

Завершая рассмотрение состояния, освоения и развития МСБ ТПИ различной востребованности можно сделать следующие **выводы**.

1. По уровню востребованности, интенсивности освоения и обеспеченности запасами выделяются три группы твердых полезных ископаемых:

высоковостребованные — уголь, железо, цементное сырье, благородные, цветные и легирующие металлы, радиоактивное и редкоземельное сырье и др.;

умеренновостребованные — молибден, олово, графит и др.;

невостребованные — цезий, мышьяк, отдельные виды нерудных ТПИ.

2. Группа высоковостребованных ТПИ, имеющих важнейшее значение при планировании ГРП и освоения МСБ, включает три подгруппы:

первая — уголь, железо, цементное сырье и другие., характеризуется большим объемом добычи и крупными запасами МС в нераспределенном фонде недр; *необходимы геологоразведочные работы по совершенствованию МСБ региональных потребителей для снижения затрат на дорогостоящую транспортировку исходного МС, а также МСБ вблизи грузовых железнодорожных и портовых терминалов, способных обеспечить экспорт товарных руд и концентратов;*

вторая — благородные, цветные металлы, алмазы и другие, при интенсивном освоении располагает незначительными запасами нераспределенного фонда недр; *необходимо активное развитие ГРП по расширению и подготовке к освоению МСБ в первую очередь в рудоперспективных районах Восточной Сибири и Дальнего Востока;*

третья — хром, марганец, титан, уран, редкие и редкоземельные металлы и другие, из-за невысоких качественных показателей значительной по масштабам МСБ и сложившимся значительным объемом импорта характеризуется низким уровнем добычи; *требуется разработка и внедрение в производство эффективных технологий переработки МС и развитие прогнозно-минералогических работ и поисков объектов с экономически приемлемыми рудами урана, хрома, марганца и др.*

3. При планировании и реализации ГРП в рамках общегосударственных отраслевых и региональных программ необходимо использовать нетрадиционное положение, диктующее 100 % воспроизводство погашаемых запасов для всех видов ТПИ, а *базироваться — на дифференцированном подходе, учитывающим уровень потребности МС, интенсивность освоения МСБ и состояние запасов ТПИ.*

ЛИТЕРАТУРА

1. Алтунин, О.В. Перспективы выявления гидрогенных урановых месторождений в Сибири и на Дальнем Востоке / О.В. Алтунин, С.Д. Расулова, Е.С. Никитина, Д.А. Прохоров, Е.А. Митрофанов, С.А. Дзядок, А.А. Коковкин // Разведка и охрана недр. — 2015. — № 10. — С. 34–44.
2. Быховский, Л.З. Реальные, потенциальные и перспективные источники редкоземельного сырья в России / Л.З. Быховский // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. — 2014. — № 4. — С. 2–8.
3. Быховский, Л.З. Стратегическое минеральное сырье: пути решения проблемы дефицита / Л.З. Быховский, Л.П. Тигунов // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. — 2015. — № 5. — С. 43–49.

4. Быховский, Л.З. Перспективы обеспечения потребностей высокотехнологичных производств России редкометалльным минеральным сырьем / Л.З. Быховский, Е.Н. Левченко, Т.Д. Онтоева, В.С. Пикалова, А.А. Рогожин // Разведка и охрана недр. — 2016. — № 9. — С. 106–115.
5. Быховский, Л.З. Минерально-сырьевая база редких металлов северо-запада России — основа создания центра редкометалльной промышленности страны / Л.З. Быховский, В.С. Пикалова // Разведка и охрана недр. — 2015. — № 1. — С. 3–7.
6. Герасимов, Н.Н. Мониторинг минерально-сырьевой базы — необходимое направление работ в современных экономических условиях / Н.Н. Герасимов, И.Г. Печенкин, Е.В. Матвеева, Л.А. Антоненко, Е.В. Ершова, И.В. Егорова, И.Г. Луговская // Разведка и охрана недр. — 2016. — № 7. — С. 3–7.
7. Ершова, Е.В. Минерально-сырьевая база черных и легирующих металлов России / Е.В. Ершова, Е.В. Зублюк, О.А. Криштопа, А.М. Лаптева, Л.И. Ремизова, А.В. Руднев // Разведка и охрана недр. — 2016. — № 9. — С. 88–95.
8. Кременецкий, А.А. Комплексные редкометалльные месторождения России и основные направления повышения их инвестиционной привлекательности / А.А. Кременецкий, Е.А. Калиш // Разведка и охрана недр. — 2014. — № 9. — С. 3–11.
9. Колоскова, И.С. Структура производства и рынок марганцевого сырья в России / И.С. Колоскова // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. — 2014. — № 1. — С. 74–77.
10. Машковцев, Г.А. Об обеспечении промышленности России титановым сырьем / Г.А. Машковцев, Л.З. Быховский, Л.И. Ремизова, О.С. Чеботарева // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. 2016. — № 5. — С. 9–15.
11. Машковцев, Г.А. Проблемы и перспективы обеспечения атомной отрасли России природным ураном / Г.А. Машковцев, А.К. Мигута, И.Н. Солодов, С.В. Полонянкина, В.Н. Щеточкин // Разведка и охрана недр. — 2016. — № 9. — С. 80–87.
12. Машковцев, Г.А. Формирование и освоение минерально-сырьевой базы урана / Г.А. Машковцев, А.К. Мигута, В.С. Святецкий, С.В. Полонянкина, В.Н. Щеточкин // Разведка и охрана недр. — 2015. — № 10. — С. 17–24.
13. Петров, И.М. Российский рынок редких металлов: пути развития / И.М. Петров // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. — 2015. — № 1. — С. 78–81.

© Коллектив авторов, 2017

Машковцев Григорий Анатольевич // vims@df.ru
Хижняков Юрий Александрович // khizhnyakov@vims-geo.ru
Козловский Дмитрий Сергеевич // kozlovskiy@vims-geo.ru
Самойлов Владислав Юрьевич // samoylov11@mail.ru
Фатеева Анна Александровна // fateeva@vims-geo.ru

УДК: 553.068.56

Лаломов А.В.¹, Левченко Е.Н.², Бочнева А.А.¹
(1 — Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН (ИГЕМ),
2 — ФГУП «ИМГРЭ»)

ГЕОЛОГО-СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КАРТИРОВАНИЯ РЕДКОМЕТАЛЛЬНО-ТИТАНОВОЙ РОССЫПИ ЗАУРАЛЬСКОГО РОССЫПНОГО РАЙОНА

Единственная на сегодняшний день разведанная россыпь участка Правобережный подтвердила промышленный потенциал Зауральского редкометалльно-титанового района Западно-Сибирской россыпной провинции. Геолого-статистическая обработка данных технологического картирования дала возможность описать минералогическую структуру россыпи и дать прогнозную оценку ее флангов. В пределах россыпного поля установлен устойчивый и выдержанный характер минеральных ассо-

циаций, что указывает на высокую перспективу выявления редкометалльно-титановых россыпей в пределах всего комплекса олигоценых отложений района. **Ключевые слова:** россыпи, титан, цирконий, технологическое картирование, геолого-статистические характеристики.

Lalomov A.V.¹, Levchenko E.N.², Bochneva A.A.¹
(1 — IGEM, 2 — IMGRE)

GEOLOGICAL AND STATISTICAL ANALYSIS OF THE RESULTS OF TECHNOLOGICAL MAPPING OF RARE-METAL-TITANIUM PLACERS OF THE TRANS-URAL PLACER DISTRICT

*The single prospected placer deposit Pravoberezhny confirmed economic potential of Fore-Urals rare metal—titanium (heavy minerals) district of West Siberian placer province. Geological statistical study of the data of technological sampling gave possibility to describe mineralogical and technological structure of the deposit and estimate reserves in the neighborhood area. The mineralogical association of the placer field has sustainable and ripe character that is evidence of high potential of the whole Oligocene basin for discovering of new rare metal — titanium placer deposits. **Keywords:** placer deposits, titanium, zircon, technological mapping, geological statistic characteristics.*

Редкометалльно-титановые россыпи являются основным источником титана и циркония, которые относятся к стратегическим видам минерального сырья. Разведанные месторождения, стоящие на государственном балансе России, не удовлетворяют промышленность по ряду технологическо-экономических и горно-геологических параметров, поэтому актуальной задачей является исследование россыпеобразующих процессов, влияющих на рентабельность и технологические свойства месторождений, и применение этих параметров для прогноза россыпей с высокими технологическо-экономическими характеристиками.

Зауральский россыпной район Западно-Сибирской редкометалльно-титановой провинции является относительно малоисследованной, но весьма перспективной территорией. Ожидаемый ресурсный потенциал россыпной титан-циркониевой минерализации оценивается в 200 млн. т [3], из которых до категории запасов пока доведено около 0,5 млн. т в пределах Правобережной россыпи Шоушма-Лемьинского россыпного узла (ШЛРУ) при общей оценке ресурсов узла 5 млн. т. Повышенная минерализация на уровне промышленных значений отмечается также в пределах Северо-Сосьвинской, Салехардской и Хуготской площадей.

По результатам поисково-оценочных работ, проведенных в 2006–2008 гг. в западной части ХМАО—Югры, в отложениях олигоценового возраста была выявлена промышленная концентрация минералов титана и циркония в пределах Мансийской и Северо-Сосьвинской площадей [8]. Поисковыми работами 2009–2011 гг. в пределах Мансийской площади был выделен ШЛРУ, в котором вскрыты две рудоносные толщи: верхняя (отметки 75–95 м) и нижняя (отметки 30–45 м) [10].

Исследуя состав олигоценовых отложений, был сделан вывод о накоплении рудных песков в обстановке мелководья шельфового бассейна в зонах волнового воздействия различной активности [4].

В 2011–2013 гг. на наиболее перспективных участках ШЛРУ проведены работы по оконтуриванию рудных тел и подсчету запасов, в частности — на участке Правобережный, который и является объектом исследования в данной работе. В основу легли данные технологического картирования, осуществленного на стадии детальной разведки и подготовки запасов месторождения к утверждению в ТКЗ.

ШЛРУ расположен в Советском районе ХМАО в 35 км к юго-востоку от железнодорожной станции Верхнекондинская (г. Советский). При промышленных содержаниях россыпеобразующих минералов отмечается низкая глинистость отложений и приповерхностное залегание пласта, позволяющее отработку открытым карьером. На территории узла отсутствуют осложняющие обстоятельства в виде наличия заповедных зон и сельхозугодий, в то же время в непосредственной близости проходит автодорога. Все это указывает на возможность рентабельной отработки месторождения. Использование геолого-статистических методов обработки данных позволило изучить структуру россыпи, историю ее развития и определить перспективные направления доразведки флангов месторождения.

Геологическое строение и особенности формирования россыпных объектов Шоушма-Лемьинского россыпного узла

Россыпная металлоносность и формирование ШЛРУ тесно связаны с геологическим строением и историей развития Уральской горной системы и примыкающей к нему части Западно-Сибирской плиты. Образование россыпемещающих отложений куртамышской свиты олигоцена связывается с началом активизации тектонических движений в пределах Уральской горной системы и размывом кор выветривания, развитым по складчатым породам Урала в период мезозой-кайнозойской пенепленизации. Отложения куртамышской свиты состоят из хорошо сортированных средне-мелкозернистых песков с редкими прослоями алевритов. Пески хорошо отмыты, глинистая составляющая песчаных отложений крайне незначительна. В разрезе толщи выделяются три горизонта [10]. Верхний и нижний горизонты характеризуются мелкозернистым составом и повышенными содержаниями алевритовой фракции (до 15–25 %), в более грубозернистом среднем горизонте алеврито-глинистая составляющая не превышает 6 %, при этом содержание среднезернистого песка (0,25–0,5 мм) достигает 16 %.

Разведанная россыпь участка Правобережный приурочена к продуктивным отложениям верхнего горизонта куртамышской свиты. Отложения нижнего горизонта также несут повышенную россыпную металлоносность, но ее промышленное значение в настоящее время не определено. Средний горизонт наименее металлоносен. Он выходит на поверхность в пределах центральной части Лемьинского купола.

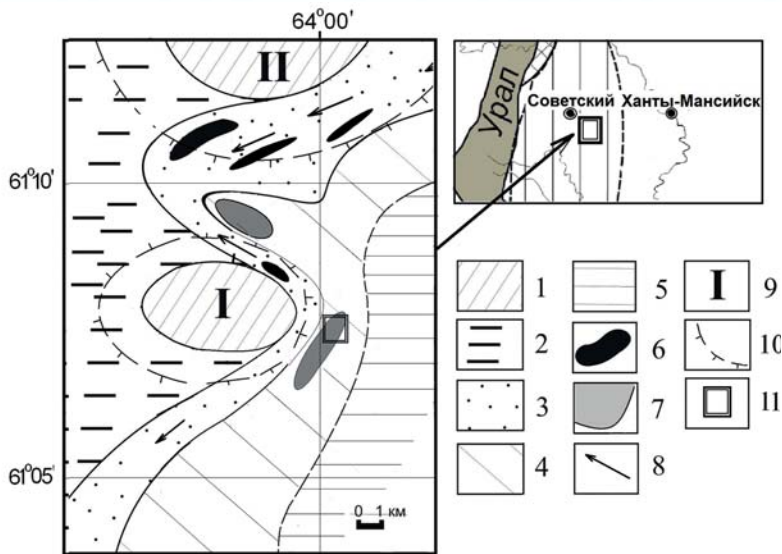


Рис. 1. Фациально-литодинамическая схема ШЛРУ с элементами россыпной металлогенности: среднекуртамышский комплекс: 1 — отложения промежуточного коллектора; верхнекуртамышский комплекс: 2 — зона палеодельты; 3 — зона литорали; 4 — зона динамически активного мелководья; 5 — зона мелководья с умеренной гидродинамикой; 6, 7 — повышенные россыпные концентрации: 6 — литорального типа, 7 — мелководного типа; 8 — направления вдольберегового потока наносов; 9 — сводово-купольные структуры: I — Лемьинский купол, II — Северо-Умытынский купол; 10 — границы сводово-купольных структур на уровне подошвы продуктивных отложений; 11 — площадь разведочных работ (участок Правобережный)

В верхнекуртамышское время отложения среднего горизонта слагали прибрежную сушу, подвергались абразии в береговой зоне и, предположительно, являлись промежуточным коллектором для россыпей, локализованных в пределах верхнекуртамышской толщи. Также к верхнекуртамышским отложениям относится расположенный западнее аллювиально-дельтовый комплекс, несущий слабую рассеянную металлогенность (рис. 1).

Генеральное направление береговой линии ЮЗ-СВ осложнялось более мелкими локальными сводово-купольными структурами, являющимися частями Мансийского свода: Лемьинским и Северо-Умытыньским куполами, которые изменяли параметры вдольберегового потока наносов и формировали структурно-тектонические ловушки, определяющие положение повышенных россыпных концентраций. На подходе к мысу, образованному Лемьинским куполом, поток наносов тормозился, что приводило к интенсивному перемыву и шлихованию песчаного материала без существенного смещения вдоль берега. На внешней границе купола в зоне умеренно-отрицательных неотектонических движений происходило накопление толщи металлогенных осадков. По мере удаления от береговой линии в строении продуктивной толщи выделяются фациальные зоны пляжа и литорали, а также мелководья, дифференцируемого по степени активности гидродинамического воздействия (зоны активной и умеренной гидродинамики). Каждая из этих зон характеризуется различающимися текстурными особенностями, а также гранулярным составом

и распределением тяжелой фракции (т.ф.) по классам крупности [5].

Россыпь участка Правобережный

Разведанная россыпь участка Правобережный расположена на восточном фланге Лемьинского купола, который определял положение береговой линии в верхнекуртамышское время. Она локализована в осадках прибрежно-морского мелководья. При этом в западной части россыпного поля отмечаются признаки и косослоистые серии небольшой мощности, в восточной — горизонтально слоистые текстуры осадков (рис. 2). Характерной чертой россыпей мелководно-морской зоны являются относительно равномерное распределение полезного компонента, более изометричная (по сравнению с россыпями литорали) форма россыпных проявлений, повышенное содержание тонких алевритовых классов и более мелкий размер компонентов т.ф., основная часть которых содержится в классе < 0,1 мм.

Пески хорошо сортированы, основная масса песков (50–70 %) содержится в классе 0,25–0,1 мм, при этом в зоне умеренной гидродинамики содержание класса < 0,1 мм увеличивается до 50 %. Основная масса тяжелых компонентов (70–80 %) содержится в классе

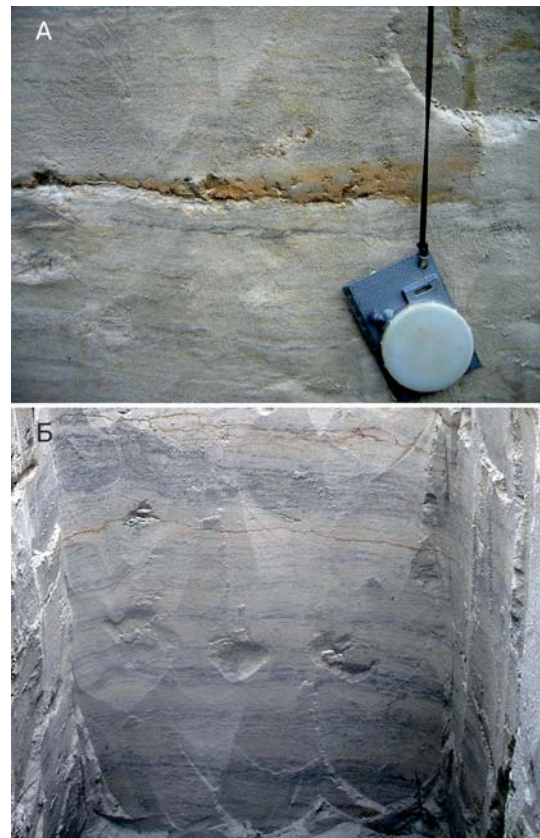


Рис. 2. Тектурные особенности продуктивных отложений участка Правобережный: А — отложения зоны гидродинамически активного мелководья, Б — отложения зоны мелководья с умеренной гидродинамикой

Таблица 1

Сравнительный анализ гранулометрических показателей основных фациальных зон россыпewмещающего комплекса участка Правобережный

| Параметры россыпной металлоносности | Гранулометрический класс, мм | | | | | | |
|--|------------------------------|---------|----------|----------|-----------|-----------|-------|
| | >1,0 | 1,0-0,5 | 0,5-0,25 | 0,25-0,1 | 0,10-0,05 | 0,05-0,01 | <0,01 |
| Зона гидродинамически активного мелководья (верхний куртамыш, северо-западный фланг) | | | | | | | |
| Усредненный грансостав | 0,00 | 0,05 | 1,35 | 72,67 | 16,14 | 2,14 | 8,07 |
| Содержание т.ф. в классе*, % | | | | 0,7/1,4 | 5,8/13,2 | | |
| Доля от общего содержания т.ф., % | | | | 30,9 | 69,1 | | |
| Зона мелководья с умеренной гидродинамикой (верхний куртамыш, юго-восточный фланг) | | | | | | | |
| Усредненный грансостав | 0,00 | 0,00 | 0,52 | 51,22 | 22,03 | 12,24 | 13,99 |
| Содержание т.ф. в классе*, % | | | | 0,3/1,1 | 2,8/9,2 | | |
| Доля от общего содержания т.ф., % | | | | 21,1 | 78,9 | | |

* В числителе — среднее содержание, в знаменателе — максимальное

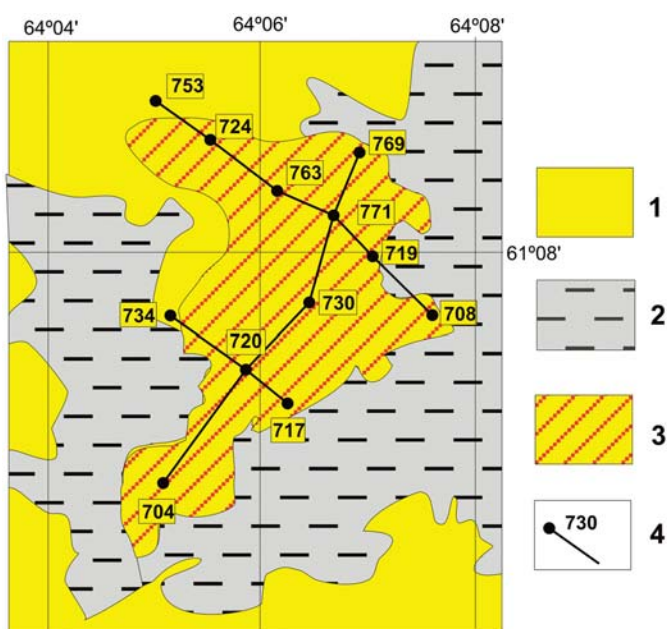


Рис. 3. План россыпи участка Правобережный: 1 — куртамышская свита олигоцена, 2 — четвертичные озерно-болотные отложения; 3 — контур предполагаемого карьера отработки россыпи; 4 — номера скважин и профили разреза (см. рис. 4)

0,1–0,01 мм. Выход т.ф. в этом классе достигает 13,2 % для зоны активной гидродинамики и 9,2 % в зоне умеренной гидродинамики (табл. 1) [5].

В основу проводимого исследования легли результаты анализа 558 проб из 39 скважин технологического картирования месторождения. Опорные скважины, использованные для построения разрезов, и контуры предполагаемого карьера отработки россыпи приведены на рис. 3.

На трехмерном отображении россыпи (рис. 4) видно, что она имеет линзовидно-струйчатое строение с ориентировкой основной оси СВ ЮЗ. Отмечается поперечный наклон линзы на северо-запад и продольный — на юго-запад, что, скорее всего, обусловлено регрессивным характером строения россыпewмещающей толщи и смещением береговой линии в процессе фор-

мирования россыпи в восточном направлении. В поперечном разрезе россыпная линза оконтурена на уровне содержанияи СРК 2 %. На северо-восточном и восточном флангах россыпи продуктивные отложения эродированы; на юго-западном фланге они погружаются под чехол четвертичных озерно-болотных отложений. Рудные компоненты в пределах продуктивного пласта россыпи представлены ильменитом, рутилом, цирконом, лейкоксеном и анатазом. Помимо рудных минералов и лейкоксена (который является полиминеральным агрегатом продуктов изменения титановых минералов) в т.ф. в содержаниях менее 1 % присутствуют эпидот, кианит, ставролит, турмалин, гранаты, монацит, амфиболы, хлорит, апатит и биотит.

Статистические закономерности минерального поля россыпи участка Правобережный

Задачей исследования являлось изучение структуры россыпи с целью изучения технолого-минералогических характеристик, определения факторов, контролирующих концентрацию тяжелых компонентов, и определения перспектив продолжения ГРП на флангах рос-

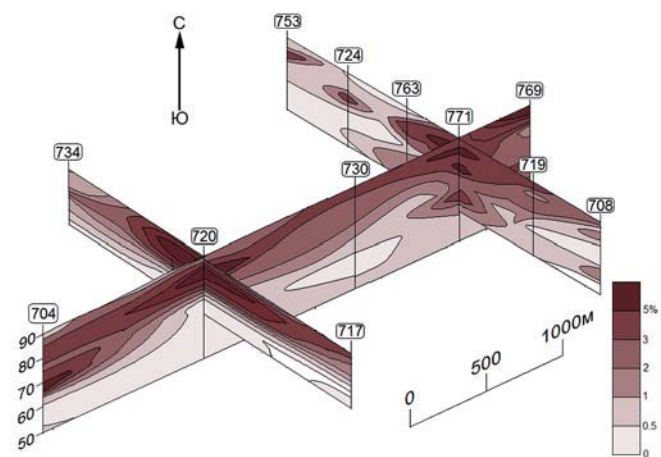


Рис. 4. Строение россыпи участка Правобережный: содержание суммы рудных компонентов (СРК), %. Разрезы построены в программе Surfer-7 с использованием метода осреднения данных «Radial Basis Function»

сыпи. С этой целью в пределах россыпи были выделены погоризонтные срезы уровней 87, 82, и 75 м, характеризующие продуктивную толщу, построены продольные и поперечные разрезы. На выделенных уровнях и сечениях проанализирована структура минеральных ассоциаций, рассчитаны статистические параметры (энтропия минерального состава и корреляционные связи различных параметров) и установлены основные тренды характеристик минерального поля. В подсчетах использовались содержания ильменита, рутила, циркона, и лейкоксена. Сфен и анатаз ввиду их низких концентраций и невыдержанного распределения в анализе отдельных минеральных фаз не учитывались.

При интерпретации результатов статистических анализов минеральных полей использовались представления о том, что комплексные редкометалльно-титановые прибрежно-морские россыпи представляют собой продукт высокой степени сепарации в потоке наносов устойчивых минералов умеренной плотности. Чем совершеннее процесс сепарации, тем более упорядочено минеральное поле и тем выше уровень концентрации полезных рудных компонентов. Неоднородности минерального поля второго и более низких порядков соответственно отражают влияние второстепенных факторов, таких, как разложение минералов в потоке наносов в соответствии с их индивидуальными миграционными особенностями, локальный привнос дополнительных порций минералов, вторичные изменения и пр. [7].

Поскольку основная трудность интерпретации данных минерального анализа обычно заключается в многопризнаковом характере получаемой информации, возникает необходимость ее «свертки» для получения кумулятивных показателей внутренней структуры минерального поля. С целью изучения закономерностей пространственного распределения статистических параметров неоднородности минеральных полей, а также выявления областей, характеризующихся повышенной/пониженной упорядоченностью минерального поля, были использованы методы геолого-статистического анализа: главных компонент и «информационной энтропии» К. Шеннона.

Метод главных компонент (ГК), представляющий собой разновидность факторного анализа, позволяет оценить меру упорядоченности минерального поля, выделить различные уровни его неоднородности [1]. В комплексных редкометалльно-титановых россыпях Первая главная компонента (1ГК) включает в себя все основные рудные минералы, что позволяет выделять ее в качестве характеристики, описывающей интенсивность рудного процесса. Обычно минеральное поле промышленных россыпей тяжелых минералов характеризуется значениями 1ГК более 65 %. 2ГК и 3ГК отражают второстепенные изменения ассоциации главных рудных минералов в ходе россыпеобразующего процесса: сепарацию минералов в потоке, локальный привнос того или иного минерала или эпигенетическое преобразование минералов россыпей.

Значения 1ГК в пределах россыпи изменяются незначительно: вес варьирует в пределах 69–72 %, в состав входят $Zr_{0,93}Ru_{0,89}Ilm_{0,88}Lx_{0,65}$. Во вторую главную компоненту с весом 15–19 % входит лейкоксен с факторной нагрузкой 0,72 ($Lx_{0,72}$).

Следует отметить схожесть состава 1ГК для Правобережной россыпи и в пределах россыпного поля в целом при пониженном весе 1ГК Мансийской площади 62,7 % [2]. Это свидетельствует о существовании в пределах олигоценового бассейна устойчивого россыпеобразующего процесса, который достигал оптимальных значений в зоне структурно-тектонических ловушек, образованных Лемьинским и Северо-Умытыинским куполами.

Метод «информационной» энтропии К. Шеннона количественно характеризует информативность полезного сигнала по отношению к фоновому распределению исследуемого параметра. Энтропийная характеристика минерального поля может рассматриваться в качестве суммирующего показателя аномальности минералогического состава исследуемых толщ [9]. Отражая формально уровень вариаций содержаний различных минералов от их средних значений по площади, она выступает в качестве меры информации.

Применительно к математической геологии энтропия Шеннона успешно использовалась ранее для «свертки» исходных данных, и выделения главных по своей информативности компонент на примере прогноза эн-

Таблица 2
Статистические параметры распределения исследуемых компонентов на трех погоризонтных срезах Правобережного участка

| Горизонты | Содержание, % | | | Среднее квадратичное отклонение | Коэффициент вариации |
|---------------------------------|---------------|--------------|---------|---------------------------------|----------------------|
| | Минимальное | Максимальное | Среднее | | |
| Ильменит | | | | | |
| 87 | 0.06 | 6.23 | 1.31 | 0.92 | 0.70 |
| 82 | 0.25 | 8.54 | 1.83 | 0.88 | 0.48 |
| 75 | 0.15 | 7.17 | 1.98 | 1.14 | 0.57 |
| Рутил | | | | | |
| 87 | 0.01 | 0.22 | 0.10 | 0.06 | 0.60 |
| 82 | 0.02 | 0.21 | 0.08 | 0.05 | 0.63 |
| 75 | 0.02 | 0.36 | 0.08 | 0.07 | 0.88 |
| Циркон | | | | | |
| 87 | 0.03 | 0.45 | 0.20 | 0.12 | 0.60 |
| 82 | 0.03 | 0.45 | 0.20 | 0.11 | 0.55 |
| 75 | 0.02 | 0.86 | 0.24 | 0.17 | 0.71 |
| Лейкоксен | | | | | |
| 87 | 0.01 | 0.10 | 0.06 | 0.03 | 0.50 |
| 82 | 0.00 | 0.20 | 0.07 | 0.05 | 0.71 |
| 75 | 0.01 | 0.21 | 0.06 | 0.05 | 0.83 |
| Сумма рудных компонентов | | | | | |
| 87 | 0.07 | 7.46 | 1.67 | 1.02 | 0.61 |
| 82 | 0.29 | 10.13 | 2.18 | 1.32 | 0.61 |
| 75 | 0.16 | 8.75 | 2.36 | 1.50 | 0.63 |

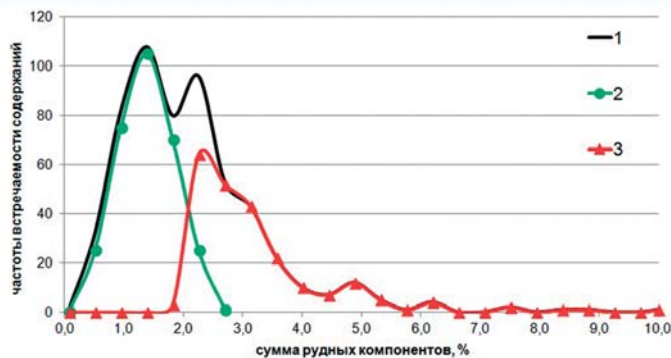


Рис. 5. Распределение частот встречаемости содержаний СРК в контуре россыпи: 1 — общее содержание; 2 — локальный фон; 3 — локально-аномальное содержание

догенной оловянно-вольфрамовой минерализации и россыпей оловорудных районов Восточной Якутии [11].

Результаты минералогического анализа показали, что состав продуктивного пласта устойчив и хорошо выдержан в пределах россыпи: коэффициент вариации СРК по выделенным уровням находится в пределах 0,6–0,7, и лишь по отдельным минералам (рутил и лейкоксен на горизонте 75 м) увеличивается до 0,8–0,9. Среднее содержание СРК закономерно возрастает вниз по разрезу от 1,67 на верхнем горизонте до 2,36 на нижнем (табл. 2).

Анализ частот встречаемости позволил установить, что общее распределение полезных компонентов россыпи (СРК) неоднородно и состоит из двух основных распределений (рис. 5). Первое в пределах от 0 до 2,6 % имеет симметричную колоколообразную форму, отвечающую гауссову распределению и соответствует локальному фону россыпного поля.

Второе распределение с содержаниями выше 2 % характеризует локально-аномальный уровень содержаний СРК и определяет промышленную минерализацию. Это распределение неоднородно и состоит, в свою очередь, из нескольких распределений, отвечающих разным морфо-литодинамическим зонам концентрации тяжелых компонентов россыпей, которые связаны преимущественно с участками развития грядовой формы движения наносов, с мористыми частями положительных форм подводного берегового склона и с отрицательными формами мелководья, в которых происходило накопление обогащенного россыпного материала. Содержания менее 2 % СРК имеют промышленное значение только в сочетании с локально-аномальными концентрациями.

Анализ коэффициентов корреляции показал устойчивую связь между всеми компонентами россыпи (табл. 3). Отсутствие корреляции наблюдается только для лейкоксена на уровнях 87 и 82 м. Высокая степень парной корреляции россыпеобразующих компонентов указывает на общую зрелость отложений россыпемещающего комплекса Зауральского россыпного района и, соответственно, на значительные перспективы выявления в его пределах высокорентабельных редкометалльно-титановых россыпей. Применительно к Правобережной россыпи, высокие корреляционные связи указывают на

Таблица 3
Парные корреляции между исследуемыми рудными компонентами на трех погоризонтных срезах Правобережного участка (жирным шрифтом выделены значимые коэффициенты корреляции)

| Минералы | Ильменит | Рутил | Циркон | Лейкоксен | СРК |
|--|----------|-------|--------|-----------|------|
| Погоризонтный срез 87 м (15 скважин), $\alpha = 0.99$, ПЗКК = 0.61 | | | | | |
| Ильменит | 1.00 | 0.64 | 0.70 | 0.58 | 0.99 |
| Рутил | | 1.00 | 0.98 | 0.86 | 0.76 |
| Циркон | | | 1.00 | 0.80 | 0.86 |
| Лейкоксен | | | | 1.00 | 0.70 |
| Анализ | | | | | 1.00 |
| Погоризонтный срез 82 м (31 скважина), $\alpha = 0.99$ ПЗКК = 0.45 | | | | | |
| Ильменит | 1.00 | 0.70 | 0.87 | 0.31 | 0.99 |
| Рутил | | 1.00 | 0.75 | 0.65 | 0.75 |
| Циркон | | | 1.00 | 0.54 | 0.91 |
| Лейкоксен | | | | 1.00 | 0.40 |
| Анализ | | | | | 1.00 |
| Погоризонтный срез 75 м (26 скважин), $\alpha = 0.99$ ПЗКК = 0.49 | | | | | |
| Ильменит | 1.00 | 0.94 | 0.94 | 0.66 | 0.99 |
| Рутил | | 1.00 | 0.95 | 0.67 | 0.95 |
| Циркон | | | 1.00 | 0.66 | 0.95 |
| Лейкоксен | | | | 1.00 | 0.68 |
| Анализ | | | | | 1.00 |

Примечание: α — доверительная вероятность, ПЗКК — предельное значение коэффициента корреляции при данной доверительной вероятности

выдержанность минералого-технологических свойств россыпного пласта, что облегчает разработку технологии получения промышленного концентрата [6].

Коэффициент парной корреляции показателей информационной энтропии и СРК равен 0,262 при ПЗКК = 0,254 для $\alpha = 0,99$ и n (количестве замеров) = 130, что говорит об их устойчивой связи. Рассчитанные значения этих параметров графически представлены на рис. 6. На горизонтах 75 и 82 м структура россыпи носит стабильный характер и юго-западную — северо-восточную ориентацию зоны повышенных значений россыпеобразующих параметров. На горизонте 87 м отмечается смещение зоны повышенных значений на восток — северо-восток.

Надо отметить, что энтропия является в определенной мере более информативным и стабильным параметром для выявления зон устойчивого россыпеобразования, характеризующихся повышенной упорядоченностью минерального поля, чем непосредственно СРК. Если вариация содержания СРК между областями непромышленных (< 2 %) и промышленных (> 2 %) распределений в пределах контура россыпи составляет 64 %, то для энтропии в пределах этих же распределений вариация равна 6 %.

Таким образом, отдельные точки с повышенными значениями СРК в зонах неупорядоченных минеральных ассоциаций носят, скорее всего, случайный характер. В то же время, зоны повышенных значений энтропии минерального поля маркируют зону устойчивого

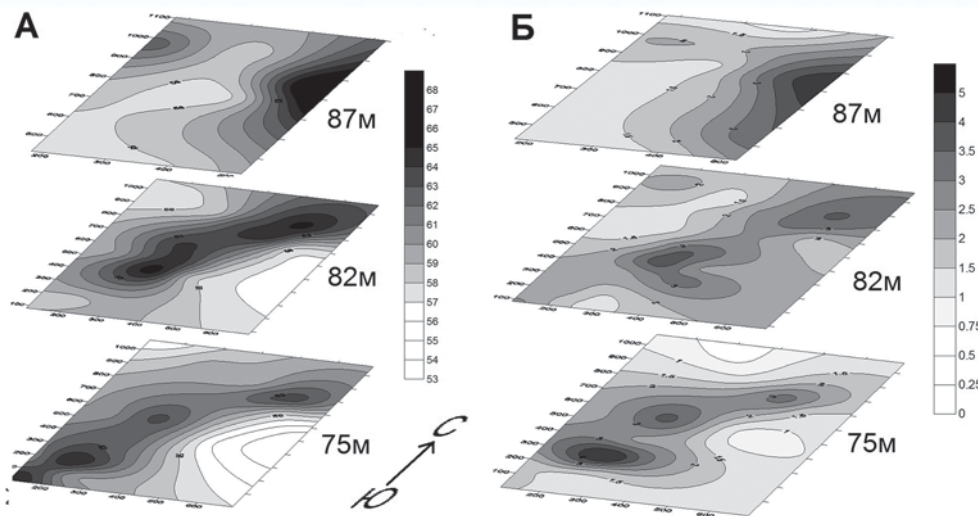


Рис. 6. Структура продуктивного пласта россыпи по горизонтам 75, 82 и 87 м: А — энтропия, Б — содержание СРК. Схемы построены в программе Surfer-7 с использованием метода осреднения данных «Radial Basis Function»

россыпеобразования и являются перспективными для выявления редкометалльно-титановых россыпей, даже несмотря на пониженные значения СРК.

Генезис и геологическая структура россыпи

Проведенные геолого-технологические и геостатистические исследования позволили конкретизировать структуру россыпи участка Правобережный.

Россыпь имеет форму линзы, вытянутой в северо-восточном — юго-западном направлении, что соответствует положению береговой линии на юго-восточном склоне Лембинской сводово-купольной структуры. Отмечается небольшой наклон линзы на запад. Установлено, что россыпь образовалась в мелководно-морских условиях олигоценного бассейна в зоне действия морских вдольбереговых течений и слабого волнового воздействия, причем на северо-западном (прибрежном) фланге россыпи отмечается более высокая гидродинамика и большая крупность обломочного материала. Повышенные содержания россыпеобразующих компонентов приурочены к мелкозернистым пескам и сосредоточены преимущественно (на 70–80 %) в классе крупного алеврита.

Основными полезными компонентами россыпи являются ильменит, циркон, лейкоксен и рутил, в незначительных количествах присутствуют анатаз и сфен. Распределение компонентов россыпи равномерное, на всех горизонтах парные коэффициенты корреляции между ними имеют устойчивую значимость. Исключение составляет лейкоксен, имеющий слабую корреляцию с ильменитом и СРК на горизонтах 82 и 87 м, что, вероятно, связано с гипергенными изменениями ильменита на уровне поверхности грунтовых вод, где происходят активные окислительно-восстановительные процессы. Вертикальная зональность россыпи отражает прерывисто-регрессивный характер развития палеобассейна: параметры россыпи остаются унаследованными на уровнях 75 и 82 м. Изменение положения контуров повышенных значений СРК и энтропии на горизонте 87 м отражает регрессивное смещение береговой линии олигоценного бассейна на

восток. Аналогичное двух-ярусное строение отмечается и для других редкометалльно-титановых россыпей [12].

Заключение

Геолого-статистический анализ позволил установить особенности строения редкометалльно-титановой россыпи участка Правобережный, которые не были очевидны (или не имели количественной оценки) при изучении первичных литолого-минералогических данных.

1. Олигоценовые отложения россыпемещающего комплекса и россыпеобразующие компоненты характеризуются высокой зрелостью минерального состава

и устойчивостью минеральных ассоциаций, что является важным фактором россыпеобразования и указывает на значительные перспективы выявления в пределах Зауральского россыпного района рентабельных редкометалльно-титановых россыпей.

2. Стабильность минерального состава в пределах россыпи повышает технологические характеристики продуктивных отложений; нарушение корреляционных связей для лейкоксена на среднем и верхнем горизонтах россыпи может свидетельствовать о наличии вторичных изменений ильменита.

3. Промышленное локально-аномальное распределение СРК характеризуется значениями > 2 % СРК. Вариации содержаний в пределах локального фона (< 2 %) не несут поисковой информации и имеют промышленное значение только в сочетании с локально-аномальными концентрациями.

4. Повышенные характеристики энтропии минерального поля в ряде ситуаций отражают благоприятные россыпеобразующие условия в большей степени, чем повышенные значения СРК непосредственно.

5. Содержание СРК увеличивается вниз по разрезу.

6. На восточном и северо-восточном флангах россыпи, выходящий на поверхность рудный пласт, эродирован. На западном—юго-западном флангах он погружается под четвертичные озерно-болотные отложения; с этой зоной связаны перспективы приращения запасов на флангах месторождения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аронов, В.И. О применении факторного анализа в геологии / В.И. Аронов, В.Н. Страхов // Геология и геофизика. — 1985. — № 8. — С. 202–206.
2. Бочнева, А.А. Геостатистический подход к выявлению потенциальных титан-циркониевых россыпных площадей на примере Зауральского россыпного района / А.А. Бочнева, А.В. Лаломов, Р.М. Чефранов // Литология и полезные ископаемые. — 2013. — № 3. — С. 234–255.
3. Веремеева, Л.И. Титан-циркониевые россыпи западной части ХМАО-Югры: геологические, технологические и геолого-экономические аспекты рационального недропользования / Л.И. Веремеева, Е.Н. Лев-

ченко, Е.А. Калиш / XI науч.-практ. конф.: Пути реализации нефтегазового и рудного потенциала Ханты-Мансийского автономного округа — Югры. — Ханты-Мансийск: Изд. дом. «ИздатНаукаСервис». — 2008. — Т.1. — С. 378–386.

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

5. Лаломов, А.В. Разработка технологии микропалеофациального анализа для оптимизации поисково-разведочных работ / А.В. Лаломов, А.В. Григорьева, Л.О. Магазина // Разведка и охрана недр. — 2010. — № 3. — С. 11–17.

6. Левченко, Е.Н. Геолого-технологическое картирование титано-циркониевых россыпей (на примере Восточного участка Центрального месторождения) / Е.Н. Левченко. — М.: ИМГРЭ, 2011. — 146 с.

7. Патык-Кара, Н.Г. Минеральные ассоциации титано-циркониевых песков месторождения Центральное (Восточно-Европейская платформа) / Н.Г. Патык-Кара, Е.Н. Левченко, А.И. Стехин и др. // Геология рудных месторождений. — 2008. — № 3. — С. 246–270.

8. Патык-Кара, Н.Г. Предпосылки формирования титан-циркониевых месторождений Зауральского россыпного района: региональная геолого-эволюционная модель / Н.Г. Патык-Кара, А.В. Лаломов, А.А. Бочнева и др. // Литология и полезные ископаемые. — 2009. — № 6. — С. 598–613.

9. Тевелев, А.В. Опыт расчета информационной энтропии при геологических исследованиях / А.В. Тевелев, Т.Б. Соколова, И.А. Кошелева // Математические методы при геохимических исследованиях: тезисы доклада. — Минск, 1983. — С. 126–132.

10. Чефранов, Р.М. Геолого-геофизические критерии поисков и разведки древних редкометалльно-титановых россыпей на примере участка Умытынский Зауральского региона Западной Сибири (Ханты-Мансийский АО) / Р.М. Чефранов, А.В. Лаломов, А.А. Бочнева и др. // Литология и полезные ископаемые. — 2014. — № 6. — С. 539–553.

11. Шур, В.И. Минеральные ассоциации кайнозойских отложений оловорудных районов Восточной Якутии / В.И. Шур, Н.Г. Патык-Кара // Литология и полезные ископаемые. — 1983. — № 5. — С. 39–46.

12. Patyk-Kara, N. Heterogeneity and Unconformity of Mineral Assemblages of Tsentral'noe TI-ZR Placer Deposit: 3-D Model / N. Patyk-Kara, I. Chizhova, E. Levchenko, et al. // Proceedings of IAMG'05: GIS and Spatial Analysis. Toronto. Canada. — 2005. — Vol. 2. — P. 1051–1059.

© Лаломов А.В., Левченко Е.Н., Бочнева А.А., 2017

Лаломов Александр Валерианович // lalomov@mail.ru
Левченко Елена Николаевна // lev_imgre@rambler.ru
Бочнева Анна Александровна // bochneva@mail.ru

УДК 553.973

Вяткин И.А., Кузьмина О.Н. (Омский филиал ФБУ «ТФГИ по Сибирскому федеральному округу»)

МЕСТОРОЖДЕНИЯ САПРОПЕЛЯ ОМСКОЙ ОБЛАСТИ — УНИКАЛЬНЫЙ РЕСУРС ДЛЯ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ РЕГИОНА

*В статье приведена информация из справочника «Сапропелевые ресурсы Омской области», составленного коллективом Омского филиала ФБУ «ТФГИ по Сибирскому федеральному округу», о составе сапропеля, его свойствах, сферах применения, о продукции, которую можно выпустить на основе сапропеля с помощью специально разработанных уникальных технологий путем его глубокой переработки. Справочник составлен с целью естественно-научного образования населения, хозяйствующих субъектов и привлечения инвестиционного внимания предпринимателей и органов власти к природному богатству Омской области — сапропелю. **Ключевые слова:** сапропель, справочник, добыча, применение, переработка, продукция.*

Vyatkin I.A., Kuzmina O.N. (FBU «TFGI across Siberian Federal District» Omsk branch)

DEPOSITS OF SAPROPEL OF OMSK REGION — UNIQUE RESOURCE FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF THE REGION

*The article presents information from the directory «resources Sapropel of Omsk region», compiled by the staff of the Omsk branch of FBU «TFGI in the Siberian Federal district», the composition of sapropel, its properties, applications, about products that could be released on sapropel basis using a specially developed unique technologies through deep processing. The Handbook is written with the purpose of science education of the population, economic entities and attract the investment attention of the owners and authorities to the natural wealth of the Omsk region — sapropel. **Keywords:** sapropel, reference, production, use, processing, products.*

Омская область богата уникальными по своей природе озерными органоминеральными отложениями — сапропелями и является одним из крупных сапропелевых регионов страны. Область расположена в природно-климатической зоне, благоприятной для образования сапропелей. На ее территории разведано и оценено 152 озерных месторождения сапропеля с суммарными запасами 152 млн. т.

В озерных сапропелях Омской области содержатся витамины группы В (В₁, В₂, В₃, В₅, В₆, В₁₂), Д, Е, С, каротиноиды, ферменты. Минеральная часть сапропелей содержит кальций, окиси кремния, магния, железа, алюминия, марганца, фосфора, натрия и микроэлементы — железо, медь, цинк, молибден, бром, йод, серебро и др. Важное достоинство сапропелей Омской области — отсутствие в них радиоактивных веществ, мышьяка, скандия, германия, патогенной флоры. Органическое вещество сапропелей подразделяется на битумы, гидролизуемые и гуминовые вещества, негидролизуемый остаток. Битумы сапропелей богаты воском. Известно, что в середине 1990-х годов специалисты Германии проехали по всем областям России, имеющим сапропелевые ресурсы, с целью установления районов с наиболее экологически чистыми и высококачественными сапропелями. По результатам этого рейда оказалось, что наиболее высоким требованиям соответствуют сапропели южной части Западной Сибири (Омская, Тюменская и Томская области).

Несмотря на то, что Омская область обладает значительными запасами и прогнозными ресурсами сапропеля, это ценное полезное ископаемое в области (как и во всей Российской Федерации) изучено слабо и используется очень ограниченно. Большая часть месторождений изучена на сырье для сельского хозяйства — мелиоранты, удобрения и кормовые добавки. Что же касается возможности их широкого использования в других отраслях экономики, то эти ресурсы требуют тщательного геологического доизучения.

Сферы применения сапропеля весьма разнообразны. В настоящее время сапропель используется в сельском хозяйстве, ветеринарии, медицине, промышленности,