

УДК 55.553.041 (574)
Обзор / Review
© ПНИПУ / PNRPU, 2020



Перспективы практического значения комплексного освоения бедных титан-циркониевых россыпей и кор выветривания Казахстана

Е.М. Сапаргалиев, А.Ж. Азельханов, М.М. Кравченко, Е.С. Суйекпаев, Б.А. Дьячков

Алтайский геолого-экологический институт (Республика Казахстан, 070004, г. Усть-Каменогорск, ул. К. Либкнехта, 21)

Prospects for the Practical Value of the Integrated Development of Poor Titanium-Zirconium Placers and Weathering Crusts in Kazakhstan

Erzhan M. Sapargaliev, Askhat Zh. Azelkhanov, Mikhail M. Kravchenko, Yertlek S. Suiekpayev, Boris A. Dyachkov

Altai Geological and Environmental Institute LLP (21 K. Liebknecht st., Ust-Kamenogorsk, 070004, Republic of Kazakhstan)

Получена / Received: 28.08.2020. Принята / Accepted: 02.11.2020. Опубликовано / Published: 11.01.2021

Ключевые слова:

титан, цирконий, редкоземельные элементы, россыпи, коры выветривания, ильменит, рудопоявления, запасы, минерал, рутил, свита, эндогенные, примеси.

На территории Республики Казахстан имеется значительное количество выявленных месторождений, относящихся к корам выветривания и титан-ильменитовым россыпям, несущих промышленную минерализацию редких и редкоземельных элементов. Месторождения россыпей и кор выветривания, образованные в результате денудации коренных пород в прибрежно-морских и континентальных условиях осадконакопления, составляют основу минерально-сырьевой базы титан-циркониевых руд в Республики Казахстан. Титан-циркониевые месторождения россыпей и кор выветривания, обычно имеют низкие средние содержания основных полезных компонентов (рутил, ильменит и циркон), при этом содержат попутную минерализацию ценных редких и редкоземельных элементов. Рассматриваются различные аспекты комплексного освоения бедных титан-циркониевых россыпей, которые в настоящее время не имеют практического значения. Попутные полезные компоненты титан-циркониевых россыпей обычно представлены редкими и редкоземельными элементами, которые имеют практическое значение в высокотехнологических отраслях промышленности. Изучение попутных полезных компонентов в титан-циркониевых россыпях позволит рассмотреть возможность рентабельной эксплуатации и оценить перспективы укрепления их минерально-сырьевой базы. В результате обзора, анализа и оценки известных титан-циркониевых россыпей на территории Казахстана выделены наиболее перспективные рудопоявления, которые могут иметь практическое значение при их комплексном освоении: месторождение Караоткель – повышенные содержания редких и редкоземельных элементов в россыпных рудах можно рассматривать не только в качестве источника мономинеральных концентратов ильменита, циркона, кварца и кварцита, слюды и полевошпатового керамического сырья, но также в качестве источника редких и редкоземельных элементов; рудопоявления Кундыбай, Заячье и Дружба имеют потенциал комплексного освоения титан-циркониевых россыпей с редкими и редкоземельными элементами. Выделенные объекты заслуживают проведения поисково-оценочных работ с технико-экономическими исследованиями возможности комплексного освоения.

Keywords:

titanium, zirconium, rare earth elements, placers, weathering crust, ilmenite, ore occurrences, reserves, mineral, rutile, formation, endogenous, impurities.

On the territory of the Republic of Kazakhstan there is a significant number of identified deposits related to weathering crusts and titanium-ilmenite placers, bearing industrial mineralization of rare and rare-earth elements. Deposits of placers and weathering crusts, formed as a result of bedrocks denudation in coastal and continental sedimentation conditions, form the basis of the mineral resource base of titanium-zirconium ores in the Republic of Kazakhstan. Titanium-zirconium deposits of placers and weathering crusts usually have low average contents of the main useful components (rutile, ilmenite, and zircon), while containing associated mineralization of valuable rare and rare earth elements. Various aspects of the complex development of poor titanium-zirconium placers, which are currently of no practical importance, are considered. Associated useful components of titanium-zirconium placers are usually represented by rare and rare earth elements, which are of practical importance in high-tech industries. The study of associated useful components in titanium-zirconium placers will allow considering the possibility of profitable exploitation and assessing the prospects for strengthening their mineral resource base. As a result of the review, analysis and assessment of known titanium-zirconium placers on the territory of Kazakhstan, the most promising ore occurrences have been identified, which may be of practical importance in their integrated development: Karaotkel deposit – increased contents of rare and rare earth elements in placer ores can be considered, not only as a source monomineral concentrates of ilmenite, zircon, quartz and quartzite, mica and feldspar ceramic raw materials, but also as a source of rare and rare earth elements; The Kundybai, Zayachye and Druzhba ore occurrences have the potential for the integrated development of titanium-zirconium placers with rare and rare-earth elements. The selected objects deserve prospecting and appraisal work with technical and economic studies of the possibility of integrated development.

Сапаргалиев Ержан Молдашевич – доктор геолого-минералогических наук, академик Академии минеральных ресурсов Республики Казахстан, член-корреспондент Академии естественных наук Республики Казахстан, директор (тел.: +007 723 225 27 23, e-mail: er_sapar@mail.ru).

Азельханов Асхат Женисович – доктор геолого-минералогических наук, научный сотрудник (тел.: +007 723 225 27 23, e-mail: azelkhanov@mail.ru). Контактное лицо для переписки.

Кравченко Михаил Матвеевич – старший научный сотрудник, почетный гражданин Республики Казахстан, первооткрыватель-разведчик (тел.: +007 723 225 27 23).

Суйекпаев Ертлек Серикханович – магистр технических наук, докторант специальности «Геология и разведка месторождения полезных ископаемых», младший научный сотрудник (тел.: +007 723 225 27 23, e-mail: suiekpaev@yandex.kz).

Дьячков Борис Александрович – доктор геолого-минералогических наук, профессор, академик Национальной академии наук Республики Казахстан, старший научный сотрудник (тел.: +007 723 225 27 23).

Erzhan M. Sapargaliev (Author ID in Scopus: 6507765086) – Director, Doctor in Geology and Mineralogy, Academician of the Academy of Mineral Resources of the Republic of Kazakhstan, Corresponding Member of the Academy of Natural Sciences of the Republic of Kazakhstan (tel.: +007 723 225 27 23, e-mail: er_sapar@mail.ru).

Askhat Zh. Azelkhanov (Author ID in Scopus: 57219925533) – Doctor in Geology and Mineralogy, Researcher (tel.: +007 723 225 27 23, e-mail: azelkhanov@mail.ru). The contact person for correspondence.

Mikhail M. Kravchenko (Author ID in Scopus: 57219925917) – Senior Researcher, Honorary Citizen Of The Republic Of Kazakhstan, Discoverer-Intelligence Officer (tel.: +007 723 225 27 23).

Yertlek S. Suiekpayev – Junior Researcher, Master in Engineering, Doctoral Student in Geology and Exploration of Mineral Deposits (tel.: +007 723 225 27 23, e-mail: suiekpaev@yandex.kz).

Boris A. Dyachkov – Senior Researcher, Doctor in Geology and Mineralogy, Professor, Academician of the Academy of Mineral Resources of the Republic of Kazakhstan (tel.: +007 723 225 27 23).

Просьба ссылаться на эту статью в русскоязычных источниках следующим образом:

Перспективы практического значения комплексного освоения бедных титан-циркониевых россыпей и кор выветривания Казахстана / Е.М. Сапаргалиев, А.Ж. Азельханов, М.М. Кравченко, Е.С. Суйекпаев, Б.А. Дьячков // Недропользование. – 2021. – Т.21, №1. – С.17–22. DOI: 10.15593/2712-8008/2021.1.3

Please cite this article in English as:

Sapargaliev E.M., Azelkhanov A.Zh., Kravchenko M.M., Suiekpayev Ye.S., Dyachkov B.A. Prospects for the Practical Value of the Integrated Development of Poor Titanium-Zirconium Placers and Weathering Crusts in Kazakhstan. *Perm Journal of Petroleum and Mining Engineering*, 2021, vol.21, no.1, pp.17-22. DOI: 10.15593/2712-8008/2021.1.3

Введение

Россыпи представляют собой скопления рыхлого или сцементированного обломочного материала, содержащего в виде зерен, обломков или агрегатов ценные минералы. Они образуются в результате разрушения коренных источников, главным образом эндогенных месторождений, минерализованных пород, переотложения коры выветривания и осадочных пород с повышенными концентрациями ценных минералов (таблица).

Под титан-циркониевыми россыпями понимаются полиминеральные россыпи, главными полезными компонентами которых являются минералы титана (ильменит, рутил, лейкоксен) и циркония (циркон, бадделейт), а попутными полезными компонентами могут быть редкие и редкоземельные элементы.

В настоящее время в соответствии с требованиями научно-технического прогресса сохраняется устойчивый рост производства и потребления титана, циркона, редких и редкоземельных элементов. Титан и его сплавы благодаря своим свойствам коррозионной стойкости, тугоплавкости и легкости материалов применяются в различных отраслях промышленности в машино- и приборостроении, авиастроении, военной промышленности, космической технике, в медицине и бытовой промышленности. Циркон и его сплавы применяются в ядерной энергетике, в легировании, в пиротехнике, в качестве сверхпроводников и кислотостойких конструкционных материалов, в медицине и бытовой промышленности. Редкие и редкоземельные элементы широко используются в атомной энергетике, радиоэлектронике, авиационной и ракетной технике, машинах и приборостроении.

В Казахстане множество титан-циркониевых россыпей не вовлечены в эксплуатацию в связи с отсутствием практического значения и экономической эффективности. По условиям образования они в основном представлены прибрежно-морскими и континентальными (аллювиальными, аллювиально-делювиальными, аллювиально-пролювиальными и элювиальными) россыпями. Изучение попутных редких и редкоземельных полезных компонентов в бедных титан-циркониевых россыпях позволит оценить перспективы комплексного освоения, а также укрепить их минерально-сырьевую базу.

В настоящей статье приводятся результаты обзора, анализа и оценки титан-циркониевых россыпных рудопроявлений Казахстана. Исследования проведены с целью оценки перспектив вовлечения в эксплуатацию относительно бедных по содержанию титан-циркониевых россыпей, имеющих попутную минерализацию редкими и редкоземельными элементами.

На основании приведенных данных выделены наиболее перспективные титан-циркониевые россыпи для комплексного освоения с попутными редкими и редкоземельными элементами, а также представлены рекомендации по их дальнейшему изучению [1–24].

Характеристика перспективных титан-циркониевых россыпей с попутными редкими и редкоземельными элементами

Ниже приведена краткая геологическая характеристика рудопроявлений / месторождений, имеющих потенциал экономически эффективного комплексного освоения.

Рудопроявление Кундыбай расположено в Жетыгаринском районе Костанайской области Республики Казахстан и приурочено к мезозойской коре выветривания [4, 25, 26].

Зона рудной минерализации локализуется вдоль западного эндоконтакта Шевченковского серпентинитового массива и представляет собой субмеридиональную вытянутую полосу размером 21×2 км. Зона минерализации представлена кульсонит-ильменитовыми и лейкоксен-рутиловыми рудами, слагающими вытянутые пластообразные рудные тела, при мощности от 2 до 40 м. Рудные тела залегают на глубине 5–20 м и представлены рыхлой глинисто-песчаной массой (95 %) с редкими обломками щебня размером до 10 см и количеством до 5 %.

В геологическом строении района рудопроявления участвуют (снизу вверх): кристаллические породы докембрия; хорошо сохранившиеся мезозойская кора выветривания мощностью 10–70 м с ярко выраженным каолиновым профилем; глины и суглинки палеоген-неогенового возраста мощностью 2–10 м.

Редкие земли в коре выветривания находятся в глине (каолинит и галлуазит) в ионно-сорбированной форме и образуют собственные минералы; черчит, неодим-черчит, иттриевый рабдофанит, неодим-бастнезит. Основной рудный минерал гидрофосфат иттрия – черчит (в количестве от 0,3 до 56,0 кг/м³). Сумма окисей редких земель колеблется в бедных рудах от 150 до 300 г/м³ (в среднем 2 кг). В редких землях доля Y составляет 54 %. Спектр оставшихся 46 % лантаноидов, принятый за 100 %, выглядит следующим образом: La – 6,6 %, Ce – 11,2 %, Pr – 1,2 %, Nd – 15,2 % (суммарно легкие лантаноиды составляют 34,3 %), Sm – 4,6 %, Eu – 2,0 %, Gd – 11,8 %, Tb – 2,0 %, Dy – 15,4 %, Ho – 3,6 % (сумма промежуточных редких земель – 39,0 %), Er – 12,2 %, Tm – 1,9 %, Yb – 11,3 %, Lu – 1,2 % (сумма тяжелых редких земель) – 26,7 %).

Рудопроявление Заячьё расположено в Акмолинской области Республики Казахстан (рис. 1, а) и приурочено к прибрежно-морским россыпным отложениям [25–27].

Общая площадь месторождения около 70 км². Среднее содержание ильменита 25 кг/м³, рутила и лейкоксена (в сумме) – 11,1 кг/м³, циркона – 11,9 кг/м³. Основные рудные тела заключены в тонкозернистых хорошо отмытых кварцевых песках чеганской свиты эоцена, которые перекрываются песчано-глинистыми осадками чиликтинской свиты олигоцена. Нижняя часть продуктивной пачки представлена мелкозернистыми глауконит-кварцевыми

Характеристика главных минералов титан-циркониевых россыпных месторождений с попутными ценными примесями

Наименование	Главный полезный компонент	Содержание, %	Ценные примеси в минералах	Плотность, г/см ³
Рутил	TiO ₂	88,6–98,2	Sc, Nb, Ta	4,2–4,3
Ильменит	TiO ₂	34,4–68,2	Sc, Nb, Ta, V, TR	3,7–4,8
Лейкоксен	TiO ₂	55,3–97,0	Sc, TR, Nb, Ta	3,3–4,1
Циркон	ZrO ₂	60,0–67,0	Hf, Th, Sc, Y, TR	4,5–4,7
Бадделейт	ZrO ₂	95,0–99,0	Hf, TR, Th	5,4–6,2

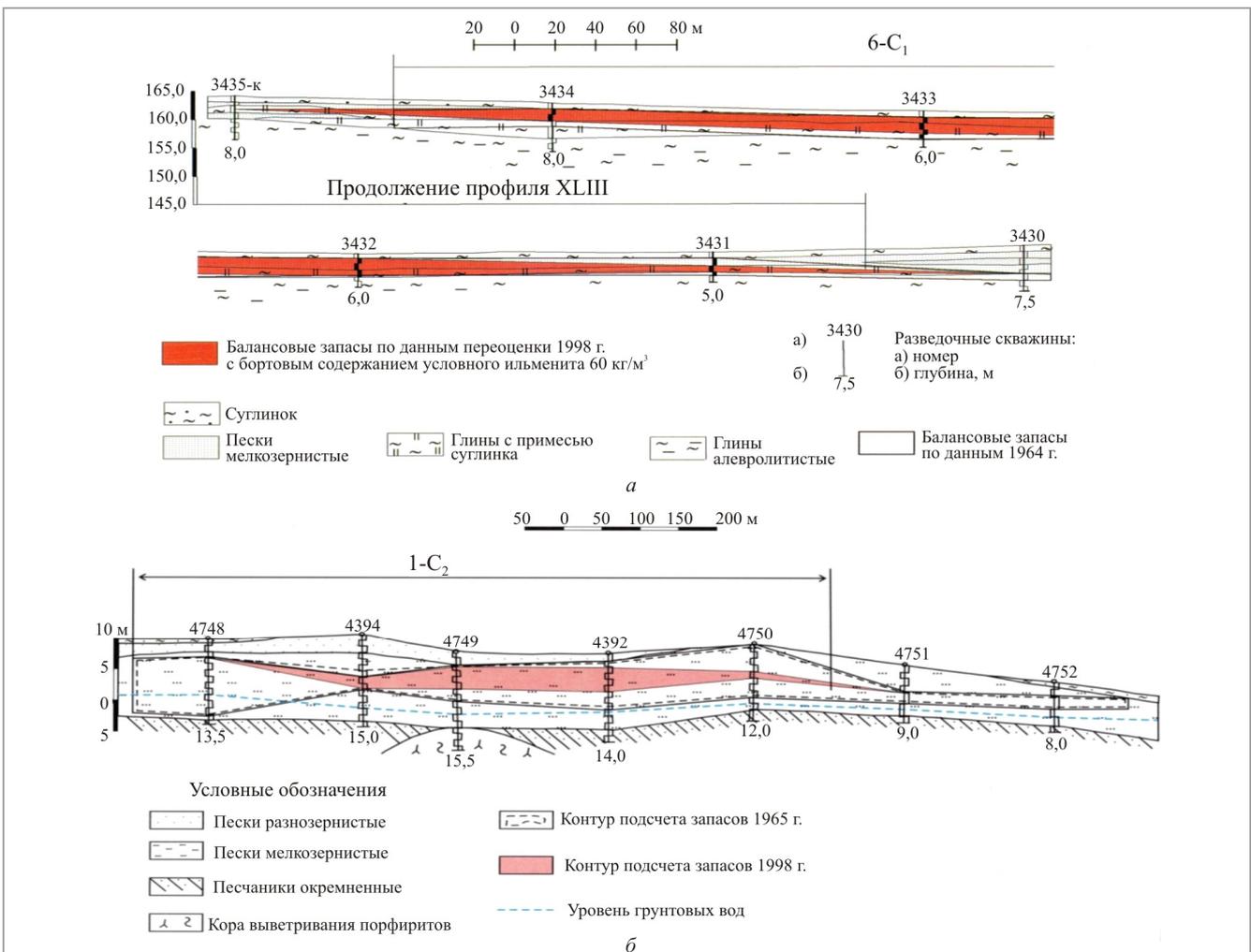


Рис. 1. Геологический разрез: а – по профилю XLIII месторождения Заячье; б – по профилю III месторождения Дружба [25]

песками с прослоями крупнозернистых песков эоцена. Палеозойский фундамент залегает на глубине 10–35 м и состоит из угленосных терригенных отложений юры.

В результате технологических исследований при гравитационном обогащении песков получен коллективный концентрат. При его доводке получены промышленные селективные концентраты в том числе : цирконовый с содержанием ZrO_2 – 54,1 %. Содержание окисей Sc и Hf в цирконе в среднем составляет 183 г/т и 1,0 % (или 1,2 %) соответственно.

Рудопроявление Дружба расположено в Павлодарской области Республики Казахстан приурочено к дружинской толще среднего–верхнего эоцена (рис. 1, б) [25–34].

На россыпи выделено четыре участка (участки А и Б, Восточный и Южный), минеральный состав ильменит-циркон-рутиловый. Среднее содержание ильменита 14,8 кг/м³, рутила и лейкоксена (в сумме) – 20,4 кг/м³, циркона – 11,4 кг/м³.

Разрез толщи начинается песчано-гравийными отложениями аллювиальной фации по реликтам древних речных долин, выработанных в кристаллических породах палеозойского фундамента. На них залегают крупнозернистые гравелитистые, в нижней части часто глинистые пески, сменяющиеся крупнозернистыми, иногда гравийными песками пляжной фации. Разрез толщи завершается титаноносными мелкозернистыми (0,25–0,063 мм) песками с небольшой (3 %) примесью неравномерно распределенного глинистого материала. Общая мощность толщи варьируется от 10 до 35 м. Продуктивные пески перекрываются лигнитовыми

полимиктовыми песчаными и гравийными отложениями олигоцена, глинами аральской свиты неогена и супесями четвертичного периода.

При технологических исследованиях методом гравитационного обогащения получен коллективный концентрат с извлечением 74,04–81,28 % TiO_2 и 93,09–95,72 % ZrO_2 . При его доводке выделены кондиционные селективные концентраты: ильменитовый с содержанием TiO_2 – 48,01–48,55 % (извлечение 15,31–17,37 %); цирконовый с содержанием ZrO_2 – 61,92–64,09 % (извлечение 84,58–84,88 %); рутил-лейкоксеновый продукт с содержанием TiO_2 – 75,8–84,7 %. Исследования по попутным компонентам не проводились.

Месторождение Караоткель расположено в Кокпектинском районе Восточно-Казахстанской области Республики Казахстан, в 10 км к западу от эксплуатируемого Сатпаевского месторождения и приурочено к речным долинам, врезанным в мезозойскую кору выветривания и аллювиальным гравийно-песчано-глинистым отложениям палеогена [25–38].

Месторождение является коровым и россыпным, но основную ценность его представляют аллювиальные россыпи палеогеновых долин. Мощность рудных тел варьируется от 4 до 7 м. Среднее содержание ильменита составляет 28 кг/м³, рутила и лейкоксена в сумме – 6,3 кг/м³, циркона – 6,2 кг/м³. Низкое среднее содержание рудных минералов компенсируется высоким качеством концентратов, в которых практически отсутствуют вредные примеси фосфора и хрома. Отрицательным фактором является высокое содержание в рудных песках глинистого материала

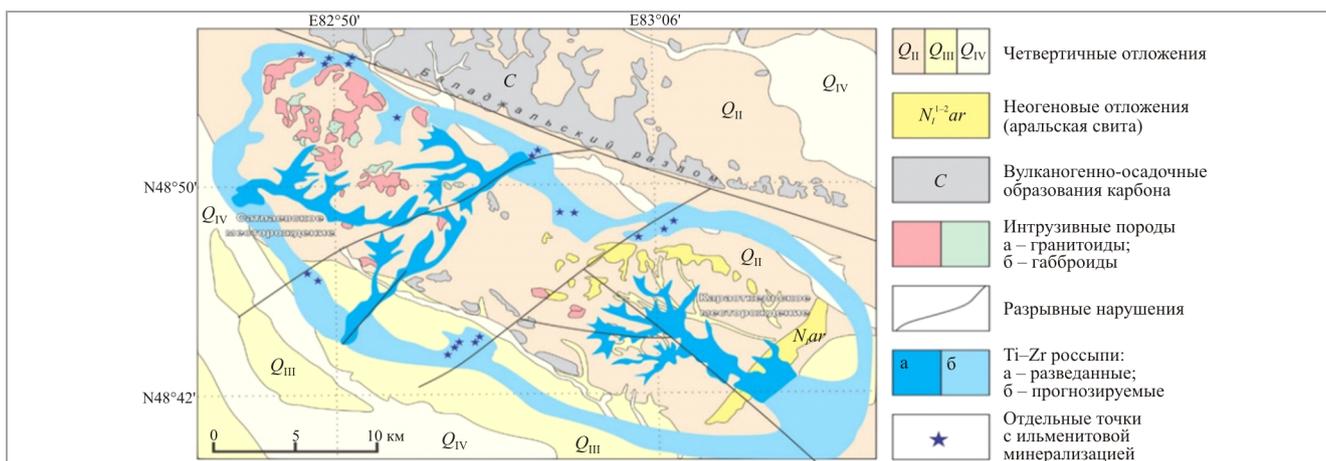


Рис. 2. Схематическая прогнозно-металлогеническая карта Караоткель-Преображенской прогнозной площади с использованием материалов [40, 43]

(50–75 %), затрудняющее применение гравитационного метода обогащения.

Район месторождения сложен породами трех разновозрастных структурных этажей [39–45]: 1) кристаллического фундамента из пород буконьской и майтубинской свит среднего–верхнего карбона и прорывающих их гранитоидных и габброидных интрузивных пород Караоткельского массива; 2) песчано-глинистых образований верхнемеловой коры выветривания по интрузивным и осадочно-метаморфическим породам палеозоя; 3) континентальных песчано-глинистых рыхлых отложений палеогена, неогена и четвертичного периодов в делювиально-пролювиальных, аллювиальных и озерных фациях.

Месторождение содержит три генетических и геолого-промышленных типа россыпных руд: 1) рудовмещающей коры выветривания по интрузивным породам; 2) рудовмещающих аллювиальных отложений северозайсанской свиты палеоцена; 3) озерных отложений в основании сарыбулакской свиты олигоцена, перекрытых красно-бурными глинами павлодарской свиты среднего миоцена.

Россыпи Караоткельского и Сатпаевского месторождений окаймляют Караоткель-Преображенскую интрузию серией долин радиального характера, в пределах которых установлено 18 точек Ti-Zr-минерализации (рис. 2).

В результате технологических исследований россыпи были получены: ильменитовый концентрат с содержанием Sc до 55 %, Y – до 40 % и Nb – до 5 %; циркониевый концентрат с содержанием Zr до 78,7 %. После доводки черновых концентратов содержание TiO₂ составило 60,53 %; извлечение до 87,7 %. После металлургического передела в титановом шлаке выявлены высокие концентрации Nb₂O₅ до 0,167 %, Sc₂O₃ – до 0,168 %, TiO₂ – до 0,104 %.

По месторождению запасы TiO₂ составляют 3 170 тыс. т, в нем Nb₂O₅ – 12,0 тыс. т (0,199 %); Ta₂O₅ – 0,57 тыс. т (0,0096 %); Sc₂O₃ – 0,27 тыс. т (0,0045 %) и V₂O₅ – 2,82 тыс. т (0,047 %); в цирконе – запасы ZrO₂ – 592,0 тыс. т

(при содержании циркона в руде 6,0 %), в нем HfO₂ – 8,5 тыс. т (0,95 %) и Y₂O₃ – 1,79 тыс. т (0,20 %).

Заключение

На рудопроявлениях Кундыбай, Заячье и Дружба рекомендуется проведение поисково-оценочных геологических исследований с целью определения экономической эффективности комплексного освоения титан-циркониевых россыпей с попутными редкими и редкоземельными полезными компонентами.

Повышенные содержания редких и редкоземельных элементов в россыпных рудах Караоткельского месторождения позволяют предположить, что месторождение может рассматриваться не только в качестве источника мономинеральных концентратов ильменита, циркона, кварца и кварцита, слюды и полевошпатового керамического сырья, но также в качестве источника редких и редкоземельных элементов (главными минералами-концентраторами в качестве изоморфной примеси могут служить минералы монацит и циркон).

Караоткель-Преображенская прогнозная площадь находится на юго-восточном фланге Преображенского интрузивного массива, где на широкой площади сноса (около 120 км²), характеризующейся разветвленной сетью долин, в палеозойском фундаменте имеются благоприятные геолого-геоморфологические условия для образования титан-циркониевых россыпей с попутными редкими и редкоземельными элементами. Прогнозная площадь рекомендуется для проведения комплексных поисковых геологических исследований с целью выявления богатых титан-циркониевых россыпей с попутными редкими и редкоземельными полезными компонентами.

В целом титан-циркониевые россыпи Казахстана с относительно бедным содержанием главных полезных компонентов, но с повышенным содержанием попутных редких и редкоземельных компонентов имеют практический потенциал при их комплексной геолого-экономической оценке.

Библиографический список

1. Андреичева Л.Н. Фации морских отложений плейстоцена на Европейском Северо-Востоке // Фундаментальные проблемы квартера: материалы V Всерос. совещ. по изучению четвертичного периода. – М.: Геос, 2007. – С. 14–17.
2. Большой Алтай «Геология и металлогения». Кн. 1: Геологическое строение / Г.Н. Шерба [и др.]. – Алматы: НИЦ «Гылым», 1998. – 304 с.
3. Большой Алтай «Геология и металлогения». Кн. 2: Металлогения / Г.Н. Шерба [и др.]. – Алматы: НИЦ «Гылым»; РИО ВАК РК, 2000. – 387 с.
4. Большой Алтай (геология и металлогения). Кн. 3: Нерудные ископаемые / Е.М. Сапаралиев, М.М. Кравченко, Б.А. Дьячков [и др.]. – Алматы: НИЦ «Гылым», 2003. – 304 с.
5. Буртман В.С. Геодинамика Тибета, Тарима и Тянь-Шаня в позднем кайнозое // Геотектоника. – 2012. – № 3. – С. 18–46.
6. Палеоимнология Зайана / Б.Г. Венус [и др.]. – Л.: Наука, 1980. – 184 с.
7. Войцкич Э.А., Кутырло В.Э. Поиски и разведка месторождений полезных ископаемых. – Минск: Белорусский государственный университет, 2006. – 441 с.
8. Головенко В.К. Высокоглиноземистые формации докембрия. – Л.: Недра, 1977. – 268 с.
9. Зоненшайн Л.П., Кузьмин М.И., Моралев В.М. Глобальная тектоника, магматизм и металлогения. – М.: Недра, 1976. – 232 с.

10. Калюжный В.А. Геология новых россыпнеобразующих формаций. – М.: Наука, 1982. – 263 с.
11. Коробова Н.И. Ильменитсодержащие метаморфические сланцы Таймыра // Докл. АН СССР. – 1965. – Т. 162, № 1. – С. 183–185.
12. Коробова Н.И. Титанистые парасланцы и их возможное значение для корреляции докембрия // Корреляция докембрия. – М.: Наука, 1977. – Т. 1. – С. 214–216.
13. Кочетков О.С. Аццессорные минералы в древних толщах Тимана и Канина. – Л.: Наука, 1967. – 200 с.
14. Малышев И.И. Основные генетические типы месторождений титановых руд и промышленная их ценность // Разведка и охрана недр. – 1955. – № 1. – С. 5–14.
15. Малышев И.И. Закономерности образования и размещения месторождений титановых руд. – М.: Госгеолгиздат, 1957. – 272 с.
16. Махлаев Л.В. О природе лейкоксена в Ярегском нефтетитановом месторождении (в связи с оценкой перспектив других палеороссыпей Притиманья) // Литосфера. – 2008. – № 5. – С. 117–121.
17. Махлаев Л.В., Коробова Н.И. Генетические гранитоидные ряды докембрия Таймыра (метаморфизм, ультраметаморфизм, гранитообразование). – Красноярск: Красн. кн. изд-во, 1972. – 158 с.
18. Махлаев Л.В., Коробова Н.И. Об источнике ильменита в россыпных месторождениях // Геология и геофизика. – 1972. – № 11. – С. 41–50.
19. Мелентьев Г.Б., Козлова С.И., Лоскутова Л.М. Изучить распределение редких элементов-примесей в рудных концентратах и продуктах их передела с м-нии Караоткель с составлением балансов и оценкой перспектив промышленного использования // Росгеолфонд. ИМИРЭ. – М., 1987. – 224 с.
20. Методические рекомендации по применению Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых. Россыпные месторождения / ФГУ ГКЗ. – М., 2007. – 66 с.
21. Месторождения редких металлов и редких земель Казахстана: справочник / под ред. Т.М. Лаумулин, Ф.Г. Губайдулин, В.И. Шептура, С.А. Акылбеков, А.Б. Дарбадаев, Б.А. Баймуллин, Н.Я. Гуляева, Б.А. Дьячков, Н.Л. Раденко. – 2-е изд. – Алматы, 2015. – 226 с.
22. Минералогия и геохимия россыпей / Рос. акад. наук, Ин-т геологии руд. месторождений, петрографии, минералогии и геохимии; отв. ред. Н.А. Шило, Н.Г. Патык-Кара. – М.: Наука, 1992. – 243 с.
23. Муратшин Х.Х., Бородастова Л.А. Отчет о поисково-оценочных работах на Караоткельском циркон-ильменит-полевошпатовом м-нии, проведенных в 1980–1982 гг., по сост. на 01.12.1982 г. Востказгеология. – Усть-Каменогорск, 1982. – 225 с.
24. Оловянишников В. Г. Верхний докембрий Тимана и полуострова Канин. – Екатеринбург: УрО РАН, 1998. – 163 с.
25. Минерально-сырьевая база титановой промышленности Казахстана и моделирование состояния отрасли на период до 2030 года / С.А. Акылбеков, Р.Т. Азелгареева, А.Л. Киселев [и др.]. – Алматы: Типография «Комплекс», 1999. – 94 с.
26. Месторождения редких металлов и редких земель Казахстана: справочник, второе издание / Б.К. Нурабаев, А.А. Надырбаев, М.К. Тулегинов, Ж.Б. Тансыкбаев // Издание РПТ ПХВ «Информационно-аналитический центр геологии и минеральных ресурсов РК» по заданию ГУ «Комитет геологии и недропользования». – Алматы, 2015. – 226 с.
27. Месторождения титана Казахстана: справочник, второе издание / А.А. Абдулина, Э.С. Воцалевский, Л.А. Мирошниченко, С.Ж. Даукеева // Издание РПТ ПХВ «Информационно-аналитический центр геологии и минеральных ресурсов РК» по заданию ГУ «Комитет геологии и недропользования». – Алматы, 2014. – 153 с.
28. Титано-циркониевые месторождения России и перспективы их освоения: мат-лы Всерос. совещ. – М.: ИГЕМ РАН, 2006. – 94 с.
29. Ермолаев П.В. ТЭО постоянных кондиций на руды Караоткельского циркон-ильменит-полевошпатового месторождения, выполненное ПГО «Востказгеология» в 1990 г. – 1990. – 871 с.
30. Перспективы укрепления и развития сырьевой базы титанового производства в Восточном Казахстане / М.М. Кравченко, Б.А. Дьячков, Е.С. Суйекпаев, Е.М. Сапаргалиев, А.Ж. Азелханов, Т.А. Ойцева // Вестник Пермского университета. – 2016. – № 1. – С. 78–86. DOI: 10.17072/psu.geol.30.78
31. Перспективы укрепления минерально-сырьевой базы титанового производства в Восточном Казахстане / М.М. Кравченко, Е.С. Суйекпаев, Е.М. Сапаргалиев, Б.А. Дьячков, А.Ж. Азелханов // Материалы междунар. совещания по геологии россыпей и месторождений кор выветривания (24–28 августа 2015 г.) / Пермский государственный национальный исследовательский университет. – Пермь, 2015. – С. 113–114.
32. Протокол № 2458-к, заседания ГКЗ от 01.02.1991 г. по рассмотрению проекта постоянных кондиций для подсчета запасов песков Караоткельского циркон-ильменит-полевошпатового месторождения в Семипалатинской и Восточно-Казахстанской областях Казахстана, представленного ГлавГГУ. – Алматы: Казгеология, 1991. – 81 с.
33. Караоткельская россыпь (циркон, ильменит, полевой шпат) в Восточно-Казахстанской и Семипалатинской областях: отчет о результатах детальной разведки с подсчетом запасов на 30.09.1991 г. Алтайская ГФФЭ, Опытное Поле / Н.М. Пахаруков, М.С. Козлов, В.Ш. Рябченко [и др.]. – 1991. – 3334 с.
34. Протокол № 43 заседания ГКЗ от 29.05.1992 г. по рассмотрению материалов подсчета запасов Караоткельского титан-циркониевого м-ния Республики Казахстан, по сост. на 30.09.1991 г. – 1992. – 125 с.
35. Патык-Кара Н.Г. Месторождения ископаемых титано-циркониевых россыпей (россыпей тяжелых металлов) // Титано-циркониевые месторождения России и перспективы их освоения: материалы Всерос. совещ. – М.: ИГЕМ РАН, 2006. – С. 71–75.
36. Россыпи и месторождения кор выветривания: изучение, освоение, экология: материалы XV Междунар. совещания по геологии россыпей и месторождений кор выветривания (г. Пермь, ПГНИУ, 24–28 августа 2015 г.) / Перм. гос. нац. исслед. ун-т. – Пермь, 2015. – 270 с.
37. Ti-Zr россыпи и коры выветривания Восточного Казахстана / Е.С. Суйекпаев, М.М. Кравченко, Е.М. Сапаргалиев, А.Ж. Азелханов // Материалы международной научно-технической конференции, посвященной 60-летию образования ВКГУ им. Д. Серикбаева «Роль университетов в создании инновационной экономики». – Усть-Каменогорск: Изд-во ВКГУ им. Д. Серикбаева, 2018. – С. 300–306.
38. Суйекпаев Е.С., Кравченко М.М., Сапаргалиев Е.М. Прогнозная оценка россыпей титана Восточного Казахстана // Международная конференция по проблемам геологии и освоения недр: труды XXII Международного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых ученых, посвященного 155-летию со дня рождения академика В.А. Обручева, 135-летию со дня рождения академика М.А. Усова, основателей Сибирской горно-геологической школы, и 110-летию первого выпуска горных инженеров в Сибири. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2018. – Т. 1. – С. 193–194.
39. Поисковые направления по выявлению титанциркониевых россыпей озерного происхождения на территории Восточного Казахстана / Е.С. Суйекпаев, Е.М. Сапаргалиев, М.М. Кравченко, А.Ж. Азелханов // Вестник Восточно-Казахстанского государственного технического университета им. Д. Серикбаева. – 2018. – № 4. – С. 45–51.
40. Фролов Н.И. Отчет о результатах геолого-поисковых работ на ильменитовый тип в районе Саптаевского месторождения в Восточном Казахстане (участки Восточный, Бектемир) за 2002 г. / ТОО «Геоцентр». – Усть-Каменогорск, 2003. – С. 94.
41. Ti-Zr placers and weathering crusts of the Karoatkel and Satpaev Deposits, Kazakhstan. England. Mineral Deposits Studies / Y. Suikepayev, Y. Sapargaliyev, M. Kravchenko, A. Dolgoplova, R. Seltmann, A. Azelhanov // Group AGM 2017–18 Sallis Benney Lecture Theatre, Grand Parade, University of Brighton 3rd to 5th January. – 2018.
42. Mineralogical and geochemical features of Satpaev Ti-Zr placer deposit, East Kazakhstan / Y. Suikepayev, Y. Sapargaliyev, G. Bekenova, M. Kravchenko, A. Dolgoplova, R. Seltmann // News of the Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of Geology and Technical Sciences. – 2019. – Vol. 1 (433). – P. 6–22. DOI: 10.32014/2019.2518-170X.1
43. Predictive estimate of Ti-Zr placer deposits in mesozoic and cenozoic sediments at nw margins of the Zaysan basin, East Kazakhstan / Y. Suikepayev, Y. Sapargaliyev, A. Dolgoplova, R. Seltmann, A. Raspopov, G. Bekenova // News of the Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of Geology and Technical Sciences. – 2019. – Vol. 2 (434). – P. 6–14. DOI: 10.32014/2019.2518-170X.2
44. Ti-Zr placers and weathering crusts of the Karoatkel and Satpaev deposits, Kazakhstan [Электронный ресурс] / Y. Suikepayev, Y. Sapargaliyev, M. Kravchenko, A. Dolgoplova, R. Seltmann, A. Azelhanov // Applied Earth Science. Transactions of the Institutions of Mining and Metallurgy. – 2019. – P. 2572-6846. – URL: <https://www.tandfonline.com/loi/yaes21>. <https://doi.org/10.1080/25726838.2019.1607203> (дата обращения: 15.08.2020).
45. Морфоструктура южной части Зайсанской впадины и ее горного обрамления. – 2020 / Я.И. Трихунков, С.А. Буланов, Д.М. Бачманов, Е.В. Сырмаятникова, А.В. Латышев, Е.М. Сапаргалиев, М.М. Кравченко, А.Ж. Азелханов // Геоморфология. – 2020. – № 2. – С. 85–101. DOI: 10.31857/S043542812002008X

References

1. Andreicheva L.N. Fatsii morskikh otlozhenii pleistotsena na Evropeiskom Severo-Vostoke [Facies of Pleistocene marine sediments in the European Northeast]. *Fundamentalnye problemy kvartera. Materialy V Vserossiiskogo soveshchaniia po izucheniuiu chetvertichnogo perioda*. Moscow: Geos, 2007, pp. 14-17.
2. Shcherba G.N. et al. Bol'shoi Altai "Geologiiia i metallogeniia". Kniga 1. Geologicheskoe stroenie [Big Altai "Geology and Metallogeny". Book 1. Geological structure]. *Almaty: NITs "Gylm", 1998, 304 p.*
3. Shcherba G.N. et al. Bol'shoi Altai "Geologiiia i metallogeniia". Kniga 2. Metallogeniia [Big Altai "Geology and Metallogeny". Book 2. Metallogeny]. *Almaty: NITs "Gylm", Almaty RIO VAK RK, 2000, 387 p.*
4. Sapargaliyev E.M., Kravchenko M.M., D'iachkov B.A. et al. Bol'shoi Altai (geologiiia i metallogeniia). Kniga 3. Nerudnye iskopaemye [Big Altai (geology and metallogeny). Book 3. Non-metallic minerals]. *Almaty: NITs "Gylm", 2003, 304 p.*
5. Burtman V.S. Geodinamika Tibeta, Tarima i Tian'-Shania v pozdnem kainozoe [Geodynamics of Tibet, Tarim, and the Tien Shan in the Late Cenozoic]. *Geotektonika*, 2012, no. 3, pp. 18-46.
6. Venus B.G. et al. Paleolimnologia Zaiana [Zayan paleolimnology]. Leningrad: Nauka, 1980, 184 p.
7. Vyotskii E.A., Kutyrlo V.E. Poiski i razvedka mestorozhdenii poleznykh iskopaemykh: kurs lektsii [Search and exploration of mineral deposits. Lecture course]. *Belorusskij Gosudarstvennyi Universitet, Minsk, 2006, 441 p.*
8. Golovenok V.K. Vysokogilozemistye formatsii dokembriia [High-alumina Precambrian formations]. Leningrad: Nedra, 1977, 268 p.
9. Zonenshain L.P., Kuz'min M.I., Moralev V.M. Globalnaia tektonika, magmatizm i metallogeniia [Global tectonics, magmatism and metallogeny]. Moscow: Nedra, 1976, 232 p.
10. Kaluzhnyi V.A. Geologiiia novykh rossypneobrazuiushchikh formatsii [Geology of new placer-forming formations]. Moscow: Nauka, 1982, 263.
11. Korobova N.I. Il'menitsozderzhashchie metamorficheskie slantsy Taimyrya [Ilmenite-bearing metamorphic shales of Taimyr]. *Doklady Akademii nauk SSSR*, 1965, vol. 162, no. 1, pp. 183-185.
12. Korobova N.I. Titanistyie paraslantsy i ikh vozmozhnoe znachenie dlia korreliatsii dokembriia [Titanic Paraschists and Their Possible Significance for the Precambrian Correlation]. *Korreliatsiia dokembriia*. Moscow: Nauka, 1977, vol. 1, pp. 214-216.
13. Kochetkov O.S. Aktsessornye mineraly v drevnikh tolshchakh Timana i Kanina [Accessory minerals in the ancient strata of Timan and Kanin]. Leningrad: Nauka, 1967, 200 p.
14. Malyshev I.I. Osnovnye geneticheskie tipy mestorozhdenii titanovykh rud i promyshlennaia ikh tsennost' [Main genetic types of titanium ore deposits and their industrial value]. *Razvedka i okhrana neдр*, 1955, no. 1, pp. 5-14.
15. Malyshev I.I. Zakonomernosti obrazovaniia i razmeshcheniia mestorozhdenii titanovykh rud [Regularities of the formation and placement of titanium ore deposits]. Moscow: Gosgeolizdat, 1957, 272 p.
16. Makhlaev L.V. O prirode leukoksena v Iaregskom nefitetitanovom mestorozhdenii (v sviazi s otsenoiu perspektiv drugikh paleorossypiei Pritimania) [On the nature of leucosene in the Yarega oil-titanium field (in connection with the assessment of the prospects for other paleo placer deposits in the Pritiman region)]. *Litosfera*, 2008, no. 5, pp. 117-121.
17. Makhlaev L.V., Korobova N.I. Geneticheskie granitoidnye riady dokembriia Taimyrya (metamorfizm, ultrametamorfizm, granitooobrazovanie) [Genetic granitoid series of the Precambrian of Taimyr (metamorphism, ultrametamorphism, granite formation)]. *Krasnoiar'sk: Krasnoiar'skoe knizhnoe izdatel'stvo*, 1972, 158 p.

18. Makhlaev L.V., Korobova N.I. Ob istochnike il'menita v rossypanykh mestorozhdeniiakh [About the source of ilmenite in placer deposits]. *Geologiya i geofizika*, 1972, no. 11, pp. 41-50.
19. Melent'ev G.B., Kozlova S.I., Loskutova L.M. Izuchit' raspredelenie redkikh elementov-primesei v rudnykh koncentratkakh i produktakh ikh peredela s mestorozhdeniia Karaoitel' s sostavleniem balansov i otsenki perspektiv promyshlennogo ispol'zovaniia [To study the distribution of trace elements-impurities in ore concentrates and products of their processing from the Karaoitel' deposit with the compilation of balances and an assessment of the prospects for industrial use]. Moscow: Rosgeol'fond. IMGRE, 1987, 224 p.
20. Metodicheskie rekomendatsii po primeneniui Klassifikatsii zapasov mestorozhdenii i prognozykh resursov tverdykh poleznykh iskopaemykh. Rossypanye mestorozhdeniia [Methodological recommendations for the application of the Classification of reserves of deposits and predicted resources of solid minerals. Placer deposits]. Moscow. Federal'noe gosudarstvennoe uchrezhdenie "Gosudarstvennaia komissiiia po zapasam poleznykh iskopaemykh", 2007, 66 p.
21. Mestorozhdeniia redkikh metallov i redkikh zemel' Kazakhstana: spravochnik [Deposits of rare metals and rare earths in Kazakhstan: a reference book]. 2nd ed. Eds. T.M. Laumulin, F.G. Gubaidulin, V.I. Sheptura, S.A. Akylbekov, A.B. Darbaev, B.A. Baimuldin, N.Ia. Guliaeva, B.A. Diachkov, N.L. Radenko. Almaty, 2015, 226 p.
22. Mineralogiia i geokhimiia rossypei [Mineralogy and geochemistry of placers]. Eds. N.A. Shilo, N.G. Patyk-Kara. Moscow: Nauka, 1992, 243 p.
23. Muratshin Kh.Kh., Borodastova L.A. Otchet o poiskovo-otsennoykh rabotakh na Karaoitel'skom tsirkon-il'menit-polevoshpatovom mestorozhdenii, provedennykh v 1980-82 gg., po sostoiianiiu na 01.12.1982 goda Vostkazgeologiiia [Report on prospecting and appraisal works at the Karaoitelsky zircon-ilmenite-feldspar deposit, carried out in 1980-82, as of 01.12.1982 Vostkazgeologiia]. Ust'-Kamenogorsk, 1982, 225 p.
24. Olovianishnikov V.G. Verkhniy dokembrii Timana i poluostrova Kanin [Upper Precambrian Timan and Kanin Peninsula]. Yekaterinburg: Ural'skoe otdelenie Rossiiskoi akademii nauk, 1998, 163 p.
25. Akylbekov S.A., Azelgareeva R.T., Kiselev A.L. et al. Mineral'no-syr'evaiia baza titanovoi promyshlennosti Kazakhstana i modelirovanie sostoiianiiia otrasli na period do 2030 goda [Mineral resource base of the titanium industry in Kazakhstan and modeling the state of the industry for the period up to 2030]. Almaty: Tipografiia "Kompleks", 1999, 94 p.
26. Nurabaev B.K., Nadyrbaev A.A., Tulegenov M.K., Tansybaev Zh.B. Mestorozhdeniia redkikh metallov i redkikh zemel' Kazakhstana: spravochnik, vtoree izdanie [Deposits of rare metals and rare earths in Kazakhstan: reference book, second edition]. Almaty, Izdanie RGP PKhV "Informatsionno-analiticheskii tsentr geologii i mineral'nykh resursov RK" po zadaniui GU "Komitet geologii i nedropol'zovaniia", 2015, 226 p.
27. Abdulina A.A., Votsalevskii E.S., Miroshnichenko L.A., Daukeeva S.Zh. Mestorozhdeniia titana Kazakhstana: spravochnik, vtoree izdanie [Titanium Deposits in Kazakhstan: Handbook, Second Edition]. Almaty: Izdanie RGP PKhV "Informatsionno-analiticheskii tsentr geologii i mineral'nykh resursov RK" po zadaniui GU "Komitet geologii i nedropol'zovaniia", 2014, 153 p.
28. Titano-tsirkonievye mestorozhdeniia Rossii i perspektivy ikh osvoeniia: materialy Vserossiiskogo soveshchaniia [Titanium-zirconium deposits in Russia and prospects for their development: materials of the All-Russian meeting]. Moscow: Institut geologii rudnykh mestorozhdenii, petrografii, mineralogii i geokhimiia Rossiiskoi akademii nauk, 2006, 94 p.
29. Ermolaev P.V. TEO postoiannykh konditsii na rudy Karaoitel'skogo tsirkon-il'menit-polevoshpatovogo mestorozhdeniia, vypolnennoe PGO «Vostkaz-geologiiia» v 1990 g. [Feasibility study of permanent conditions for the ores of the Karaoitel' zircon-ilmenite-feldspar deposit, performed by Vostkaz-Geologiia PGO in 1990]. Respublika Kazakhstan, 1990, 871 p.
30. Kravchenko M.M., D'iachkov B.A., Suiekpaev E.S., Sapargaliyev E.M., Azel'khanov A.Zh., Oitseva T.A. Perspektivy ukrepleniia i razvitiia syr'evoi bazy titanovogo proizvodstva v Vostochnom Kazakhstane [Prospects of strengthening and development of the titanium production resource base in Eastern Kazakhstan]. *Vestnik Permskogo universiteta. Geologiya*, 2016, no. 1, pp. 7-86. DOI: 10.17072/psu.geol.30.78
31. Kravchenko M.M., Suiekpaev E.S., Sapargaliyev E.M., D'iachkov B.A., Azel'khanov A.Zh. Perspektivy ukrepleniia mineral'no-syr'evoi bazy titanovogo proizvodstva v Vostochnom Kazakhstane [Prospects of strengthening and development of the titanium production resource base in Eastern Kazakhstan]. *Materialy mezhdunarodnogo soveshchaniia po geologii rossypei i mestorozhdenii kor vyvetriviianiia*, 24-28 August 2015. Perm': Permskii gosudarstvennyi natsional'nyi issledovatel'skii universitet, 2015, pp. 113-114.
32. Protokol № 2458-k, zasedaniia GKZ ot 01.02.1991 g. po rassmotreniiu proekta postoiannykh konditsii dlia podscheta zapasov peskov Karaoitel'skogo tsirkon-il'menit-polevoshpatovogo mestorozhdeniia v Semipalatinskoi i Vostochno-Kazakhstanskoi oblastiakh Kazakhstana, predstavlennoe GlavKGU [The protocol number 2458-to, SRC meeting on 01.02.1991, the review of the project of constant conditions for the sands reserves calculation of the zircon, ilmenite, feldspar Karaoitelskoye deposit in Semipalatinsk and East Kazakhstan regions of Kazakhstan, represented by GlavKGU]. Almaty: Kazgeologiya, 1991, 81 p.
33. Pakharukov N.M., Kozlov M.S., Riabchenko V.Sh. et al. Karaoitel'skaia rossyp' (tsirkon, il'menit, polevoi shpat) v Vostochno-Kazakhstanskoi i Semipalatinskoi oblastiakh: otchet o rezul'tatakh detal'noi razvedki s podsetom zapasov na 30.09.1991 g. [Karaoitel' placer (zircon, ilmenite, feldspar) in the East Kazakhstan and Semipalatinsk regions: a report on the results of detailed exploration with an estimate of reserves as of 30.09.1991]. Altaiskaia GGFE, Opyt'noe Pole, 1991, 3334 p.
34. Protokol № 43 zasedaniia GKZ ot 29.05.1992 g. po rassmotreniiu materialov podscheta zapasov Karaoitel'skogo titan-tsirkonievogo mestorozhdeniia Respubliki Kazakhstan, po sost. na 30.09.1991 g. [Karaoitel' placer (zircon, ilmenite, feldspar) in the East Kazakhstan and Semipalatinsk regions: a report on the results of detailed exploration with an estimate of reserves as of 30.09.1991]. Respublika Kazakhstan, 1992, 125 p.
35. Patyk-Kara N.G. Mestorozhdeniia iskopaemykh titano-tsirkonievyykh rossypei (rossypei tiazhelykh metallov) [Deposits of fossil titanium-zirconium placers (placers of heavy metals)]. *Titano-tsirkonievye mestorozhdeniia Rossii i perspektivy ikh osvoeniia. Materialy Vserossiiskogo soveshchaniia*. Moscow: Institut geologii rudnykh mestorozhdenii, petrografii, mineralogii i geokhimiia Rossiiskoi akademii nauk, 2006, pp. 71-75.
36. Lunev B.S., Naumov V.A., Naumova O.B., Osoveckij B.M. Rossypi i mestorozhdeniia kor vyvetriviianiia: izuchenie, osvoenie, ekologiia [Placers and Deposits of Weathering Crusts: Study, Development, and Ecology]. *Materialy XV Mezhdunarodnogo soveshchaniia po geologii rossypei i mestorozhdenii kor vyvetriviianiia (24-28 August 2015)*. Perm': Permskii gosudarstvennyi natsional'nyi issledovatel'skii universitet, 2015, 270 p. DOI: 10.17072/psu.geol.28.97
37. Suiekpaev E.S., Kravchenko M.M., Sapargaliyev E.M., Azel'khanov A.Zh. Ti-Zr rossypi i kory vyvetriviianiia Vostochnogo Kazakhstana [Ti-Zr placers and weathering crust of East Kazakhstan]. *Materialy mezhdunarodnoi nauchno-tekhnikheskoi konferentsii, posviashchennoi 60-letiiu obrazovaniia Vostochno-Kazakhstanskogo tekhnicheskogo universiteta imeni D. Serikbaeva. "Rol' universitetov v sozdaniu innovatsionnoi ekonomiki"*. Ust'-Kamenogorsk: Vostochno-Kazakhstanskii tekhnicheskii universitet imeni D. Serikbaeva, 2018, pp. 300-306.
38. Suiekpaev E.S., Kravchenko M.M., Sapargaliyev E.M. Prognoznaia otsenka rossypei titana Vostochnogo Kazakhstana [Predictive assessment of titanium placers in East Kazakhstan]. *Mezhdunarodnaia konferentsiia po problemam geologii i osvoeniia nedr. Trudy XXII Mezhdunarodnogo simpoziuma imeni akademika M.A. Usova studentov i molodykh uchenyykh, posviashchennogo 155-letiiu so dnia rozhdeniia akademika V.A. Obruchevea, 135-letiiu so dnia rozhdeniia akademika M.A. Usova, osnovatelei Sibirskoi gorno-geologicheskoi shkoly, i 110-letiiu pervogo vypuska gornyykh inzhenerov v Sibiri*. Tomsk: Tomskii politekhnicheskii universitet, 2018, vol. 1, pp. 193-194.
39. Suiekpaev E.S., Sapargaliyev E.M., Kravchenko M.M., Azel'khanov A.Zh. Poiskovye napravleniia kor vyvlieniui titantsirkonievyykh rossypei ozernogo proiskhozhdeniia na territorii Vostochnogo Kazakhstana [Search directions for the identification of titanium-zirconium placers of lacustrine origin in the territory of Eastern Kazakhstan]. *Vestnik Vostochno-Kazakhstanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta imeni D. Serikbaeva*, 2018, no. 4, pp. 45-51.
40. Prolov N.I. Otchet o rezul'tatakh geologo-poiskovykh rabot na il'menitovyi tip v raione Satpayevskogo mestorozhdeniia v Vostochnom Kazakhstane (uchastki Vostochnyi, Bektemir) za 2002 god [Report on the results of geological prospecting for the ilmenite type in the area of the Satpayevskoye field in East Kazakhstan (Vostochny and Bektemir blocks) for 2002]. Ust'-Kamenogorsk: TOO "Geointentr", 2003, 94 p.
41. Suiekpayev Y., Sapargaliyev Y., Kravchenko M., Dolgopolova A., Seltmann R., Azel'khanov A. Ti-Zr placers and weathering crusts of the Karaoitel' and Satpaev deposits, Kazakhstan. England. Mineral Deposits Studies. *Group AGM 2017-18 Sallis Benney Lecture Theatre, Grand Parade, University of Brighton 3rd to 5th January*, 2018.
42. Suiekpayev Y., Sapargaliyev Y., Bekenova G., Kravchenko M., Dolgopolova A., Seltmann R. Mineralogical and geochemical features of Satpaev Ti-Zr placer deposit, East Kazakhstan. *News of the Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of Geology and Technical Sciences*, 2019, vol. 1 (433), pp. 6-22. DOI: 10.32014/2019.2518-170X.1
43. Suiekpayev Y., Sapargaliyev Y., Dolgopolova A., Seltmann R., Raspopov A., Bekenova G. Predictive estimate of Ti-Zr placer deposits in mesozoic and cenozoic sediments at nw margins of the Zaysan basin, East Kazakhstan. *News of the Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of Geology and Technical Sciences*, 2019, vol. 2 (434), pp. 6-14. DOI: 10.32014/2019.2518-170X.32
44. Suiekpayev Y., Sapargaliyev Y., Kravchenko M., Dolgopolova A., Seltmann R., Azel'khanov A. Ti-Zr placers and weathering crusts of the Karaoitel' and Satpaev deposits, Kazakhstan. *Applied Earth Science. Transactions of the Institutions of Mining and Metallurgy*, 2019, pp. 2572-6846, available at: <https://www.tandfonline.com/loi/yaes21>. <https://doi.org/10.1080/25726838.2019.1607203> (accessed 15 August 2020).
45. Trikhunkov Ia.I., Bulanov S.A., Bachmanov D.M., Syromiatnikova E.V., Latyshev A.V., Sapargaliyev E.M., Kravchenko M.M., Azel'khanov A.Zh. Morfostruktura iuzhnoi chasti Zaisanskoi vpadiny i ee gornogo obramleniia [The Morphostructure of the Southern Part of the Zaisan Basin and its Mountain Surroundings]. *GEOMORFOLOGIia*, 2020, no. 2, pp. 85-101. DOI: 10.31857/S043542812002008X