ISSN 2712-8008
Volume / Том 21 №1 2021
Journal Homepage: http://vestnik.pstu.ru/geo/

Perm Journal of Petroleum and Mining Engineering

UDC 55.553.041(574)
Review / Обзор

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)

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)

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

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 of 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 of 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 their integrated development.

Ключевые слова:
титан, цирконий, редкоземельные элементы, россыпи, коры выветривания, ильменит, рудопроявления, 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 рудопроявления, 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; рудопроявления 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.

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: azelhanovag@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).

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: azelhanovag@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 Серикканович – 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).

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

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

Introduction

Placers are clusters of loose or coherent fragmented material that bears valuable minerals in the form of grains, debris or aggregates. They evolve as a result of denudation of bedrocks, mainly endogenous deposits, mineralized rock, redeposits of weathering crusts and sedimentary formations with elevated concentrations of valuable minerals (Table).

Titanium-zirconium placers are polymineral placers with the main useful components of titanium (ilmenite, rutile, leucoxene) and zirconium (zircon, baddeleyite), with associated useful components that may be represented by rare and rare earth elements.

The demands of today's scientific and technological progress imply sustainable growth in production and consumption of titanium, zirconium, rare and rare earth elements. Thanks to their properties of being corrosion-resistant, heat-proof and light, titanium and its alloys are used in various industrial branches such as machine engineering, instrument manufacturing, aircraft and military industry, space technology, medicine, and household appliance industry. Zircon and its alloys are applied in nuclear energy sector, doping, pyrotechnics, as superconductors and acid-resistant construction materials, in medicine and household appliance industry. Rare and rare earth elements are widely used in atomic power engineering, radioelectronics, aircraft and rocket engineering, machine and instrument building.

In Kazakhstan, numerous titanium-zirconium placers are not exploited due to the absence of their practical significance and economic feasibility. In terms of their formation conditions, they are mainly represented by coastal and continental (alluvial, alluvial-deluvial, alluvial-proluvial and eluvial) placers. The study of associated rare and rare earth useful components in poor titanium-zirconium placers will enable estimation of the prospects of their complex exploitation and strengthen their mineral resource base.

This article presents the results of a review, analysis and assessment of the titanium-zirconium ore occurrences of Kazakhstan. The research was conducted for the purpose of estimating the prospects of expanding exploitation to placers relatively poor in titanium and zirconium with associated mineralization of rare and rare earth elements.

Based on the quoted findings, we distinguished the most feasible titanium-zirconium placers for complex exploitation with associated rare and rare earth elements, and presented recommendations for their further study [1–24].

Description of proMising Titanium-Zirconium Placers with Associated Rare and Rare Earth Elements

Below is a brief geological description of ore occurrences / deposits with a potential of economically feasible complex exploitation.

The Kundybay ore occurrence is located in the Zhetygarinsky district of the Kostanayskaya region in the Republic of Kazakhstan and is characterized as Mesozoic weathering crust [4, 25, 26].

The ore mineralized zone spans along the west endocontact of the Shevchenkovsky serpentine rock mass and is basically a near N-S extended band of 21×2 km. The mineralized zone is represented by coulsonite-ilmenite and leucoxene-rutile ores that form the elongated stratified ore bodies with the thickness of 2 to 40 m. Ore bodies are deposited at the depth of 5–20 m and represented by loose argillo-arenaceous mass (95 %) with rare rock debris up to 10 cm in size and up to 5 % in content.

The geological structure around the ore occurrence comprises (bottom up) the following: pre-Cambrian crystalline rock; well preserved Mesozoic weathering crust 10–70 m thick with pronounced kaolin profile; Paleogene-Neogene clays and loam soils 2–10 m thick.

Rare earth elements in the weathering crust are embedded in clay (kaolinite and halloysite) in the ion-occluded form and make their own minerals; churchite, neodymium-churchite, yttric rhabdophanite, neodymium-bastnasite. The main ore-bearing mineral is yttrium hydrophosphate, churchite (with the content from 0.3 to 56.0 kg/m^3). The total of rare earth oxides in lean ores ranges from 150 to 300 g/m^3 (on average 2 kg). In rare earth elements Y equals 54 %. The spectrum of the remaining 46 % of lanthanoids taken as 100 % can be expressed the following way: La – 6.6 %, Ce – 11.2 %, Pr – 1.2 %, Nd – 15.2 % (the total of light lanthanoids makes for 34.3 %), Sm – 4.6 %, Eu – 2.0 %, Gd – 11.8 %, Tb – 2.0 %, Dy – 15.4 %, Ho – 3.6 % (the total of transient rare earth elements stands at 39.0 %), Er – 12.2 %, Tm – 1.9 %, Yb – 11.3 %, Lu – 1.2 % (the total of heavy rare earth elements is 26.7 %).

The Zayachye ore occurrence is located in the Akmolinskaya region in Kazakhstan (Fig. 1, *a*) and attributed to marginal-marine placer deposits [25–27].

The total area of the deposit is about 70 km^2. The average content of ilmenite is 25 kg/m^3, rutile and leucoxene (combined), 11.1 kg/m^3, zirconium, 11.9 kg/m^3. The main ore bodies are embedded in thin-grain well-washed silica sands of the Chegan Eocene suite overlaid by the sand-clay deposits of the Chiliktin Oligocene suite. The lower part of the pay bench is represented by fine-grain glauconite-quartz sands with interlayers of Eocene coarse-grained sands. The Paleozoic basement lies at the depth of 10–35 m and consists of Jurassic terrigenous carbonaceous stratum.

The technological research that involved gravity recovery of sands resulted in obtaining some bulk concentrate. Its content was upgraded to industrial selective concentrates including that with zircon ZrO_2 – 54.1 %. The content of Sc and Hf oxides in zircon is on average 183 g/t and 1.0 % (or 1.2 %), respectively.

The Druzhba ore occurrence is found in the Pavlodarskaya region, Kazakhstan, and is attributed to the Druzhba stratum of middle-upper Eocene (Fig. 1, *b*) [25–34].

Properties of the main minerals in titanium-zirconium placer deposits with associated valuable impurities

Name	Main useful component	Content, %	Valuable impurities in minerals	Density, g/cm^3
Rutile	TiO_2	88.6–98.2	Sc, Nb, Ta	4.2–4.3
Ilmenite	TiO_2	34.4–68.2	Sc, Nb, Ta, V, TR	3.7–4.8
Leucoxene	TiO_2	55.3–97.0	Sc, TR, Nb, Ta	3.3–4.1
Zircon	ZrO_2	60.0–67.0	Hf, Th, Sc, Y, TR	4.5–4.7
Baddeleyite	ZrO_2	95.0–99.0	Hf, TR, Th	5.4–6.2

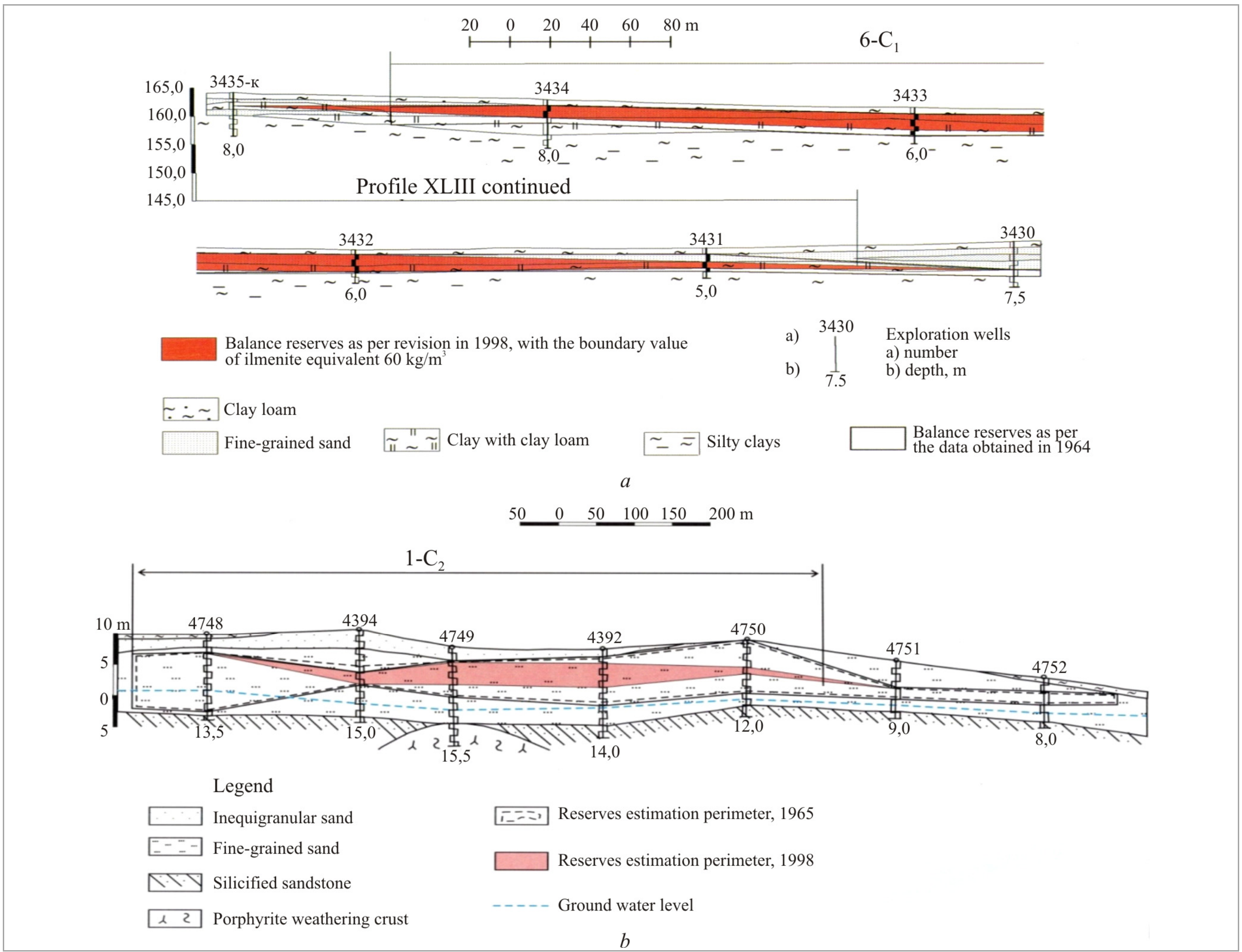

Fig. 1. Geologic cross section: *a* – along the XLIII profile of the Zayachye deposit; *b* – along the III profile of the Druzhba deposit [25]

The placer is marked by four sections (Sections A and B, Eastern and Southern), the mineral content is ilmenite-zircon-rutile. The average content of ilmenite is 14.8 kg/m^3, rutile and leucoxene (combined), 20.4 kg/m^3, zirconium, 11.4 kg/m^3.

The cross section through the stratum starts with sand-gravel deposits of the alluvial facies along the relics of pre-historic river valleys washed away in the crystalline rock of the Paleozoic basement. Above is the coarse-grained gravelite, the lower part is often made up of clay sands interspersed with coarse-grained or sometimes gravel sand of offshore facies. The cross-section of the stratum is completed with titanium-bearing fine-grained (0.25–0.063 mm) sands with a small amount (3 %) of unevenly distributed clay material. The total stratum thickness varies from 10 to 35 m. Pay sands are covered by Oligocene lignitic polymict sand and gravel deposits, neogenic clays of the Aral suite, and sandy loams of the Quaternary period.

The technological research by means of gravity recovery resulted in obtaining the bulk concentrate with the extraction of 74.04–81.28 % TiO_2 and 93.09–95.72 % ZrO_2. It was upgraded to saleable concentrates: ilmenite with the content of TiO_2 at 48.01–48.55 % (extraction of 15.31–17.37 %); zircon with ZrO_2 at 61.92–64.09 % (extraction of 84.58–84.88 %); rutile-leucoxene product with TiO_2 at 75.8–84.7 %. Associated components were not included in the research.

The Karaotkel deposit is located in the Kokpektinsky district of the East-Kazakhstan region in Kazakhstan, 10 km to the west of the operational Satpayevskoye field and attributed to river valleys cut through the Mesozoic weathering crust and Paleogene alluvial gravel-sand-clay deposits [25–38].

The deposit is crustal and alluvial but its main value is in the alluvial placers of the Paleogene valleys. The thickness of ore bodies ranges from 4 to 7 m. The average content of ilmenite is 28 kg/m^3, combined rutile and leucoxene, 6.3 kg/m^3, zircon, 6.2 kg/m^3. The low content of ore-bearing minerals is made up for by the high quality of concentrates that contain next to zero harmful impurities of phosphorus and chrome. The negative factor is the high content of clay material in the ore-bearing sands (50–75 %) that hinders the use of the gravity recovery method.

The area around the deposit is characterized by rock in three structural layers of different ages [39–45]: 1) crystallite basement made up of the Bukon and Maytyubinsk suites of middle-upper Carboniferous, cut through by granitoid and gabbroid intrusive rock of the Karaotkel rock mass; 2) sand-clay formations of the Upper Cretaceous weathering crust along the intrusive and sedimentary-metamorphic Paleozoic rock; 3) continental sand-clay loose deposits of Paleogene, Neogene, and Quaternary periods in the deluvial-proluvial, alluvial, and lacustrine facies.

The field contains three generic and geological-industrial alluvial ores: 1) ore-hosting weathering crusts along the intrusive rock; 2) ore-hosting alluvial deposits of the Paleocene Severozaysanskaya suite; 3) lacustrine deposits in the base of the Sarybulakskaya Oligocene suite overlaid by the brown-red clays of the Pavlodarskaya suite of Middle Miocene.

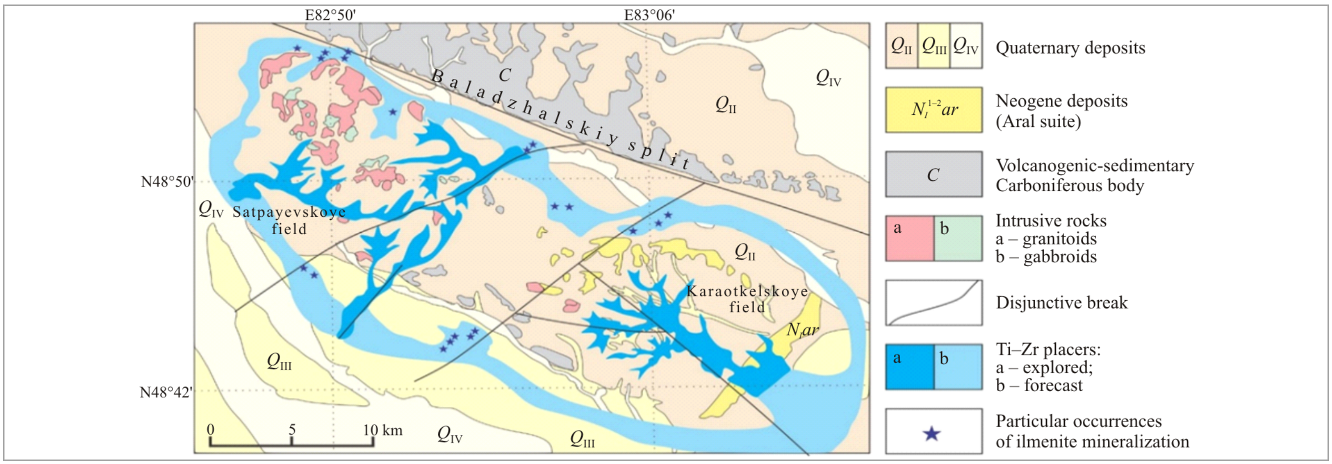

Fig. 2. Schematic forecast metallogenic map of the Karaotkel-Preobrazhenskaya forecast area using materials [40, 43]

The placers of the Karaotkel and Satpayevskoye fields circle the Karaotkel-Preobrazhenskaya intrusion with a series of radial-type valleys that were found to contain 18 Ti-Zr-mineralization occurrences (Fig. 2).

The following results were obtained in the technological research: ilmenite concentrate with Sc up to 55 %, Y – up to 40 %, and Nb – up to 5 %; zirconium concentrate with Zr up to 78.7 %. After the rough concentrates were upgraded, the content of TiO_2 was 60.53 %; extraction stood at up to 87.7 %. After metallurgical treatment, the titanium slag was found to have high concentrations of Nb_2O_5 up to 0.167 %, Sc_2O_3 – up to 0.168 %, TiO_2 – up to 0.104 %.

In terms of deposits, the reserves of TiO_2 stand at 3,170 thousand tons, including Nb_2O_5 – 12.0 thousand tons (0.199 %); Ta_2O_5 – 0.57 thousand tons (0.0096 %); Sc_2O_3 – 0.27 thousand tons (0.0045 %), and V_2O_5 – 2.82 thousand tons (0.047 %); as for zircon, the reserves of ZrO_2 stand at 592.0 thousand tons (with the content of zircon in ore at 6.0 %), including HfO_2 – 8.5 thousand tons (0.95 %) and Y_2O_3 – 1.79 thousand tons (0.20 %).

Conclusion

It is recommended that the Kundybay, Zayachye, and Druzhba ore occurrences should undergo prospecting and evaluation operations in order to determine the economic feasibility of complex exploitation of titanium-zirconium placers with associated rare and rare earth valuable components.

Elevated contents of rare and rare earth elements in the alluvial ores of the Karaotkel deposit make it possible to assume that the field may be viewed not only as a source of mono-mineral concentrates of ilmenite, zircon, quartz and quartzite, mica, and feldspathic ceramic raw materials, but also as a supply of rare and rare earth elements (where monazite and zircon may act as the main concentrating minerals as isomorphic impurities).

The Karaotkel-Preobrazhenskaya forecast area is on the southeast side of the Preobrazhensky intrusive rock mass, with a broad source area (around 120 km^2) characterized by a branched network of valleys on the Paleozoic basement containing favorable geological-geomorphological conditions for titanium-zirconium placers with associated rare and rare earth elements. The forecast area is suggested for complex prospecting geologic exploration to determine placers rich in titanium and zirconium, as well as rare and rare earth valuable components.

Overall, the titanium-zirconium placers of Kazakhstan that are relatively low in the main valuable components but high in associated rare and rare earth elements have practical potential after undergoing some comprehensive estimation of their geological and economic feasibility.

References

1. Andreicheva L.N. Fatsii morskikh otlozhenii pleistotsena na Evropeiskom Severo-Vostoke [Facies of Pleistocene marine sediments in the European Northeast]. *Fundamental'nye problemy kvartera. Materialy V Vserossiiskogo soveshchaniia po izucheniiu chetvertichnogo perioda*. Moscow: Geos, 2007, pp. 14-17.

2. Shcherba G.N. et al. Bol'shoi Altai "Geologiia i metallogeniia". Kniga 1. Geologicheskoe stroenie [Big Altai "Geology and Metallogeny". Book 1. Geological structure]. Almaty: NITs "Gylym", 1998, 304 p.

3. Shcherba G.N. et al. Bol'shoi Altai "Geologiia i metallogeniia". Kniga 2. Metallogeniia [Big Altai "Geology and Metallogeny". Book 2. Metallogeny]. Almaty: NITs "Gylym", Almaty RIO VAK RK, 2000, 387 p.

4. Sapargaliev E.M., Kravchenko M.M., D'iachkov B.A. et al. Bol'shoi Altai (geologiia i metallogeniia). Kniga 3. Nerudnye iskopaemye [Big Altai (geology and metallogeny). Book 3. Non-metallic minerals]. Almaty: NITs "Gylym", 2003, 304 p.

5. Burtman V.S. Geodinamika Tibeta, Tarima i Tian'-Shania v pozdnem kainozoe [Geodymanics of Tibet, Tarim, and the Tien Shan in the Late Cenozoic]. *Geotektonika*, 2012, no. 3, pp. 18-46.

6. Venus B.G. et al. Paleolimnologiia Zaiana [Zayan paleolimnology]. Leningrad: Nauka, 1980, 184 p.

7. Vysotskii E.A., Kutyrlo V.E. Poiski i razvedka mestorozhdenii poleznykh iskopaemykh: kurs lekcij [Search and exploration of mineral deposits. Lecture course]. Belorusskij Gosudarstvennyj Universitet, Minsk, 2006, 441 p.

8. Golovenok V.K. Vysokoglinozemistye formatsii dokembriia [High-alumina Precambrian formations]. Leningrad: Nedra, 1977, 268 p.

9. Zonenshain L.P., Kuz'min M.I., Moralev V.M. Global'naia tektonika, magmatizm i metallogeniia [Global tectonics, magmatism and metallogeny]. Moscow: Nedra, 1976, 232 p.

10. Kaliuzhnyi V.A. Geologiia novykh rossypeobrazuiushchikh formatsii [Geology of new placer-forming formations]. Moscow: Nauka, 1982, 263.

11. Korobova N.I. Il'menitsoderzhashchie metamorficheskie slantsy Taimyra [Ilmenite-bearing metamorphic shales of Taimyr]. *Doklady Akademii nauk SSSR*, 1965, vol. 162, no. 1, pp. 183-185.

12. Korobova N.I. Titanistye 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 nedr*, 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 leikoksena v Iaregskom neftetitanovom mestorozhdenii (v sviazi s otsenkoi perspektiv drugikh paleorossypei Pritiman'ia) [On the nature of leucoxene 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 Taimyra (metamorfizm, ul'trametamorfizm, granitoobrazovanie) [Genetic granitoid series of the Precambrian of Taimyr (metamorphism, ultrametamorphism, granite formation)]. Krasnoiarsk: Krasnoiarskoe knizhnoe izdatel'stvo, 1972, 158 p.

18. Makhlaev L.V., Korobova N.I. Ob istochnike il'menita v rossypnykh mestorozhdeniiakh [About the source of ilmenite in placer deposits]. *Geologiia 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 kontsentratakh i produktakh ikh peredela s mestorozhdeniia Karaotkel' s sostavleniem balansov i otsenkoi perspektiv promyshlennogo ispol'zovaniia [To study the distribution of trace elements-impurities in ore concentrates and products of their processing from the Karaotkel deposit with the compilation of balances and an assessment of the prospects for industrial use]. Moscow: Rosgeolfond. IMGRE, 1987, 224 p.
20. Metodicheskie rekomendatsii po primeneniiu Klassifikatsii zapasov mestorozhdenii i prognoznykh resursov tverdykh poleznykh iskopaemykh. Rossypnye 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 komissiia 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. Darbadaev, B.A. Baimuldin, N.Ia. Guliaeva, B.A. D'iachkov, 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-otsenochnykh rabotakh na Karaotkel'skom tsirkon-il'menit-polevoshpatovom mestorozhdenii, provedennykh v 1980-82 gg., po sostoianiiu na 01.12.1982 goda Vostkazgeologiia [Report on prospecting and appraisal works at the Karaotkelsky zircon-ilmenite-feldspar deposit, carried out in 1980-82, as of 01.12.1982 Vostkazgeologiya]. Ust'-Kamenogorsk, 1982, 225 p.
24. Olovianishnikov V.G. Verkhnii 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'evaia baza titanovoi promyshlennosti Kazakhstana i modelirovanie sostoianiia 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., Tansykbaev Zh.B. Mestorozhdeniia redkikh metallov i redkikh zemel' Kazakhstana: spravochnik, vtoroe 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 zadaniiu 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, vtoroe izdanie [Titanium Deposits in Kazakhstan: Handbook, Second Edition]. Almaty: Izdanie RGP PKhV “Informatsionno-analiticheskii tsentr geologii i mineral'nykh resursov RK” po zadaniiu 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 geokhimii Rossiiskoi akademii nauk, 2006, 94 p.
29. Ermolaev P.V. TEO postoiannykh konditsii na rudy Karaotkel'skogo tsirkon-il'menit-polevoshpatovogo mestorozhdeniia, vypolnennoe PGO «Vostkaz-geologiia» v 1990 g. [Feasibility study of permanent conditions for the ores of the Karaotkel zircon-ilmenite-feldspar deposit, performed by Vostkaz-Geologiya PGO in 1990]. Respublika Kazakhstan, 1990, 871 p.
30. Kravchenko M.M., D'iachkov B.A., Suiekpaev E.S., Sapargaliev 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. Geologia*, 2016, no. 1, pp. 7-86. DOI: 10.17072/psu.geol.30.78
31. Kravchenko M.M., Suiekpaev E.S., Sapargaliev 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 vyvetrivaniia*, 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 Karaotkel'skogo tsirkon-il'menit-polevoshpatovogo mestorozhdeniia v Semipalatinskoi i Vostochno-Kazakhstanskoi oblastiakh Kazakhstana, predstavlennogo 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 Karaotkelskoye deposit in Semipalatinsk and East Kazakhstan regions of Kazakhstan, represented by GlavKGU]. Almaty: Kazgeologiia, 1991, 81 p.
33. Pakharukov N.M., Kozlov M.S., Riabchenko V.Sh. et al. Karaotkel'skaia rossyp' (tsirkon, il'menit, polevoi shpat) v Vostochno-Kazakhstanskoi i Semipalatinskoi oblastiakh: otchet o rezul'tatakh detal'noi razvedki s podschetom zapasov na 30.09.1991 g. [Karaotkel 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, Opytnoe Pole, 1991, 3334 p.
34. Protokol № 43 zasedaniia GKZ ot 29.05.1992 g. po rassmotreniiu materialov podscheta zapasov Karaotkel'skogo titan-tsirkonievogo mestorozhdeniia Respubliki Kazakhstan, po sost. na 30.09.1991 g. [Karaotkel 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-tsirkonievykh 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 geokhimii Rossiiskoi akademii nauk, 2006, pp. 71-75.
36. Lunev B.S., Naumov V.A., Naumova O.B, Osoveckij B.M. Rossypi i mestorozhdeniia kor vyvetrivaniia: izuchenie, osvoenie, ekologiia [Placers and Deposits of Weathering Crusts: Study, Development, and Ecology]. *Materialy XV Mezhdunarodnogo soveshchaniia po geologii rossypei i mestorozhdenii kor vyvetrivaniia* (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., Sapargaliev E.M., Azel'khanov A.Zh. Ti-Zr rossypi i kory vyvetrivaniia Vostochnogo Kazakhstana [Ti-Zr placers and weathering crust of East Kazakhstan]. *Materialy mezhdunarodnoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii, posviashchennoi 60-letiiu obrazovaniia Vostochno-Kazakhstanskogo tekhnicheskogo universiteta imeni D. Serikbaeva. “Rol' universitetov v sozdanii innovatsionnoi ekonomiki”.* Ust'-Kamenogorsk: Vostochno-Kazakhstanskii tekhnicheskii universitet imeni D. Serikbaeva, 2018, pp. 300-306.
38. Suiekpaev E.S., Kravchenko M.M., Sapargaliev 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 uchenykh, posviashchennogo 155-letiiu so dnia rozhdeniia akademika V.A. Obrucheva, 135-letiiu so dnia rozhdeniia akademika M.A. Usova, osnovatelei Sibirskoi gorno-geologicheskoi shkoly, i 110-letiiu pervogo vypuska gornykh inzhenerov v Sibiri.* Tomsk: Tomskii politekhnicheskii universitet, 2018, vol. 1, pp. 193-194.
39. Suiekpaev E.S., Sapargaliev E.M., Kravchenko M.M., Azel'khanov A.Zh. Poiskovye napravleniia po vyiavleniiu titantsirkonievykh 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. Frolov N.I. Otchet o rezul'tatakh geologo-poiskovykh rabot na il'menitovyi tip v raione Satpaevskogo 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 “Geointsentr”, 2003, 94 p.
41. Suiekpayev Y., Sapargaliyev Y., Kravchenko M., Dolgopolova A., Seltmann R., Azelhanov A. Ti-Zr placers and weathering crusts of the Karaotkel 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., Azelhanov A. Ti-Zr placers and weathering crusts of the Karaotkel 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., Sapargaliev 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

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. Щерба [и др.]. – Алматы: НИЦ «Гылым», 1998. – 304 с.
3. Большой Алтай «Геология и металлогения». Кн. 2: Металлогения / Г.Н. Щерба [и др.]. – Алматы: НИЦ «Гылым»; РИО ВАК РК, 2000. – 387 с.
4. Большой Алтай (геология и металлогения). Кн. 3: Нерудные ископаемые / Е.М. Сапаргалиев, 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. Палеолимнология Зайана / Б.Г. Венус [и др.]. – Л.: Наука, 1980. – 184 с.
7. Высоцкий Э.А., Кутырло В.Э. Поиски и разведка месторождений полезных ископаемых. – Минск: Белорусский государственный университет, 2006. – 441 с.
8. Головенок 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 россыпеобразующих 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. Акцессорные 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.: Госгеолиздат, 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-ния Караоткель с составлением балансов и оценкой перспектив промышленного использования / Росгеолфонд. ИМГРЭ. – 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. Баймулдин, 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. Тулегенов, Ж.Б. Тансыкбаев // Издание РГП 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 РГП 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. Азельханов, 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. Азельханов // 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 ГлавКГУ. – 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 ГГФЭ, 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 перспектитвы 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. Азельханов // Материалы международной научно-технической конференции, посвященной 60-летию образования ВКГТУ им. Д. Серикбаева «Роль университетов в создании инновационной экономики». – Усть-Каменогорск: Изд-во ВКГТУ 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. Азельханов // 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 Сатпаевского месторождения в Восточном Казахстане (участки Восточный, Бектемир) за 2002 г. / ТОО «Геоинцентр». – Усть-Каменогорск, 2003. – С. 94.
41. Ti-Zr placers and weathering crusts of the Karaotkel and Satpaev deposits, Kazakhstan. England. Mineral Deposits Studies / Y. Suiekpayev, Y. Sapargaliyev, M. Kravchenko, A. Dolgopolova, 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. Suiekpayev, Y. Sapargaliyev, G. Bekenova, M. Kravchenko, A. Dolgopolova, 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. Suiekpayev, Y. Sapargaliyev, A. Dolgopolova, 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.32
44. Ti–Zr placers and weathering crusts of the Karaotkel and Satpaev deposits, Kazakhstan [Электронный ресурс] / Y. Suiekpayev, Y. Sapargaliyev, M. Kravchenko, A. Dolgopolova, 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. Сыромятникова, А.В. Латышев, Е.М. Сапаргалиев, М.М. Кравченко, А.Ж. Азельханов // Геоморфология. – 2020. – № 2. – С. 85–101. DOI: 10.31857/S043542812002008X