

УДК 553.068.56

ОСОБЕННОСТИ ХРОМИТОСОДЕРЖАЩИХ РОССЫПЕЙ ЛУКОЯНОВСКОГО РОССЫПНОГО РАЙОНА (НИЖЕГОРОДСКАЯ ОБЛАСТЬ) И УСЛОВИЯ ИХ ФОРМИРОВАНИЯ

© 2024 г. А. В. Лаломов^{a, b, *}, А. В. Григорьева^a, Ю. Н. Иванова^a

^aИнститут геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии (ИГЕМ) РАН,
Старомонетный пер., 35, Москва, 119017 Россия

^bПермский государственный национальный исследовательский университет,
ул. Букирева, 15, Пермь, 614990 Россия

*e-mail: lalomov@mail.ru

Поступила в редакцию 26.04.2024 г.

После доработки 28.05.2024 г.

Принята к публикации 03.07.2024 г.

Хромиты являются постоянным компонентом тяжелой фракции осадочных отложений чехла платформенных областей, при этом их содержания обычно не превышают первых процентов. Россыпи хромитов с промышленными содержаниями, как правило, формируются в непосредственной близости от коренных источников. В пределах Лукояновского россыпного района (Нижегородская область) в комплексных прибрежно-морских редкометалльно-титановых россыпях среднеюрского времени установлены повышенные (до 100 кг/м³) содержания хромитов, что представляет промышленную значимость. Россыпные тела локализуются на периферии купольных структур осадочного чехла. Возможным источником являются верхнепермские и нижнеюрские отложения, которые подвергались размыву в зоне положительных тектонических структур чехла и фундамента платформы и в пределах примыкающей суши. Исследованные закономерности могут служить основой для прогноза аналогичных месторождений в пределах перспективных областей.

Ключевые слова: россыпи, хромиты, Лукояновский россыпной район

DOI: 10.31857/S0024497X24060075, **EDN:** WVIWBR

Хромовые руды относятся к группе дефицитных видов минерального сырья, в связи с этим открытие новых, в том числе и нетрадиционных россыпных месторождений хромитов, представляет как промышленный, так и научный интерес.

Таким типом месторождений могут служить хромитосодержащие пески, встречающиеся в пределах платформенных областей как составная часть комплексных прибрежно-морских россыпей тяжелых минералов дальнего сноса, так и собственно хромитовых, преимущественно аллювиально-пролювиальных россыпей ближнего сноса, непосредственно связанных с первичными источниками [Быховский, Спорыхина, 2013].

К числу потенциально значимых объектов относятся юрские хромит-ильменит-циркониевые пески Лукояновского россыпного района (ЛРР) (Нижегородская обл.) (рис. 1), с которым связан участок исследований.

Наиболее изученной и разведанной является Итмановская россыпь. Среди известных россыпных редкометалльно-титановых (“титано-циркониевых”) месторождений России (Центральное, Бешпагирское, Туганское и др.) Итмановская россыпь (как и другие россыпи ЛРР) занимает особое место: будучи средним по запасам рудных песков месторождением, она является богатейшей в стране и одной из лучших в мире по содержанию основного рудного минерала — циркона. Содержание диоксида циркония в промышленном пласте составляет 13 кг/м³. По этому параметру оно является вторым в мире после австралийской россыпи Атлас-буна Нарринг с содержанием ZrO₂ 17.4 кг/м³.

Второе существенное отличие Лукояновских россыпей — повышенное (до 100 кг/м³) содержание хромитов, запасы которых в Итмановской россыпи составляют 663.05 тыс. т или 296.8 тыс. т Cr₂O₃ со средним содержанием

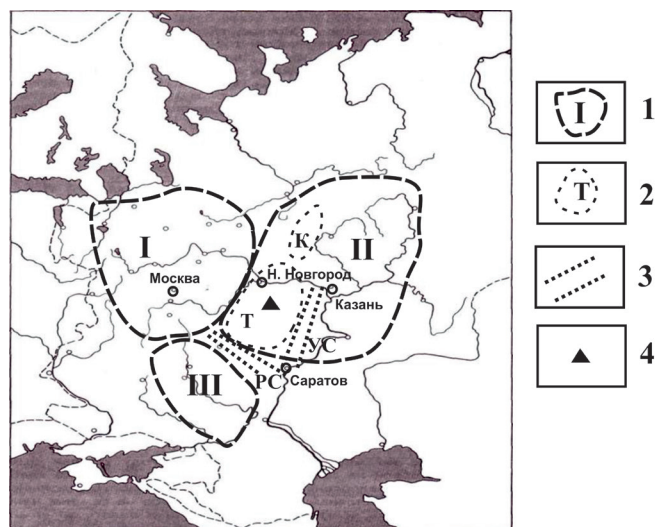


Рис. 1. Обзорная схема центральной части Восточно-Европейской платформы (ВЕП) с элементами тектонического строения.

1 – структуры первого порядка: I – Московская синеклиза, II – Волго-Уральская антеклиз, III – Воронежская антеклиз; 2, 3 – структуры второго порядка (2 – своды: Т – Токмовский свод, К – Котельнический свод; 3 – прогибы: РС – Рязанско-Саратовский, УС – Ульяновско-Саратовский прогиб); 4 – Лукояновский редкометалльно-титановый рудно-титановый район.

9.9 кг/м³. В пределах всего Лукояновского рудно-титанового района прогнозные ресурсы категории P_1 оцениваются в 573 тыс. т Cr_2O_3 [Лаломов и др., 2021].

Несмотря на уникальные параметры месторождения по содержанию циркона и присутствию дополнительных полезных компонентов (хромитов), с промышленными песками месторождения связан ряд существенных проблем технологического характера. По предложенной ранее технологии обогащения рудных песков Итмановской россыпи нельзя получить высококачественный ильменитовый концентрат из коллективного ильменит-хромит-гематитового (ИХГ) продукта вследствие близких физических свойств входящих в него минералов (плотность, электропроводимость, магнитная восприимчивость). В настоящее время предложена технология, позволяющая получать кондиционный ильменитовый концентрат для последующей переработки в металлический титан, и хромовый концентрат для получения соединений хрома [Занавескин и др., 2014].

Для выявления параметров, контролирующих процессы формирования россыпных концентраций хромитов в условиях платформенных областей, необходимо детально проанализировать геологическое строение, минеральный

и гранулометрический состав отложений, а также типоморфизм и типохимизм хромитов и сопутствующих минеральных ассоциаций эталонных объектов ЛРР.

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ ЛУКОЯНОВСКОГО РОССЫПНОГО РАЙОНА

Тектоническая обстановка и история развития региона в позднем палеозое–мезозое

Лукояновский рудно-титановый район (ЛРР) расположен на юге Нижегородской области в междуречье Волги и Алатыря в пределах Токмовского свода кристаллического фундамента. Непосредственно в районе работ мощность осадочного чехла составляет 1200–1300 м. Фундамент расколот в раннеархейскую эпоху на блоки, перемещения и подвижки которых отразились на структурном плане и литологическом составе отложений осадочного чехла,

Токмовский свод – крупное поднятие в пределах юго-западной части Волго-Уральской антеклизы, почти со всех сторон окружен четко выраженными понижениями: с запада – Московской синеклизой, с юго-запада и юга – Рязанско-Саратовским (заложенный по Пачелмскому авлакогену), с востока – Ульяновско-Саратовским прогибами. На севере Токмовский свод через небольшую седловину переходит в Котельнический свод.

В течение всего пермского периода приуральская часть ВЕП испытывала прогрессирующее воздымание и регрессию морского бассейна с кратковременной трансгрессией, начавшейся в казанском веке. К началу средней перми к западу от Урала формируется зона прогибаний – среднепермский седиментационный бассейн. В стадию максимальных прогибаний этот бассейн представлял собою двойную седиментационную систему – морскую в западной части и типичную молассовую (континентальную) в восточной [Лаломов и др., 2017].

Наметившиеся в начале уржумского века восходящие движения ВЕП привели к тому, что на территории Токмовского свода преобладали континентальные режимы аллювиальных равнин, пресных и соленых озер. В течение поздней перми, триаса и ранней юры эрозионный режим преобладал над умеренным континентальным осадконакоплением, в результате чего отложения этого периода выпадают из локальной стратиграфической колонки.

К началу среднеюрской эпохи территория представляла собой хорошо сnivelированное

плато с пологими формами рельефа с разностью высот не более 15–20 м. С этого момента начинается новый этап тектонического развития, сопровождавшийся морской трансгрессией, в результате которой сформировался морской бассейн на территории Муромско-Ломовского прогиба. Начиная с бата, рассматриваемая территория представляла собой морское мелководье с приливно-отливными течениями и аккумуляцией алеврито-песчаных фаций, а в низинных частях — глинистых осадков. В течение юрской и раннемеловой эпох режим морского бассейна постоянно менялся, а периодические поднятия территории привели к перерывам осадконакопления в позднем келловее, позднем оксфорде, среднем и позднем апте и раннем альбе. В конце альба море покидает территорию исследований и устанавливается господство континентальных условий [Ильин и др., 2017].

В мезозое тектоническая активность в пределах Токмовского свода проявилась в существовании в среднеюрское время Лукояновского купола, в центральной части которого наблюдались условия мелководного морского бассейна с банками и, вероятно, отдельными островами. Севернее, в районе Воротниковского выступа располагалась суша, с которой происходил снос материала в юрский бассейн (рис. 2).

Такая обстановка определяла как фациально-динамические условия всего россыпного района, так и серии структурных элементов, которые на этапе россыпеобразования контролировали зоны концентрирования тяжелых минералов.

Стратиграфия

В разрезе осадочного чехла в пределах ЛРР принимают участие отложения палеозоя, мезозоя и четвертичной системы.

По данным глубокого бурения, в строении палеозойского структурного яруса принимают участие отложения девонской, каменноугольной и пермской систем, представленные преимущественно терригенно-карбонатными отложениями (аргиллитоподобные глины, известняки и доломиты, редко алевролиты и песчаники).

Подстилающие россыпевмещающую юрскую толщу пермские отложения в составе нижнего и среднего отделов представлены образованиями ассельского, сакмарского (P_1), казанского и уржумского (P_2) ярусов.

Непосредственно подстилающие мезозойскую продуктивную толщу уржумские отложения выступают на поверхность в районе работ и выходят

под четвертичный чехол в бортах долин. Представлены они красноцветной терригенной толщей, залегающей трансгрессивно на размытой поверхности сероцветных казанских пород. Сложены они аргиллитоподобными известковистыми глинами и алевритами. Общая мощность уржумских отложений в районе оценивается в 50–80 м [Геология..., 1967].

Отложения юрской системы в районе работ относятся к среднему и верхнему отделам. В границах Итмановской россыпи присутствуют отложения батского и келловейского ярусов.

С песчаными отложениями бата (J_2bt) связаны редкометалльно-титановые россыпи (РТР), чем определяется исключительное практическое значение осадков этого возраста. По литологическому составу отложения батского яруса подразделяются на две толщи: нижнюю — починковскую — существенно глинистую и верхнюю лукаюновскую — существенно песчано-алевритовую.

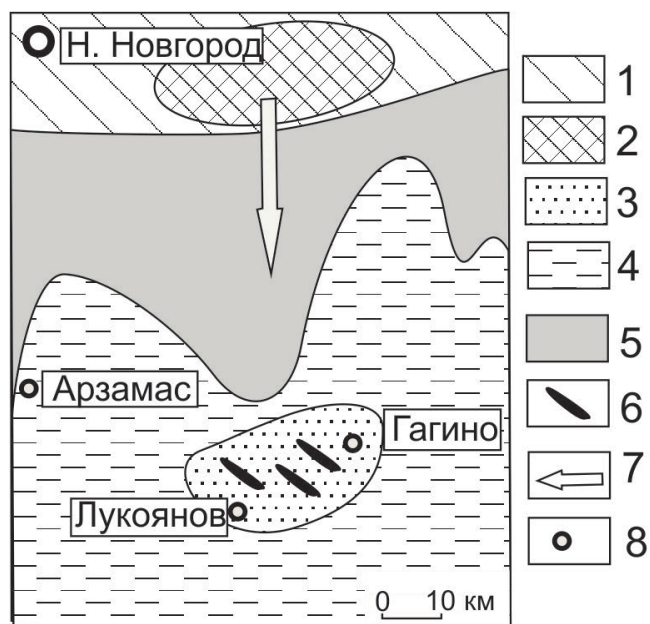


Рис. 2. Региональная позиция Лукояновского россыпного района в прибрежной зоне среднеюрского (батского) седиментационного бассейна; реконструкция с использованием данных [Гурвич, Болотов, 1968; Патык-Кара и др., 1997].

1 — область сноса, низкая суша; 2 — то же в области локальных поднятий (Воротниковский выступ); 3 — песчано-алевритовые отложения мелководья, банок и островов; 4 — алевро-пелитовые отложения; 5 — области где отложения юрского бассейна были эродированы в послемезозойское время; 6 — россыпи; 7 — направления поступления материала с суши; 8 — населенные пункты.

В пределах Итмановской россыпи контакт отложений батского яруса с подстилающими аргилитоподобными глинами уржумского яруса очень четкий. Перекрываются они отложениями келловей (рис. 3). Общая мощность отложений бата в пределах россыпи постепенно возрастает с северо-запада на юго-восток с 20–22 м до 27–29 м.

Строение починковской толщи ($J_2bt^1_{pch}$) имеет регрессивный характер — в самых низах преобладают глины при практически полном отсутствии песка. Выше появляются прослой песка и алеврита, составляющие до 20–30% объема. В верхней части содержание зернистых классов достигает 60–80%. Пески и алевриты толщи по вещественному составу не имеют принципиальных отличий от состава россыпьевмещающих песков верхней пачки батского яруса, но нигде не содержат повышенной (более 10 кг/м³) суммы рудных минералов. Мощность отложений починковской толщи в пределах Итмановской россыпи довольно стабильная и составляет 8–12 м.

С песчаными отложениями лукаюновской толщи ($J_2bt^2_{lk}$) связаны промышленные концентрации полезных минералов. В целом по району она представлена преимущественно тонко-мелкозернистыми песками с тонкой горизонтальной, волнистой и косой слоистостью и прослойками светло-серых, желтоватых жирных глин. На участках россыпей характер слоистости подчеркивается темными шлиховыми прослойками концентрата тяжелых (рудных) минералов (рис. 4). Общая мощность толщи в районе колеблется в пределах 9–17 м. Отложения лукаюновской толщи по минеральному составу близки к отложениям починковской толщи. Однако на участках развития россыпей резко возрастает содержание минералов тяжелой фракции с преобладанием ильменита, циркона, хромитов (хромшпинелидов), гематита, магнетита, рутила и лейкоксена. Наиболее высокие концентрации рудных минералов в лукаюновской толще установлены в контуре Итмановской россыпи.

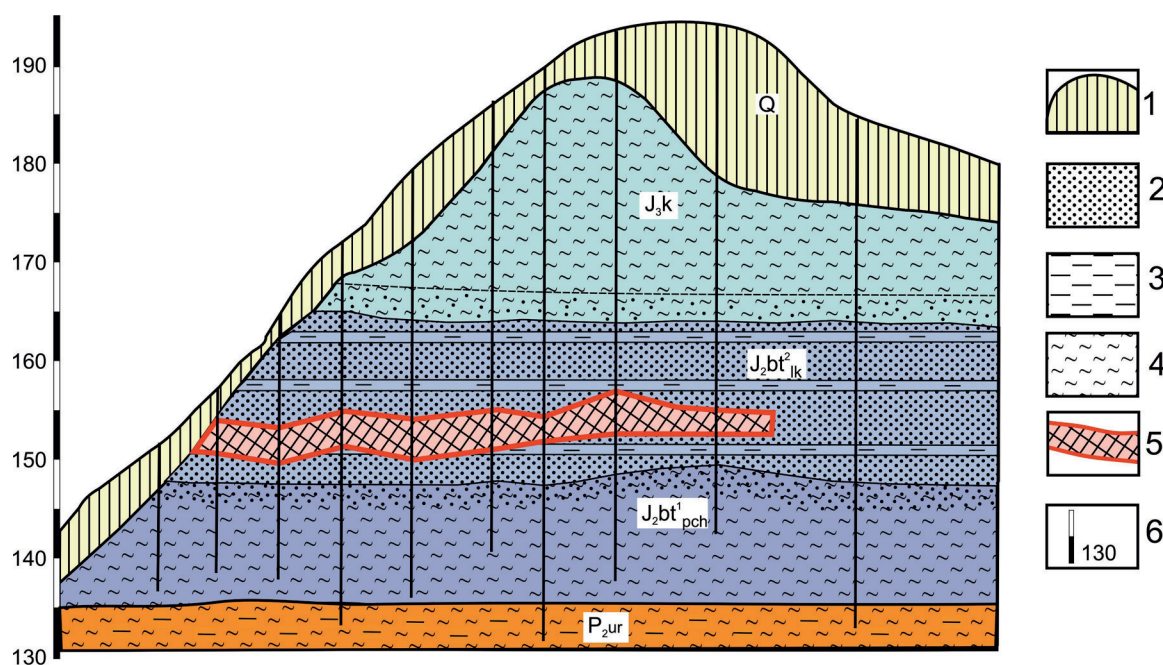


Рис. 3. Геологический разрез Итмановской россыпи Лукаюновского редкометалльно-титанового россыпного района (по данным (А.П. Осипов, 1985¹), [Лаломов и др., 2021]).

1 — почвенно-растительный слой, четвертичные суглинки, супеси; 2 — пески; 3 — алевриты; 4 — глины; 5 — промышленный пласт; 6 — высотные отметки.

Среднепермские отложения: P_{2ur} — уржумский ярус; среднеюрские отложения: $J_2bt^1_{pch}$ — батский ярус починковская толща; $J_2bt^2_{lk}$ — батский ярус лукаюновская толща; J_3k — келловейский ярус.

¹ Осипов А.П. Отчет о поисково-оценочных работах в пределах центральной части Лукаюновского титано-циркониевого месторождения (Итмановская залежь) в Лукаюновском районе Горьковской области, выполненных Лукаюновской ГПП в 1982–1985 гг. Горький: Лукаюновское ГПП, 1985.



Рис. 4. Продуктивный пласт Итмановской россыпи: темные прослои содержат повышенные концентрации рудных минералов — ильменита, рутила, хромита и циркона.

Перекрывается лукояновская толща отложениями келловейского яруса (J2k), которые представлены, преимущественно, серыми и коричнево-серыми плотными глинами с прослойками алевритов, и только в основании выделяется горизонт, обогащенный разномерным песчаным материалом. Общая мощность отложений достигает 20 м и возрастает с востока на запад.

Оксфордские, кимериджские и титонские, преимущественно глинистые отложения сохранились от эрозии на возвышенных водораздельных пространствах на сопредельной территории к западу от россыпи.

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Лукояновское месторождение представляет собой группу разобщенных залежей, расположенных на площади 65·25 км, простирающейся с запада на восток от г. Лукоянов до райцентра Гагино. Все они имеют лентовидную форму залегания. Протяженность отдельных россыпных тел 5–12 км при ширине до 2 км, преимущественно СЗ–ЮВ простираения. Помимо разведанной и стоящей на государственном балансе Итмановской россыпи, наиболее крупными

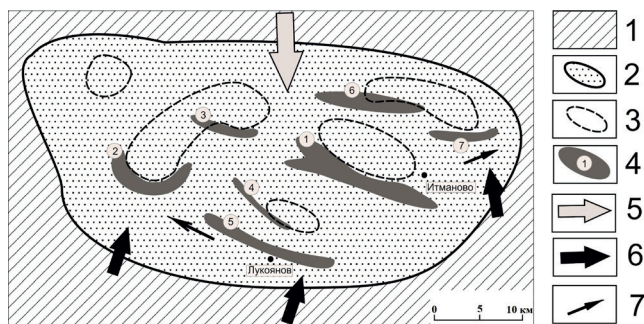


Рис. 5. Схема размещения россыпей ЛРР на палеофациальной основе, батское время (с использованием материалов (Л.З. Быховский, 2010²; П.И. Мешков и др., 1979³); [Патык-Кара и др., 1997]).

1 — зона шельфа с умеренной гидродинамикой (алевропелитовые отложения); 2 — зона отмелей и банок с активной гидродинамикой (алевриты и мелкозернистые пески); 3 — локальные структурные поднятия в кровле среднего келловоя; 4 — россыпи; 5 — направление преимущественного поступления материала из области сноса; 6 — направление ветро-волновой равнодействующей; 7 — направления потоков наносов. Россыпи (в кружках): 1 — Итмановская, 2 — Казаковская, 3 — Шатковская, 4 — Неверовская, 5 — Ульяновская, 6 — Сунгуловская, 7 — Исуповская.

и потенциально представляющими промышленный интерес являются Казаковская, Шатковская, Неверовская, Ульяновская и Сунгуловская россыпи, по которым оценены прогнозные ресурсы категории Р₁.

В пределах ЛРР по данным картировочного и поисково-разведочного бурения выделяется серия локальных поднятий, маркированных по кровле среднего келловоя (рис. 5), которые фактически определяли литодинамику палеобассейна и морфологию отдельных залежей.

Рудный пласт приближен к основанию лукояновской толщи и не имеет плотика. Зачастую его границы визуально почти не наблюдаются и определяются только по результатам минералогического опробования. В целом он представлен тонко- и мелкозернистыми песками с алевритовым материалом. По всему разрезу отмечаются тонкие прослои глины и тончайшие слойки, образованные концентрацией темноцветных рудных минералов. Глинистость песков рудной толщи не превышает 15%. Мощность рудного пласта

² Быховский Л.З. Разработка технико-экономического обоснования постоянных кондиций, подсчет запасов титано-циркониевых песков Итмановской россыпи Лукояновского месторождения в Нижегородской области (по состоянию на 01.06.2010 г.). Отчет. М.: ВИМС, 2010.

³ Мешков П.И., Лисенков А.А., Уланова Е.И. Отчет о результатах групповой геологической съемки масштаба 1:50 000 территории листов N-38-29-Г, N-38-30-А, Б, В, Г, N-38-41-Б, N-38-42-А, Б. Горький: Лукояновская ГПП, 1980 г.

в границах россыпи изменяется от 2.0 м (минимальное значение по кондициям) до 10 м.

Особенности морфологии рудных залежей и их палеорельефа, а также весьма тонкозернистый состав песков свидетельствуют о том, что формирование россыпей шло на мелководном шельфе, изобилующем банками и островами, совпадающими с центрами локальных поднятий. Это создавало весьма причудливую картину рельефа дна и распределения наносов. Большинство рудных тел имеет линейную форму, иногда с характерным подковообразным замыканием. Это позволяет предполагать, что вмещающие их аккумулятивные тела, по-видимому, представляли собой подводные островные бары, окаймлявшие банки и острова. При этом устанавливается отчетливая зависимость: наибольшая мощность пласта – 8–10 м, и содержания рудных минералов характерны для крыльев локальных структур, по мере приближения к их сводам она уменьшается до 1–2 м при одновременном уменьшении содержаний полезных компонентов. В зонах повышенной мощности промышленный пласт представляет собой чередование богатых слоев и прослоев с пониженными содержаниями.

Относительно локальных поднятий, россыпи приурочены к наветренным (по отношению к ветро-волновой равнодействующей) сторонам, ориентированным по нормали к преобладающему гидродинамическому воздействию. Эти условия благоприятны для длительного и интенсивного обогащения осадков минералами тяжелой фракции без значительного смещения по латерали [Лаломов, 2023].

Вещественный состав продуктивного пласта

По гранулометрическому составу отложения продуктивного пласта Итмановской россыпи относятся к алевритистым пескам (табл. 1). Около 92% отложений находится в классе 0.25–0.01 мм, при этом содержание класса <0.05 мм существенно изменяется в зависимости от участка россыпи и составляет 2.6% на северо-западном фланге Итмановской россыпи до 25.0% на юго-восточном.

При этом в мелких классах выход тяжелой фракции выше – содержание тяжелой фракции в классе 0.05–0.01 мм составляет 14% по сравнению с 8% в классе 0.25–0.1 мм. Наиболее продуктивным является класс гранулометрической размерности 0.25+0.05 мм – в этом классе сосредоточено от 67 до 97% ильменита, от 50 до 95% циркона и свыше 90% хромита.

Из рудных минералов, имеющих промышленное значение, в составе отложений пласта Итмановской россыпи преобладают ильменит, циркон, хромиты, рутил и лейкоксен (табл. 2). Из нерудных минералов тяжелой фракции преобладают эпидот и минералы железа. Легкая фракция состоит преимущественно из кварца, полевых шпатов и глинистых агрегатов.

Зерна минералов имеют различную степень окатанности: преобладают средне- и плохоокатанные зерна при умеренном количестве (не более 20% от общего количества) хорошо окатанных зерен. Для циркона, рутила и хромитов характерны идиоморфные кристаллографические формы со слабо окатанными гранями. Среди хрупких минералов (хромиты, ильменит) часто встречаются остроугольные обломки со свежими сколами, образовавшиеся, скорее всего, в результате дробления минералов в волноприбойном потоке. Этот процесс проявляется также и для зерен кварца: в более крупных классах кварц хорошо окатан, в мелких значительную часть составляют остроугольные обломки.

АНАЛИЗ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ

Россыпи ЛРР относятся к классу комплексных РТР, характерных для платформенных областей.

В структурно-генетическом плане вся зона ЛРР локализовалась в области поднятия Токмовского свода, что определяло мелководный характер и активную гидродинамику акватории на фоне окружающего более глубокого гидродинамически слабоактивного шельфа. Что касается менее крупных структур, то они определяли литодинамику палеобассейна в районе Лукояновского

Таблица 1. Средний гранулометрический состав рудных песков Итмановской россыпи и распределение тяжелой фракции по классам по 525 рядовым пробам (Быховский, 2010²)

Классы крупности, мм	5–2	2–1	1–0.5	0.5–0.25	0.25–0.1	0.1–0.05	0.05–0.01	>0.01
выход от исходного, %	0.07	0.12	0.62	3.28	35.22	48.91	7.70	4.08
Распределение тяжелой фракции по классам, %	0.00	0.02	0.13	1.37	29.40	56.13	11.25	1.70

Таблица 2. Минеральный состав продуктивных отложений Итмановской россыпи по данным 6 технолого-минералогических проб (Быховский, 2010²) (% в отложениях продуктивного пласта)

№	Минералы	Содержание в отложениях, %		
		от	до	среднее
1	Ильменит	1.75	7.8	3.09
2	Циркон	0.41	3.63	1.46
3	Хромиты	0.58	3.69	1.44
4	Рутил	0.26	2.09	0.51
5	Лейкоксен	0.12	1.84	0.42
6	Эпидот	3.85	20.35	7.33
7	Гидроокислы Fe	0.6	3.14	1.84
8	Гематит	0.18	1.45	0.66
9	Магнетит и титаномагнетит	0	1.6	0.41
10	Турмалин	0.09	0.29	0.15
11	Гранат	0.1	0.97	0.39
12	Апатит	0.05	0.97	0.35
13	Дистен-силлиманит	0.1	1.03	0.31
14	Титанит	0.02	0.62	0.20
15	Ставролит	0.01	0.48	0.18
16	Амфиболы, пироксены	0	1.06	0.17
17	Монацит	0.005	0.12	0.05
18	Анатаз	0.001	0.03	0.01
19	Кварц	37.8	67.5	50.99
20	Полевые шпаты	4.23	40.2	20.88
21	Глинистые агрегаты	0	21.5	5.66

Примечание. 1–5 – тяжелые минералы рудной ассоциации, 6–18 – тяжелые непромышленные минералы, 19–21 – минералы легкой фракции.

выступа, а также морфологию и расположение конкретных россыпных тел, которые в ряде случаев имеют лентообразную форму и приурочены к поднятиям более низкого порядка, к их внешним (по отношению в преобладающему направлению гидродинамического воздействия) части мелководных банок и, возможно, островов. В целом, схожие гидродинамические условия и разномасштабный структурный контроль характерны для большинства РТР [Лаломов, 2023].

По своему минеральному составу россыпи ЛРР также близки классическим комплексным россыпям платформенного чехла: в продуктивной ассоциации преобладают устойчивые в зоне гипергенеза минералы – ильменит, рутил, циркон и продукт изменения ильменита – лейкоксен, а также устойчивые алюмосиликаты – дистен, силлиманит, ставролит.

В то же время, для россыпей ЛРР наблюдается своеобразие минерального состава и типоморфных особенностей основных минеральных компонентов. Минералогический анализ отложений

Итмановской россыпи продемонстрировал умеренную зрелость минеральной ассоциации (относительно высокое содержание неустойчивых минералов), что не характерно для комплексных РТР, поскольку они, как правило, образуются за счет размыва кор глубокого химического выветривания и промежуточных коллекторов, в которых неустойчивые материалы в большинстве своем разрушены. Так, в россыпях Зауральского россыпного района содержание в тяжелой фракции неустойчивых в зоне выветривания минералов (эпидот, гранаты, пироксены, амфиболы и т.д.) не превышает 20%, а палеогеографический коэффициент по Сигову – отношение суммы устойчивых аксессуаров к неустойчивым [Сигов, 1971] изменяется в пределах от 4 до 28 [Патык-Кара и др., 2009]. Для продуктивных отложений месторождения Центральное (Тамбовская обл.) этот коэффициент составляет в среднем, 2.1 (от 1.8 до 2.6 по рядовым пробам). Для отложений Итмановской россыпи палеогеографический коэффициент изменяется в пределах от 0.27 до 0.51, что

не характерно для зрелых толщ, образованных под влиянием процессов корообразования.

По сравнению с другими аналогичными россыпями в ЛРР наблюдается повышенное содержание хромитов (хромшпинелидов), достигающее промышленных значений. Это нетипично для других РТР, минеральный состав которых отражает усредненную минералогию региональных источников поступления вещества в зону россыпеобразования с поправкой на разрушение неустойчивых минералов в корях выветривания. В силу близости гидравлической крупности основных устойчивых минералов они обогащаются в гидродинамически активных зонах (волноприбойных потоках пляжа и придонных потоках мелководья) приблизительно в равных пропорциях. Поскольку хромитосодержащие гипербазитовые комплексы занимают незначительную часть зоны мобилизации поступающего на платформы материала, по сравнению с породами, содержащими вездесущий ильменит и достаточно часто встречаемый циркон, то и содержание их в РТР, где происходит перемешивание тяжелых минералов с обширных областей сноса, в большинстве случаев не превышает первых процентов тяжелой фракции. В этом случае хромит не представляет промышленной ценности и, более того, является технологически вредным компонентом, ухудшающим качество концентратов.

Промышленные россыпи хромитов образуются в непосредственной близости от коренных источников, связанных с интрузивными комплексами габбро-перидотитовой формации. Хромитосодержащие делювиально-аллювиальные россыпи отмечаются в пределах Кемпирсайского рудного поля (северо-западный Казахстан). Валунные россыпи хромитов разрабатываются в районе Сарановского месторождения (Средний Урал). Дальний перенос хромшпинелидов (на расстояние более 200 км) с образованием рудных концентраций не отмечается где-либо в мире [Кухаренко, 1961; Monograph..., 2013].

В составе тяжелой фракции отмечается большое количество минералов железа — магнетита с развивающемуся по нему гематитом, собственно гематита и различных гидроокислов. То, что магнетит не полностью перешел в гематит и гидроокислы, указывает на ограниченный характер процессов выветривания в источнике.

Содержание полевых шпатов (до 40%) также нехарактерно для минералогически зрелых отложений, прошедших стадии кор выветривания и промежуточных коллекторов.

Также, для Итмановской россыпи характерно повышенное (в 2.5–4 раза) содержание циркона по сравнению с аналогичными россыпями Восточно-Европейской россыпной мегапровинции. Отношение содержания двуокиси титана к двуокиси циркония ($\text{TiO}_2/\text{ZrO}_2$) для Итмановской россыпи также самое низкое (2.5) из всех российских РТР (2.6–9.3, среднее 5.5) [Бортников и др., 2024]. Наибольшее относительное содержание циркона в тяжелой фракции (приблизительно равное с титановыми минералами) наблюдается в кембро-ордовикских песчаниках северо-запада ВЕП; для этих отложений характерно высокое значение палеогеографического коэффициента (от 11 до 26), что свидетельствует о предварительном глубоком химическом преобразовании отложений в корях выветривания [Лаломов и др., 2015].

Одним из основных показателей дальности переноса в системе “коренной источник — россыпь” является окатанность минеральных зерен. Тяжелые минералы платформенного чехла испытывают, как правило, несколько циклов переотложения [Патык-Кара и др., 2004], при этом зерна минералов даже с высокой абразивной прочностью (циркон, рутил, шпинель, турмалин и др.) приобретают среднюю и хорошую окатанность [Кухаренко, 1961]. Тем более это характерно для прибрежно-морских отложений, где в волноприбойном потоке минералы могут пройти сотни километров без смещения по латерали.

Несмотря на прибрежно-морской генезис продуктивных отложений ЛРР, составляющие их минеральные зерна в большинстве своем имеют широкий диапазон окатанности (от неокатанных угловатых до хорошо окатанных), что нехарактерно для отложений, испытавших многократный или дальний перенос. Так, хромшпинелиды (относящиеся к минералам с высокой миграционной способностью) россыпи, расположенной в дельте р. Гад на западном побережье Индии, хорошо и средне окатанные (“rounded to sub-rounded”) при расстоянии переноса от источника 30–40 км [Gujar et al., 2010].

Надо отметить, что для хрупких минералов средняя окатанность может уменьшаться за счет процессов дробления зерен в высоко энергетических гидродинамических обстановках (например, в волноприбойном потоке). Вероятно, этот процесс повлиял на наличие угловатых зерен хромита и некоторых других минералов тяжелой фракции, а также кварца в мелких классах.

Все вышеперечисленные особенности россыпей ЛРР (повышенное содержание хромитов и циркона, относительно невысокая степень окатанности обломочного материала и, в особенности, аксессуарных минералов, низкий палеогеографический коэффициент указывают на особые условия, характеризующие источник россыпеобразующего материала.

В целом, на состав терригенных отложений восточной части ВЕП влияние оказали состав пород и история развития Уральского складчатого региона. Предполагается, что основное поступление рудного материала в россыпи Лукояновского района осуществлялось, по-видимому, через систему промежуточных коллекторов, представленных пермскими отложениями, с севера и из Предуралья, что определило специфический состав их минеральных ассоциаций — циркон-ильменит-хромит-эпидотовый, с примесью магнетита и гематита [Патык-Кара и др., 1997].

Непосредственно в районе Итмановской россыпи подстилающие пермские отложения слабо металлоносны: в прослоях алевролитов выход тяжелой фракции составляет 0.25–0.6%. В ней преобладают ильменит (42–66%), циркон (6–18%), гранаты (9–19%), лейкоксен и рутил (7–9%), магнетит (2–5%). Легкая фракция представлена в основном кварцем (56–84%) и полевыми шпатами (9–26%) (Быховский, 2010²). Примечательно, что в них не обнаружены хромиты, что ставит под сомнение пермские отложения уржумского яруса (по крайней мере, непосредственно подстилающие продуктивные юрские толщи ЛРР) как промежуточный коллектор.

Низкие значения палеогеографического коэффициента для россыпей ЛРР связаны, предположительно, с тем, что поступающий с Урала в промежуточный коллектор осадочный материал континентальных и мелководно-морских отложений средней и верхней перми не проходил через стадию образования кор глубокого химического выветривания, а являлся результатом механического размыва, дезинтеграции и транспортировки отложений в зону осадконакопления.

Пермско-триасовое время, связанное с завершающим этапом Уральского орогенеза, характеризуется формированием в Предуральском прогибе терригенных минералогически незрелых (содержащих большое количество неустойчивых в зоне выветривания минералов) молассовых отложений. Платформенный этап на Урале начался с ранней юры. Именно с этим периодом связывается начало образования пенеплена

и появления первых кор выветривания. В Предуральской зоне среднеюрские отложения, мощностью до 40 м, представлены кварцевыми песками и песчаниками с прослоями каолиновых глин и линзами бурого угля [Пучков, 2010].

Таким образом, в пределы среднеюрского морского бассейна ЛРР поступал, в основном, материал эродируемых пермских отложений и в меньшей степени — начавших формироваться кор выветривания.

Рудные минералы могли быть переотложены в батские пески ЛРР в результате перемива палеозойских и раннемезозойских отложений. Важным источником россыпеобразующего материала могли служить отложения нижней и средней перми, которые размывались в районе Воротиловского выступа севернее ЛРР. Отложения этого района требуют дополнительного изучения.

В работе С.И. Гурвича и А.М. Болотова [1968, рис. 25] в отложениях чехла платформы батского яруса прогнозируется перспективная на россыпеобразование зона протяженностью 500–700 км, простирающаяся к юго-востоку от ЛРР (рис. 6).

В пределах этой зоны в приуральской части ВЕП в пермских отложениях осадочного чехла на юго-западе Башкирии установлены повышенные

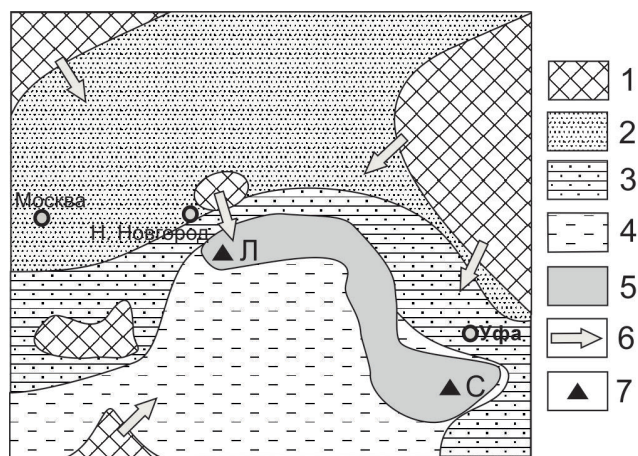


Рис. 6. Схема распространения перспективных отложений батского яруса средней юры по материалам [Гурвич, Болотов, 1968].

1 — горная и равнинная суша; 2 — равнинная суша, область осадконакопления; 3 — прибрежная равнина, временами заливаемая морем; 4 — мелководное море, терригенные осадки; 5 — площади развития перспективных продуктивных отложений; 6 — главные направления сноса обломочного материала; 7 — россыпные месторождения и проявления хромитов: Л — Лукояновский россыпной район, С — Сабантуйское проявление хромитов в пермских отложениях [Рахимов и др., 2020].

содержания хромитов до 70% тяжелой фракции осадков или 17% Cr_2O_3 в породе [Рахимов и др., 2020]. Это позволяет рассматривать пермские отложения, подстилающие продуктивную батскую толщу не только как промежуточный коллектор, но и как формацию, имеющую самостоятельное промышленное значение.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для восполнения запасов хромового сырья в России, в настоящее время необходимо изучение и открытие новых, в том числе и нетрадиционных россыпных месторождений хромитов, которые представляют научный и промышленный интерес.

Таким типом месторождений могут служить хромитосодержащие пески, встречающиеся в пределах платформенных областей как составная часть комплексных прибрежно-морских россыпей тяжелых минералов дальнего сноса, так и собственно хромитовых, преимущественно аллювиально-пролювиальных россыпей ближнего сноса, непосредственно связанных с первичными источниками.

К числу потенциально значимых и хорошо изученных объектов первого типа относятся среднеюрские прибрежно-морские хромит-ильменит-циркониевые пески Лукояновского россыпного района Нижегородской области. Месторождение связано с алевитистыми песками батского яруса. В геолого-структурном плане положение ЛРР контролируется приуроченностью к Токмовскому своду Волго-Уральской антеклизы. На более детальном уровне россыпные тела связаны с положением локальных структурных поднятий, зафиксированных в кровле среднего келловоя.

По своему минеральному составу россыпи ЛРР имеют ряд особенностей, по сравнению с другими РТР Восточно-Европейской россыпной мегапровинции, выражающихся в пониженной зрелости минеральных ассоциаций (присутствие слабо устойчивых в зоне выветривания минералов), а также в повышенном содержании циркона и хромитов.

В целом состав осадочного чехла восточной части ВЕП связан с влиянием Уральской складчатой области, при этом для ЛРР существенную роль мог сыграть локальный размыв в зоне положительных структур чехла и фундамента платформы (Воротниковского выступа), расположенных к северу от ЛРР.

Перспективной на выявление аналогичных россыпей может являться зона развития батских отложений к юго-востоку от ЛРР в местах положительных проявлений локальных блоковых движений фундамента платформы.

Работа в этом направлении будет продолжена.

ФИНАНСИРОВАНИЕ РАБОТЫ

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 24-27-00109, <https://rscf.ru/project/24-27-00109/>.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы данной работы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Бортников Н.С., Волков А.В., Лаломов А.В., Лаломов Д.А., Бочнева А.А., Иванова Ю.Н. Роль россыпных месторождений в обеспечении воспроизводства минерально-сырьевой базы дефицитных видов стратегического минерального сырья России на современном этапе // *Russian Journal of Earth Sciences*. 2024. Т. 24. <https://doi.org/10.2205/2024ES000897>
- Быховский Л.З., Спорыхина Л.В. Россыпные месторождения в сырьевой базе и добыче полезных ископаемых // *Минеральные ресурсы России. Экономика и управление*. 2013. № 6. С. 6–17. EDN RMXKNF
- Геология СССР. Т. 11. М.: Недра, 1967. 872 с.
- Гурвич С.И., Болотов А.М. Титано-циркониевые россыпи Русской платформы и вопросы поисков. М.: Недра, 1968. 185 с.
- Занавескин К.Л., Левченко Е.Н., Занавескин Л.Н., Масленников А.Н. Физико-химические основы разделения некондиционных продуктов обогащения титан-циркониевых россыпей Лукояновского месторождения // *Разведка и охрана недр*. 2014. № 5. С. 30–35.
- Ильин Ю.Г., Фатьянов В.В., Морозова О.А. и др. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:200 000. Издание второе. Серия Средневожская. Лист N-38-XIV (Краснослободск). Объяснительная записка. М.: Московский филиал ФГБУ “ВСЕГЕИ”, 2017. 96 с.
- Кухаренко А.А. Минералогия россыпей. М.: Госгеолтехиздат, 1961. 318 с.
- Лаломов А.В., Платонов М.В., Тугарова М.А., Бочнева А.А., Чефранова А.В. Редкометалльно-титановая россыпная металлоносность кембро-ордовикских песчаников северо-запада Русской плиты // *Литология и полез. ископаемые*. 2015. № 6. С. 563–575. <https://doi.org/10.7868/S0024497X15060063>
- Лаломов А.В., Берто Г., Изотов В.Г., Ситдикова Л.М., Тугарова М.А. Реконструкция палеогидродинамиче-

ских параметров верхнепермского осадочного бассейна Прикамья // Георесурсы. 2017. № 2. С. 103–110.
<http://doi.org/10.18599/grs.19.2.3>

Лаломов А.В., Рахимов И.Р., Григорьева А.В. Хромитовые россыпные проявления Волго-Уральского бассейна – вопросы генезиса, источников и промышленного потенциала // Георесурсы. 2021. № 3. С. 70–75.
<https://doi.org/10.18599/grs.2021.03.17>

Лаломов А.В. Локальные факторы формирования прибрежно-морских редкометалльно-титановых россыпей // Литология и полез. ископаемые. 2023. № 4. С. 407–420.
<https://doi.org/10.31857/S0024497X23700143>

Патык-Кара Н.Г., Зубков Л.Б., Быховский Л.З. Комплексные редкометалльно-титановые россыпные месторождения / Россыпные месторождения России и других стран СНГ. М.: Научный мир, 1997. С. 308–351.

Патык-Кара Н.Г., Гореликова Н.В., Бардеева Е.Г. К истории формирования Центрального месторождения титано-циркониевых песков в европейской части России // Литология и полез. ископаемые. 2004. № 6. С. 585–601.

Патык-Кара Н.Г., Лаломов А.В., Бочнева А.А., Федоров О.П., Чефранов Р.М. Предпосылки формирования

титан-циркониевых месторождений Зауральского россыпного района: региональная геолого-эволюционная модель // Литология и полез. ископаемые. 2009. № 6. С. 598–613.

Пучков В.Н. Геология Урала и Приуралья (актуальные вопросы стратиграфии, тектоники, геодинамики и металлогении). Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 2010. 280 с.

Рахимов И.Р., Савельев Д.Е., Холоднов В.В., Замятин Д.А. Уникальная Сабантуйская хромитовая палеороссыпь в осадочном чехле Восточно-Европейской платформы // Геология рудных месторождений. 2020. № 6. С. 568–573.
<https://doi.org/10.31857/S0016777020050068>

Сигов А.П. Условия образования полезных ископаемых и металлогенические эпохи мезозоя и кайнозоя Урала // Материалы по геоморфологии Урала. М.: Недра, 1971. С. 117–126.

Gujar A.R., Ambre N.V., Iyer S.D., Mislankar P.G., Loveson V.J. Placer chromite along south Maharashtra, central west coast of India // Current Science. 2010. V. 99(4). P. 492–499.

Monograph on chromite / Controller general C.S. Gundewar. New Delhi: IBM Press, 2013. 62 p.

FEATURES OF CHROMITE-CONTAINING PLACERS OF THE LUKOYANOVSKY PLACER DISTRICT (NIZHNY NOVGOROD REGION) AND CONDITIONS OF THEIR FORMATION

A. V. Lalomov^{1, 2, *}, A. V. Grigorieva¹, Y. N. Ivanova¹

¹Institute of Geology of Ore Deposits, Petrography, Mineralogy and Geochemistry (IGEM) RAS, Staromonetny lane, 35, Moscow, 119017 Russia

²Permian State University, Bukireva str., 15, Perm, 614990 Russia

*e-mail: lalomov@mail.ru

Chromites are a common component of the heavy fraction of sedimentary deposits of the cover of the platform areas, while their contents usually do not exceed the first percent. Placers of chromites of economic importance, as a rule, are formed in close connection of indigenous sources. Within the Lukoyanovsky placer area (Nizhny Novgorod region), high chromite contents (up to 100 kg/m³) were found in complex coastal-marine rare metal-titanium placers of the Middle Jurassic system, which is of economic importance. Placer bodies are localized on the periphery of the domed structures of the sedimentary cover. A possible source is the Upper Permian and Lower Jurassic sediments, which were eroded in the zone of positive tectonic structures of the cover and foundation of the platform and within the adjacent land. The studied patterns can serve as a basis for forecasting similar deposits within promising areas.

Keywords: placers, chromites, Lukoyanovsky placer area