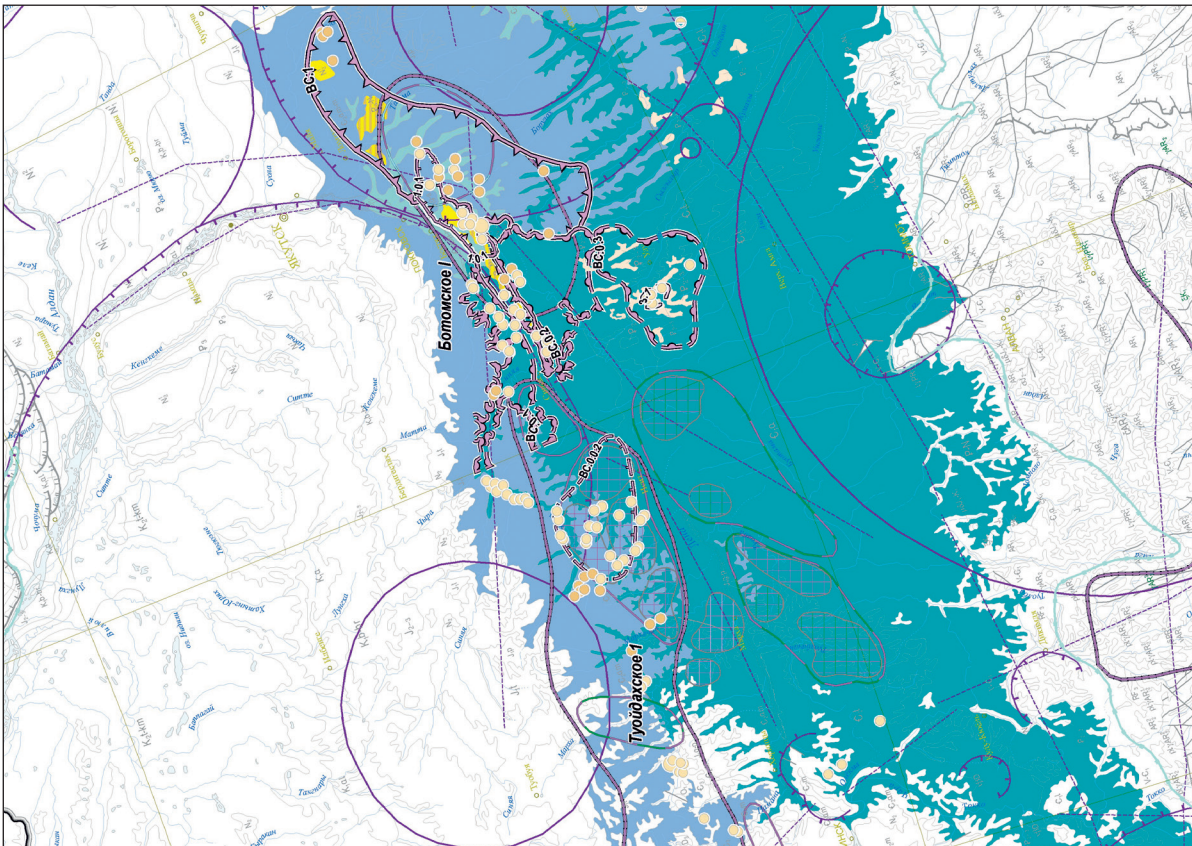


Рис. 10. Фрагмент Карты закономерностей размещения и прогноза основных типов месторождений марганца территории Российской Федерации масштаба 1 : 2 500 000 (Восточно-Сибирская минерагеническая провинция)

На рисунках 10 и 11 приведены фрагменты Карты закономерностей размещения и прогноза основных типов месторождений **марганца** территории Российской Федерации масштаба 1 : 2 500 000 с проявленностью различных прогнозных критериев.

Ресурсы. Интересным, но удручающим фактом является то, что мало в какой стране мира, по сравнению с Российской Федерацией, имеются столь крупные ресурсы марганцевых руд (табл. 1), но непригодные или экономически нерентабельные для промышленного освоения.

По результатам комплексного изучения фондовых материалов, сводок прогнозных ресурсов Росгеолфонда [2], данных объяснительных записок и различных электронных каталогов и баз данных изученности и прогнозных ресурсов [12; 24] суммарные прогнозныe ресурсы Mn руд территории Российской Федерации составляют по категориям P₁ – 685,58, P₂ – 595,40, P₃ – 3072,3 млн т руды¹.

Наибольшее количество объектов выявлено в пределах Алтае-Саянской минерагенической провинции, являющейся также и лидером по сумме прогнозных ресурсов всех категорий. В ее пределах сосредоточено 26,53% от общероссийских прогнозных ресурсов категории P₁; 31,38% категории P₂; 27,61% категории P₃. На втором месте по прогнозным ресурсам марганцевых руд находится Уральская минерагеническая провинция, в пределах которой сосредоточено 2,87%, 32,28% и 9,77% прогнозных ресурсов марганцевых руд категорий P₁, P₂ и P₃ соответственно.

Значительные в процентном отношении прогнозныe ресурсы руд от общего количества выявлены в Байкальской минерагенической провинции, где составляют 37,37%. Большая их доля локализована в пределах Олдакитского месторождения [5]. Существенное место в балансе прогнозных ресурсов марганцевых руд занимает и Пай-Хой-Новоземельская провинция, где сосредоточено 24,94% марганцевых руд категории P₃, а также Западно-Сибирская минерагеническая провинция, где локализовано 18,06% прогнозных ресурсов руд категории P₃. Более 1/4 от всех ресурсов руд категории P₁ локализовано в пределах Восточно-Сибирской минерагенической провинции. Роль остальных провинций в балансе прогнозных ресурсов менее значительна.

Учитывая долю в балансе прогнозных ресурсов различных категорий и процент от общего количества объектов, можно установить несколько важных закономерностей. Так, *прогнозныe ресурсы высших категорий, в особенности P₁, в основном локализованы в пределах прогнозируемых крупных и потенциальных уникальных месторождений.* Это хорошо видно на примере

Олдакитского месторождения Байкальской минерагенической провинции и Чуктуконского месторождения Восточно-Сибирской минерагенической провинции, где единичные объекты обеспечивают потенциальный прирост ресурсов категории P₁, составляющие 25,38 и 37,37% от общего баланса прогнозных ресурсов данной категории. В то же время указанные месторождения характеризуются низкими содержаниями марганца в рудах, составляя на первом от 8 до 12% Mn [5], а на Чуктуконском месторождении – 5,52% [2]. Несмотря на низкие содержания Mn в комплексных рудах данных объектов, из них технологически обосновано получение марганцевого концентрата в качестве попутного продукта [16]. Прирост запасов в пределах этих месторождений в дальнейшем может быть обусловлен проведением поисково-оценочных работ крупного масштаба, а также разведочных работ на их флангах.

Прогнозные ресурсы категории P₂ локализованы в пределах хорошо изученных площадей, а доля выделенных рудных объектов коррелируется с долей суммарных прогнозных ресурсов.

Таблица 1

Прогнозные ресурсы марганцевых руд минерагенических провинций Российской Федерации

№ п/п	Минерагеническая провинция	Прогнозные ресурсы, млн т руды		
		P ₁	P ₂	P ₃
1	Скифская	0	31,03	22,20
2	Восточно-Европейская	0	0,72	61,31
3	Тимано-Печорская	2,77	4,47	5,29
4	Западно-Сибирская	13,94	67,86	535,50
5	Восточно-Сибирская	174,00	7,55	55,00
6	Пай-Хой-Новоземельская	0	54,2	739,60
7	Олюторско-Камчатская	1,53	0	26,70
8	Ханкай-Буреинская	22,80	0	110,00
9	Сихотэ-Алинская	0,04	0	9,50
10	Монголо-Охотская	8,22	43,00	121,50
11	Верхояно-Колымская	4,5	0	0
12	Байкальская	256,20	0	170,83
13	Алтае-Саянская	181,22	200,30	925,2
14	Уральская	20,36	186,26	289,60
	Сумма	685,58	595,40	3072,3

¹ В данном подсчете не учитываются комплексные железомарганцевые руды, являющиеся самостоятельным типом минерального сырья, а также прогнозныe ресурсы ЖМК бассейнов арктического шельфа.

Это видно на примере Западно-Сибирской (11,81% прогнозных ресурсов в пределах 9,38% локальных объектов), Алтае-Саянской (39,06% ресурсов при 21,88% объектов) и Уральской (31,38% ресурсов при 32,28% объектов) минерагенических провинций. Такое соотношение обусловлено низким значением прогнозных ресурсов, локализованных на значительном количестве объектов (месторождений, рудопроявлений). Большая часть объектов прогноза относится к категории рудопроявлений и частично отработанных и законсервированных месторождений, в пределах которых ожидаемый прирост запасов позволит отнести их к рангам малого и, реже, среднего месторождения. Подавляющее большинство объектов характеризуется и низким содержанием Mn в рудах. Так, например, на Куруильском месторождении в Южно-Уральском сегменте Уральской провинции прогнозные ресурсы марганца составляют 89,1 млн т руды при среднем содержании 5,5% Mn, 23,5% Fe [7]. Считать данный объект марганцеворудным при текущей экономической обстановке нецелесообразно. Проведение оценочных работ на объектах такого рода является нецелесообразным и весьма слабоперспективным. Дальнейший прирост запасов в пределах объектов и площадей с прогнозными ресурсами категории P_2 также может быть получен при проведении крупномасштабных поисково-оценочных и разведочных работ на флангах уже известных объектов.

Основное количество прогнозных ресурсов категории P_3 сосредоточено в пределах перспективных площадей и рудных узлов в Западно-Сибирской, Пай-Хой-Новоземельской и Алтае-Саянской минерагенических провинций, при том, что основное количество локальных объектов выявлено в Алтае-Саянской (23,53% объектов) и Уральской (26,47% объектов) минерагенических провинциях. При этом на 1/4 от общей суммы объектов на Уральскую провинцию приходится лишь 9,7% от общего объема ресурсов. Прогнозные ресурсы категории P_3 локализованы преимущественно на участках большой площади с низкой изученностью и неясными перспективами марганцевой минерализации, на труднодоступных, с неразвитой инфраструктурой территориях. Именно с данными площадями связан дальнейший прирост прогнозных ресурсов высших категорий и при весьма благоприятной перспективе оцененных запасов, при проведении среднemasштабных и крупномасштабных геологосъемочных, геолого-минералогических и поисковых работ масштабов 1 : 200 000 и 1 : 50 000, при условии привлечения комплексных геолого-геофизических и буровых методов работ.

Кроме того, в пределах минерагенических провинций территории РФ известны и комплексные Fe-Mn руды. Рассматривать их в качестве существенно железистых или существенно марганцевых не всегда целесообразно, однако в качестве природно-легированного сырья они имеют определенную ценность для металлургической промышленности. Комплексное исполь-

зование природно-легированных железных руд, безотходное и малоотходное производство из них соответствующих ферросплавов с полной утилизацией примесей имеет, кроме увеличения выпуска ферросплавной продукции, огромное значение в решении экологической проблемы [1]. Как показывают результаты проведенной работы, выделение комплексных железомарганцевых руд в качестве самостоятельных не являлось распространенной практикой.

Комплексные железомарганцевые руды известны в Керченском бассейне, но прогнозные ресурсы по ним не подсчитывались. Прогнозные ресурсы Fe-Mn руд подсчитаны в пределах Восточно-Сибирской, Ханкай-Буреинской, Монголо-Охотской и Байкальской минерагенических провинций. Суммарно это два объекта с ресурсами категории P_1 , пять объектов с ресурсами категории P_2 и четыре площади с ресурсами категории P_3 . Отметим, что к категории железомарганцевых могли бы быть отнесены многие объекты с утвержденными прогнозными ресурсами Mn руд Уральской минерагенической (Чижапский рудный узел) и Алтае-Саянской провинций (Холзуно-Белорецкий кобальт-марганец-железорудный район). Суммарные ресурсы железомарганцевого сырья России составляют 63,73 млн т руды категории P_1 ; 723,4 млн т руды категории P_2 ; 1249,4 млн т руды категории P_3 .

Наконец, прогнозные ресурсы железомарганцевых конкреций (ЖМК) и насыщенных Mn донных отложений железомарганцевой илисто-глинистой формации отложений континентального шельфа России практически не учитываются в сводках и перечнях прогнозных ресурсов Mn руд. Среди них лишь небольшие объекты акватории Финского залива апробированы в качестве марганцевых руд, однако характеризуются повышенными концентрациями P_2O_3 и других вредных примесей. В структурах минерагенической зональности такие объекты учтены только в пределах Баренцево-морско-Карской минерагенической провинции, где оконтурены две потенциальные рудные зоны, и в пределах Восточно-Европейской платформы (один рудный район в бассейне Финского залива) [2]. Из них прогнозные ресурсы ЖМК в количестве 1,5 млн т (авторские) были подсчитаны для площади Карской потенциальной минерагенической зоны. Однако перспектив добычи ЖМК континентального шельфа РФ на текущий момент нет [8].

Приводя рекомендации по проведению прогнозно-поисковых, геолого-минералогических и других работ мелкого и среднего масштабов, необходимо учитывать рудно-формационные и геолого-промышленные типы руд. Ранее уже отмечалось, что основной объем марганцевых руд представлен окисными, карбонатными и силикатными разновидностями, а значительная часть марганцевых руд России представлена фосфористыми карбонатными рудами, трудно- или небогатимыми при текущих уровнях развития металлургической промышленности. В связи с этим основной интерес для первоочередных работ будут представлять

площади и объекты с развитием окисного оруденения с пиролюзитом, псиломеланом и браунитом. Забегая вперед, отметим, что перспективы объектов данного типа в России незначительны.

В табл. 2 приведено распределение прогнозных ресурсов различных категорий в пределах Российской Федерации по различным рудно-формационным типам. Наибольшее количество прогнозных ресурсов марганцевых руд категории P_1 принадлежит к марганцевой терригенной и марганцевой вулканогенно-карбонатно-терригенной формациям. В то же время 174 млн т прогнозных ресурсов руд категории P_1 локализовано в корах выветривания Чуктуконского карбонатитового массива, не подходящего под известные формационные типы марганцевых руд и выделяемого как возможный новый тип (чуктуконский) марганцевого оруденения России для добычи марганцевой руды. При этом суммарные ресурсы марганца России категории P_1 указанных двух формаций и чуктуконского типа составляют 79%

всех локализованных прогнозных ресурсов страны категории P_1 .

Наибольшая часть ресурсов категории P_2 относится к формациям кор выветривания марганцеворудных месторождений, апокарбонатной железомарганцевой формации кор выветривания, а также марганцевой терригенной формациям. Вместе они составляют 60% всех прогнозных ресурсов категории P_2 . Значительна и сумма ресурсов руд объектов железомарганцевой терригенно-кремнисто-карбонатной формации (парнокский тип) – 14,2%.

Среди ресурсов категории P_3 наблюдается тенденция к повышению доли ресурсов руд марганцевой вулканогенно-карбонатно-терригенной, марганцевой карбонатной формации, а также формации кор выветривания марганцеворудных месторождений. Видно также, что такие типы руд как формации железо-марганцевых конкреций илисто-глинистой, марганцевой скарновой, а также марганец-сланцевой формации железистых

Таблица 2

Прогнозные ресурсы марганцевых руд различных рудно-формационных типов территории Российской Федерации

Рудно-формационный тип	Прогнозные ресурсы, млн т руды		
	P_1	P_2	P_3
Железистых кварцитов марганец-сланцевая	22,80	44,80	203,00
Железо-марганец-барит-свинцово-цинковая терригенно-кремнисто-карбонатная (атасуйский тип)	27,50	58,00	94,10
Железомарганцевая кор выветривания апокарбонатная	2,77	93,74	137,19
Железо-марганцевая терригенно-кремнисто-карбонатная формация (парнокский тип)	15,40	84,74	351,74
Железо-марганцевых конкреций илисто-глинистая	0	0	3,10
Кор выветривания марганцеворудных месторождений	38,85	142,96	609,80
Марганцевая вулканогенно-карбонатно-терригенная	100,54	19,54	440,20
Марганцевая карбонатная	0	5,22	555,02
Марганцевая скарновая	28,00	25,01	90,00
Марганцевая терригенная	271,22	121,39	539,96
Марганцевая сульфатно-карбонатная	0	0	52,20
Кор выветривания карбонатитовых массивов Чуктуконский тип	174,00	0	0
Высокогорный тип	4,50	0	0
Сумма	685,58	595,405	3076,31

кварцитов не играют значительной роли в балансе прогнозных ресурсов марганцевых руд России. Не значительны в пределах территории и прогнозные ресурсы таких высокопродуктивных формационных типов, как атасуйский или парнокский (табл. 2).

Комплексные железомарганцевые руды имеют ограниченное распространение в пределах минерагенических провинций РФ, хотя часть из них, несмотря на высокие, вплоть до промышленных содержания Fe, а также таких элементов, как Co, Cu, Au и др. характеризуются существенно Mn специализацией. Это оруденение формации железо-марганцевых конкреций илисто-глинистой, железо-марганцевой терригенно-кремнисто-карбонатной (*парнокский тип*), железо-марганец-барит-свинцово-цинковой терригенно-кремнисто-карбонатной (*атасуйский тип*) и формации железистых кварцитов марганец-сланцевой. Как правило, объекты данных формационных типов с фоновыми и непромышленными содержаниями Mn не учитываются в качестве комплексных. Обособленной среди данного набора рудно-формационных типов является железомарганцевая кор выветривания апокарбонатная формация, характеризующаяся в целом высокими средними содержаниями Mn в руде и совместным нахождением Mn и Fe минералов в породе в виде сложных агрегатов лимонит-гётит-пиролозит-псиломеланового состава.

Прогнозные ресурсы железомарганцевых руд учтены для четырех рудно-формационных типов (табл. 3), из которых подавляющее большинство относится к железомарганцевой кор выветривания апокарбонатной формации (100% ресурсов категории P₁; 90,6% ресурсов категории P₃). Значительны также и прогнозные ресурсы железорудной скарновой формации, однако все они приурочены к месторождению Шишмановское в пределах Байкальской минерагенической провинции.

Следует отметить, что для территории Восточно-Сибирской минерагенической провинции

можно ожидать значительного прироста прогнозных ресурсов железомарганцевых руд, широко распространенных в зонах стратиграфического контакта юрских терригенных и палеозойских карбонатных комплексов (рис. 10) в Республике Саха (Якутия).

Возвращаясь к перспективам чуктуконского типа марганцевых руд (табл. 2) следует упомянуть исследования, проводимые в Институте металлургии и материаловедения им. А. А. Байкова, где разрабатывается новая эффективная пирогидрометаллургическая технология комплексной переработки высокожелезистых ниобий-редкоземельных руд Чуктуконского месторождения по схеме «восстановительный обжиг – выщелачивание» [13]. Важно и то, что Чуктуконский массив не является уникальным объектом в России, в частности в пределах северной части Восточно-Сибирской минерагенической провинции. Выявлен целый ряд карбонатитовых массивов (в том числе и Томторский площадью 270 км², расположенный на Уджинском поднятии [11]), а также Мальджангарский массив Анабарского щита и ряд других объектов в пределах Сибирской платформы. В карбонатитовых неизмененных рудах содержания MnO варьируют в зависимости от петрографического типа пород в среднем от 1,3 до 3,0%, достигая в коре выветривания 4,30–10,0%, при ее суммарной мощности на Томторском массиве 400 м [25]. По мнению Н. П. Похиленко, данный массив имеет возможность стать новым центром добычи марганцевых руд в России [23]. Схожие параметры марганцевого оруденения с содержаниями Mn от 1,0 до 4,0% и более характерны также для карбонатитов Белозиминского, Большетангинского массивов в северо-восточной части Алтае-Саянской провинции [22]. Выделять данный тип в качестве самостоятельной рудной формации на текущий момент не следует ввиду вторичности марганца в качестве полезного компонента на фоне Nb, Ta, REE и других элементов, однако весьма целесо-

Таблица 3

Суммарные прогнозные ресурсы комплексных железомарганцевых руд различных рудно-формационных типов территории Российской Федерации

№ п/п	Минерагеническая провинция	Прогнозные ресурсы, млн т руды		
		P ₁	P ₂	P ₃
1	Железистых кварцитов марганец-сланцевая	0	0	117,5
2	Железо-марганец-барит-свинцово-цинковая терригенно-кремнисто-карбонатная	0	0,40	0
3	Железомарганцевая кор выветривания апокарбонатная	63,73	183,00	1131,90
4	Железорудная скарновая	0	540,00	0
5	Железистых кварцитов марганец-сланцевая	0		117,50

образно включать его в качестве сопутствующего в формации апатит-тантал-ниобий-редкоземельной апокарбонатитовых кор выветривания.

Говоря о проявлении Высокогорное (табл. 2), необходимо подчеркнуть, что, несмотря на значительные содержания и параметры марганца в рудах, выделять алабандиновое марганцевое оруденение [14] в качестве нового рудно-формационного типа вряд ли в настоящий момент целесообразно, именно ввиду его уникальности [15]. На текущий момент неизвестны аналогичные объекты с соответствующими параметрами, морфологией, устойчивой минеральной ассоциацией и связью с определенными геологическими обстановками и процессами. Необходимо дальнейшее наращивание геологосъемочных и геолого-минералогических работ ГК-200 и ГК-50 с целью выявления аналогичных объектов на сопредельной территории и в пределах Верхояно-Колымской минерагенической провинции в целом.

Рекомендации. Вышеизложенное позволяет утверждать, что без проведения комплексных мелко-, средне- и крупномасштабных работ, в том числе специализированных на поиски марганцевых руд, проблема острого дефицита данного металла при востребованности его промышленностью не может быть решена в кратчайшие сроки. Значительная часть объектов с выявленной марганцеворудной минерализацией или перспективами ее обнаружения расположена в пределах площадей с весьма хорошей изученностью. Это, в первую очередь, территории Уральской, Алтае-Саянской, Восточно-Европейской и Западно-Сибирской минерагенических провинций. В то же время неизученными и слабо изученными остаются многие площади Монголо-Охотской, Сихотэ-Алиньской и Олюторско-Камчатской минерагенических провинций. Именно в пределах данных минерагенических подразделений и надлежит сконцентрировать основное внимание при пла-

нировании работ масштаба 1 : 200 000. Перспективы выявления марганцевой минерализации, в первую очередь парнокского типа, присутствуют и в пределах Пай-Хой-Новоземельской минерагенической провинции, доизучение которой также имеет актуальность в связи с развитием Арктической зоны РФ и Северного морского пути.

В табл. 4 указано общее количество номенклатурных листов, рекомендованных в различных округах Российской Федерации, для проведения ГДП-200/2 в металлогеническом отношении ориентированных на марганцевое оруденение.

Оценка перспективности и ранжирование площадей номенклатурного листа масштаба 1 : 200 000, предлагаемых к постановке среднемасштабных работ, проводились на основании проявленности в их пределах геологических (стратиграфических) критериев с учетом связи оруденения с характерными породными комплексами определенного возраста, а также тектонических, метасоматических и геохимических критериев с использованием комплектов Госгеолкарт масштаба 1 : 1 000 000 третьего поколения, карт масштаба 1 : 200 000 первого и второго поколений, карт масштаба 1 : 2 500 000 рудоносных гидротермально-метасоматических формаций России, прогнозно-металлогенической карты России и континентального шельфа, прошедших НРС Роснедра.

Площади 1-й очереди рекомендуются к проведению специализированных на марганец работ ГДП-200/2 с высокими перспективами выявления промышленно-значимого оруденения (имеются марганцеворудные объекты рангов «рудопроявление» и крупнее, прогнозные ресурсы высоких категорий и наличие критериев прогноза). Среди месторождений марганцевых руд наиболее перспективными в промышленном отношении для России являются месторождения формаций: кор выветривания; вулканогенно-карбонатно-терригенной и железо-марганцевой терригенно-кремнисто-карбонатной (парнокский тип), они характеризуются

Таблица 4

Количество листов, рекомендованных для постановки ГДП-200/2, в пределах которых возможно выделить площади, благоприятные для постановки в дальнейшем поисковых работ на выявление месторождений марганца

Федеральный округ	С учетом ООПТ и изученности	1-я очередь	2-я очередь
Дальневосточный	49	24	25
Дальневосточный (Саха)	18	12	6
Приволжский	4	3	1
Северо-Западный	1	0	1
Сибирский	44	22	22
Уральский	3	2	1
Южный	1	1	0
В целом по всем ФО России	98	50	48

браунитовым, пиролюзит-псиломелановым составом, являясь в том числе и благоприятными с точки зрения параметров оруденения и возможности получения Mn концентратов. В связи с этим предлагаются номенклатурные листы, в пределах которых проявлены разноранговые рудные объекты перечисленных формаций как наиболее благоприятные в прогностическом плане, требующие постановку ГДП-200/2 (или ГМК-200) в самое ближайшее время, во всяком случае до 2026 г. В этом отношении наиболее перспективными из номенклатурных листов на выявление промышленного объекта являются три группы листов, в пределах которых следует провести ГДП-200 и (или) ГМК-200.

1. Группа листов **N-53-XX; N-53-XV; N-53-XXI** – Удско-Селемджинский ПРУ (Монголо-Охотская минерагеническая провинция) – 4,2 млн т руды категории P_1 , 8,4 млн т руды категории P_2 , 75 млн т руды категории P_3 при среднем содержании 22,44% [21].

2. **O-45-XXXVI** – Западно-Аргинский потенциальный марганцеворудный узел (Западно-Сибирская минерагеническая провинция) – 0,34 млн т руды категории P_1 , 8,5 млн т руды категории P_2 , 50 млн т руды категории P_3 при среднем содержании 17,72% [2].

3. Группа листов **P-59-XXI, -XXII, -XXIII** – Чача-Эпильчикский (Эпильчикский) потенциальный марганценосный платиноворудный узел (Олюторско-Камчатская минерагеническая провинция) – 1,5 млн т руды категории P_1 , 1,7 млн т руды категории P_3 при среднем содержании 30,54% [2; 9]. Следует отметить, что прогнозные ресурсы P_3 данной территории посчитаны на незначительную площадь, а значит, минерагенический потенциал ее еще предстоит раскрыть.

Площади 2-й очереди рекомендуются к проведению специализированных на марганец работ (ГДП-200/2, ГМК-200) со средними перспективами выявления промышленно-значимого оруденения (имеются марганцеворудные объекты рангов «рудопроявление» и крупнее, имеются прогнозные ресурсы высоких и низких категорий и наличие ряда критериев прогноза) до 2035 г.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аликберов В. М., Тигунов Л. П. Природно-легированные железные руды России: состояние и перспективы использования в металлургии легированных чугунов и сталей // Черная металлургия. Бюллетень научно-технической и экономической информации. – 2018. – № 5. – С. 3–12.
2. Баймулдин Б. А. Прогнозные ресурсы твердых полезных ископаемых и твердых горючих (уголь) ископаемых Российской Федерации на 1 января 2019 года. Вып. 3. Неметаллы. – М.: ФГБУ «Росгеолфонд», 2019. – С. 154.
3. Геологическая карта России и прилегающих акваторий масштаба 1 : 2 500 000. – СПб.: ВСЕГЕИ, 2012 (на 16 листах).
4. Геохимия осадочного марганцеворудного процесса / Н. М. Страхов, Л. Е. Штеренберг, В. В. Калинин, Е. С. Тихомирова. – М.: Наука, 1968. – 495 с.
5. Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1 : 200 000. Издание второе. Серия

Муйская. Лист O-49-XXXV (Янчук). Объяснительная записка. – М.: МФ ВСЕГЕИ, 2015. – 113 с. (Минприроды России, Роснедра, Управление по недропользованию по Республике Бурятия, ФГУП «Бурятгеоцентр»).

6. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1 : 1 000 000 (третье поколение). Серия Дальневосточная. Лист N-52 – Зея. Объяснительная записка. – СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2007. – 326 с. + 4 вкл. (МПР России, Роснедра, ФГУП «ВСЕГЕИ», ФГУП «Амургеология»).

7. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1 : 1 000 000 (третье поколение). Серия Уральская. Лист M-40 (Оренбург) с клапаном M-41. Объяснительная записка / П. В. Лядский, Л. Н. Кваснюк, А. В. Жданов, О. В. Чечулина и др. – СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2013. – 392 с. + 1 вкл.

8. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1 : 1 000 000 (третье поколение). Серия Таймыро-Североземельская. Лист S-46 – Тарей. Объяснительная записка / В. Ф. Проскурнин, Г. В. Шнейдер, А. В. Гавриш, Н. Н. Нагайцева и др. – СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2016. – 534 с. (Минприроды России, Федеральное агентство по недропользованию, ФГБУ «ВСЕГЕИ», ГПК «КНИИГиМС»).

9. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1 : 1 000 000 (третье поколение). Серия Корякско-Курильская. Лист P-59 – Пахачи. Объяснительная записка / А. В. Разумный, В. И. Сидоренко, Л. П. Сапожникова, А. Е. Кротова-Путинцева и др. – СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2017. – 323 с. + 11 вкл.

10. Государственный доклад о состоянии и использовании минерально-сырьевых ресурсов Российской Федерации в 2021 году / ред. Е. А. Киселев. – М., 2022.

11. Егоров Л. С., Сурина Л. П., Поршнева Г. И. Удзинский рудно-магматический комплекс ультраосновных щелочных пород и карбонатитов // Рудно-магматические комплексы северо-запада Сибирской платформы и Таймыра. – Л.: ПГО «Севморгеология», 1985. – С. 138–154.

12. Интерактивная электронная карта недропользования РФ [Электронный ресурс]. – URL: <https://rosgeofond.ru/exploration-map> (дата обращения: 30.12.2023).

13. Исследования по восстановительному обжигу ниобий-редкоземельных руд Чукотского месторождения с получением фосфористого чугуна и ниобий-редкоземельного шлака / Г. Б. Садыхов, Д. Ю. Копьев, Д. Г. Агафонов, Т. В. Олюнина, К. Г. Анисонян, Е. Н. Левченко // Металлы. – 2020. – № 3. – С. 3–13.

14. Кокин А. В., Батуринов А. Л. Новый тип марганцевой минерализации. Перспективы освоения // Вестник Госкомгеологии Якутии. – 2004. – № 2. – С. 16–24.

15. Кокин А. В., Силаев В. И., Батуринов А. Л. Алабандин Якутии – новый минеральный тип промышленного оруденения марганца. – Ростов н/Д: ЗАО «Ростиздат», 2011. – 208 с.

16. Ломаев В. Г. Редкометалльные руды Чукотского месторождения – сырье для попутного получения диоксида марганца / В. Г. Ломаев, В. И. Кузьмин, Ю. А. Озерский и др. // Состояние марганцеворудной базы России и вопросы обеспечения промышленности марганцем. – Красноярск: РИЦ КНИИГиМС, 2001. – С. 77–82.

17. Марганец России. Состояние, перспективы освоения и развития минерально-сырьевой базы / А. С. Столяров, Е. И. Ивлева, А. Б. Халезов, И. Г. Печенкин // Минеральное сырье. – М.: ВИМС, 2009. – № 20. – 147 с.

18. Марков К. А., Михайлов Б. М., Предтеченский Н. Н. Критерии прогнозной оценки территорий на твердые полезные ископаемые / под ред. Д. В. Рундквиста. – Л.: Недра, 1986. – 752 с.

19. Методические рекомендации по применению Классификации запасов месторождений и прогнозных

ресурсов твердых полезных ископаемых. Марганцевые руды. – М. : ФГБУ ГКЗ, 2007. – 39 с.

20. Михеева Е. Д., Архипов Н. А. Минерально-сырьевая база редких металлов России // Золото и технологии. – 2013. – № 4. – С. 68–74.

21. Онихимовский В. В., Беломестных Ю. С. Полезные ископаемые Хабаровского края (перспективные для освоения месторождения и проявления). – Хабаровск : КИР РФ, Дальгеолком, Дальгеоцентр, Приамурское Географическое общество, 1995. – 490 с.

22. Пожарицкая Л. К., Самойлов В. С. Петрология, минералогия и геохимия карбонатитов Восточной Сибири. – М. : Наука, 1972. – 267 с.

23. Похиленко Н. П., Толстов А. В. Перспективы освоения Томторского месторождения комплексных ниобий-редкоземельных руд // Эко. – 2012. – № 11. – С. 17–27.

24. Схема размещения перспективных объектов с оцененными прогнозными ресурсами категории РЗ и минералогическим потенциалом [Электронный ресурс]. – URL: <https://p3.vsegei.ru/> (дата обращения: 30.12.2023).

25. Толстов А. В., Черенков В. Г., Баранов Л. Н. Генезис и возраст рудной толщи Томторского месторождения ниобия и редких земель (Северо-Восток Сибирской платформы) // Руды и металлы. – 2020. – № 4. – С. 32–44.

26. Юдович Я. Э., Кетрис М. П. Геохимия марганца. – Сыктывкар : Геопринт, 2014. – С. 538.

27. Юдович Я. Э., Кетрис М. П. Геохимические индикаторы литогенеза (литологическая геохимия). – Сыктывкар : Геопринт, 2011. – С. 742.

28. Юдович Я. Э., Кетрис М. П. Марганцевые карбонатные руды на Пай-Хое // ДАН СССР. – 1981. – Т. 257, № 4. – С. 988–991.

REFERENCES

1. Alikberov V. M., Tigunov L. P. Prirodno-legirovannye zheleznye rudy Rossii: sostoyanie i perspektivy ispol'zovaniya v metallurgii legirovannykh chugunov i staley. *Chernaya metallurgiya. Byulleten' nauchno-tekhnicheskoy i ekonomicheskoy informatsii*, 2018, no. 5, pp. 3–12.

2. Baymuldin B. A. Prognoznye resursy tverdykh poleznykh iskopaemykh i tverdykh goryuchikh (ugol') iskopaemykh Rossiyskoy Federatsii na 1 yanvarya 2019 goda. Iss. 3. Nemetally. Moscow, FGBU «Rosgeolfond», 2019, pp. 154.

3. Geologicheskaya karta Rossii i prilgayushchikh akvatoriy masshtaba 1 : 2 500 000. St. Petersburg, VSEGEI, 2012 (na 16 listakh).

4. Strakhov N. M., Shterenberg L. E., Kalinenko V. V., Tikhomirova E. S. Geokhimiya osadochnogo margantsevorudnogo protsessa. Moscow, Nauka, 1968, 495 p.

5. Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiyskoy Federatsii mashtaba 1 : 200 000. Izdanie vtoroe. Seriya Muyskaya. List O-49-XXXV (Yanchukan). Ob'yasnitel'naya zapiska [State geological map of the Russian Federation of the third generation. Scale 1 : 200 000. Muyskaya series. Sheet O-49-XXXV (Yanchukan). Explanatory note]. Moscow, MF VSEGEI, 2015, 113 p. (Minprirody Rossii, Rosnedra, Upravlenie po nedropol'zovaniyu po Respublike Buryatiya, GFUP «Buryatgeotsentr»).

6. Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiyskoy Federatsii. Mashtab 1 : 1 000 000 (tret'e pokolenie). Seriya Dal'nevostochnaya. List N-52 – Zeya. Ob'yasnitel'naya zapiska [State geological map of the Russian Federation of the third generation. Scale 1 : 1 000 000. Dal'nevostochnaya series. Sheet N-52 – Zeya. Explanatory note]. St. Petersburg, Kartograficheskaya fabrika VSEGEI, 2007, 326 p. + 4 vkl. (MPR Rossii, Rosnedra, FGUP «VSEGEI», FGUP «Amurgeologiya»).

7. Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiyskoy Federatsii. Mashtab 1 : 1 000 000 (tret'e pokolenie).

Seriya Ural'skaya. List M-40 (Orenburg) s klapanom M-41. Ob'yasnitel'naya zapiska [State geological map of the Russian Federation of the third generation. Scale 1 : 1 000 000. Ural'skaya series. Sheet M-40 (Orenburg). Explanatory note]. Ed. by P. V. Lyadskiy, L. N. Kvasnyuk, A. V. Zhdanov, O. V. Chechulina et al. St. Petersburg, Kartograficheskaya fabrika VSEGEI, 2013, 392 p. + 1 vkl.

8. Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiyskoy Federatsii. Mashtab 1 : 1 000 000 (tret'e pokolenie). Seriya Taymyro-Severozemel'skaya. List S-46 – Tareya. Ob'yasnitel'naya zapiska [State geological map of the Russian Federation of the third generation. Scale 1 : 1 000 000. Taymyro-Severozemel'skaya series. Sheet S-46 – Tareya. Explanatory note]. Ed. by V. F. Proskurnin, G. V. Shneyder, A. V. Gavrish, N. N. Nagaytseva et al. St. Petersburg, Kartfabrika VSEGEI, 2016, 534 p. (Minprirody Rossii, Federal'noe agentsvo po nedropol'zovaniyu, FGBU «VSEGEI», GPKK «KNIIGiMS»).

9. Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiyskoy Federatsii. Mashtab 1 : 1 000 000 (tret'e pokolenie). Seriya Koryaksko-Kuril'skaya. List P-59 – Pakhachi. Ob'yasnitel'naya zapiska [State geological map of the Russian Federation of the third generation. Scale 1 : 1 000 000. Koryaksko-Kuril'skaya series. Sheet P-59 – Pakhachi. Explanatory note]. Ed. by A. V. Razumnyy, V. I. Sidorenko, L. P. Sapozhnikova, A. E. Krotova-Putintseva et al. St. Petersburg, Kartograficheskaya fabrika VSEGEI, 2017, 323 p. + 11 vkl.

10. Gosudarstvennyy doklad o sostoyanii i ispol'zovanii mineral'no-syr'evykh resursov Rossiyskoy Federatsii v 2021 godu. Ed. by E. A. Kiselev. Moscow, 2022.

11. Egorov L. S., Surina L. P., Porshnev G. I. Udzhinskiy rudno-magmatischeskiy kompleks ul'traosnovnykh shchelochnykh porod i karbonatitov. *Rudno-magmatischeskie komplekсы severo-zapada Sibirskoy platformy i Taymyra*. Leningrad, PGO «Sevmorgeologiya», 1985, pp. 138–154.

12. Interaktivnaya elektronnaya karta nedropol'zovaniya RF [Elektronnyy resurs]. URL: <https://rosgeolfond.ru/exploration-map> (30.12.2023).

13. Sadykhov G. B., Kop'ev D. Yu., Agafonov D. G., Olyunina T. V., Anisonyan K. G., Levchenko E. N. Issledovaniya po vosstanovitel'nomu obzhibu niobiy-redkozemel'nykh rud Chuktukonskogo mestorozhdeniya s polucheniem fosforistogo chuguna i niobiy-redkozemel'nogo shlakka. *Metally*, 2020, no. 3, pp. 3–13.

14. Kokin A. V., Baturin A. L. Novyy tip margantsevoy mineralizatsii. Perspektivy osvoeniya. *Vestnik Goskomgeologii Yakutii*, 2004, no. 2, pp. 16–24.

15. Kokin A. V., Silaev V. I., Baturin A. L. Alabandin Yakutii – novyy mineral'nyy tip promyshlennogo orudeniya margantsa. Rostov-on-Don, ZAO «Rostizdat», 2011, 208 p.

16. Lomaev V. G., Kuz'min V. I., Ozerskiy Yu. A. et al. Redkometall'nye rudy Chuktukonskogo mestorozhdeniya – syr'e dlya poputnogo polucheniya dioksida margantsa. *Sostoyanie margantsevorudnoy bazy Rossii i voprosy obespecheniya promyshlennosti margantsem*. Krasnoyarsk, RITs KNIIGiMS, 2001, pp. 77–82.

17. Stolyarov A. S., Ivleva E. I., Khalezov A. B., Pechenkin I. G. Marganets Rossii. Sostoyanie, perspektivy osvoeniya i razvitiya mineral'no-syr'evoy bazy. *Mineral'noe syr'e*. Moscow, VIMS, 2009, no. 20, 147 p.

18. Markov K. A., Mikhaylov B. M., Predtechenskiy N. N. Kriterii prognosnoy otsenki territoriy na tverdye poleznye iskopaemye. Ed. by D. V. Rundkvist. Leningrad, Nedra, 1986, 752 p.

19. Metodicheskie rekomendatsii po primeneniyu Klassifikatsii zapasov mestorozhdeniy i prognosnykh resursov tverdykh poleznykh iskopaemykh. Margantsevye rudy. Moscow, FGBU GKZ, 2007, 39 p.

20. Mikheeva E. D., Arkhipov N. A. Mineral'no-syr'evaya baza redkikh metallov Rossii. *Zoloto i tekhnologii*, 2013, no. 4, pp. 68–74.

21. Onikhimovskiy V. V., Belomestnykh Yu. S. Poleznye iskopaemye Khabarovskogo kraya (perspektivnye dlya osvoeniya mestorozhdeniya i proyavleniya). Khabarovsk,

KPR RF, Dal'geolkom, Dal'geotsentr, Priamurskoe Geograficheskoe obshchestvo, 1995, 490 p.

22. Pozharitskaya L. K., Samoylov V. S. Petrologiya, mineralogiya i geokhimiya karbonatitov Vostochnoy Sibiri. Moscow, Nauka, 1972, 267 p.

23. Pokhilenko N. P., Tolstov A. V. Perspektivy osvoeniya Tomtorskogo mestorozhdeniya kompleksnykh niobiy-redkozemel'nykh rud. *Eko*, 2012, no. 11, pp. 17–27.

24. Skhema razmeshcheniya perspektivnykh ob"ektov s otsennymi prognoznyimi resursami kategorii R3 i mineralogicheskimi potentsialom [Elektronnyy resurs]. URL: <https://p3.vsegei.ru/> (30.12.2023).

25. Tolstov A. V., Cherenkov V. G., Baranov L. N. Genezis i vozrast rudnoy tolshchi Tomtorskogo mestorozhdeniya niobiya i redkikh zemel' (Severo-Vostok Sibirskoy platformy). *Rudy i metally*, 2020, no. 4, pp. 32–44.

26. Yudovich Ya. E., Ketris M. P. Geokhimiya margantsa. Syktyvkar, Geoprint, 2014, pp. 538.

27. Yudovich Ya. E., Ketris M. P. Geokhimicheskie indikatoriy litogeneza (litologicheskaya geokhimiya). Syktyvkar, Geoprint, 2011, pp. 742.

28. Yudovich Ya. E., Ketris M. P. Margantsevye karbonatnye rudy na Pay-Khoe. *DAN SSSR*, 1981, vol. 257, no. 4, pp. 988–991.

Молчанов Анатолий Васильевич – доктор геол.-минерал. наук, зав. отделом. <Anatoly_Molchanov@vsegei.ru>

Козлов Глеб Александрович – канд. геол.-минерал. наук, вед. геолог. <Gleb_Kozlov@vsegei.ru>

Белова Валентина Николаевна – ст. науч. сотрудник. <Valentina_Belova@vsegei.ru>

Семенова Валентина Васильевна – вед. инженер. <Valentina_Semenova@vsegei.ru>

Molchanov Anatoly Vasilyevich – Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Head of Department. <Anatoly_Molchanov@vsegei.ru>

Kozlov Gleb Aleksandrovich – Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Leading Geologist. <Gleb_Kozlov@vsegei.ru>

Belova Valentina Nikolaevna – Senior Researcher. <Valentina_Belova@vsegei.ru>

Semenova Valentina Vasilievna – Leading Engineer. <Valentina_Semenova@vsegei.ru>

Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А. П. Карпинского (Институт Карпинского). Средний пр., 74, Санкт-Петербург, Россия, 199106.

A. P. Karpinsky Russian Geological Research Institute (Karpinsky Institute). 74 Sredny Prospect, St. Petersburg, Russia, 199106.