

К вопросу совершенствования прогнозно-поисковых комплексов на выявление новых источников остродефицитного минерального сырья (на примере россыпных валунчатых хромовых руд)

Игорь Викторович АБАКУМОВ^{1, 2*}

¹Уральский государственный горный университет, Екатеринбург, Россия

²ФГКУ «Росгеолэкспертиза», Екатеринбург, Россия

Аннотация

Цель работы – совершенствование прогнозно-поисковых комплексов на выявление новых для российской промышленности источников остродефицитного минерального сырья.

Методика работ – анализ имеющейся информации об особенностях геологического строения и условий размещения мелкозалегающих склоновых россыпей валунчатых хромовых руд, реконструкция погребенного рельефа плотика, исследование структурных особенностей плотиковой и современной (дневной) поверхности россыпей с использованием аналитических методов (тренд-анализа и др.), изучение пространственной изменчивости оценочных параметров россыпных объектов, выявление факторов, контролирующих распределение продуктивности россыпей.

Результаты работ. Выполнена реконструкция плотиковой поверхности наиболее полно изученной типовой россыпи валунчатых хромовых руд Сарановской группы (россыпи № 2), проведено исследование пространственной изменчивости оценочных параметров россыпи в плане, определены факторы, контролирующие распределение продуктивности рыхлых отложений.

Продольный профиль плотиковой поверхности россыпи представляет собой чередование слабонаклонных и субгоризонтальных участков, образование которых, вероятно, объясняется неоднократным проявлением эрозионных циклов в истории развития региона. Распределение мощности продуктивных отложений в направлении вытянутости россыпи носит периодический характер. Повышенные мощности продуктива тяготеют к участкам, где слабонаклонные участки плотика сменяются более пологими (субгоризонтальными), – к основаниям «террасоподобных» ступеней в рельефе. В целом отмечается общая тенденция увеличения мощности продуктивного слоя вниз по склону.

Распределение показателей продуктивности россыпи отличается неравномерным характером; в направлении вытянутости россыпи выделяются зоны нарастания, максимума и спада продуктивности, что является типичными чертами «элементарной россыпи» по Н. А. Шило. Отмечается четкая приуроченность наиболее продуктивных участков к субгоризонтальным морфоструктурным элементам погребенного плотика в срединной части россыпи. Микроформы погребенного рельефа, с которыми связаны наиболее продуктивные участки склоновых залежей, проявляют себя в виде отрицательных «остатков» линейного тренда отметок плотиковой поверхности. Морфоструктурные элементы погребенного плотика мелкозалегающей россыпи унаследованно проявляются в современном рельефе.

Выводы. Анализ представленных материалов подчеркивает важность морфоструктурных исследований при прогнозировании и поисках россыпей валунчатых хромовых руд ближнего сноса. При поисковых работах представляется актуальной задача сверхточной съемки рельефа дневной поверхности с дополнительными математическими преобразованиями полученных данных.

Ключевые слова: россыпи ближнего сноса, валунчатые хромовые руды, плотиковая поверхность, продуктивность, современный рельеф, прогнозно-поисковый комплекс.

Введение

Хром входит в список основных стратегических металлов России [1]. Государственным балансом запасов полезных ископаемых Российской Федерации учитывается около 50 млн т хромовых руд, преимущественно в магматических комплексах. По технологическим и экономическим причинам

около 80 % запасов находятся в нераспределенном фонде недр [2]. Прогнозные ресурсы хромового сырья составляют (по категориям $P_1 + P_2$) примерно 375 млн т. В современных условиях для России, испытывающей дефицит собственного металлургического хромового сырья, выявление новых его источников,

✉ I.Abakumiv_74@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-6622-2472>

связанных в том числе и с экзогенными месторождениями (россыпями), является актуальной задачей [3, 4].

Известно, что миграционные характеристики хромшпинелидов обуславливают, с одной стороны, их способность образовывать россыпи ближнего сноса (склоновые, ложковые, аллювиальные, бенчевые), с другой, мигрировать на значительные расстояния, концентрируясь в тех или иных количествах в комплексных прибрежно-морских россыпях. Состав хромшпинелидов в россыпях зависит от типа коренного источника. В россыпях, образовавшихся за счет источников пород дунит-гарцбургитовой формации подвижных поясов, преобладают высокомагнезиальные хромиты с переменным содержанием хрома и низким содержанием железа (хромит-алюмохромит-хромпикотит), а в россыпях, связанных с платформенной гарцбургит-ортопироксен-норитовой формацией, доминируют хромшпинелиды с переменным содержанием хрома и повышенным содержанием глинозема и железа (субферрит-хромит-ферриалюмохромит). Отмеченные различия в составе хромшпинелидов определяют потенциальную ценность россыпей [5].

Объектами рассмотрения в настоящей работе являются элювиально-склоновые россыпи валунчатых хромовых руд в районе Сарановского ультрабазитового массива в Пермском крае. Подобные образования также известны в районах Ключевского, Варшавского, Верблюжьегогорского, Наследницкого и Татищевского массивов в Свердловской и Челябинской областях, Салаире (на Успенском участке одноименного массива), Корякском нагорье (в пределах Усть-Бельского и Красногорского дунитовых массивов) [6].

Хромовые руды коренных и россыпных объектов Сарановской группы используются в металлургии сравнительно недавно, с 1990-х гг. Ранее они находили применение исключительно в качестве сырья для производства огнеупоров. После распада СССР отечественная ферросплавная промышленность, основные производственные мощности которой находятся на Урале (Челябинский электрометаллургический комбинат, Серовский завод ферросплавов, Ключевский завод ферросплавов), лишилась стабильных поставок хромовой руды из Казахстана с Донского ГОКа, разрабатывающего высококачественные руды ($Cr_2O_3 > 50\%$) месторождений Кемпирсайской группы (Алмаз-Жемчужина, Миллионное и др.). В условиях дефицита отечественного металлургического хромового сырья в 1990–2000-х гг. российскими научными и производственными коллективами (Институт металлургии УрО РАН, Южно-Уральский государственный университет, Всероссийский научно-исследовательский институт минерального сырья им. Н. М. Федоровского, Челябинский электрометаллургический комбинат, Серовский завод ферросплавов и др.) были разработаны и внедрены промышленные технологии получения товарного и передельного высокоуглеродистого феррохрома с пониженным содержанием хрома, так называемого «чардж-хрома», с использованием руд месторождений Средне-Южноуральской и Карело-Кольской хромитоносных провинций, в том числе и руд повышенной железистости и глиноземистости месторождений Сарановской группы [7–11]. Отечественные разработки корреспондируются

с современными мировыми тенденциями в производстве ферросплавов, такими как массовое производство «чардж-хрома» (стоимость которого ниже, чем стоимость стандартного феррохрома; удобен в качестве легирующей добавки при выплавке нержавеющей стали), снижение требований ГОСТов и ТУ по содержанию хрома как в руде, так и в готовой продукции и др. [12–14].

Полученные при геологическом изучении и эксплуатации сарановских россыпей сведения могут представлять интерес при разработке рациональных прогнозно-поисковых комплексов на новые источники остродефицитного минерального сырья.

Естественно, небольшие запасы склоновых россыпей не способны кардинальным образом решить проблему дефицита отечественного хромового сырья. Однако их разработка может внести определенный вклад в решение текущих тактических задач по снабжению металлургических предприятий регионов дефицитным сырьем, способствовать снижению регионального дефицита, обусловленного природными особенностями месторождений и закономерностями их размещения на территории России, обеспечить дополнительные рабочие места, повысить налоговые поступления в бюджеты разных уровней.

Краткие сведения о геологическом строении объекта исследований. Сарановские россыпи сформировались за счет разрушения коренных источников хромовых руд стратиформного типа, пространственно и генетически связанных с базит-гипербазитовыми породами Сарановского массива (рис. 1). Рудоносные магматические породы относятся к гарцбургит-ортопироксенит-норитовой формации [15, 16].

Несмотря на то, что освоение россыпей Сарановской группы было начато в конце XIX–начале XX в., ряд склоновых залежей остаются недоразведанными (неоконтурными в своих природных границах), так как частично они находятся на особо охраняемых землях лесного фонда. В качестве эталонного объекта рассматривается наиболее полно изученная, разведанная на всем своем протяжении и к настоящему времени уже полностью отработанная россыпь № 2.

Валунчатые хромовые руды россыпи № 2 образовались за счет разрушения коренных источников – проявлений «Кедр» и «Малая выработка». Россыпь представляет собой пластообразную залежь с двумя «питающими» логами в ее головной части. Длина россыпи составляет 1300 м, ширина – 350–400 м.

Продуктивный слой россыпи на 73–82 % (по массе) сложен суглинками, на 18–27 % – валунами, галькой и гравием серпентинита, габбро, хромовых руд, щебнем метаморфических пород. Мощность продуктивной толщи колеблется от 0,2 до 1,9 м, в среднем составляя 1,0 м.

После промывки в скруббер-бутаре разнородные валуны и щебень являются промпродуктом, направляемым на дальнейшее гравитационное обогащение для получения рудного концентрата.

Валуны хромитов имеют округлую, вытянутую или приплюснутую форму. Класс окатанности обломков: полуокатанные, окатанные и хорошо окатанные. Доминирует полуокатанный класс. Гранулометрический состав валунчатых хромовых руд россыпи, %: менее

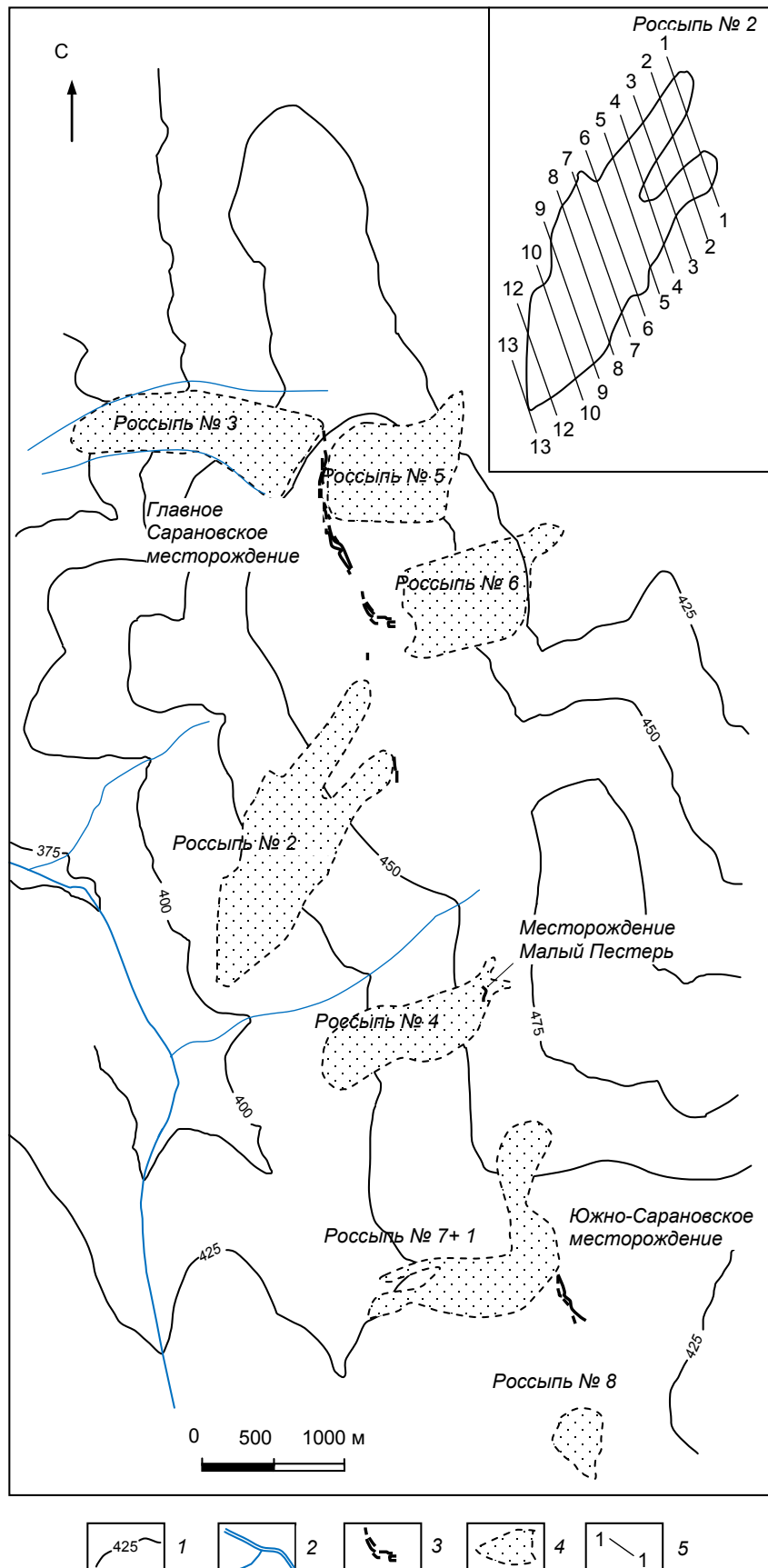


Рисунок 1. Схема пространственного расположения коренных выходов и валунчатых россыпей хромовых руд в районе пос. Сараны Пермского края: 1 – изогипсы рельефа; 2 – реки и ручьи; 3 – коренные выходы хромовых руд; 4 – площади распространения элювиально-делювиальных хромитоносных отложений; 5 – разведочные профили в пределах россыпи № 2

Figure 1. Scheme of the spatial arrangement of bedrock outcrops and boulder placers of chromium ores in the area of the settlement of Sarany of the Perm Territory: 1 – isohypses of the relief; 2 – rivers and streams; 3 – bedrock outcrops of chromium ores; 4 – areas of distribution of eluvial-deluvial chromite-bearing deposits; 5 – exploration profiles within placer no. 2

50 мм – 9,9; 50–100 мм – 3,6; 100–200 мм – 69,5; 200–400 мм – 17,0. Валунки весьма крепкие, плотные, без следов трещиноватости, представлены сплошным мелко- и среднезернистым хромитом с небольшим содержанием нерудных включений. Химический состав валунчатых хромитов, %: Cr_2O_3 – 39,2; SiO_2 – 5,3; CaO – 0,2, FeO – 18,2, Fe_2O_3 – 2,1.

Непосредственно перекрывающие продуктивные отложения торфа представлены бурым суглинком. Мощность торфов варьирует от 0,1 до 0,8 м, в среднем составляя 0,3 м.

Валунчатые руды залегают на глинисто-щебенистых продуктах выветривания слюдиисто-кварцевых сланцев федотовской свиты позднего рифея (R_3fd).

Исследования базируются на результатах разведочных работ 1967–1976 гг. [17]. Опробование россыпи про-

изводилось валовым способом на полную мощность продуктивного слоя. Каждая разведочная выработка (шурф), вскрывшая продуктивный слой, была охарактеризована только одной валовой пробой. По этой причине проследить изменчивость показателей россыпи в вертикальном разрезе не представляется возможным.

Методика и результаты исследований

В рамках настоящей работы выполнена реконструкция погребенной поверхности плотика, проведено исследование пространственной изменчивости оценочных параметров россыпи в плане, определены факторы, контролируемые распределение продуктивности рыхлых отложений.

При реконструкциях погребенной поверхности плотика (на уровне обобщения материалов разведки) в качестве репера принята современная дневная поверхность. Абсолютные отметки плотиковой поверхности представ-

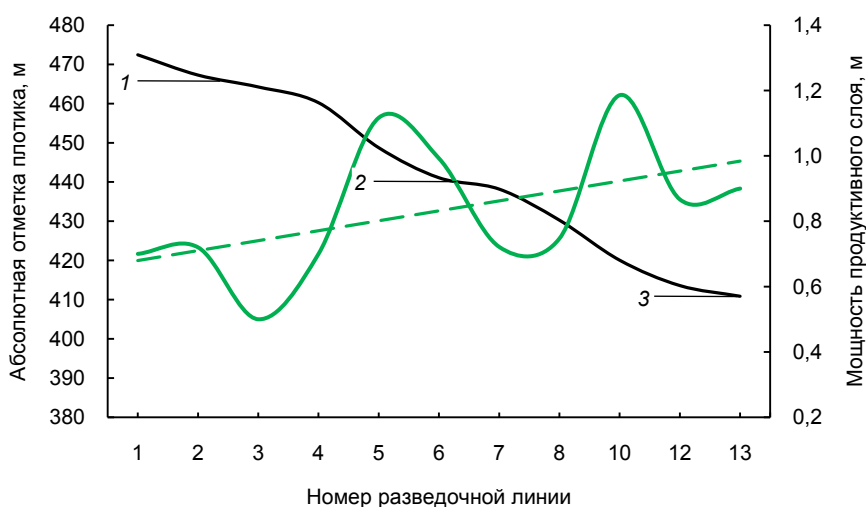


Рисунок 2. Изменение мощности продуктивного слоя в направлении вытянутости россыпи № 2: черным цветом показан продольный профиль плотика россыпи, зеленым цветом – график изменения мощности продуктивного слоя; цифрами 1, 2, 3 пронумерованы «террасоподобные» ступени в рельефе плотика

Figure 2. Change in the thickness of the productive layer in the direction of the elongation of the placer no. 2: black shows the longitudinal profile of the placer bedrock, green color shows the graph of the change in the thickness of the productive layer; numbers 1, 2, 3 show “terraced” steps in the relief of the bedrock

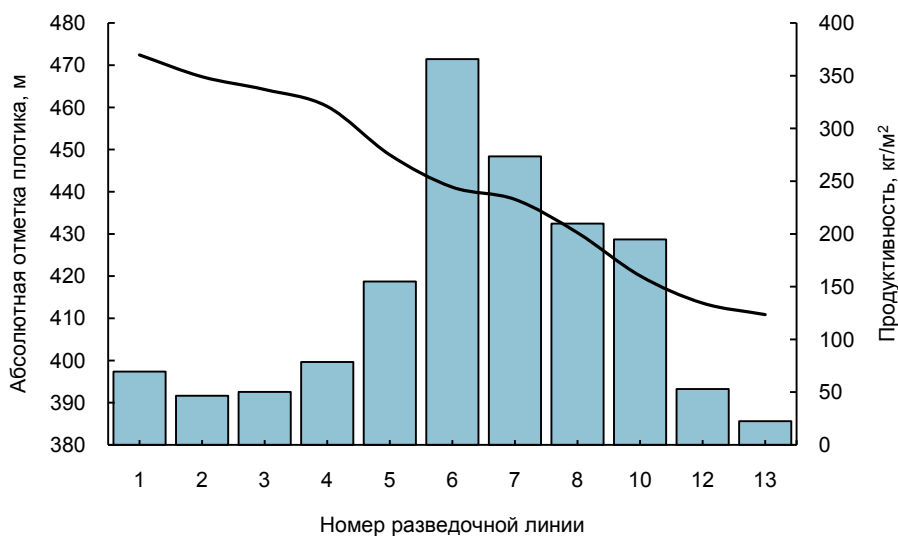


Рисунок 3. Изменение вертикального запаса (продуктивности) валунчатых хромовых руд в направлении вытянутости россыпи № 2
Figure 3. Change in the vertical reserve (productivity) of pebble chromium ores in the direction of elongation of placer no. 2

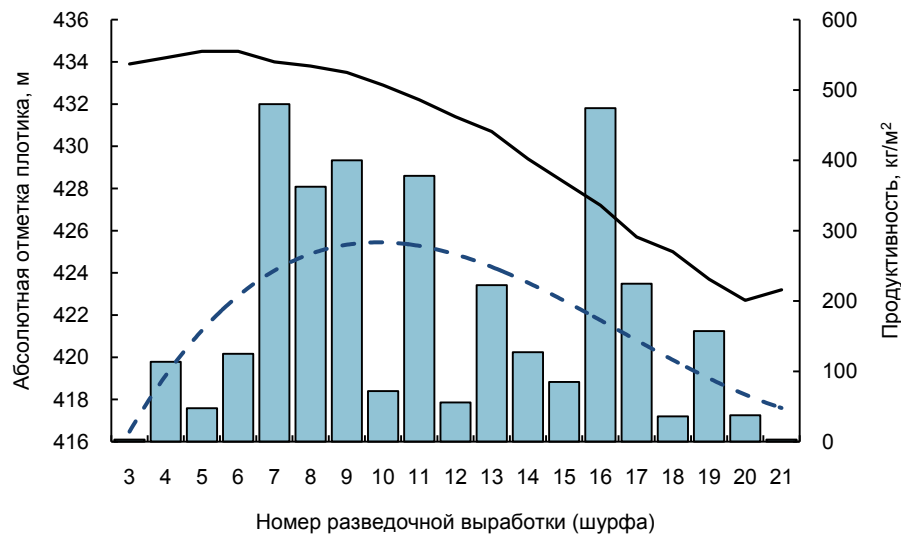


Рисунок 4. Графики изменения вертикального запаса валунчатых хромовых руд вкостр простираения россыпи № 2 (по разведочной линии 8): в виде столбчатой диаграммы показаны исходные значения вертикального запаса по разведочным выработкам, пунктиром – аппроксимированные значения вертикального запаса (использован полином сглаживания 3-й степени)
Figure 4. Graphs of changes in the vertical reserve of pebble chromium ores across the strike of placer no. 2 (along exploration line 8): in the form of a bar graph, the initial values of the vertical reserve for exploration workings are shown, the dotted line shows the approximated values of the vertical reserve (a 3rd degree smoothing polynomial was used)

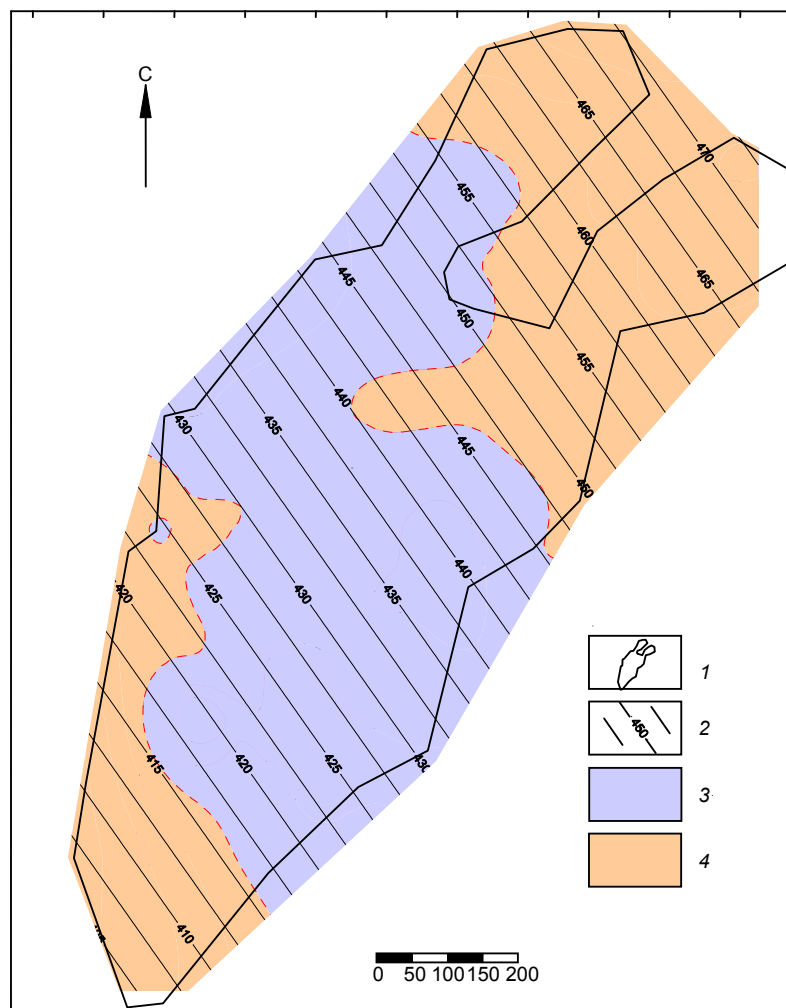


Рисунок 5. Поверхность и «остатки» линейного тренда отметок реконструированной погребенной плотиковой поверхности россыпи № 2: 1 – внешний контур россыпи, отстроенный по выходу хромовых валунов в краевой выработке 30 кг/м³, 2 – плоскость линейного тренда; 3–4 – «остатки» линейного тренда: 3 – отрицательные, 4 – положительные
Figure 5. The surface and “remains” of the linear trend of the marks of the reconstructed buried bedrock surface of placer no. 2: 1 – the outer contour of the placer, rebuilt according to the outcrop of chrome boulders in the marginal working of 30 kg/m³, 2 – the plane of the linear trend; 3–4 – “remains” of the linear trend: 3 – negative, 4 – positive

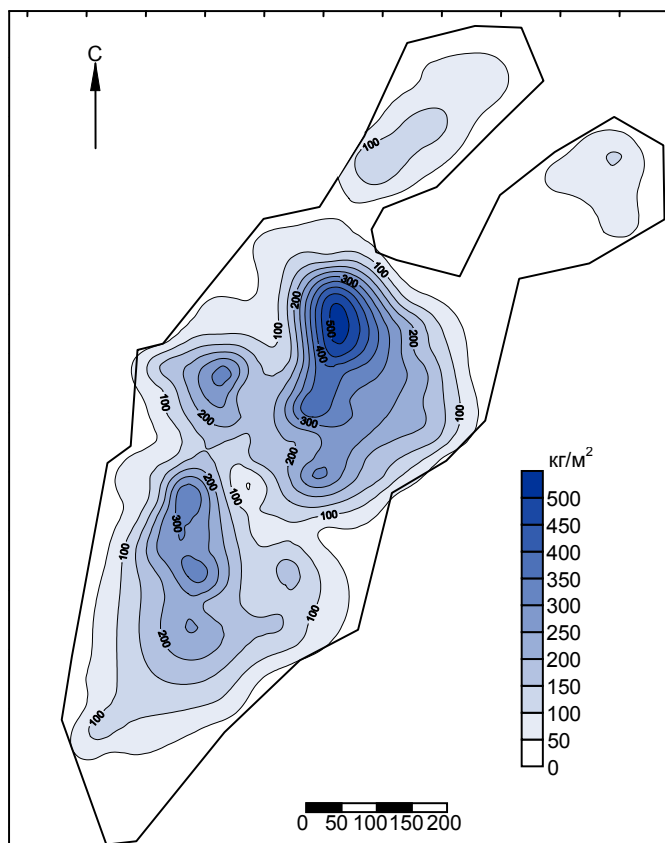


Рисунок 6. План пространственного распределения продуктивности россыпи № 2
Figure 6. Plan of spatial distribution of placer no. 2 productivity

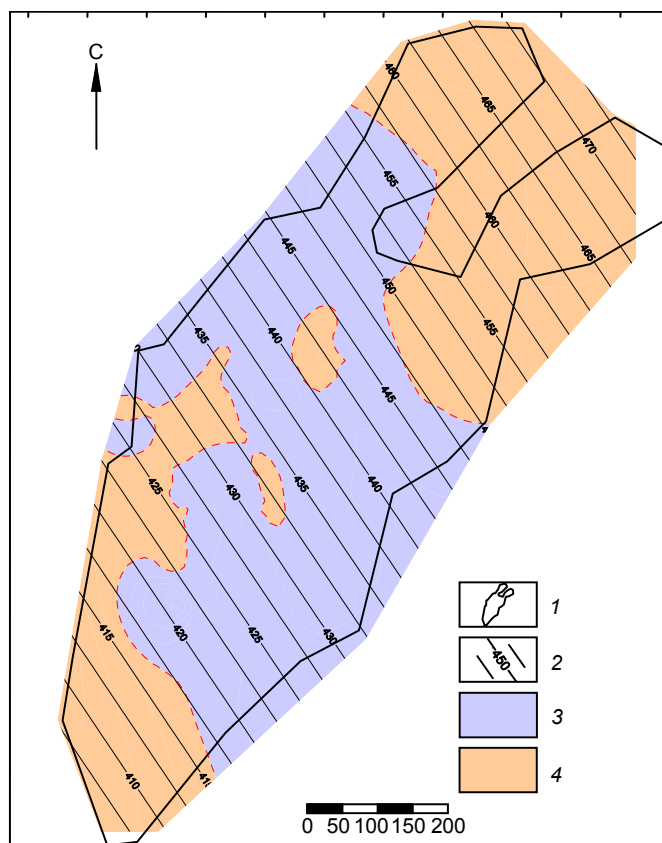


Рисунок 7. Поверхность и «остатки» линейного тренда отметок дневной поверхности россыпи № 2: 1 – внешний контур россыпи, отстроенный по выходу хромовых валунов в краевой выработке 30 кг/м³; 2 – плоскость линейного тренда; 3–4 – «остатки» линейного тренда: 3 – отрицательные, 4 – положительные
Figure 7. The surface and “remains” of the linear trend of day surface marks of placer no. 2: 1 – the outer contour of the placer, rebuilt according to the outcrop of chrome boulders in the marginal working 30 kg/m³; 2 – plane of the linear trend; 3–4 – “remains” of the linear trend: 3 – negative, 4 – positive

ляют собой разность абсолютных отметок устьев разведочных шурфов и суммарной мощности рыхлых отложений (почвенно-растительного слоя, торфов и продуктивных отложений), перекрывающих плотик.

Продольный профиль плотиковой поверхности россыпи представляет собой чередование слабонаклонных и субгоризонтальных участков, образование которых, возможно, объясняется неоднократным проявлением эрозионных циклов в истории развития региона (рис. 2). Уклон плотика в среднем составляет 2,3°; на отдельных участках он варьирует от 1,3° до 3,7°. Отмеченные особенности поверхности плотика продемонстрированы на рис. 2, 3. Обращаем внимание на различия в масштабах представления исходных данных на графиках по вертикали и горизонтали, что искажает отображение на них «истинного» уклона россыпи (на рис. 2, 3 уклон плотика представляется более крутым), но обеспечивает визуализацию особенностей строения плотика.

Распределение мощности продуктивных отложений в направлении вытянутости россыпи носит периодический характер. Повышенные мощности продуктива тяготеют к участкам, где слабонаклонные участки плотика сменяются более пологими (субгоризонтальными), – к основаниям верхней (район профиля 2), средней (профили 5 и 6) и нижней (профиль 10) «террасоподобных» ступеней в рельефе. В целом отмечается общая тенденция увеличения мощности продуктивного слоя вниз по склону (показана пунктиром на рис. 2), при этом максимальные амплитуд-

ные колебания мощности фиксируются в срединной части россыпи.

Распределение показателей продуктивности россыпи отличается неравномерным характером; рис. 3 иллюстрирует изменение продуктивности (вертикального запаса хромовых валунов) в направлении вытянутости россыпи; выделяются зоны нарастания (район профилей 1–5), максимума (6) и спада продуктивности (7–13), что является типичными чертами «элементарной россыпи» по Н. А. Шило [18]. Отмечается четкая приуроченность наиболее продуктивных участков к субгоризонтальным морфоструктурным элементам погребенного плотика в срединной части россыпи (район разведочной линии 6) в основании второй «террасы». По данным разведочных работ средний выход хромовых валунов из продуктивных отложений на этом участке составлял 375 кг/м³, а по отдельным разведочным шурфам достигал 1139 кг/м³. Ранее подобная взаимосвязь показателей продуктивности россыпи с морфоструктурными элементами плотиковой поверхности отмечалась на участке доразведки россыпи № 3 (из устного сообщения Набиуллина В. И., Пермский госуниверситет, 2009).

В поперечных вертикальных сечениях и плане отмечается общая тенденция увеличения продуктивности от периферии к центру (рис. 4).

По причине малых уклонов плотиковой поверхности и незначительных (до 2°) их изменений на отдельных участках «извлечение» дополнительной информации о морфоструктурных особенностях плотиковой поверхности, которая изначально присутствует в исходных картах-моделях, невозможно без дополнительных математических преобразований исходных геологических данных. В качестве эффективного метода исследования «слабо-контрастных» поверхностей проявляет себя тренд-анализ [19].

Для аппроксимации отметок погребенной плотиковой поверхности и современного рельефа использовались уравнения полиномиальной регрессии линейного типа. Расчет уравнений регрессии произведен в программном комплексе Surfer.

Плоскость линейного тренда описывает общую тенденцию уменьшения абсолютных отметок плотика вниз по склону в юго-западном направлении под углом 3,5° (рис. 5). Микроформы погребенного рельефа, с которыми связаны наиболее продуктивные участки склоновых

залежей, проявляют себя в виде отрицательных «остатков» линейного тренда отметок плотиковой поверхности (рис. 5, 6). По причине небольшой мощности склоновых отложений (1–2 м) морфоструктурные особенности погребенных поверхностей унаследованы современным рельефом (рис. 7).

Заключение

Отмеченные особенности геологического строения склоновых залежей валунчатых хромовых руд могут быть положены в основу разработки рациональных прогнозно-поисковых комплексов на выявление новых источников остродефицитного минерального сырья.

Анализ представленных материалов подчеркивает важность морфоструктурных исследований при поисках россыпей валунчатых хромовых руд ближнего сноса. Эффективность морфоструктурных исследований при поисках россыпей в большой мере определяется методикой их проведения и ее соответствием геолого-геоморфологическому строению территории. При поисках валунчатых хромовых руд представляется актуальной задача сверхточной съемки рельефа дневной поверхности с дополнительными математическими преобразованиями полученных данных.

ЛИТЕРАТУРА

1. Перечень основных видов стратегического минерального сырья: утв. распоряжением Правительства Российской Федерации от 30 августа 2022 г. № 2473-р.
2. О состоянии и использовании минерально-сырьевых ресурсов Российской Федерации в 2021 году: гос. доклад. М., 2022. 626 с.
3. Отчет о результатах контрольного мероприятия «Оценка эффективности управления государственным фондом недр в 2018–2019 годах и истекшем периоде 2020 года в целях устойчивого обеспечения базовых отраслей экономики страны видами минерального сырья, ресурсы которых недостаточны и обеспечиваются в том числе за счет импорта»: утв. Коллегией Счетной палаты Российской Федерации 26 февраля 2021 года.
4. Стратегия развития минерально-сырьевой базы Российской Федерации до 2035 года: утв. Распоряжением Правительства Российской Федерации от 22 декабря 2018 года № 2914-р.
5. Россыпные месторождения России и других стран СНГ: минерагения, промышленные типы, стратегия развития минерально-сырьевой базы / отв. ред. Н. П. Лаверов, Н. Г. Патык-Кара. М.: Научный мир, 1997. 479 с.
6. Хромитоносные провинции и месторождения хромовых руд России / В. И. Николаев [и др.] // Минеральное сырье. 2021. № 43. М.: ВИМС, 2021. 185 с.
7. Чернобровин В. П. Физико-химические основы технологии выплавки углеродистого феррохрома из руд Уральского региона: автореф. дис. ... д-ра техн. наук. Челябинск: ЮУрГУ, 2005. 40 с.
8. Есенжулов А. Б., Островский Я. И., Веселовский И. А., Афанасьев В. И., Жучков В. И., Заякин О. В. Производство высокоуглеродистого феррохрома из бедных уральских хромитовых руд // Сталь. 2007. № 8. С. 54.
9. Афанасьев В. И. Разработка технологии получения высокоуглеродистого феррохрома с использованием российского хроморудного сырья: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Екатеринбург: ИметУрО РАН, 2012. 27 с.
10. Заякин О. В. Разработка технологии получения хромосодержащих ферросплавов из бедного хроморудного сырья: автореф. дис. ... д-ра техн. наук. Екатеринбург: ИметУрО РАН, 2017. 48 с.
11. Переработка высокожелезистых хромовых руд с применением обжиг-магнитной технологии: методические рекомендации № 135. М.: ВИМС, 2019. 47 с.
12. Чернобровин В. П. Состояние хромовой промышленности России // Вестник ЮУрГУ. Сер. Металлургия. 2017. Т. 17. № 1. С. 44–48.
13. Sciarone M. South African chrome ore for the reduction of charge chrome // Proceedings of the 8th International ferroalloy congress (INFACON 8). China, 1998. P. 153–157.
14. Parisier H. N., Backeberg N. R., Masson O. C. M., Bedder J. C. M. Changing nickel and chromium stainless steel markets // Proceedings of the 15th International ferroalloy congress (INFACON 15). South Africa, Cape Town, 2018. P. 1–12.
15. Ибламинов Р. Г., Осовецкий Б. М., Пузик А. Ю. Поперечная зональность и скрытая расслоенность рудного тела Главного Сарановского месторождения, Западный Урал, Россия // Вестник Перм. ун-та. Геология. 2019. Т. 18. № 3. С. 237–252.
16. Ибламинов Р. Г. Геологическая история Сарановского месторождения хромовых руд – отражение истории развития региона // Проблемы минералогии, петрографии и металлогении. Научные чтения памяти П. Н. Чирвинского: сб. науч. статей. Пермь: Перм. гос. ун-т, 2002. С. 229–247.
17. Отчет о результатах геологоразведочных работ, проведенных на Главном Сарановском месторождении хромитов и россыпях валунчатых хромитов за 1967–1975 гг. / Г. И. Кизилов [и др.]. Сараны, 1976.
18. Словарь по геологии россыпей / Н. Н. Арманд [и др.]. М.: Недра, 1985. 210 с.
19. Дэвис Дж. С. Статистический анализ данных в геологии: пер. с англ. В 2 кн. Кн. 2. М.: Недра, 1990. 427 с.

Статья поступила в редакцию 27 апреля 2023 года

On the issue of improving forecasting and prospecting complexes for identifying new sources of acutely scarce mineral raw materials (using the example of placer boulder chromium ores)

Igor' Viktorovich ABAKUMOV^{1, 2*}

¹Ural State Mining University, Ekaterinburg, Russia

²FSGA "Rosgeolexpertiza", Ekaterinburg, Russia

Abstract

The purpose of the work is to improve forecasting and search complexes to identify new sources of extremely scarce mineral raw materials for the Russian industry.

Research methodology. Analysis of the available information on the features of the geological structure and conditions for the placement of shallow slope placers of boulder chromium ores, reconstruction of the buried relief of the bedrock, study of the structural features of the bedrock and modern (daytime) surface of the placers using analytical methods (trend analysis, etc.), study of the spatial variability of the estimated parameters of placer objects, identification of factors controlling the distribution of placer productivity.

Results. The reconstruction of the bedrock surface of the most fully studied type placer of cobblestone chrome ores of the Saranovskaya group (placer no. 2) was performed, the spatial variability of the estimated parameters of the placer was studied in the plan, and the factors controlling the distribution of the productivity of loose deposits were determined.

The longitudinal profile of the bedrock surface of the placer is an alternation of slightly inclined and subhorizontal areas, the formation of which is probably due to the repeated manifestation of erosion cycles in the history of the development of the region. The distribution of productive deposits thickness in the direction of placer elongation is periodic. The increased thickness of the productive layer runs to areas where slightly inclined sections of the bedrock are replaced by more gentle (sub-horizontal) ones, to the bases of "terraced" steps in the relief. Overall, there is a general trend towards an increase in the thickness of the productive layer down the slope.

The distribution of placer productivity indicators is uneven; in the direction of the elongation of the placer, zones of increase, maximum and decrease in productivity are distinguished, which are typical features of the "elementary placer" according to N. A. Shilo. There is a clear confinement of the most productive areas to the subhorizontal morphostructural elements of the buried bedrock in the middle part of the placer. The microforms of the buried relief, which are associated with the most productive areas of the slope deposits, manifest themselves as negative "remains" of the linear trend of the bedrock surface marks. The morphostructural elements of the buried bedrock of the shallow placer are inherited in the modern relief.

Conclusions. The analysis of the presented materials emphasizes the importance of morphostructural studies in predicting and searching for placers of pebble chromium ores of close ablation. During prospecting, the task of ultra-precise surveying of the day surface relief with additional mathematical transformations of the obtained data seems to be an urgent task.

Key words: placers of close ablation, boulder chromium ores, bedrock surface, productivity, modern topography, forecasting and prospecting complex.

REFERENCES

1. List of the main types of strategic mineral raw materials: approved by the Decree of the Government of the Russian Federation dated August 30, 2022, no. 2473-r. (*In Russ.*)
2. On the state and use of mineral resources of the Russian Federation in 2021: state report, Moscow, 2022. 626 p. (*In Russ.*)
3. Report on the results of the control measure "Evaluation of the effectiveness of the management of the state subsoil fund in 2018–2019 and the past period of 2020 in order to sustainably provide the basic sectors of the country's economy with types of mineral raw materials, the resources of which are insufficient and are provided, among other things, through imports": approved by the Board of the Accounts Chamber of the Russian Federation, February 26, 2021. (*In Russ.*)
4. Strategy for the development of the mineral resource base of the Russian Federation until 2035: approved by the Decree of the Government of the Russian Federation dated December 22, 2018, no. 2914-r. (*In Russ.*)
5. Laverov N. P. 1997, Alluvial deposits in Russia and other CIS countries: minerageny, industrial types, strategy for the development of the mineral resource base. Moscow, 479 p. (*In Russ.*)
6. Nikolaev V. I. [et al.]. 2021, Chromite-bearing provinces and deposits of chromium ores in Russia. *Mineral'noye syr'ye* [Mineral raw materials], no. 43, Moscow, 185 p. (*In Russ.*)

✉ I.Abakumiv_74@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-6622-2472>

7. Chernobrovin V. P. 2005, Physical and chemical foundations of the technology for smelting carbonaceous ferrochromium from ores of the Ural region: PhD thesis. Chelyabinsk, 40 p. (*In Russ.*)
8. Esenzhulov A. B., Ostrovsky Ya. I., Veselovsky I. A., Afanasiev V. I., Zhuchkov V. I., Zayakin O. V. 2007, Production of high-carbon ferrochromium from low-grade Ural chromite ores. *Stal* [Steel], no. 8, p. 54. (*In Russ.*)
9. Afanasiev V. I. 2012, Development of technology for producing high-carbon ferrochromium using Russian chromium ore raw materials: PhD thesis. Ekaterinburg, 27 p. (*In Russ.*)
10. Zayakin O. V. 2017, Development of technology for obtaining chromium-containing ferroalloys from poor chromium ore raw materials: PhD thesis. Ekaterinburg, 48 p. (*In Russ.*)
11. Processing of high-iron chromium ores using roasting-magnetic technology: guidelines no. 135. Moscow, 2019, 47 p.
12. Chernobrovin V. P. 2017, The state of the chromium industry in Russia. *Vestnik Yuzhno-Ural'skogo gosudarstvennogo universiteta* [Bulletin of the South Ural State University], vol. 17, no. 1, pp. 44–48. (*In Russ.*)
13. Sciarone M. 1998, South African chrome ore for the reduction of charge chrome. Proceedings of the 8th International ferroalloy congress (INFACON 8). China, pp. 153–157.
14. Pariser H. H., Backeberg N. R., Masson O. C. M., Bedder J. C. M. 2018, Changing nickel and chromium stainless steel markets. Proceedings of the 15th International ferroalloy congress (INFACON 15). South Africa, Cape Town, pp. 1–12.
15. Iblaminov R. G., Osovetsky B. M., Puzik A. Yu. 2019, Cross-sectional zoning and latent layering of the ore body of the Glavnaya Saranovskoye deposit, Western Urals, Russia. *Vestnik Permskogo universiteta. Geologiya* [Bulletin of the Perm University. Geology], vol. 18, no. 3, pp. 237–252. (*In Russ.*)
16. Iblaminov R. G., 2002, The geological history of the Saranovskoye chromium ore deposit is the reflection of the history of the region's development. Problems of mineralogy, petrography and metallogeny. Scientific readings in memory of P. N. Chirvinsky: collection of scientific articles. Perm, pp. 229–247. (*In Russ.*)
17. Kizilov G. I. [et al.]. 1976, Report on the results of exploration work carried out at the Glavnaya Saranovskoye chromite deposit and pebble chromite placers for 1967–1975. Sarany. (*In Russ.*)
18. Armand N. N. [et al.]. 1985, Placer Geology Dictionary. Moscow, 210 p. (*In Russ.*)
19. Davis J. S. 1990, Statistical analysis of data in geology. Book 2. Moscow, 427 p. (*In Russ.*)

The article was received on April 27, 2023