













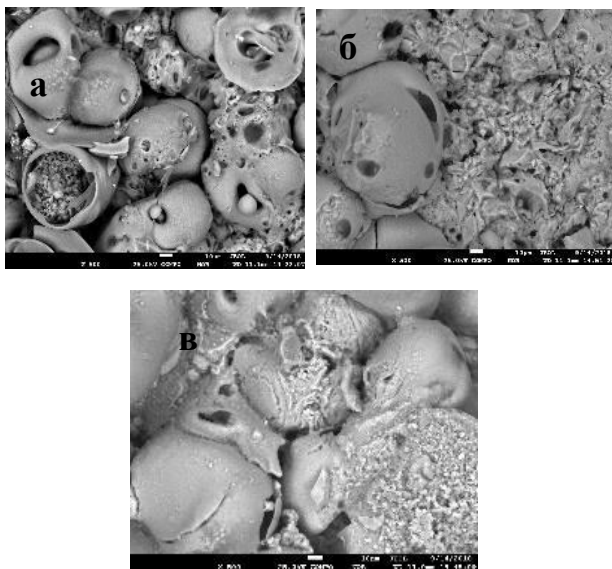


**Figure 8** Upgraded chamber of the magnetron sputtering installation and the surface of the membrane of tantalum and niobium foil

A technology has been developed for the production of implants with improved osseointegration by casting of titanium alloys using a lost-wax 3D model and subsequent processing with application of biocompatible coatings (Figure 9).

Molding materials based on yttrium oxide and a method for their molding on the surface of investment models are proposed, which provides titanium castings with a developed surface using additive technology [40].

The analysis of the feedstock and the obtained products was performed using the following methods: mineralogical, X-ray phase, X-ray fluorescence, thermal analysis methods, electron scanning microscopy, IR spectroscopy, Mossbauer spectroscopy.



**Figure 9** SEM image of a calcium phosphate coating obtained at different pH of electrolytes: a - pH 1; pH 2; pH 3

*Elemental analysis* was carried out using X-ray fluorescence spectroscopy on an energy dispersive microanalysis system INCA Energy 450 mounted on a scanning electron microscope JSM 6610 LV, JEOL.

*X-ray phase analysis.* The shooting was carried out on a D8Advance (Bruker) apparatus,  $\alpha$ -Cu. Processing of the obtained results and calculation of interplanar distances was carried out using the EVA software. The phase decoding was performed using the PDF-2 diffractometric database.

*Mossbauer spectroscopy* was used to determine the forms of iron in the feedstock and processing products. The source was Co-57 in a chromium matrix with an activity of 100 mCi. The spectra were processed on a PC using the "least squares" method. The values of isomeric shifts (IS) are given relative to  $\alpha$ -Fe. The temperature of the spectra was 293 K. The MS 1104Em spectrometer.

Images of objects using scanning electron microscopy were performed at zooming from 40 to 4000 times.

### Conclusion

To sum up, the technologies have been created that are focused on the needs of industrial enterprises: processing dump and converter slags with additional copper recovery, separating selenium from washing solutions of copper production and obtaining refined selenium (Kazakhmys Smelting LLP); processing of ferruginous bauxite and industrial products and waste from alumina production (JSC Aluminum of Kazakhstan); processing of refractory gold-containing ores (MSC Altyn MM LLP, Altyntau-Kokshetau JSC); extraction of rare and rare-earth metals from wastes and middlings of chromium, phosphorus and uranium production (JSC TNK Kazkhrom, LLP Kazphosphate, JSC NAC Kazatomprom); for producing nickel-cobalt concentrate from heat-resistant nickel superalloys wastes (RGP Zhezkazganredmet), synthesis of composite hydrogen-permeable membranes based on niobium and tantalum and implants with improved osseointegration.

The technologies for the processing of low-quality mineral and industrial raw materials may be of interest to countries with similar raw materials.

**Acknowledgement.** The studies were carried out with the financial support of the Science Committee of the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan within the framework of Program No. BR05236406 "Development and implementation of innovative technologies that enhance the extraction of non-ferrous, noble, rare, rare-earth metals and solve production problems of industrial enterprises of the State".

**Cite this article as:** Kenzhaliyev B. K. Innovative technologies providing enhancement of non-ferrous, precious, rare and rare earth metals extraction // Kompleksnoe Ispol'zovanie Mineral'nogo Syr'a (Complex Use of Mineral Resources). – 2019. – №3 (310). -Page: 64-75 <https://doi.org/10.31643/2019/6445.30>

## **Түсті, асыл, сирек және сирек жер металдардың бөлінуін арттыруды қамтамасыз ететін инновациялық технологиялар**

**Кенжалиев Б. К.**

**Түйіндеме.** Мақалада байыту және минералдық, техногендік шикізатты металлургиялық қайта өңдеу, функционалдық материалдар алу технологиялары келтірілген. Мысты тікелей бөліп алуды арттыру, таза селен алынатын мыс өндірісінің өнеркәсіптік өнімдерін қайта өңдеу, жаңа реагенттер мен жабдықтарды пайдаланып қиын өңделетін минералдық шикізаттан алтынды бөліп алу, темірлі бокситтерді және сазтопырақ өндірісінің қалдықтарын қайта өңдеу, хром, фосфор және уран өндірісінің өнеркәсіптік өнімдері мен қалдықтарынан сирек және сирек жер металдарын бөліп алу, отқа төзімді никель қорытпаларының қалдықтарынан рений және никель-кобальтты концентраттарды алу бойынша жаңа технологиялық шешімдер ұсынылды. Темірлі бокситтерді өңдеудің инновациялық Байер-гидрогранаттық технологиясы жасалды және құрылған пилоттық қондырғыда оның сынағы өткізілді. Ниобий негізінде сутегі өткізетін композициялық мембраналарды және аддитивті технологияларды пайдаланып титан қорытпаларын құю әдісімен эндопротездердің құймаларын алу үшін технологиялар және қондырғылар әзірленді.

**Түйін сөздер:** минералдық шикізат, өңдеу, технология, мыс, селен, алтын, сирек металдар, сирек жер металдары, жаңа материалдар.

## **Инновационные технологии, обеспечивающие повышение извлечения цветных, благородных, редких и редкоземельных металлов**

**Кенжалиев Б.К.**

**Реферат.** В статье представлены разработанные в АО «Институт металлургии и обогащения» (г. Алматы, Казахстан) технологии обогащения и металлургической переработки минерального и техногенного сырья, получения функциональных материалов. Предложены новые технические решения по увеличению сквозного извлечения меди, переработке промпродуктов медного производства с получением селена высокой чистоты; извлечению золота из упорного минерального сырья с применением новых реагентов и оборудования, переработке железистых бокситов и отходов глиноземного производства, извлечению редких и редкоземельных металлов из промпродуктов и отходов хромового, фосфорного и уранового производств, получению рения и никель-кобальтового концентрата из отходов жаропрочных никелевых сплавов. Разработана инновационная Байер-гидрогранатовая технология переработки железистых бокситов и проведены ее испытания на созданной пилотной установке. Разработаны технологии и оборудование для получения композиционных водородопроницаемых мембран на основе ниобия и получения отливок эндопротезов методом литья титановых сплавов с применением аддитивных технологий.

**Ключевые слова:** минеральное сырье, переработка, технологии, медь, селен, золото, редкие металлы, редкоземельные металлы, новые материалы.

## **REFERENCES**

- [1] Coursol P., Valencia N.C., Macrey P., Bell S., Davis B. Minimization of Copper losses in Copper Smelting Slag During Electric Furnace Treatment // JOM (The Journal of The Minerals, Metals & Materials Society (TMS). **2012**. Vol.64. №11. Pp.1305-1313 (In Eng.). <https://doi.org/10.1007/s11837-012-0454-6>
- [2] G.R.F. Alvear F., Hourn M. and J.C. Salas M. Xstrata Technology's Approach for the Processing of Copper Bearing Materials // Proceedings of Copper 2013. Santiago, Chile, **2013**. V.3. Pp.389-400 (In Eng.).
- [3] Kozhakhmetov S., Kvyatkovskiy S. The main results of research and industrial development of Vanyukov process in Kazakhstan // Vanyukov International Symposium on Sustainable Industrial Processing Summit & Exhibition. Turkey. **2016**. V.5. P.267-272 (In Eng.).



- [4] Azhazha V.M., Papirova I.I., Shkuropatenko V.A., Lavrenovich A.G., Virich V.D. Rafinirovaniye vtorichnogo selena distillyatsionnymi metodami // Voprosy atomnoy nauki i tekhniki. **2004.** №6. Seriya: Vakuum, chistyye materialy, sverkhprovodniki (14). S.21-23 (In Rus.).
- [5] Areshina N.S., Kasikov A.G., Mal'ts I.E., Zenkevich T.R. Izvlecheniye selena iz produktov gazoochistki OAO «Kol'skaya GMK» //Tsvetnyye metally. **2011.** №11. S.62-65 (In Rus.).
- [6] Patent 32113 RK Apparat dlya rafinirovaniya selena /Volodin V.N., Trebukhov S.A., Abisheva Z.S., Marki I.A., Nitsenko A.V., Trebukhov A.A., Burabayeva N.M., Tuleutay F.KH. opubl. 30.05.2017. Byul. №10 (In Rus.).
- [7] Lebed' A. B., Naboychenko S. S., Shunin V. A. Proizvodstvo selena i tellura na OAO «Uralektromed». Yekaterinburg: Ural'skiy universitet, **2015.** 112 s. (In Rus.).
- [8] Zagorodnyaya A. N., Abisheva Z. S., Sharipova A. S., Zhumabekov ZH. ZH. Polupromyshlennyye ispytaniya sorbtsionnoy tekhnologii izvlecheniya reniya iz stochnykh vod ot promyvki metallurgicheskikh gazov Balkhashskogo medeplavil'nogo zavoda // Tsvetnyye metally. **2016.** №1. S. 49-55 (In Rus.). <https://doi.org/10.17580/tsm.2016.01.08>
- [9] Ignatkina V.A., Bocharov V.A., Tubdenova B.T. K poisku rezhimov selektivnoy flotatsii sul'fidnykh rud na osnove sochetaniya sobirateley razlichnykh klassov soyedineniy //Fiziko-tekhnicheskiye problemy razrabotki poleznykh iskopayemykh. **2010.** №1. S.97-104 (In Rus.).
- [10] Otrazhdenova L. A., Ryabov V. I., Kuchayev V. A., Malinovskaya N. D. Flotatsiya mednykh sul'fidnykh rud geksilovym ksantogenatom firmy «Khokhst» //Obogashcheniye rud. **2010.** №4. S.12-16 (In Rus.).
- [11] Advances in gold ore processing / M.D. Adams (Editor). Guilford: Mutis Liber PTY LTD, **2005.** Pp. 1076 (In Eng.).
- [12] Gold-Copper Ores // Innovations in Gold and Silver Recovery: Phase IV / Randol Int Ltd.- Colorado, USA. **1992.** V.8. Chapt 23. P.4175-4428 (In Eng.).
- [13] Borra C.R., Pontikes Y., Binnemans K., Gerven T.V. Leaching of rare earths from bauxite residue (red mud) // Minerals Engineering. **2015.** No76. Pp. 20-27 (In Eng.). <https://doi.org/10.1016/j.mineng.2015.01.005>
- [14] Patent №25938 RK Sposob pererabotki krasnogo shlama Byul.№7, opubl.15.07.2015 g. /Abdulvaliyev R.A., Beysembekova K.O., Gladyshev S.V., Kovzalenko V.A., Ibragimov A.T., Sabitov A.R., Tastanov Ye.A. (In Rus.).
- [15] Lokshin E.P., Ivanenko V.I., Tareyeva O.A., Korneyko R.I. Izvlecheniye lantanoidov iz fosfornokislykh rastvorov s ispol'zovaniyem sorbtsionnykh metodov /Zhurnal prikladnoy khimii. **2009.** T.82. №4. S.544-551 (In Rus.).
- [16] Mikhaylichenko A.I., Papkova M.V., Kon'kova T.V., Tumanov V.V. Sorbtsionnoye izvlecheniye RZE iz rastvorov fosfornoj kisloty. M., **2014.** S.51-55 (In Rus.).
- [17] Kosynkin V.D., Selivanovskiy T.T., Smirnov K.M., Krylova O.K. Kompleksnaya pererabotka fosfogipsa s polucheniym khimicheskii osazhdennogo mela, gipsa i kontsentrata redkozemel'nykh elementov //Tsvetnyye metally. **2012.** №3. S.31-34 (In Rus.).
- [18] Patent 24889 RK. Sposob izvlecheniya redkozemel'nykh elementov iz matochnykh rastvorov uranovogo proizvodstva / Surkova T.YU., Mukusheva A.S., Yulusov S.B., Dulinin A.P., Gushchin A.P., Barmenshinova M.B. Opubl. 15.12.2014. Byul. №12 (In Rus.).
- [19] Patent 10155791 DE. Process for electrochemical decomposition of superalloys / Stoller Viktor et al. **2003** (In Eng.).
- [20] Chernysheva O.V., Drobot D.V. Varianty elektrokhimicheskoy pererabotki reniysoderzhashchego zharoprochnogo splava // Khimicheskaya tekhnologiya. **2017.** Tom 18. №1. S. 36-42 (In Rus.).
- [21] Agapova L.YA., Abisheva Z.S., Kilibayeva S.K., Yakhliyayeva ZH.Ye. Elektrokhimicheskaya pererabotka tekhnogennykh otkhodov reniysoderzhashchikh zharoprochnykh nikel'nykh splavov v sernokislykh rastvorakh //Tsvetnyye metally. **2017.** №10. S 56-61 (In Rus.).
- [22] Kenzhaliyev B.K., Kvyatkovskiy S. A., Kozhakhmetov S. M., Sokolovskaya L. V., Semenova A. S. (2018). Depletion of waste slag of balkhash copper smelter. Kompleksnoe Ispol'zovanie Mineral'nogo syr'â. 306 (3), 45–53 (In Rus.). <https://doi.org/10.31643/2018/6445.16>
- [23] Zagorodnyaya A.N. Shlam sernokislотного тескха balkhashskogo medeplavil'nogo zavoda - al'ternativnyy istochnik polucheniya selena na predpriyatii // Kompleksnoe Ispol'zovanie Mineral'nogo syr'â. - **2018.** - No. 4. - p. 46-55 (In Rus.). <https://doi.org/10.31643/2018/6445.29>
- [24] GOST 10298-79 (State standard). Selen tekhnicheskii. Tekhnicheskiye usloviya. IUS No.4. **2004.** <http://docs.cntd.ru/document/gost-10298-79> (In Russ.).
- [25] Kenzhaliyev B.K., Trebukhov S.A., Volodin V.N., Trebukhov A.A., Tuleutay F.KH. Izvlecheniye selena iz promproduktov metallurgicheskogo proizvodstva // Kompleksnoe Ispol'zovanie Mineral'nogo syr'â. - **2018.** - No. 4. - p. 11-16 (In Rus.). <https://doi.org/10.31643/2018/6445.30>
- [26] Rulyov N., Tussupbayev N., Turusbekov D., Semushkina L., Kaldybayeva Z. Effect of microbubbles as flotation carriers on finesulphide ore beneficiation // Mineral Processing and Extractive Metallurgy. - **2018.** - Vol.127. - N.3. - Pp.133–139 (In Eng.). <https://doi.org/10.1080/03719553.2017.1351067>
- [27] Abdylidayev N. N., Koizhanova A. K., Kamalov E. M., Zhanabay ZH. D., Akchulakova S. T. Doizvlecheniye zolota v kontsentrata iz lezhalykh khvostov metodom flotatsii // Kompleksnoe Ispol'zovanie Mineral'nogo syr'â. – **2018.** – №4. – p. 11-16 (In Rus.). <https://doi.org/10.31643/2018/6445.25>
- [28] Erdenova M., Kenzhaliyev B., Koizhanova A., Temirova S., Abdylidayev N. Extraction of gold from man-made mineral raw materials by Methods of flotation enrichment and cyaning // 18th International Multidisciplinary

Scientific GeoConference SGEM **2018**, Science and Technologies in Geology, Exploration and Mining (In Eng.). <https://doi.org/10.5593/sgem2018/1.4/s04.009>

[29] Kenzhaliev B.K., Kuldeev E.I., Abdulvaliev R.A., Pozmogov V.A., Beisembekova, K.O., Gladyshev S.V., Tastanov E.A. Perspektivy razvitiya alyuminiyevoy otrasli Kazakhstana //Izvestiya NAN RK Seriya geologii i tekhnicheskikh nauk. **2017**. No. 3. S.151-160 (In Rus.).

[30] Patent of the Republic of Kazakhstan No. 30113. Sposob pererabotki nizko-kachestvennykh zhelezistykh boksitov po Bayer-gidrogranatovoy tekhnologii / Abdulvaliyev R.A., Gladyshev S.V., Tastanov Ye.A. ; opubl. 08/15/2016 (In Rus.).

[31] Patent RK No. 33499. Sposob pererabotki krasnogo shlama / Kenzhaliyev B.K., Akhmadiyeva N.K., Abdulvaliyev R.A., Gladyshev S.V., Omarova S.A., Manapova A.I., Zinov'yeva L.V. ot March 7, **2019**. Byul No. 10 (In Rus.).

[32] Gladyshev S.V., Abdulvaliyev R.A., Kenzhaliyev B.K., Dyusenova S.B., Imangaliyeva L.M. Razrabotka tekhnologii polucheniya khromitovogo kontsentrata iz shlamovykh khvostov obogashcheniya // Kompleksnoe Ispol'zovanie Mineral'nogo syr'â (Complex Use of Mineral Resources). - **2018**. - No. 1. - S.12-17 (In Rus.). <https://doi.org/10.31643/2018/166445>

[33] Dyusenova S.B., Kenzhaliyev B.K., Abdulvaliyev R.A., Gladyshev S.V. Kompleksnaya gidrokhimicheskaya pererabotka shlamovykh khvostov obogashcheniya khromitsoderzhashchikh rud // Obogashcheniye rud. - № 6. - **2018**. - S. 27-32. (In Rus.).

[34] Pozmogov V.A., Kuldeev E.I., Dorofeev D.V., Imangaliyeva L.M., Kvyatkovskaya M.L. Determination of physicochemical properties and phase composition of ferrous sands of alumina production to find ways for their further processing // Kompleksnoe Ispol'zovanie Mineral'nogo syr'â (Complex Use of Mineral Resources). - **2018**. - No. 3. - S. 69-77 (In Rus.). <https://doi.org/10.31643/2018/6445.19>

[35] Lokhova N.G., Naimanbaev M.A., Baltabekova Zh. A., Kasymzhanov K. K. (2018). Sorption rerecovery and concentration of rare-earth metals from extraction phosphoric acid. Review Kompleksnoe Ispol'zovanie Mineral'nogo syr'â. 306 (3), 62–68 (In Rus.). <https://doi.org/10.31643/2018/6445.18>

[36] Kenzhaliyev B.K., Yesimova D.M., Surkova T.YU., Amanzholova L.U., Akchulakova S.T. Podgotovka produktivnykh rastvorov dlya izvlecheniya redkozemel'nykh elementov // Vestnik KazNITU. - **2018**. - No. 5. - S.367-373 (In Rus.).

[37] Patent RK No. 33153 Sposob izvlecheniya redkozemel'nykh elementov iz kremnistogo syr'ya / Kenzhaliyev B.K., Surkova T.YU., Yulusov S.B., Pirmatov E.A., Dulinin A.P. ot 10/01/2018 (In Rus.).

[38] Agapova L.YA., Kenzhaliyev B.K., Abisheva Z.S., Kilibayeva S.K., Yakhliyayeva ZH.Ye., Altenova A.N., Ruzakhunova G.S. Polucheniye nikel'-kobal'tovogo kontsentrata iz otkhodov zharoprochnykh nikel'evykh splavov // Trudy Kol'skogo nauchnogo tsentra RAN. Khimiya i materialovedeniye. - **2018**.- No. 2 1/2018 (9), CH.2. - S. 798 – 803 (In Rus.).

[39] Panichkin A.V., Mamayeva A.A., Derbisalin A.M., Kenzhegulov A.K., Imbarova A.T. Vliyaniye sostava nanosimyykh na forekhnost' plenok tverdykh rastvorov na kharakteristiki vodorodopronitsayemykh membran iz niobiya i tantala // Kompleksnoe Ispol'zovanie Mineral'nogo syr'â. - **2018**. - No. 4. - p. 130-139 (In Rus.). <https://doi.org/10.31643/2018/6445.39>

[40] Mamaeva, A. A., Kenzhegulov, A. K., & Panichkin, A. V. (2018). A Study of the Influence of Thermal Treatment on Hydroxyapatite Coating. Protection of Metals and Physical Chemistry of Surfaces, 54 (3), 448–452 (In Eng.). <https://doi.org/10.1134/s2070205118030115>

## ЛИТЕРАТУРА

[1] Coursol P., Valencia N.C., Macrey P., Bell S., Davis B. Minimization of Copper losses in Copper Smelting Slag During Electric Furnace Treatment // JOM (The Journal of The Minerals, Metals & Materials Society. 2012. Vol.64. №11. Pp.1305-1313. <https://doi.org/10.1007/s11837-012-0454-6>

[2] G.R.F. Alvear F., Hourn M. and J.C. Salas M. Xstrata Technology's Approach for the Processing of Copper Bearing Materials // Proceedings of Copper 2013. Santiago, Chile, 2013. V.3. Pp.389-400.

[3] Kozhakhmetov S., Kvyatkovskiy S. The main results of research and industrial development of Vanyukov process in Kazakhstan //Vanyukov International Symposium on Sustainable Industrial Processing Summit & Exhibition. Анталья, 2016. V.5. P.267-272.

[4] Ажажа В.М., Папиоров И.И., Шкуропатенко В.А., Лавренович А.Г., Вирич В.Д. Рафинирование вторичного селена дистилляционными методами // Вопросы атомной науки и техники. 2004. №6. Серия: Вакуум, чистые материалы, сверхпроводники (14). С.21-23.

[5] Арешина Н.С., Касиков А.Г., Мальц И.Э., Зенкевич Т.Р. Извлечение селена из продуктов газоочистки ОАО «Кольская ГМК» //Цветные металлы. 2011. №11. С.62-65.

[6] Патент 32113 РК Аппарат для рафинирования селена /Володин В.Н., Требухов С.А., Абишева З.С., Марки И.А., Нищенко А.В., Требухов А.А., Бурабаева Н.М., Тулеутай Ф.Х. опубл. 30.05.2017. Бюл.№10.

[7] Лебедь А. Б., Набойченко С. С., Шунин В. А. Производство селена и теллура на ОАО «Уралэлектромедь». Екатеринбург: Уральский университет, 2015. 112 с.

- [8] Загородняя А. Н., Абишева З. С., Шарипова А. С., Жумабеков Ж. Ж. Полупромышленные испытания сорбционной технологии извлечения рения из сточных вод от промывки металлургических газов Балхашского медеплавильного завода // Цветные металлы. 2016. №1. С. 49-55. <https://doi.org/10.17580/tsm.2016.01.08>
- [9] Игнаткина В.А., Бочаров В.А., Тубденова Б.Т. К поиску режимов селективной флотации сульфидных руд на основе сочетания собирателей различных классов соединений // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. 2010. №1. С.97-104
- [10] Отрожденова Л. А., Рябой В. И., Кучаев В. А., Малиновская Н. Д. Флотация медных сульфидных руд гексилловым ксантогенатом фирмы «Хёхст» // Обогащение руд. 2010. №4. С.12-16.
- [11] Advances in gold ore processing / M.D. Adams (Editor). Guilford: Mutis Liber PTY LTD, 2005. Pp. 1076.
- [12] Gold-Copper Ores // Innovations in Gold and Silver Recovery: Phase IV / Randol Int Ltd.- Colorado, USA. 1992. V.8. Chapt 23. P.4175-4428.
- [13] Borra C.R., Pontikes Y., Binnemans K., Gerven T.V. Leaching of rare earths from bauxite residue (red mud) // Minerals Engineering. 2015. №76. Pp. 20-27. <https://doi.org/10.1016/j.mineng.2015.01.005>
- [14] Патент №25938 РК Способ переработки красного шлама Бюл.№7, опубл.15.07.2015 г. /Абдулвалиев Р.А., Бейсембекова К.О., Гладышев С.В., Ковзаленко В.А., Ибрагимов А.Т., Сабитов А.Р., Тастанов Е.А.
- [15] Локшин Э.П., Иваненко В.И., Тареева О.А., Корнейко Р.И. Извлечение лантаноидов из фосфорнокислых растворов с использованием сорбционных методов // Журнал прикладной химии. 2009. Т.82. №4. С.544-551.
- [16] Михайличенко А.И., Папкина М.В., Конькова Т.В., Туманов В.В. Сорбционное извлечение РЗЭ из растворов фосфорной кислоты. М., 2014. С.51-55.
- [17] Косынкин В.Д., Селивановский Т.Т., Смирнов К.М., Крылова О.К. Комплексная переработка фосфогипса с получением химически осажденного мела, гипса и концентрата редкоземельных элементов // Цветные металлы. 2012. №3. С.31-34.
- [18] Патент 24889 РК. Способ извлечения редкоземельных элементов из маточных растворов уранового производства / Суркова Т.Ю., Мукушева А.С., Юлусов С.Б., Дуленин А.П., Гуцин А.П., Барменшинова М.Б. Опубл. 15.12.2014. Бюл. №12.
- [19] Patent 10155791 DE. Process for electrochemical decomposition of superalloys / Stoller Viktor et al. 2003.
- [20] Чернышева О.В., Дробот Д.В. Варианты электрохимической переработки ренийсодержащего жаропрочного сплава // Химическая технология. 2017. Том 18. №1. С. 36-42.
- [21] Агапова Л.Я., Абишева З.С., Килибаева С.К., Яхияева Ж.Е. Электрохимическая переработка техногенных отходов ренийсодержащих жаропрочных никелевых сплавов в сернокислых растворах // Цветные металлы. 2017. №10. С. 56-61.
- [22] Kenzhaliev B.K., Kyvatkovsky S. A., Kozhakhmetov S. M., Sokolovskaya L. V., Semenova A. S. (2018). Depletion of waste slag of balkhash copper smelter. Kompleksnoe Ispol'zovanie Mineral'nogo syr'a (Complex Use of Mineral Resources). 306 (3), 45–53. <https://doi.org/10.31643/2018/6445.16>
- [23] Загородняя А.Н. Шлам сернокислотного цеха балхашского медеплавильного завода – альтернативный источник получения селена на предприятии // Комплексное использование минерального сырья. – 2018. – №4. – С. 46-55. <https://doi.org/10.31643/2018/6445.29> <https://doi.org/10.31643/2018/6445.29>
- [24] ГОСТ 10298-79. Селен технический. Технические условия (с Изменениями N 1-5). No.4. 2004. <http://docs.cntd.ru/document/gost-10298-79>
- [25] Кенжалиев Б.К., Требухов С.А., Володин В.Н., Требухов А.А., Тулеутай Ф.Х. Извлечение селена из промпродуктов металлургического производства // Комплексное использование минерального сырья. – 2018. – №4. – С. 56-64. <https://doi.org/10.31643/2018/6445.30>
- [26] Rulyov N., Tussupbayev N., Turusbekov D., Semushkina L., Kaldybayeva Z. Effect of microbubbles as flotation carriers on finesulphide ore beneficiation // Mineral Processing and Extractive Metallurgy. - 2018. - Vol.127. - N.3. - Pp.133–139. <https://doi.org/10.1080/03719553.2017.1351067>
- [27] Абдылдаев Н. Н., Койжанова А. К., Камалов Э. М., Жанабай Ж. Д., Акчулакова С. Т. Доизвлечение золота в концентрат из лежалых хвостов методом флотации // Комплексное использование минерального сырья. – 2018. – №4. – С. 11-16. <https://doi.org/10.31643/2018/6445.25>
- [28] Erdenova M., Kenzhaliyev B., Koizhanova A., Temirova S., Abdyl daev N. Extraction of gold from man-made mineral raw materials by Methods of flotation enrichment and cyaning // 18th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM2018, Science and Technologies in Geology, Exploration and Mining. <https://doi.org/10.5593/sgem2018/1.4/s04.009>
- [29] Кенжалиев Б. К., Кульдеев Е.И., Абдулвалиев Р.А., Позмогов В.А., Бейсембекова, К.О., Гладышев С.В., Тастанов Е.А. Перспективы развития алюминиевой отрасли Казахстана // Известия НАН РК Серия геологии и технических наук. 2017. № 3. С.151-160.
- [30] Патент РК № 30113. Способ переработки низкокачественных железистых бокситов по Байер-гидрогранатовой технологии. // Абдулвалиев Р.А., Гладышев С.В., Тастанов Е.А.; опубл.15.08.2016.
- [31] Патент РК №33499. Способ переработки красного шлама / Кенжалиев Б.К., Ахмадиева Н.К., Абдулвалиев Р.А., Гладышев С.В., Омарова С.А., Манапова А.И., Зиновьева Л.В. от 07.03.2019. Бюл. №10.
- [32] Гладышев С.В., Абдулвалиев Р.А., Кенжалиев Б.К. и др. Разработка технологии получения хромитового концентрата из шламовых хвостов обогащения // Комплексное использование минерального сырья - 2018. - № 1. - С.12-17. <https://doi.org/10.31643/2018/166445>

- [33] Дюсенова С.Б., Кенжалиев Б.К., Абдулвалиев Р.А., Гладышев С.В. Комплексная гидрохимическая переработка шламовых хвостов обогащения хромитсодержащих руд // Обогащение руд. - № 6. - 2018. - С.27-32.
- [34] Позмогов В.А., Кульдеев Е.И., Дорофеев Д.В., Имангалиева Л.М., Квятковская М.Л. Определение физико-химических свойств и фазового состава железистых песков глиноземного производства для изыскания путей их дальнейшей переработки // Комплексное использование минерального сырья. - 2018. - № 3. - С. 69-77. <https://doi.org/10.31643/2018/6445.19>
- [35] Lokhova N.G, Naimanbaev M.A, Baltabekova Zh. A., Kasymzhanov K. K. (2018). Sorption rerecovery and concentration of rare-earth metals from extraction phosphoric acid. Review. Kompleksnoe Ispol'zovanie Mineral'nogo syr'a. 306(3), 62–68. <https://doi.org/10.31643/2018/6445.18>
- [36] Кенжалиев Б.К., Есимова Д.М., Суркова Т.Ю., Аманжолова Л.У., Акчулакова С.Т. Подготовка продуктивных растворов для извлечения редкоземельных элементов // Вестник КазНУ.- 2018. - № 5. - С.367-373.
- [37] Патент РК №33153 Способ извлечения редкоземельных элементов из кремнистого сырья / Кенжалиева Б.К., Суркова Т.Ю., Юлусов С.Б., Пирматов Е.А., Дуленин А.П. от 01.10.2018
- [38] Агапова Л.Я., Кенжалиев Б.К., Абишева З.С., Килибаева С.К., Яхияева Ж.Е., Альтенова А.Н., Рузахунова Г.С. Получение никель-кобальтового концентрата из отходов жаропрочных никелевых сплавов // Труды Кольского научного центра РАН. Химия и материаловедение. - 2018. - №2 1/2018 (9), гл.2. - с. 798 - 803.
- [39] Паничкин А.В., Мамаева А.А., Дербисалин А.М., Кенжегулов А.К., Имбарова А.Т. Влияние состава наносимых на поверхность пленок твердых растворов на характеристики водородопроницаемых мембран из ниобия и тантала // Комплексное использование минерального сырья. – 2018. – №4. – С. 130-139. 121-129. <https://doi.org/10.31643/2018/6445.39>
- [40] Mamaeva, A. A., Kenzhegulov, A. K., & Panichkin, A. V. (2018). A Study of the Influence of Thermal Treatment on Hydroxyapatite Coating. Protection of Metals and Physical Chemistry of Surfaces, 54(3), 448–452. <https://doi.org/10.1134/s2070205118030115>