



УДК 622.349.5:621.039.007  
DOI: 10.31643/2021/6445.15



MPHTI 52.13

## Influence of the "pumping wells" technology on the indicators of in situ leaching of uranium

<sup>1</sup> Aliev S. B., <sup>2\*</sup> Omarbekov Ye.U.

<sup>1</sup> IPKON, Research Institute of Comprehensive Exploitation of Mineral Resources Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

<sup>2</sup> Satbayev University, Almaty, Kazakhstan

\* Corresponding author email: 13s\_yernur88@mail.ru; y.omarbekov@stud.satbayev.university

<p>Received: 07 March 2021 Peer reviewed: 17 April 2021 Accepted: 06 May 2021</p>	<p><b>ABSTRACT</b></p> <p>This paper presents the results of experimental research applications "pumping wells" when the mining of uranium deposits by the method of In-Situ Leach Mining ISL in mine "Karatau". Analyzed the experience results of uranium deposits development in the conditions of high-pressure nature of groundwater. The experimental works have been conducted using proposed "pumping wells" technology. The implementation of the proposed "pumping well" technology did not affect the Me and pH values in comparison with the actual technology, but it did reduce the production cost. It is proved that by using the proposed technology and schemes in conditions of high-pressure nature of groundwater reduces the cost of procurement of cables, significantly reducing the cost of acquisition of submersible pumps, savings in the end cap.</p> <p><b>Keywords:</b> Drillhole in situ leaching, high-pressure character, « pumping wells », pH factor, Me urangehalt, wellhead process piping.</p>
<p><b>Aliev Samat Bikitaevich</b></p>	<p><b>Information about authors:</b></p> <p>Doctor of Technical Sciences, Professor, Research Institute of Comprehensive Exploitation of Mineral Resources Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia; <a href="https://orcid.org/0000-0002-3699-8322">https://orcid.org/0000-0002-3699-8322</a>, Email: alsamat@gmail.com</p> <p>PhD student of Satbayev University, Almaty, Kazakhstan; <a href="https://orcid.org/0000-0003-1317-1303">https://orcid.org/0000-0003-1317-1303</a>, Email: 13s_yernur88@mail.ru; y.omarbekov@stud.satbayev.university</p>
<p><b>Omarbekov Yernur Urazgalievich</b></p>	

## Влияние «насосных скважин» на показатели выщелачивания урана

<sup>1</sup> Алиев С.Б., <sup>2\*</sup> Омарбеков Е.У.

<sup>1</sup> Институт проблем комплексного освоения недр им. академика Н.В.Мельникова Российской академии наук ИПКОН РАН, Москва, Россия

<sup>2</sup> Satbayev University, Алматы, Казахстан

\* Электронная почта автора: 13s\_yernur88@mail.ru; y.omarbekov@stud.satbayev.university

<p>Статья поступила: 07 марта 2021 Рецензирование: 17 апреля 2021 Принята в печать: 06 мая 2021</p>	<p><b>АННОТАЦИЯ</b></p> <p>В данной работе приведены результаты экспериментальных исследований применения «насосных скважин» при отработке месторождений урана методом подземного скважинного выщелачивания (ПСВ) на руднике «Каратау». Проанализирован опыт разработки уранового месторождения в условиях высоконапорного характера подземных вод и предложена технология «насосных скважин». Внедрения технологии «насосных скважин» позволяет снизить себестоимость добычи, а содержание урана в продуктивном растворе (ПР) и величина pH не изменяется. Доказана, что при использовании предлагаемой технологии и схемы обвязки технологического блока в условиях высоконапорного характера</p>
---	---

подземных вод уменьшаются затраты на закупку кабельной продукции, погружных насосов, экономятся средства на монтаж оголовников.

**Ключевые слова:** ПСВ – подземное скважинное выщелачивание, высоконапорный характер, «насосные скважины», рН- показатель ионов водорода, Me – содержание урана, обвязка скважин.

**Информация об авторах:**

**Алиев Самат Бикитаевич**

- Доктор технических наук, Институт проблем комплексного освоения недр им. академика Н.В.Мельникова, Российской академии наук, Москва, Россия; <https://orcid.org/0000-0002-3699-8322>, Email: [alsamat@gmail.com](mailto:alsamat@gmail.com)

**Омарбеков Ернур Уразгалиевич**

- PhD докторант Satbayev University, Алматы, Казахстан; <https://orcid.org/0000-0003-1317-1303>, Email: [13s\\_yernur88@mail.ru](mailto:13s_yernur88@mail.ru); [y.omarbekov@stud.satbayev.university](mailto:y.omarbekov@stud.satbayev.university)

## Введение

Глобальный мировой кризис усилил изменение мировых энергетических ориентиров в сторону ядерного топлива. Сегодня уран превратился в стратегический продукт глобальной экономики, на долю которого приходится выработка более 15% электроэнергии в мире [1].

Казахстан является самым большим мировым производителем урана, представляющим примерно 22% мировой добычи урана в 2018 году. Казатомпром производит уран, используя свои дочерние предприятия, совместные предприятия. 26 рудников объединены в 13 добывающие предприятия, все они расположены в Казахстане и осуществляют добычу методом подземное скважинное выщелачивание (ПСВ). Урановые месторождения в Казахстане разрабатываются на глубине до 750 метров с использованием экологически безопасного и экономически оправданного метода подземного скважинного выщелачивания [2].

Подземное скважинное выщелачивание является способом отработки рудных месторождений пластово-инфильтрационного типа без поднятия руды на поверхность, путем избирательного перевода ионов природного урана в продуктивный раствор непосредственно в недрах [3].

## Экспериментальная часть

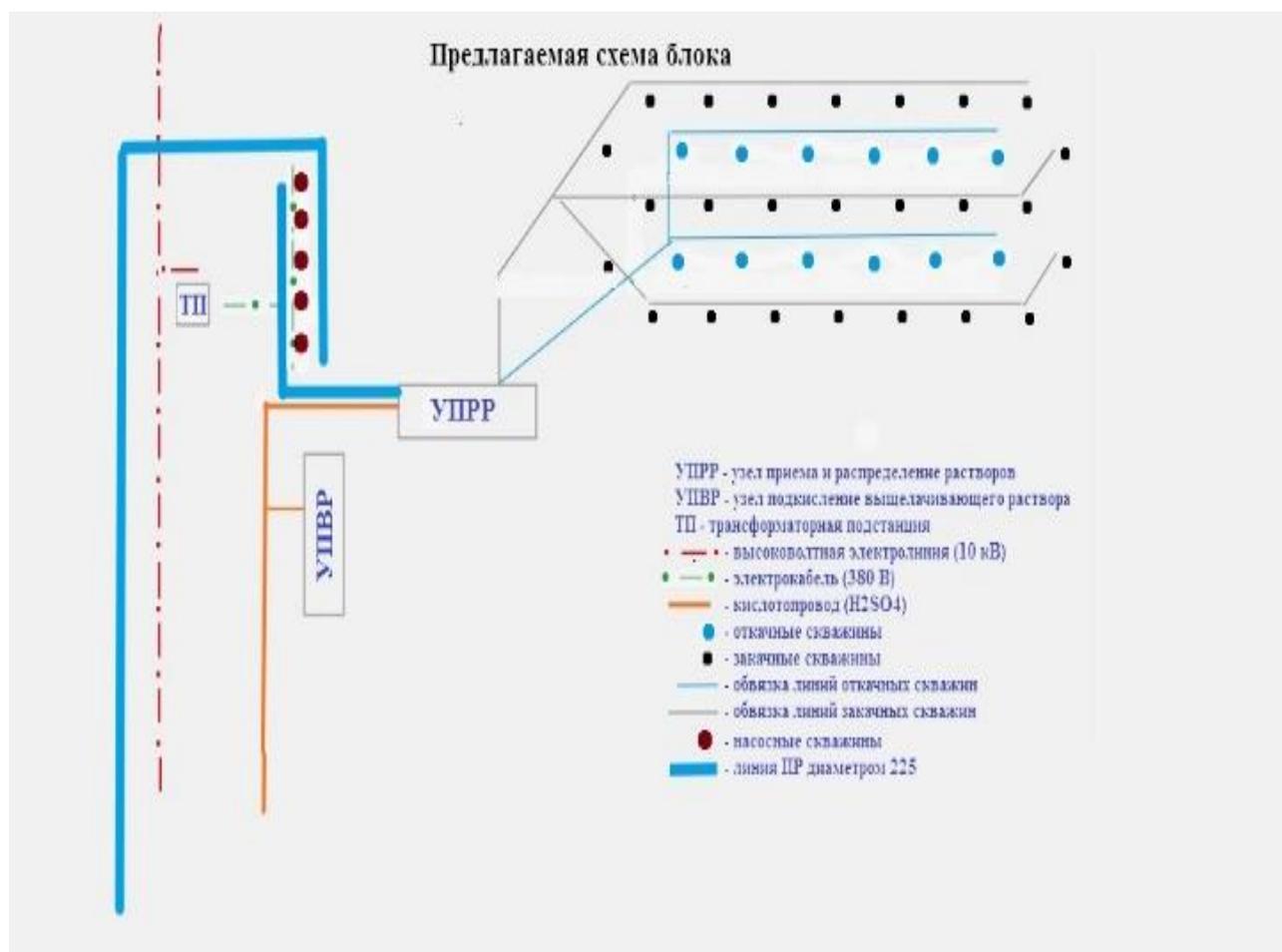
Экспериментальный блок находится на руднике «Каратау». На экспериментальном блоке 30 закачных скважин, 14 откачных

скважин, расстояние между закачной и откачной скважинами 30 м. Принята рядная схема вскрытия. Для проведения экспериментальных работ была предложена усовершенствованная схема обвязки технологических скважин (рисунок 1), суть которой заключается в сооружении откачных скважин в формате закачных; вблизи от трансформаторных подстанций глубиной 50-100 м сооружаются «насосные скважины», оборудованные глухой безфильтровой колонной, в них располагаются погружные насосы. Суммарная мощность насосов равна - оптимальной при традиционной схеме обвязки [4].

Насосные скважины с откачными соединены шлангами и представляют собой систему сообщающихся сосудов. Видимо, необходимым условием при этом должен быть - положительный напор подземных вод над дневной поверхностью и расположение насоса ниже динамического уровня. Минимальное число таких «насосных скважин» – одна на технологический блок [5].

Для правильного ведения процесса подземного выщелачивания, соблюдения технологического режима, анализа работы полигона, планирования добычи урана и расхода реагентов необходимо выполнять расчеты ряда геотехнологических параметров.

Показатели геотехнологического процесса – к основным геотехнологическим показателям относятся: степень извлечения полезного компонента, величина жидкое на твердое (Ж/Т), удельный расход реагента. Остальные технологические показатели (концентрация извлекаемого компонента в растворе, время выщелачивания и т.п.) являются производными [6].



**Рисунок 1** - Схема обвязки исследуемого блока в условиях высоконапорного характера подземных вод

Показатель pH имеет особое значение при добыче урана методом подземного скважинного выщелачивания. Для эффективного выщелачивания нужно добиться pH в диапазоне 1,5 – 2, в этой среде природный уран значительно лучше растворяется, но не всегда удаётся добиться одновременного или постепенного снижения pH показателя во всех скважинах [7].

При изучении материалов на исследуемом месторождении для выбора изучения процесса подземного скважинного выщелачивания основными показателями были приняты содержание урана в продуктивном растворе (Me) и водородный показатель (pH) [8]

### Результаты и их обсуждения

В ходе исследования были собраны все данные технологических этапов на экспериментальном блоке №32 и практикуемой блоке №33 на руднике «Каратау» (таблица 1) [9].

Обработкой данных таблиц были получены зависимости содержания урана к водородному показателю за отработанные этапы (рисунок 2).

Как показано на рисунке 2 изменения pH-1 и pH-2 от 4,5 до 3 содержание урана Me-1 и Me-2 в продуктивном растворе соответственно повышается с 20 мг/л до 50 мг/л, а при снижении показатели pH-1 и pH-2 от 3 до 2 содержание урана в обоих случаях резко повышается до максимального значения 200 мг/л и 350 мг/л соответственно. В экспериментальном блоке содержание урана в продуктивном растворе постепенно снижается от 200 мг/л до 120 мг/л при pH=1,7-1,8, а в практикуемом блоке также содержание урана в продуктивном растворе постепенно снижается от 350 мг/л до 200-230 мг/л при pH=1,8-2. Необходимо отметить, что содержание урана прямо пропорционально к запасу урана, и поэтому содержание урана экспериментального блока меньше, чем в практикуемом блоке. Известно, что активное выщелачивание при ПСВ начинается при  $pH \leq 2$  и содержание урана будет постепенно падать до минимального значения, потому что извлечение урана будет расти до 70% и дальше начнется стадия довыщелачивания [10, 11].

Таблица 1 - Основные показатели практикуемого и экспериментального блока

Показатели практикуемого блока			Показатели экспериментального блока		
Время выщелачивание, сутки	pH-2 – водородный показатель	Me-2 – содержание урана	Время выщелачивание, сутки	pH-1 – водородный показатель	Me-1 – содержание урана
1	3,31	26	1	4,64	4
2	3,00	23	2	4,38	4
3	3,15	22	3	3,73	4
4	3,16	25	4	3,34	5
5	2,05	21	5	3,18	6
...	...	...	...	...	...
40	2,02	346	40	2,05	109
41	2,04	349	41	2,03	111
42	2,07	345	42	1,87	129
43	1,93	350	43	1,90	139
44	2,14	351	44	1,82	145
45	2,02	352	45	1,89	148
46	2,02	355	46	1,84	153
47	2,04	354	47	1,87	158
48	2,00	356	48	2,01	162
49	1,96	352	49	1,81	165
50	1,98	361	50	1,87	175
...	...	...	...	...	...
187	1,93	235	187	1,62	120
188	1,94	241	188	1,61	121
189	2,04	233	189	1,70	124
190	2,01	231	190	1,73	118
191	1,96	235	191	1,70	118
192	2,01	236	192	172	119



**Рисунок 2** - Основные показатели практикуемого и экспериментального блока

### Выводы

Предложенная усовершенствованная схема обвязки технологических скважин, суть которой заключается в сооружении откачных скважин в формате закачных позволяет снизить затраты на горно-подготовительные работы и соблюсти рациональный режим работы скважин. Проведенными опытными работами

установлено, что при применении технологии «насосных скважин» основные показатели подземного скважинного выщелачивания урана, такие как содержание урана в продуктивном растворе и водородный показатель остаются такими же, как и при базовой технологии.

**Конфликт интересов.** От имени всех авторов корреспондент автор заявляет, что конфликта интересов нет.

**Ссылка на данную статью:** Алиев С.Б., Омарбеков Е.У. Влияние «насосных скважин» на показатели выщелачивания урана // *Комплексное использование минерального сырья = Complex Use of Mineral Resources = Mineraldik Shikisattardy Keshendi Paidalanu.* -2021. №2( 317), pp.30-36. <https://doi.org/10.31643/2021/6445.15>

**Cite this article as:** Aliev S. B., Omarbekov Ye.U. Vliyanie «nasosnih skvajin» na pokazateli vischelachvaniya urana [Influence of the "pumping wells" technology on the indicators of in situ leaching of uranium] // *Kompleksnoe Ispol'zovanie Mineral'nogo Syr'a. = Complex Use of Mineral Resources = Mineraldik Shikisattardy Keshendi Paidalanu.* - 2021. № 2 (317), pp. 30-36. (In Rus.). <https://doi.org/10.31643/2021/6445.15>

## «Сорғыш ұңғымалары» технологиясының уранды ерітінділеу жылдамдығына әсері

<sup>1</sup> Алиев С.Б., <sup>2\*</sup> Омарбеков Е.У.

<sup>1</sup> Академик Н.В.Мельников атындағы Жер қойнауын кешенді игеру мәселелері институты, Ресей ғылым академиясы PFA, Мәскеу, Ресей

<sup>2</sup>Satbayev University, Алматы, Қазақстан

\* Автордың электрондық поштасы: 13s\_yernur88@mail.ru; y.omarbekov@stud.satbayev.university

Мақала келді: 07 наурыз 2021  
Рецензенттен өтті: 17 сәуір 2021  
Қабылданды: 06 мамыр 2021

### ТҮЙІНДЕМЕ

Бұл жұмыста Қаратау кенішінде жерасты ерітінділеу әдісімен уран кенорындарын игеру кезінде «сорғыш ұңғымалары» технологиясын қолданудың тәжірибелік зерттеу нәтижелері келтірілген. Жер асты суларының жоғары қысымды сипаттағы жағдайында уран кен орнын игеру тәжірибесі талданып, «сорғыш ұңғымалар» технологиясы ұсынылған. «Сорғыш ұңғымалар» технологиясын енгізу өндіріс құнын төмендетуге мүмкіндік береді, ал уранның өнімдік ерітіндісіндегі (ӨЕ) уран мөлшері және рН мәні өзгермейді. Ұсынылған технологияны және технологиялық қондырғының құбырлар схемасын жер асты суларының жоғары қысымды сипаттағы жағдайында қолданған кезде кабель өнімдерін, суасты сорғыларын сатып алуға шығындар азаятындығы, ұңғымалардың бастарын монтаждауға жұмсалатын қаражат үнемделетіндігі дәлелденді.

**Түйін сөздер:** жерасты ұңғымамен ерітінділеу (ҰЖЕ), жоғары қысымды сипат, «сорғыш ұңғымалары», рН-сутегі иондарының көрсеткіші, Ме – уранның мөлшері, ұңғымаларды жалғау.

### Авторлар туралы ақпарат:

**Алиев Самат Бикитаевич**

- Техника ғылымдарының докторы, Н.В.Мельникова атындағы жер қойнауын кешенді игеру проблемалар институты Ресей ғылым академиясы, Мәскеу, Ресей.; <https://orcid.org/0000-0002-3699-8322>, Email: alsamat@gmail.com

**Омарбеков Ернур Уразғалиевич**

- Satbayev University PhD докторанты, Алматы, Қазақстан; <https://orcid.org/0000-0003-1317-1303>, Email: 13s\_yernur88@mail.ru; y.omarbekov@stud.satbayev.university

## Литература

- [1] Суходолов А.П. Мировые запасы урана: перспективы сырьевого обеспечения атомной энергетики // Известия Иркутской государственной экономической академии. 2010. № 4(72) С.166-169
- [2] Boytsov A. Worldwide ISL Uranium Mining Outlook: presentation//Proceedings of the International Symposium on Uranium Raw Material for the Nuclear Fuel Cycle: Exploration, Mining, Production, Supply and Demand, Economics and Environmental Issues (URAM-2014),23-27 June 2014.-Vienna: IAEA, 2014. P.1-23
- [3] Носков М.Д. Добыча урана методом скважинного подземного выщелачивания, Учебное пособие Северск 2010
- [4] Kenzhaliyev, B. K., Surkova, T. Y., & Yessimova, D. M. (2019). Concentration of rare-earth elements by sorption from sulphate solutions. *Kompleksnoe Ispol'zovanie Mineral'nogo syr'â/Complex Use of Mineral Resources/Mineraldik Shikisattardy Keshendi Paidalanu*, 3(310), 5–9. <https://doi.org/10.31643/2019/6445.22>
- [5] Юсупов Х. А., Алиев С.Б., Джакупов Д.А., Ельжанов Е.А. Исследование применения бифторида аммония для химической обработки скважин. Горный журнал, Москва (Россия), №4, 2017, с.57-60. DOI 10/17580/gzh.2017.04.11
- [6] Алиев С.Б., Захаров В.Н., Кенжин Б.М., Смирнов Ю.М. Адаптивный метод вибрационно-сейсмического воздействия на повышение эффективности подземного выщелачивания металлов// «Уголь», № 2, 2019 г. С. 76-80. DOI: 10.18796/0041-5790-2019-2-76-80.
- [7] MANUAL OF ACID IN SITU LEACH URANIUM MINING TECHNOLOGY. - IAEA, VIENNA, 2001, IAEA-TECDOC-1239, ISSN 1011–4289, © IAEA, 2001 // Printed by the IAEA in Austria, August 2001
- [8] Omarbekov Ye., Yusupov Kh. Improving the technology of uranium mining under the conditions of high groundwater pressure. *Mining of Mineral Deposits*, 14(3), 112-118, 2020
- [9] Юсупов Х. А., Омарбеков Е. У. Влияние технологии «насосных скважин» на дебит откачных скважин // Комплексное использование минерального сырья. -2020. -№2 (313). -С.14-18. <https://doi.org/10.31643/2020/6445.12>
- [10] Omarbekov Ye.U. Application of leach ing techn ology at the uranium deposits sites with sig nificant static leve ls of underground water. *Proceedings of the IV International Scientific and Practical Conference (April 1–3, 2020, Ivano-Frankivsk)*, Volume 2.
- [11] Abdikerim B.E., Kenzhaliyev B.K., Surkova T.Yu., Didik N., Berkinbayeva A.N., Dosymbayeva Z.D., Umirbekova N.S. Uranium

extraction with modified sorbents. Kompleksnoe Ispol'zovanie Mineral'nogo Syr'a = Complex Use of Mineral Resources = Mineraldik Shikisattardy Keshendi Paidalanu. 2020. № 3 (314), pp. 84-90. <https://doi.org/10.31643/2020/6445.30>

### Reference

- [1] Sukhodolov A.P. Mirovyeye zapasy urana: Perspektivy syr'yevogo obespecheniya atomnoy energetiki (World Uranium Reserves: Prospects for nuclear power raw materials). Izvestiya IGEA = Proceedings of the ISEA. **2010**. 4(72), 166-169 (in Russ.).
- [2] Boytsov A. Worldwide ISL Uranium Mining Outlook: presentation//Proceedings of the International Symposium on Uranium Raw Material for the Nuclear Fuel Cycle: Exploration, Mining, Production, Supply and Demand, Economics and Environmental Issues (URAM-2014), 23-27 June 2014.-Vienna: IAEA, 2014. P.1-23
- [3] Noskov M.D. Dobicha urana metodom skvazhinnogo podjemnogo vychelacivnya, Uchebnoe posobie Sebersk 2010
- [4] Kenzhaliyev, B. K., Surkova, T. Y., & Yessimova, D. M. (2019). Concentration of rare-earth elements by sorption from sulphate solutions. Kompleksnoe Ispol'zovanie Mineral'nogo syr'â/Complex Use of Mineral Resources/Mineraldik Shikisattardy Keshendi Paidalanu, 3(310), 5–9. <https://doi.org/10.31643/2019/6445.22>
- [5] Yusupov Kh.A., Aliyev S.B., Djakupov D.A., Yelzhanov Ye. A. Issledovanie primeneniya biftorida ammoniya dlya khimisheskoi obrabotki skvajin. Gorniy journal, Moskva (Rossiya), №4, 2017, p. 57-60. DOI 10/17580/gzh.2017.04.11
- [6] Aliyev S.B., Zakharov B.N., Kenjin B.M., Smirnov Yu.M. Adaptivniy metod vibracionno-seismicheskogo vozdeistviya na povisheniye effektivnosti podzemnogo vychelashivaniya metallov// «Ugol», №2, 2019 g. p. 76-80. DOI: 10.18796/0041-5790-2019-2-76-80.
- [7] MANUAL OF ACID IN SITU LEACH URANIUM MINING TECHNOLOGY. - IAEA, VIENNA, 2001, IAEA-TECDOC-1239, ISSN 1011–4289, © IAEA, 2001 // Printed by the IAEA in Austria, August 2001
- [8] Omarbekov Ye., Yusupov Kh. Improving the technology of uranium mining under the conditions of high groundwater pressure. Mining of Mineral Deposits, 14(3), 112-118, 2020
- [9] Yusupov Kh. A., Omarbekov E. U. Vliyaniye tekhnologii «nasosnykh skvazhin» na debit otkachnykh skvazhin [The effect of «pumping wells» procedure on the flow rate of extraction wells] // Kompleksnoe Ispol'zovanie Mineral'nogo Syr'a = Complex Use of Mineral Resources. - 2020. - No. 2 (313). - S. 14-18. (In Russ.). <https://doi.org/10.31643/2020/6445.12>
- [10] Omarbekov Ye.U. Application of leach ing techn ology at the uranium deposits sites with sig nificant static leve ls of underground water. Proceedings of the IV International Scientific and Practical Conference (April 1–3, 2020, Ivano-Frankivsk), Volume 2.
- [11] Abdikerim B.E., Kenzhaliyev B.K., Surkova T.Yu., Didik N., Berkinbayeva A.N., Dosymbayeva Z.D., Umirbekova N.S. Uranium extraction with modified sorbents. Kompleksnoe Ispol'zovanie Mineral'nogo Syr'a = Complex Use of Mineral Resources = Mineraldik Shikisattardy Keshendi Paidalanu. 2020. № 3 (314), pp. 84-90. (In Eng.). <https://doi.org/10.31643/2020/6445.30>