

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

DOI: <https://doi.org/10.18599/grs.2021.3.17>

УДК 553.411

Хромитовые россыпные проявления Волго-Уральского бассейна – вопросы генезиса, источников и промышленного потенциала

А.В. Лаломов^{1*}, И.Р. Рахимов², А.В. Григорьева¹

¹Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН, Москва, Россия

²Институт геологии УФИЦ РАН, Уфа, Россия

Хром относится к стратегическим металлам, но потребности России более чем на пополюину удовлетворяются за счет импорта, поэтому новые месторождения хромитов, в том числе и нетрадиционные россыпные, представляют промышленный и научный интерес.

Предыдущими исследованиями и современными работами авторов статьи установлена хромитовая россыпная металлоносность пермско-юрских отложений Волго-Уральского бассейна, имеющая промышленную и потенциальную значимость: в пределах Лукояновского россыпного района (Нижегородская обл.) установлена промышленная хромитовая россыпь юрских прибрежно-морских титано-циркониевых россыпей; на юго-западе Башкирии в отложениях казанского яруса выявлены хромитовые пески (Сабантуйское проявление) с повышенными содержаниями, но пока не ясным промышленным потенциалом.

Исследование типоморфизма хромитов указывает на их тесную связь с хромшпинелидами офиолитовых ассоциаций. Предполагаемая шарьяжная структура хромитовых гипербазитов Урала позволяет предположить широкое распространение хромитовых песков в пределах верхнепермского–юрского Волго-Уральского палеобассейна, в котором повышенные содержания хромитов контролировались благоприятными для россыпеобразования гидро- и литодинамическими условиями.

Вопросы генезиса россыпных проявлений хромитов приуральной части Восточно-Европейской платформы, их распространение и первичные источники нуждаются в дальнейшем изучении.

Ключевые слова: хромиты, россыпные месторождения, Волго-Уральский бассейн

Для цитирования: Лаломов А.В., Рахимов И.Г., Григорьева А.В. (2021). Хромитовые россыпные проявления Волго-Уральского бассейна – генезис, источники и промышленный потенциал. *Георесурсы*, 23(3), с. 143–148. DOI: <https://doi.org/10.18599/grs.2021.3.17>

Введение

Хром входит в список основных стратегических металлов России и хранится в резервах многих зарубежных стран (Распоряжение Правительства Российской Федерации О перечне основных видов стратегического минерального сырья..., 1996; Кременецкий, 2020). Государственным балансом запасов полезных ископаемых Российской Федерации учтено 52.1 млн т запасов хромитов категорий А+В+С₁+С₂, преимущественно в магматогенных рудах. В месторождениях Сарановской группы хромовых валунчатых россыпей в Пермском крае учтено 8 объектов с суммарными запасами по категории В+С₁ – 245 тыс. т, С₂ – 39 тыс. т, забалансовые запасы – 90 тыс. т (Быховский, Спорыхина, 2013), из которых в 2020 г. добыто 85 тыс. т хромовых руд (12.5 % общероссийской добычи) (Государственный доклад, 2020). В Итмановской хромит-ильменит-цирконовой россыпи (Нижегородская обл.) в соответствии с кондициями запасы ильменита, лейкоксена и хромита и содержащихся в них оксидов (TiO₂ и Cr₂O₃) отнесены к забалансовым по технологическим свойствам. Забалансовые запасы хромита в балансовых запасах рудных песков составляют 663.05 тыс. т, или 296.8 тыс. т Cr₂O₃.

Добыча из недр в 2019 г. составила 594 тыс. т, что покрыло потребности страны на 43.6 %, при этом импорт хромовых концентратов составил 903 тыс. т, в основном, из Казахстана (Государственный доклад, 2020). Учитывая дефицит хромовых руд в России и то, что геологоразведочные работы не восполняют добычу этого сырья, открытие новых, в том числе, и нетрадиционных месторождений хромитов может представлять интерес для промышленности.

Таким типом месторождений могут служить хромитосодержащие пески, встречающиеся в пределах платформенных областей в окраинных частях складчатых сооружений, как составной части комплексных прибрежно-морских и аллювиальных россыпей тяжелых минералов дальнего сноса, так и собственно хромитовых россыпей ближнего сноса, непосредственно связанных с первичными источниками.

Изучение этих месторождений и оценка их потенциала осуществляется путем выделения основных факторов формирования повышенной хромитовой металлоносности, а также создания геолого-генетических прогнозно-поисковых моделей осадочных (россыпных) месторождений хромитовых песков.

К числу потенциально значимых объектов относятся юрские титано-циркониевые пески Лукояновского россыпного района, промежуточным коллектором для

* Ответственный автор: Александр Валерианович Лаломов
e-mail: lalomov@mail.ru

© 2021 Коллектив авторов

которых являются песчаные отложения уржумского яруса пермской системы, и хромитолиты верхнеказанских отложений юго-запада Башкирии.

Геологическое строение и первичная металлоносность месторождений и проявлений хромитосодержащих песков

В пределах Волго-Уральского осадочного бассейна хромитоносность осадочных отложений установлена в пределах двух объектов, различающихся стратиграфическими, генетическими, пространственными и литолого-минералогическими свойствами – Лукояновский россыпной район Нижегородской области и Сабантуйское россыпепоявление юго-запада Башкирии (рис. 1).

Лукояновское хромит-ильменит-цирконовое месторождение

В пределах Гагинского, Лукояновского, Шатковского, Починковского и Первомайского районов Нижегородской области в отложениях батского яруса нижней юры выявлены промышленные титано-циркониевые россыпи прибрежно-морского генезиса (Россыпные месторождения..., 1997).

Лукояновское месторождение титано-циркониевых песков, богатейшее по содержанию циркона в России и второе в мире (после австралийской россыпи Атлас-буна Нарринг с содержанием 17.4 кг/м³) (Патык-Кара, 2008), представляет собой систему пространственно и структурно разобщенных залежей, из которых только Итмановская россыпь детально разведана и состоит на государственном балансе. Запасы диоксида циркония по Итмановской россыпи составляют 388.9 тыс. т при содержании 12.9 кг/м³. Запасы диоксида титана (ильменит, лейкоксен и рутил) оценены в 166.7 тыс. т при содержании 5.5 кг/м³.

Отличительной особенностью Итмановской россыпи является повышенное содержание оксида хрома Cr₂O₃ (9.9 кг/м³), подсчитанные запасы которого составляют 296.8 тыс. т¹.

Вокруг Итмановской россыпи на расстоянии от 15 до 40 км расположены другие россыпи Лукояновского титано-циркониевого района, геолого-оценочные работы на которых доведены до стадии прогнозных ресурсов высокой степени достоверности категории Р₁, которые для всего Лукояновского россыпного района оцениваются в 573 тыс. т оксида хрома (Бочнева, Чефранов, 2019). Глубина залегания рудного пласта изменяется от 0 до 20 м (рис. 2, 3).

Хромшпинелиды в россыпи представлены хромитом и, учитывая высокое содержание магния, хромпикотитом (Mg,Fe)(Cr,Al)₂O₄. Вариации состава зерен этого компонента весьма значительны (в % по массе): Cr₂O₃ 30.9–59.0; Al₂O₃ 13.1–43.0; FeO 15–24.6; Fe₂O₃ 0.1–16.0; MgO 4.8–15.5. Зерна хромита имеют преимущественно однородный по объему химический состав, среднюю и плохую окатанность (рис. 4).

Долгое время существовала проблема технологии обогащения рудных песков Итмановской россыпи из-за

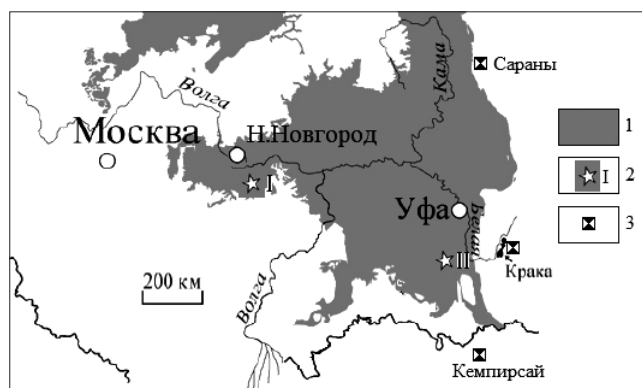


Рис. 1. Схема россыпных и коренных проявлений хромитов Урала и Волго-Уральского бассейна. 1 – распространение пермских отложений; 2 – россыпные проявления хромитов в осадочном чехле: I – Лукояновское, II – Сабантуйское; 3 – основные хромитовые месторождения и гипербазитовые массивы Урала (Сараны, Крака, Кемпирсайское)

невозможности получить высококачественный ильменитовый концентрат из коллективного ильменит-хромит-гематитового (ИХГ) продукта вследствие близких физических свойств входящих в него минералов (плотность, электропроводимость, магнитная восприимчивость), поэтому запасы ИХГ-продукта были отнесены к забалансовым по технологическим свойствам. Последние проведенные исследования позволили найти технологические решения, обеспечивающие возможность переработки более 70 % ИХГ-продукта в кондиционные ильменитовый и хромовый концентраты (Занавескин и др., 2014).

Предполагается, что в юрскую россыпь хромиты были переотложены из подстилающих пермских песчаников уржумского яруса (Гурвич, Болотов, 1968; Быховский, 2010). Источник хромитов в пермских отложениях не исследовался.

Сабантуйское россыпепоявление хромитов

Сабантуйское хромитовое проявление выявлено в разрезе верхнеказанских отложений, фрагментарно обнаженных в левом берегу руч. Мал. Беркутла у северной оконечности с. Федоровка Федоровского района Республики Башкортостан (Рахимов и др., 2020). В физико-географическом отношении местность представляет собой южный отрог Бугульминско-Белебеевской возвышенности Восточно-Европейской платформы (ВЕП). Геологический разрез представлен полимиктовыми песчаниками с прослоями песчаных окремнелых известняков (нижняя пачка мощностью не менее 20 м) и известково-песчанистыми мергелями (верхняя пачка мощностью до 3 м) – породами, относимыми к белебеевской свите (P₂b1) (Князев, 2011). Ниже залегают осадочные породы средне-позднепалеозойского и рифейского возраста². Хромитовые песчаники обнаруживаются в виде элювиальных обломков глыбовой размерности вдоль склона на протяжении 200–250 м по азимуту ССЗ 350°. Слой хромитов вскрыт шурфом на глубине 0.7 м от поверхности и составил около 1 м. Текстура отложений слоистая, косо-волнистая и полого-волнистая, подчеркнутая повышенной концентрацией

¹Быховский Л.З. Разработка технико-экономического обоснования постоянных кондиций, подсчет запасов титано-циркониевых песков Итмановской россыпи Лукояновского м-ния в Нижегородской области (по состоянию на 01.06.2010 г.). Отчет. ВИМС, 2010.

²Синицын И.М., Синицына Г.И. Объяснительная записка к геологической карте СССР масштаба 1 : 200000, Лист №40-XXVI. М.: Министерство геологии БГУ, Т. 1, 1965. 170 л.

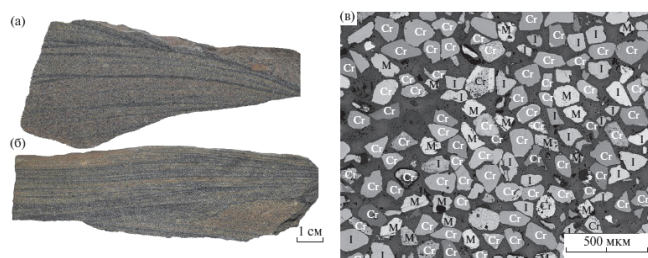


Рис. 5. Хромитовые песчаники Сабантуйского россыпного проявления: а) прослой хромитолитов с косоволнистой слоистостью; б) прослой хромитолитов с пологоволнистой слоистостью; в) электронно-микроскопическое BSE-изображение хромитолита. Cr – хромшпинелид, М – магнетит и титано-магнетит, I – ильменит (Рахимов и др., 2020)

монтмориллонитовых) или индикаторных россыпных минералов (оливин, пироксены, платинометаллы и др.) в изученных отложениях. Учитывая значительную удаленность выявленного рудопоявления, высокую концентрацию хромшпинелидов в изученных отложениях вплоть до формирования сплошных слоев хромитолитов, слабую окатанность зерен, а также ограниченное распространение Сабантуйской палеороссыпи, всерьез рассматривать офиолитовые комплексы складчатого Урала (ближайшие массивы – Крака и Кемпирсай, рис. 1) в качестве питающей провинции тоже вряд ли возможно. Столь дальний перенос шпинелидов (на расстояние более 200 км) с образованием рудных концентраций не отмечается где-либо в мире (Кухаренко, 1961; Monograph on chromite, 2013). Так, хромшпинелиды россыпи, расположенной в дельте р. Гад на западном побережье Индии, хорошо и средне окатаны («rounded to sub-rounded») на расстоянии переноса в 30–40 км (Gujar et al., 2010), в отличие от слабо- и неокатанных зерен Сабантуя. В россыпи р. Гад (как и в других преимущественно ильменитовых россыпях дальнего сноса) хромиты присутствуют в виде попутного компонента в содержании от 0.05 до 10.9 % тяжелой фракции, а в башкирском проявлении в тяжелой фракции отложений зерна минералов шпинели преобладают, причем хромшпинелидам принадлежит основная роль (около 60 %).

Возможное объяснение феномену существования хромитовых россыпей ближнего сноса может быть дано исходя из шарьяжной модели формирования гипербазитовых массивов (Казанцева и др., 1971; Пучков, 2010). Можно предположить возможность продвижения офиолитового аллохтона далеко на запад от зоны офиолитовых швов в сторону Восточно-Европейской платформы (во время пермского орогенеза), ближе к тем морфоструктурным и литодинамическим обстановкам, которые были благоприятны для накопления хромитовых россыпей типа Сабантуйской (Рахимов и др., 2020).

Таким образом, выявленное Сабантуйское рудопоявление хромитов по ряду геолого-литологических признаков отнесено к типу прибрежно-морских россыпей с возрастом P_2kz_2 . Для определения точных параметров рудопоявления и более информативных геологических признаков для установления источников сноса необходимо дополнительное изучение Сабантуйского проявления и возможных аналогичных объектов Волго-Уральского бассейна.

Перспективы хромитоносности

осадочного чехла Волго-Уральского бассейна

Таким образом, хромитоносность пермских и юрских отложений примыкающей к Уралу восточной части Восточно-Европейской платформы подтверждена, как минимум, на двух объектах – Лукояновской россыпи и Сабантуйском проявлении. Промышленная значимость Лукояновских хромитов доказана, Сабантуйская россыпь имеет хорошие промышленные перспективы по содержаниям хромита, но неопределенные пространственные характеристики объекта.

Что касается модели образования этих объектов, в мире известны хромитовые россыпи трех типов: элювиальные и элювиально-склоновые (в Африке, на Кубе, на Филиппинах, в том числе и небольшие валунные россыпи на Среднем Урале в районе месторождения Сараны), аллювиальные и прибрежно-морские россыпи ближнего сноса в долинах и у берегов, сложенных хромитоносными гипербазитами; также известно присутствие хромшпинелидов в виде попутных компонентов в комплексных прибрежно-морских россыпях дальнего сноса (Патык-Кара, 2002; Патык-Кара, 2008; Иванова и др., 2004, Спорыхина и др., 2016).

Лукояновское месторождение относится к прибрежно-морским титано-циркониевым россыпям дальнего сноса, но имеет свои характерные черты, связанные с повышенным, до промышленного, содержанием хромитов. Очевидно, это связано с непосредственной близостью богатого промежуточного коллектора, представленного подстилающими пермскими отложениями уржумского яруса, которые могут быть аналогом верхнеказанских хромитолитов Сабантуя.

Принимая во внимание шарьяжную модель формирования гипербазитовых массивов, можно предположить широкое распространение хромитосодержащих отложений в пределах верхнепермского Волго-Уральского палеобассейна. Преимущественно субмеридиональное направление придонных течений со скоростями до 1.8 м/с (Лаломов и др., 2017) позволяет прогнозировать наличие меридионально ориентированных обогащенных зон и полос, образованных в благоприятных для россыпеобразования гидро- и литодинамических условиях, разделяемых отложениями с фоновыми содержаниями хромита. Оценивая расстояние переноса хромитов от источника до зоны россыпеобразования, необходимо учитывать хрупкость хромшпинелидов, в результате чего в активных литодинамических условиях окатанность может уменьшаться в результате дробления частиц.

Тесная ассоциация хромитов Урала с минералами группы платины позволяет повысить возможную промышленную значимость предполагаемых россыпепоявлений.

Заключение

Хром относится к стратегическим металлам, но потребности России меньше чем на половину удовлетворяются за счет собственных ресурсов, поэтому даже нетрадиционные россыпные месторождения хромитов представляют промышленный и научный интерес.

Установлена хромитовая россыпная металлоносность пермско-юрских отложений Волго-Уральского бассейна, имеющая промышленную и потенциальную значимость: в пределах Лукояновского россыпного

района (Нижегородская обл.) установлена промышленная хромитоносность юрских прибрежно-морских титаноциркониевых россыпей; на юго-западе Башкирии в отложениях казанского яруса выявлены хромитоносные пески (Сабантуйское проявление) с повышенными содержаниями, но пока не ясным промышленным потенциалом.

Исследование типоморфизма хромитов указывает на их тесную связь с хромшпинелидами офиолитовых ассоциаций. Предполагаемая шарьяжная структура хромитоносных гипербазитов Урала позволяет предположить широкое распространение хромитоносных песков в пределах верхнепермского–юрского Волго-Уральского палеобассейна, в котором повышенные содержания хромитов контролировались благоприятными для россыпеобразования гидро- и литодинамическими условиями.

Вопросы генезиса проявлений хромитов, их распространение и первичные источники нуждаются в дальнейшем изучении.

Финансирование

Работы проведены при поддержке государственного задания ИГЕМ РАН по программе «Металлогения вулканоогенных и складчатых орогенных поясов. Минеральные системы месторождений стратегических видов минерального сырья. Сравнение российских и мировых примеров» (Лаломов А.В., Григорьева А.В.) и гранта Президента РФ № МК-857.2021.1.5 (Рахимов И.Р.).

Литература

- Берто Г., Лаломов А.В., Тугарова М.А. (2011). Реконструкция палеолитодинамических условий формирования кембро-ордовикских песчаников северо-запада Русской платформы. *Литология и полезные ископаемые*, 1, с. 67–79.
- Бочнева А.А., Чефранов Р.М. (2019). Месторождение Лукояновское: роль россыпей в импортозамещении титано-циркониевого сырья. *Новое в познании процессов рудообразования: Сборник материалов*. М.: ИГЕМ РАН, с. 483–484.
- Быховский Л.З., Спорыхина Л.В. (2013). Россыпные месторождения в сырьевой базе и добыче полезных ископаемых. *Минеральные ресурсы России. Экономика и управление*, 6, с. 6–17.
- Государственный доклад. (2020). «О состоянии и использовании минерально-сырьевых ресурсов Российской Федерации в 2019 году». М.: ВИМС – ЦНИГРИ, 494 с.
- Гурвич С.И., Болотов А.М. (1968). Титано-циркониевые россыпи Русской платформы и вопросы поисков. М.: Недра, 185 с.
- Иванова А.М., Смирнов А.Н., Пашковская Е.А. (2004). Геолого-промышленные типы россыпей полезных ископаемых в шельфовых областях мирового океана. *Тихоокеанская геология*, 4, с. 86–101.
- Занавескин К.Л., Левченко Е.Н., Занавескин Л.Н., Масленников А.Н. (2014). Физико-химические основы разделения некондиционных продуктов обогащения титан-циркониевых россыпей Лукояновского месторождения. *Разведка и охрана недр*, 9, с. 30–35.
- Казанцева Т.Т., Камалетдинов М.А., Гафаров Р.А. (1971). Об аллохтонном залегании гипербазитовых массивов Крака на Южном Урале. *Геотектоника*, 1, с. 96–102.
- Князев Ю.Г. (2011). Государственная геологическая карта Российской Федерации. М 1:1000000 листа N-40 (3 пок.). Спб.: ВСЕГЕИ.

- Кременецкий А.А. (2020). Стратегические редкие металлы России. <https://kocmi.ru/strategicheskie-redkie-metally-rossii.html>
- Кухаренко А.А. (1961). Минералогия россыпей. М.: Госгеолтехиздат, 318 с.
- Лаломов А.В., Таболич С.Э. (2013). Локальные геолого-динамические факторы формирования комплексных прибрежно-морских россыпей тяжелых минералов. М.: ГЕОС, 223 с.
- Лаломов А.В., Берто Г., Изотов В.Г., Ситдикова Л.М., Тугарова М.А. (2017). Реконструкция палеогидродинамических параметров верхнепермского осадочного бассейна Прикамья. *Георесурсы*, 2, с. 103–110. <http://doi.org/10.18559/grs.19.2.3>
- Патык-Кара Н.Г. (2002). Россыпи в системе седиментогенеза. *Литология и полезные ископаемые*, 5, с. 494–508.
- Патык-Кара Н.Г. (2008). Минерагенция россыпей: типы россыпных провинций. М.: ИГЕМ РАН, 528 с. <https://doi.org/10.1023/A:1020268115823>
- Пучков В.Н. (2010). Геология Урала и Приуралья (актуальные вопросы стратиграфии, тектоники, геодинамики и металлогении). Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 280 с.
- Распоряжение Правительства Российской Федерации О перечне основных видов стратегического минерального сырья от 16 января 1996 г. (1996). <http://docs.cntd.ru/document/9015641>
- Рахимов И.Р., Савельев Д.Е., Холоднов В.В., Замятин Д.А. (2020). Уникальная Сабантуйская хромитовая палеороссыпь в осадочном чехле Восточно-Европейской платформы. *Геология рудных месторождений*, 6, с. 568–573. <https://doi.org/10.31857/S0016777020050068>
- Россыпные месторождения России и других стран СНГ (1997). Отв. Ред Н.П.Лаверов, Н.Г.Патык-Кара. М.: Научный мир, 479 с.
- Савельев Д.Е., Сергеев С.Н., Бажин Е.А. (2016). Рудная минерализация в переходном мантийно-коровом комплексе офиолитового массива Средний Крака (Южный Урал). *Изв. отделения наук о Земле и природных ресурсов АН РБ. Геология*, 22, с. 38–46.
- Спорыхина Л.В., Быховский Л.З., Петкевич-Сочнов Д.Г., Васильев А.Т. (2016). Титаноциркониевые россыпи Ставрополя – основа создания крупного металлургического комплекса на юге России. *Минеральные ресурсы России. Экономика и управление*, 1–2, с. 35–41.
- Barnes S., Roeder P. (2001). The Range of spinel compositions in terrestrial mafic and ultramafic rocks. *Journal of Petrology*, 42, pp. 2279–2302. <https://doi.org/10.1093/ptrology/42.12.2279>
- Gujar A.R., Ambre N.V., Iyer S.D., Mislankar P.G. and Loveson V.J. (2010). Placer chromite along south Maharashtra, central west coast of India. *Current Science*, 99(4), pp. 492–499.
- Monograph on chromite (2013). Controller general C.S. Gundewar. New Delhi: IBM Press, 62 p.

Сведения об авторах

Александр Валерианович Лаломов – доктор геол.-мин. наук, ведущий научный сотрудник, Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН Россия, 119017 Москва, Старомонетный пер., д. 35 e-mail: lalomov@mail.ru

Ильдар Рашитович Рахимов – кандидат геол.-мин. наук, научный сотрудник лаборатории магматизма и метаморфизма, Институт геологии УФИЦ РАН Россия, 450077, Уфа, ул. Карла Маркса, д. 16/2

Антонина Владимировна Григорьева – кандидат геол.-мин. наук, старший научный сотрудник, Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН Россия, 119017 Москва, Старомонетный пер., д. 35

Статья поступила в редакцию 14.01.2021;
Принята к публикации 04.03.2021; Опубликована 30.09.2021

IN ENGLISH

ORIGINAL ARTICLE

Chromite placer occurrences of the Volga-Ural basin – genesis, sources and industrial potential

A.V. Lalomov^{1*}, I.R. Rakhimov², A.V. Grigor'eva¹

¹Institute of Geology of Ore Deposits, Petrography, Mineralogy and Geochemistry of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation

²Institute of Geology of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation

*Corresponding author: Alexander V. Lalomov, e-mail: lalomov@mail.ru

Abstract. Chromium is a strategic metal, but more than a half of Russia's needs are met by imports, so new deposits of chromites, including unconventional placer deposits, are of industrial and scientific interest. Previous studies and current works of the authors of the article have established the chromite placer metal content of Permian-Jurassic deposits of the Volga-Ural basin, which has industrial and potential significance: within the Lukoyanovsky placer area (Nizhny Novgorod region), the industrial chromite content of Jurassic coastal-marine titanium-zirconium placers has been established; in the south-west of Bashkiria, chromite-bearing sands (Sabantuy occurrence) with increased contents, but not yet clear industrial potential. The study of the typomorphism of chromites indicate their close relationship with the chrome spinel of ophiolite associations. The assumed overthrust structure of chromite-bearing hyperbasites of the Urals suggests a wide distribution of chromite-bearing sands within the Upper Permian-Jurassic Volga-Ural paleobasin, in which the increased content of chromites was controlled by hydro- and lithodynamic conditions favorable for placer formation. Questions of the genesis of chromite placer occurrences in the Ural part of the East European Platform, their distribution and primary sources need further study.

Keywords: chromites, placer deposits, strategic metals, Volga-Ural basin

Recommended citation: Lalomov A.V., Rakhimov I.R., Grigor'eva A.V. (2021). Chromite placer occurrences of the Volga-Ural basin – genesis, sources and industrial potential. *Georesursy = Georesources*, 23(3), pp. 143–148. DOI: <https://doi.org/10.18599/grs.2021.3.17>

References

- Barnes S., Roeder P. (2001). The Range of spinel compositions in terrestrial mafic and ultramafic rocks. *Journal of Petrology*, 42, pp. 2279–2302. <https://doi.org/10.1093/petrology/42.12.2279>
- Berthault G., Lalomov A.V. & Tugarova M.A. (2011). Reconstruction of paleolithodynamic formation conditions of Cambrian-Ordovician sandstones in the Northwestern Russian platform. *Lithol Miner Resour*, 46, pp. 60–70. <https://doi.org/10.1134/S0024490211010020>
- Bochneva A.A., Chefranov R.M. (2019). Lukoyanov mineral deposit: the role of placers in the import substitution of titanium-zirconium raw materials. *Proc. Conf. "New in the knowledge of ore formation processes"*. Moscow: IGM RAS, pp. 483–484. (In Russ.)
- Bykhovsky L.Z., Sporykhina L.V. (2013). Placer deposits in the raw material base and extraction of mineral resources. *Mineralnye resursy Sibiri. Ekonomika i Upravlenie = Mineral Resources of Russia. Economics and Management*, 6, pp. 6–17. (In Russ.)
- Government report. (2020). State and use of mineral resources of the Russian Federation in 2016–2017. Moscow: VIMS-TSNIGRI, 494 p. (In Russ.)
- Gujar A.R., Ambre N.V., Iyer S.D., Mislankar P.G. and Loveson V.J. (2010). Placer chromite along south Maharashtra, central west coast of India. *Current Science*, 99(4), pp. 492–499.
- Gurvich S.I., Bolotov A.M. (1968). Titanium-zirconium placers of the Russian platform and search issues. Moscow: Nedra, 185 p. (In Russ.)
- Ivanova A.M., Smimov A.S., Pashkovskaya Ye.A. (2004). Geological and commercial types of placers in shelf areas of the World Ocean. *Tikhookeanskaya Geologiya = Russian Journal of Pacific Geology*, 4, pp. 86–101. (In Russ.)
- Kazantseva T.T., Kamaletdinov M.A., Gafarov R.A. (1971). On the allochthonous occurrence of the Krak hyperbasite massifs in the Southern Urals. *Geotektonika = Geotectonics*, 1, pp. 96–102. (In Russ.)
- Knyazev Yu.G. (2011). State geological map of the Russian Federation. Scale 1: 1000000. St. Petersburg: VSEGEI. (In Russ.)
- Kremenetsky A.A. (2020). Strategic Rare Metals of Russia. (In Russ.) <https://kocmi.ru/strategicheskie-redkie-metally-rossii.html>
- Kukhareenko A.A. (1961). Mineralogy of placers. Moscow: Gosgeoltekhizdat, 318 p. (In Russ.)
- Lalomov A.V., Tabolich S.E. (2013). Local geological and dynamic factors of formation of complex coastal-marine placers of heavy minerals. Moscow: GEOS, 223 p. (In Russ.)
- Lalomov A.V., Berto G., Izotov V.G., Sitdikova L.M., Tugarova M.A. (2017). Reconstruction of paleohydraulic conditions of deposition of the Upper Permian strata of the Kama region. *Georesursy = Georesources*, 19(2), pp. 103–110. <http://doi.org/10.18599/grs.19.2.3>
- Monograph on chromite (2013). Controller general C.S. Gundewar. New Delhi: IBM Press, 62 p.
- Patyk-Kara N.G. (2002). Placers in the system of sedimentogenesis. *Lithology and Mineral Resources*, 37, pp. 429–441. <https://doi.org/10.1023/A:1020268115823>
- Patyk-Kara N.G. (2008). Mineralogy of placers: types of placer provinces. Moscow: IGM RAS, 528 p. (In Russ.)
- Puchkov V.N. (2010). Geology of the Urals and the Urals (current issues of stratigraphy, tectonics, geodynamics and metallogeny). Ufa: Designpoligrafservis, 280 p. (In Russ.)
- Order of the Government of the Russian Federation on the List of Main Types of Strategic Mineral Raw Materials of January 16, 1996 (1996). (In Russ.) <http://docs.cntd.ru/document/9015641>
- Rakhimov I.R., Savelyev D.E., Kholodnov V.V., Zamyatin D.A. (2020). The unique Sabantuy chromite paleoplacer in the sedimentary cover of the Eastern European Platform. *Geology of Ore deposits*, 62(6), pp. 542–546. <https://doi.org/10.31857/S0016777020050068>
- Placer mineral deposits of Russia and other CIS countries (1997). N.P. Laverov, N.G. Patyk-Kara (Eds). Moscow: Nauch. Mir., 479 p. (In Russ.)
- Savelyev D.E., Sergeev S.N., Bazhin E.A. (2016). Ore mineralization in the transition mantle-crustal ophiolite complex array Average Kraka (South Urals). *Izv. Otdeleniya nauk o zemle i prirodnykh resursov AN RB. Geologiya*, 22, pp. 38–46. (In Russ.)
- Sporykhina L.V., Bykhovsky L.Z., Petkevich-Sochnov D.G., Vasiliev A.T. (2016). Titanium-zirconium placers of the Stavropol Territory – the basis for the creation of a large metallurgical complex in the south of Russia. *Mineralnye resursy Sibiri. Ekonomika i Upravlenie = Mineral Resources of Russia. Economics and Management*, 1–2, pp. 35–41. (In Russ.)
- Zanaveskin K.L., Levchenko E.N., Zanaveskin L.N., Maslennikov A.N. (2014). Physico-chemical basis for separation of substandard enrichment products of titanium-zirconium placers of the Lukoyanovskoye field. *Razvedka i okhrana nedr*, 9, pp. 30–35. (In Russ.)

About the Authors

Alexander V. Lalomov – DSc (Geology and Mineralogy), Leading Researcher, Institute of Geology of Ore Deposits, Mineralogy, Petrography and Geochemistry of the Russian Academy of Sciences

35 Staromonetny St., Moscow, 119017, Russian Federation
e-mail: lalomov@mail.ru

Ildar R. Rakhimov – PhD (Geology and Mineralogy), Researcher of the Laboratory of Magmatism and Metamorphism, Institute of Geology of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences
16/2 Karl Marx St., Ufa, 450077, Russian Federation

Antonina V. Grigor'eva – PhD (Geology and Mineralogy), Senior Researcher, Institute of Geology of Ore Deposits, Mineralogy, Petrography and Geochemistry of Russian Academy of Sciences
35 Staromonetny St., Moscow, 119017, Russian Federation

Manuscript received 14 January 2021;

Accepted 4 March 2021;

Published 30 September 2021