

чески проработанных метасоматических гранитоидах пластового комплекса в протяженной зоне трансформационного сдвига.

Работа выполнена в рамках государственного задания № 0246-2019-0078.

Литература

Демин Ю. И., Сначев В. И. Тепловые поля Ахуновского гранитного массива и закономерности размещения в них оруденения // Доклады АН СССР. 1981. Т. 261. № 1. С. 152–156.

Муркин В. П., Муркина Р. Е., Шулькин В. Е. и др. Геологическое строение и полезные ископаемые Кочкарской площади. Челябинск: ИГО Уралгеология, 1989ф. 655 с.

Рыкус М. В., Сначев В. И., Кузнецов Н. С., Савельев Д. Е., Бажин Е. А., Сначев А. В. Рудоносность дунит-гарцбургитовой и черносланцевой формаций пограничной зоны между Южным и Средним Уралом // Нефтегазовое дело. 2009. Т. 7. № 2. С. 17–27.

Сазонов В. Н., Мурзин В. В., Григорьев Н. А. Метаморфогенно-гидротермальное золотое оруденение Урала // Метаморфогенная металлогения Урала. Свердловск: ИГГ УНЦ АН СССР, 1988. С. 45–49.

Сазонов В. Н., Попов Б. А., Григорьев Н. А. Корово-мантийное оруденение в сиалических блоках эвгеосинклиналией. Свердловск: УрО АН СССР, 1989. 113 с.

Сначев А. В., Рыкус М. В., Сначев В. И. благородные металлы в углеродистых отложениях южной части Арамилско-Сухтелинской зоны // Геологический сборник ИГ УНЦ РАН. 2003. № 3. С. 180–185.

Сначев В. И. Магматизм Восточно-Уральской мегазоны Южного Урала и геодинамические условия ее формирования. Автореф. дис. ... докт. геол.-мин. наук. М., 1993. 42 с.

Сначев В. И., Демин Ю. И., Романовская М. А., Шулькин В. Е. Тепловой режим становления гранитоидных массивов. Уфа: БНЦ УрО АН СССР, 1989. 117 с.

Сначев В. И., Сначев А. В. Закономерности размещения золоторудных проявлений в углеродистых отложениях Белорецкого метаморфического комплекса (Южный Урал) // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Геология. 2014. № 2. С. 79–87.

Феритатер Г. Б., Бородин Н. С. Петрология магматических гранитоидов (на примере Урала). М.: Наука, 1975. 288 с.

Широбокова Т. И. Стратиформное полиметаллическое оруденение Урала. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1985. 64 с.

А. В. Лаломов

*Институт геологии рудных месторождений, петрографии,
минералогии и геохимии РАН, г. Москва
lalomov@mail.ru*

Геология и минерально-сырьевой потенциал Зауральского редкометалльно-титанового россыпного района

Россия занимает третье место в мире по балансовым запасам титана (13 % или 600 млн т TiO₂) и четвертое место по запасам циркония (8 % или 12 млн т ZrO₂). В силу ряда причин (преобладание в балансе крупных, но нерентабельных и технологически сложных объектов, проблемы получения кондиционных промышленных концентратов, вредные трудно отделяемые примеси, экологические и административно-хозяйственные проблемы) эти месторождения не эксплуатируются (в мировом балансе Россия производит только около 1 % титанового и 0.5 % циркониевого

концентратов) [Государственный..., 2016], поэтому задача поисков рентабельных и технологичных месторождений Ti и Zr является актуальной. Редкометалльно-титановые россыпи являются основным в мире источником титанового и циркониевого сырья: около 70 % ильменитового концентрата, 95 % циркониевого и практически 100 % рутилового концентратов добывается из комплексных прибрежно-морских современных и ископаемых россыпей [Патык-Кара, 2008]. Стоящие на балансе России коренные объекты уступают зарубежным по содержанию полезных компонентов и имеют труднообогатимые руды, некоторые типы руд нигде в мире не разрабатываются [Государственный..., 2016].

Зауральский россыпной район (ЗРР) Западно-Сибирской редкометалльно-титановой провинции является относительно малоисследованной, но весьма перспективной территорией. По региональным общегеологическим критериям ресурсный потенциал россыпной цирконий-титановой минерализации района оценивается в 200 млн т [Веремеева и др., 2008] при среднем соотношении титановых минералов к циркону 10:1. По более строгим оценкам по категориям P₁ + P₂ в регионе прогнозируется около 50 млн т TiO₂ и 5.3 млн т ZrO₂, из которых до категории запасов доведено около 0.3 млн т в пределах Правобережной россыпи Шоушма-Лемьинского россыпного узла (ШЛРУ) при общей оценке ресурсов узла 5 млн т TiO₂ + ZrO₂ [Государственный..., 2016]. На юге ЗРР разведаны месторождения Буткинское и Стеклянка. Повышенная минерализация на уровне промышленных значений отмечается также в пределах Северо-Сосьвинской, Салехардской и Хуготской площадей.

ЗРР располагается в краевой части мезозой-кайнозойских терригенных бассейнов, примыкающих с востока к складчатым сооружениям Урала. Образование россыпей происходило в несколько этапов – от формаций мезозойского возраста к последующим олигоцен-миоценовым с общим нарастанием уровня продуктивности в более молодых формациях.

Развитие континентальных и морских свит мезозоя тесно связано с корой выветривания Урала. На территории Зауральского предгорного прогиба в понижениях рельефа образовались предположительно разновозрастные с корами выветривания моно- и олигомиктовые кварцевые пески и каолиновые глины, обогащенные прослоями лигнита. В этой толще выход тяжелых минералов (ТМ) достигает 17 % (300 кг/м³), основную часть которых составляют магнетит, пироксены, амфиболы и эпидот, при этом сумма устойчивых рудных россыпеобразующих минералов (ильменит, лейкоксен, рутил и циркон) находится на уровне 25–40 % тяжелой фракции. Промышленные перспективы этого россыпного формационного типа представляются высокими, но в настоящий момент недостаточно изученными.

Источниками тяжелых минералов ЗРР являются магматические и метаморфические комплексы Урала [Кудрин и др., 2017]. Начавшиеся в олигоцене умеренные положительные тектонические движения Уральской горной системы привели к размыву кор выветривания, образованию транзитного аллювиально-дельтового комплекса и накоплению ТМ в береговой зоне бассейна, занимавшего территорию Западно-Сибирской низменности. Литодинамические условия аллювиально-дельтового комплекса не являются оптимальными для образования высоких концентраций россыпеобразующих ТМ, они служат путями транспортировки минералов в бассейн осадконакопления и играют роль промежуточных коллекторов для прибрежно-морских россыпей, основная часть которых приурочена к зрелым в минеральном отношении кварцевым и кварц-полевошпатовым песчаным толщам прибрежно-морско-

го генезиса – продуктам перемыва кор глубокого химического выветривания [Патык-Кара и др., 2009]. Большинство из них представлены хорошо сортированными средне-мелкозернистыми песками высокоэнергетических литоральных обстановок, а также мелкозернистыми песками и алевритами мелководного шельфа. Содержание устойчивых к выветриванию россыпеобразующих минералов достигает в породах олигоценового комплекса 80–90 % от состава тяжелой фракции.

Начавшиеся в миоцене изменения климата в сочетании с активизацией в плиоцене тектонических движений Урала привели к преобладанию в зоне денудации процессов физического выветривания над химическим и поступлению свежих, не затронутых выветриванием пород. В составе тяжелой фракции пород постмиоценового комплекса содержание породообразующих минералов увеличивается до 50–70 %, возрастает количество неустойчивых акцессориев.

Таким образом, комплексы мезозойских, олигоценовых и, отчасти, миоценовых отложений, образованных за счет эрозии кор выветривания Уральского складчатого пояса и представленных минералогически зрелыми осадками прибрежно-морского генезиса, являются перспективными для выявления комплексных редкометалльно-титановых россыпей. Более поздние свиты плиоцена и плейстоцена, хотя и несут в отдельных случаях повышенную цирконий-титановую минерализацию (преимущественно за счет размыва подстилающих металлоносных отложений), менее перспективны на выявление промышленных россыпей.

Постепенное сокращение площади Западно-Сибирского бассейна привело к потере его связи с открытыми бассейнами – Полярным на севере и Тетическим на юге – и превращению его в замкнутое море-озеро. Последовательная регрессия бассейна привела к переотложению обломочного материала и обогащению его устойчивыми россыпеобразующими ТМ в результате процессов прибрежно-морской сепарации. Регрессия носила прерывистый характер, и на фазах стабилизации береговой линии создавались благоприятные условия для образования промышленных скоплений ТМ.

Тектонической активизации Уральской складчатой системы сопутствовали движения в пределах локальных сводово-купольных структур (СКС) Западно-Сибирской плиты, которые во многом определили потенциал и строение россыпных полей. Наличие СКС в зоне вдольберегового потока наносов контролирует локализацию структурно-седиментационных ловушек, которые прерывают монотонность потока и в вогнутостях береговой линии создают литодинамические условия, благоприятные для концентрирования тяжелых минералов [Лаломов, Таболич, 2013]. Дифференцированные тектонические движения на флангах СКС создают условия для формирования промышленных россыпных объектов: наличие источников (промежуточных коллекторов) ТМ в эродируемой центральной части СКС, испытывающей умеренно-положительные неотектонические движения; фиксированное на продолжительный срок положение береговой линии, где происходит сепарация ТМ; близость области источников и зоны отложения обогащенных осадков (внешние зоны СКС с нейтрально- и умеренно-отрицательными движениями), где происходило накопление продуктивных пластов промышленной мощности.

ШЛРУ расположен в вогнутости палеобереговой зоны между Лемьинской и Северо-Умытйинской (Даниловской) СКС, представляющей собой мелководный морской залив [Лаломов и др., 2010]. В сходных условиях «лукоморья» формировались россыпи Нижнетавдинского россыпного поля (Тюменская область), в частности,

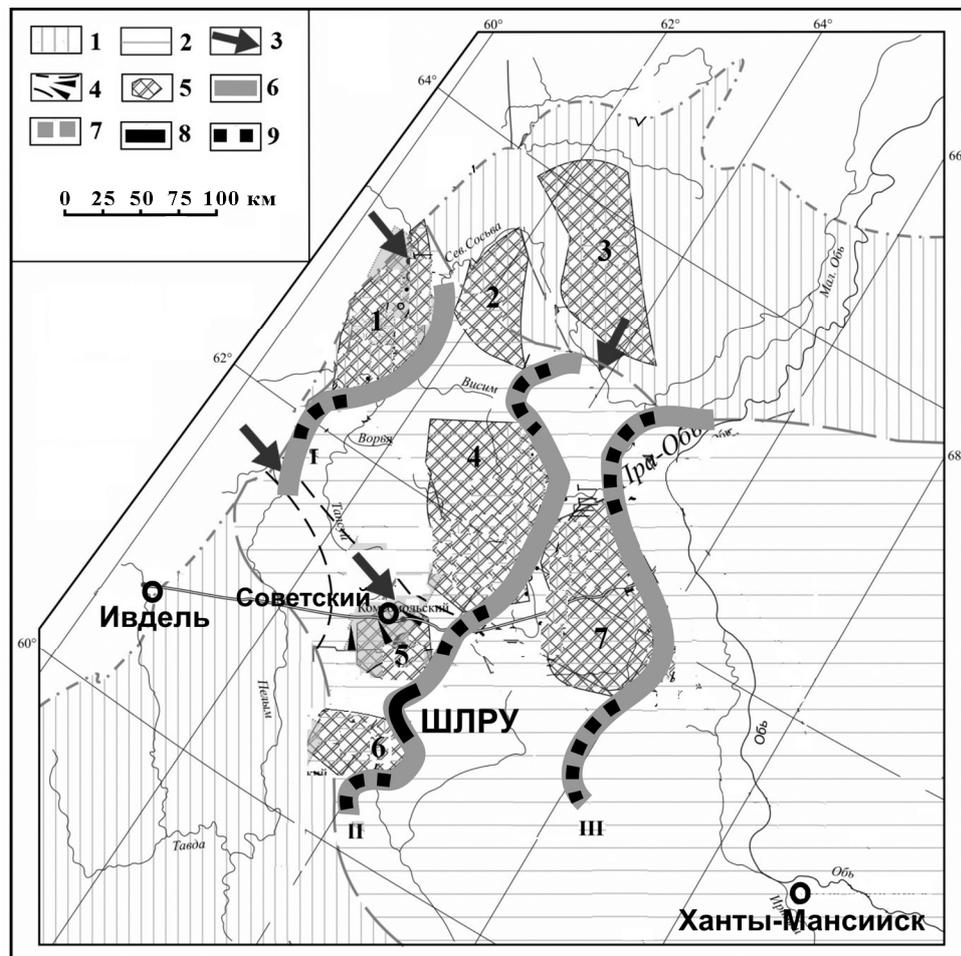


Рис. Структурно-палеофациальная схема олигоцен-миоценовых отложений Зауральского редкометалльно-титанового россыпного района.

1 – площадь эоценового бассейна; 2 – площадь аккумуляции в олигоцен-миоцене; 3 – направления поступления обломочного материала; 4 – палеодолины и палеодельты в олигоцене; 5 – локальные сводово-купольные структуры (1 – Северо-Сосьвинская-1, 2 – Северо-Сосьвинская-2, 3 – Вогульская, 4 – Мансийская, 5 – Лемьинская, 6 – Северо-Умытгинская, 7 – Хуготская); 6–7 – палеобереговые линии: 6 – установленные, 7 – предполагаемые (I – Северо-Сосьвинская, II – Мансийская, III – Хуготская); 8–9 – россыпи: 8 – установленные, 9 – прогнозируемые; ШЛРУ – Шоушма-Лемьинский россыпной узел.

месторождение Стеглянка, где обогащенные рудными минералами тела значительной мощности залегают во впадинах между древних донных валов (рис.).

Продуктивный пласт разведанной Правобережной россыпи ШЛРУ представлен легкообогатимыми, малоглинистыми песками с крупностью полезного компонента 0.14–0.074 мм. Месторождение пригодно для наиболее экономичной карьерной

отработки (глубина залегания пласта 0.5–3.2 м при мощности пласта 20 м). Россыпь расположена в 40 км от железнодорожной станции и в 8 км – от асфальтированной автодороги. В пределах продуктивного пласта россыпи выявлено наличие мелкого и тонкого золота, но его промышленная значимость не изучена.

Россыпи только Шоушма-Лемьинского узла (0.3 млн т запасов категорий C_1 и C_2 и 5 млн т прогнозных ресурсов категорий P_1 и P_2) могут в течение 40 лет обеспечивать ильменитовым концентратом расположенного достаточно близко (500 км) крупнейшего в мире производителя металлического титана ОАО «Корпорация ВСМПО-АВИСМА» (Верхняя Салда), которая ежегодно покупает 120 тыс. т ильменитового концентрата на Украине, в Шри-Ланке и Австралии. Прогнозные ресурсы всего ЗРР по ZrO_2 (5.3 млн т) могут обеспечить импорт циркония Россией на сегодняшний день (крайне низком) уровне 6.5 тыс. т [Государственный..., 2016] на 800 (!) лет.

Таким образом, Зауральский редкометалльно-титановый россыпной район обладает большим потенциалом, легко добываемыми и обогащаемыми рудами и благоприятными логистическими условиями. Отягощающие экологические и административно-хозяйственные обстоятельства отсутствуют. Его дальнейшее исследование, опосредованное и развитие может способствовать решению проблемы титанового и циркониевого сырья России.

Работа осуществлена при финансовой поддержке гранта РФФИ (проект № 18-05-00113).

Литература

Веремеева Л. И., Левченко Е. Н., Калиш Е. А. Титан-цирконовые россыпи западной части ХМАО-Югры: геологические, технологические и геолого-экономические аспекты рационального недропользования // Пути реализации нефтегазового и рудного потенциала Ханты-Мансийского автономного округа – Югры (XI научно-практическая конференция). Т. 1. Ханты-Мансийск: Изд. дом. «ИздатНаукаСервис», 2008. С. 378–386.

Государственный доклад «О состоянии и использовании минерально-сырьевых ресурсов Российской Федерации в 2015 году». М.: ВИМС, 2016. 341 с.

Кудрин К. Ю., Чефранов Р. М., Чефранова А. В. Типоморфизм и коренные источники россыпеобразующих минералов Умытынской редкометалльно-титановой россыпи (Ханты-Мансийский АО) // Литология и полезные ископаемые. 2017. № 5. С. 467–478.

Лаломов А. В., Бочнева А. А., Чефранов Р. М., Трофимов В. А. Литолого-фациальное районирование и титан-циркониевая металлоносность Мансийской и Северо-Сосьвинской площадей Зауральского россыпного района // Литология и полезные ископаемые. 2010. № 4. С. 370–382.

Лаломов А. В., Таболич С. Э. Локальные геолого-динамические факторы формирования комплексных прибрежно-морских россыпей тяжелых минералов. М.: ГЕОС, 2013. 224 с.

Патык-Кара Н. Г. Минерагения россыпей: типы россыпных провинций. М.: ИГЕМ РАН, 2008. 552 с.

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 полезные ископаемые. 2009. № 6. С. 598–613.