

## Environmental impact assessment and natural-climatic, geocological characteristics of uranium mining enterprises of Karatau LLP

A.S. Berkinbayeva<sup>1\*</sup>, B. Sabitkyzy<sup>2</sup>, K.M. Sembek<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan

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

\*Corresponding author: [aknur.b78@mail.ru](mailto:aknur.b78@mail.ru)

**Abstract.** This article discusses the conduct of geocological research, the need for which depends on the process of uranium mining by underground well leaching, the relevance of environmental problems. As a result of geocological studies, data on soil, vegetation cover, underground water and atmospheric air pollution will be obtained, which characterize the state of the environment. The high concentration of chemical elements and their compounds allows us to identify the causes and sources of contamination. Research methods necessary for conducting research are determined considering specific natural-territorial complexes (NTC), geomorphological, geochemical and other conditions. They may include the results of previously conducted geological, engineering-geological, hydrogeological and geochemical studies.

**Keywords:** ground water, environmental problems, the method of leaching, geocology, soil, the concentration.

### 1. Кіріспе

Қазіргі таңда металлургияның дамуы минералды және энергетикалық шикізатты өндіру мен тұтыну ауқымының қарқынды өсуімен ерекшеленді. Қазақстан өнеркәсібі дамуының басты бағыты – қазба байлықтарды игеру. Соның ішінде уран өндірісінің өзіндік ерекше орны бар. Қазақстанда табиғи радиактивтіліктің жоғары деңгейін беретін уран беруші алты ірі геологиялық өңір, көптеген шағын кен орындары мен уран байқалатын кеніштер, уран өндіруші кәсіпорындар мен ядролық жарылыстар жасалған жерлерде, шоғырланған қалдықтар бар [1].

Негізгі қызмет көрсету секторлары – металлургия өнеркәсібі, энергетика, атом, телекоммуникациялар және ғылыми-зерттеу қызметі. Минералдық және энергетикалық шикізатты және оны қайта өңдеудің маңызды өнімдерін әлемдік тұтыну үнемі өсіп келеді және әрбір 15 жыл сайын екі еселенеді.

### 2. Зерттеу әдістері

Мақалада уран өндіретін «Қаратау» ЖШС кәсіпорнының өндірістік қызметі кендерді күкірт қышқылды ұңғымалы шаймалауға негізделген. Түркістан облысы Созақ ауданында орналасқан «Қаратау» ЖШС кәсіпорнының қоршаған ортаға зиянды заттарын шығаруының әсерін бағалау болып табылады. Жерасты шаймалау әдісімен өндірілген кезеңдегі өнімнің жалпы көлемі 2021 жылы қолданыстағы инфрақұрылымдарды жаңғыртуға қаржы салудың ұлғаюына байланысты 4.6 миллион фунтқа U308 өсті [2].

Уранды 1-суретте көрсетілгендей жерасты ұңғымалық шаймалау технологиялық схемасынан тұрады:

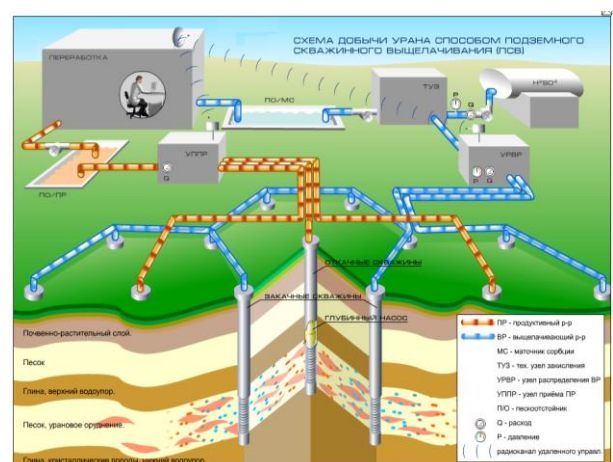
1) өндіру ұңғымалары геотехнологиялық полигонында уранды күкірт қышқылы ерітінділерімен жерасты ұңғымалық шаймалау (ЖҰШ);

2) сору ұңғымаларынан өнімдік ерітінділерді сораптық ерітінді көтеру;

3) технологиялық қабылдау және тарату түйіндерінде (ҚТТ), өнімдік ерітінділерді (ӨЕ) жинау;

4) ӨЕ магистральды құбыр өткізгіші бойынша ураны бар ерітінділерді ЖҰШ руднигі алаңының ӨЕ құм тұндырғышына тасымалдау;

5) технологиялық қабылдау және тарату түйіндерінде (ҚТТ) қайтымды ерітінділерді күкірт қышқылымен қышқылдандыру, олар күкірт қышқылы қоймасының руднигі өндірістік алаңында орналасады [2].



Сурет 1. Жерасты ұңғылап шаймалау тәсілімен уран өндіру схемасы

Уранды өнімдік көкжиекте көлденең немесе әлсіз көлбеу жататын пласттары бар, борпылдақ тұнбалы суланған шөгінділерде жатқан рудадан уранды жерасты ұңғымалық шаймалау үшін, жер бетінен бұрғыланған айдау және сору ұңғымалары жүйелерін қолданады [2].

Рудалық көкжиектен өткенде, күкірт қышқылы ерітінділері урандық минералдармен әрекеттесіп, оны шаймалайды – ерітін күйге айналдырады.

Сору ұңғымаларынан өнімдік ерітінділер жер бетіне батырылатын ұңғымалық сораптармен көтеріледі де, технологиялық қабылдау және тарату түйіндеріне (ҚТТ) барады, содан жинаушы коллектор бойынша (магистральды құбырөткізгіш) ЖҰШ руднигі өндірістік алаңында орналасқан өнімдік ерітінділер құм тұндырғышына тасымалданады.

«Қаратау» кәсіпорынында уран өндіру 2-суретте көрсетілгендей Қазақстанның барлық басқа кәсіпорындарындағы сияқты жерасты ұңғымалық сілтiсiздендiру тәсiлi арқылы жүзеге асырылады [3].

Бұл тәсіл экологиялық таза болып саналады. Кен орнындағы радиациялық жағдай үлкен қалалардағы радиациялық жағдайдан ешқандай айырмашылығы жоқ.



Сурет 2. «Қаратау» кәсіпорынында уран өндіру

ӨЕ тұндырғыштан ағартылған ерітінділер орталық сораптық станция (ОСС) сораптарымен ерітінділерді өңдеу цехының сорбциялық бөліміне келеді.

Уранды шаймалау берілген концентрацияға дейін күкірт қышқылымен нығайтылатын сорбция аналығымен жасалады. Қышқылдандыру және белсенді шаймалау сатысында гидродинамикалық жеке блоктар бойынша және жалпы аймақтарда тепе-теңдікті (айдалатын және сорылатын ерітінділер көлемінің тепе-теңдігін) сақтау керек. Берілген шарт сақталса, блоктар (аймақтар) ұңғымалар жүйесі сүзудің стационарлы режимінде жұмыс істейді, солай ерітінділердің руда сыятын көкжиек қимасында айналым аймағының бөлінуі, өнімдік ерітінділердің минималды сұйылуы және жалпы жақсы басқару қамтамасыз етіледі [4].

Ұңғымаларды реагенттік өңдеу – ұңғымалар өнімділігін қалпын келтірудің химиялық жолы, арнайы химиялық ерітінділер сүзу колоннасына және сүзу алдындағы аймаққа кольматирлеуші түзілулерді еріту үшін беріледі. Ұңғымаларды механикалық қоспалар мен шөгінділерден тазалау. Ұңғымаларды тазалау қажеттілік бойынша өткізіледі, жұмыс көлемі ағымдық жылға техникалық тапсырмамен анықталады.

Технологиялық ұңғымаларды реагенттік өңдеу құмды тығындарды жою, сүзу колоннасын және тұндырғыштарды жуу, ұңғыманы эрлифтті айдау сияқты жөндеу-қалпына келтіру жұмыстарынан кейін жасалады.

ЖҚЖ реагенттік әдістері келесі жолмен жүзеге асырылады [5]:

а) сүзгіштер және сүзу жанындағы аймақты 10-20% тұз қышқылымен өңдеу;

б) сүзгіштер және сүзу жанындағы аймақты 50-98% күкірт қышқылымен өңдеу;

Қышқылды сүзгіштерді орнату аймағына беру жүзеге асырылады:

а) ұңғымаға еркін құю және ары қарай оны буферлі сұйықтықпен (шаймалаушы ерітіндімен, техникалық сумен) сұйықтықтың жер бетінен төмен статикалық деңгейі кезінде сүзу аймағына қысу;

б) сораппен шланг арқылы еріксіз беру, сұйықтықтың жер бетінен жоғары статикалық деңгейі кезінде ұңғыма шеттерін герметизациялау (өздігінен ағу).

Бұрғылау агрегатының қондырғысы мен механизмдері келесі жұмыстарды орындауға рұқсат береді:

1) қосымша қондырғы мен технологиялық аспаптар тіркелген бұрғылау агрегатының жолмен және жолсыз жермен автономды қозғалуы;

2) бұрғылау снарядын ұңғымаға белгілі технологиясы бар операцияларға технологиялық аспаптармен (жыныстарды бұзатын ұштар, пакералер, свабтар және т.б.) түсіру;

3) технологиялық аспаптармен бұзу және жуу сұйықтығымен жер бетіне сүзу колоннасы мен бұтадағы кольматациялық жиналымдарды шығару;

4) ұңғыманы сумен және оны кольматанттардан тазалауды жақсартатын арнайы жуу сұйықтықтарымен жуу;

5) сүзгіш пен сүзу аймағына белгі ауысымды, гидродинамикалық әсер, бұрғылау снарядымен отырғызылу колоннасын жүргізу;

б) ұңғыманы реагенттік өңдеуде химреагенттерді сүзу аймағына жіберу;

Өндіру блогын (аймақ) қолданудан соңғы шығару жер қойнауы шаймаланатын аймақты «жуу» болып табылады. Жұмыс істелген жойылатын аймақтарда жер беті ережелер бойынша рекультивация өтеді.

Блоктың жұмысын аяқтау көрсеткіштері - жер қойнауынан уранды шығару жобалық деңгейге жетуі -  $30 \text{ мг/дм}^3$  төмен минималды-рентабельді деңгейден төмендеуі.

Қолдану блоктарын (аймақтарды) өшіру алдында бақылау ұңғымалары бұрғыланады, олар жеке блоктар бойынша таңдалатын аймақтарды тексеру нәтижелерін талдау негізінде белгіленеді, бір уақытта геофизикалық, гидрогеологиялық және зертханалық зерттеулер кешенін өткізеді, оның мақсаты келесі [6-7]:

1) Қолдану аймағының уран қорын өңдеу толықтығын бекіту;

2) Жер қойнауында өнімдік ерітінділері сақталған алаңдарды ерекшелеу;

3) Аралық су тасушы көкжиектерге қышқыл ерітінділер мен уранның ену дәрежесін анықтау.

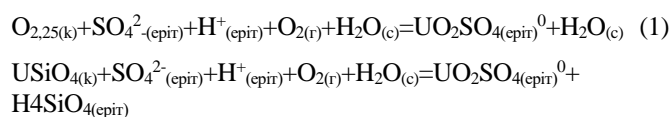
4) Технологиялық ерітінділердің жұмыстық өнімдік су тасушы көкжиекте ағу дәрежесін жерасты суларының табиғи ағыны әсерінен өшірілетін аймақ шектерінен тыс анықтау. Қарастырылған шаралар оларды орындау мерзімі және физикалық көлеміне сәйкес кәсіпорынның негізгі жұмысының жылдық жобаларына кіреді.

Төменде геотехнологиялық полигондағы технологиялық үрдістердің есептік көрсеткіштері келтірілген (1-кесте) [8-9].

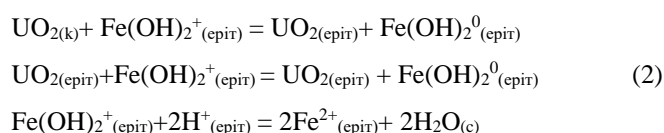
**Кесте 1. ГТП технологиялық үрдістерінің есептік көрсеткіштері**

№ п/с	Сипаттама	2013	2014	2015	2016	2017	Барлығы
1	Өндірістік бағдарлама, т	2030	2030	2030	2030	2030	10150
2	Жұмыс істейтін блоктар саны, дн	39	48	49	52	41	
3	Жыл басындағы қор күйі, соның ішінде						
4	Ашылған, т	4167	4542	4562	4869	5486	
5	Дайындалған, т	3347	3775	3700	4478	4011	
6	Өндіруге дайын, т	2933	2792	3008	3684	2353	
7	Қор өсуі, т	-	-	-	-	-	-
7.1	Ашылған, т	2634	2276	2563	2873	509	10855
7.2	Дайындалған, т	2687	2181	3034	1789	1746	11437
7.3	Өндіруге дайын, т	2118	2472	2932	925	2881	11328
8	Қорлардың жыл соңындағы күйі						
9	Ашылған, т	4542	4562	4869	5486	3739	
10	Дайындалған, т	3775	3700	4478	4011	3501	
11	Өндіруге дайын, т	2792	3008	3684	2353	2978	
12	Қышқылдандыру						
13	Қышқылдандыру орташа ұзақтығы, күн	45-55	45-55	45-55	45-55	45-55	45-55
14	Қышқылдандыру кезіндегі қышқылдың орташа концентрациясы, г/дм <sup>3</sup>	18-20	18-20	18-20	18-20	18-20	18-20
15	Қышқылдандыруға берілген ерітінділер, м <sup>3</sup>	1177	1240,1	2283	1217	532	6449
16	92.5% күкірт қышқылы шығыны, т	21193	24129	41100	21906	9578	117906
16.1	92.5% күкірт қышқылының 1кг уранға меншікті шығыны, кг/кг	10.0	9.8	14.0	23.7	3.3	10.4
16.2	92.5% күкірт қышқылының 1т ГРМ меншікті шығыны, кг/кг	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
17	Белсенді шаймалау мен шаймалау						
18	Өнімдік ерітінділер көлемі, мың м <sup>3</sup>	12528.7	13161.4	13601.7	13601.7	13601.7	66495
19	ӨЕ уран мөлшері, т	2059.6	2059.3	2059.3	2059.3	2059.3	10296.8
20	ӨЕ уран орташа концентрациясы, г/л	164	156	151	151	151	155

Уранды ЖҰШ химиялық үрдісін сипаттау. жерасты шаймалау үрдістерінің химиясы күкірт қышқылды жұмыстық ерітінділердің U (IV) оксид және силикаттармен әрекеттесуі реакция (3) теңдеулерімен сипатталады:



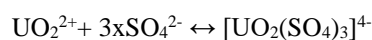
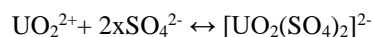
Қышқыл ортада бас тотықтырғыштан U (IV) уранмен сингенетикалық үш валентті темірдің гидролизденген түрлері шығады: FeOH<sup>2+</sup>, Fe(OH)<sup>+</sup>, Fe2(OH)<sup>+4</sup> және аз мөлшерде Fe<sup>+3</sup>. Қышқыл ортада уран оксидтерінің тотығу үрдісі сатылы сипатта болып, реакция теңдеулерімен сипатталады (2):



Қышқыл ортада уранды қосымша тотықтырғыш болат материалдар мен жабдықтарды пассивациялау үшін күкірт қышқылымен берілетін азот қышқылы болып табылады. Алты валентті уран қосылыстары рудадан тотықтырғышсыз бөлінеді, карбонатты ортада да солай.

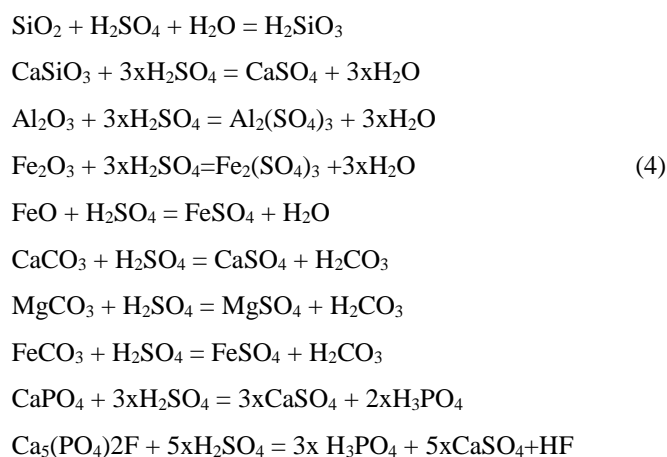
Уранды шаймалау температурасын 50°C жоғарлату 25°C байқалатын қатты және сұйық фазалар облыстарын өзгертпейді, ол тек ЖҰШ үрдісінің кинтеикасына ғана оң әсер етеді.

Күкірт қышқылы ерітінділерінде уранил ионы сульфат және биосульфат иондарымен қайтымды реакциямен анионды уранил-сульфатты кешендер түзеді: UO<sub>2</sub><sup>2+</sup> + HSO<sub>4</sub><sup>-</sup> ↔ [UO<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>]<sup>+</sup> + H<sup>+</sup>



Қышқыл ортада уранның басты формасы уранилдың үшсульфатты кешені [UO<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>]<sup>4-</sup> болып табылады. Сол түрде уран анионалмасу шайырларымен жұтылады. Уранилдың үшсульфатты кешені үш түрі де ерітіндіде тепе-теңдікте орналасады.

Руда мен жыныстарда күкірт қышқылымен шаймалау кезінде қоспалардың әрекеттесу реакциялары келесі реакция теңдеулерімен сипатталады.



**3. Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау**

Шаймалаудың қышқылдық әдісінде реагент шығыны негізінен руданың урандық емес минералдарымен анықталады. Қышқылдың негізгі бөлігі кальций, магний, темір карбонаттарын ерітуге шығындалады, олар

сұйылтылған қышқылдармен оңай әрекеттеседі. Карбонаттар мөлшері жоғары болса (2% аса), шаймалаудың қышқылдық әдісі экономикалық тиімсіз болады.

Зерттеулер жүргізу үшін қажетті зерттеу әдістері, нақты табиғи-аумақтық кешендерді (КБП), геоморфологиялық, геохимиялық және басқа да жағдайларды ескере отырып айқындалады. Олар бұрын жүргізілген геологиялық, инженерлік-геологиялық, гидрогеологиялық және геохимиялық зерттеулердің нәтижелерін қамтуы мүмкін.

Геохимиялық зерттеулердің нәтижелері кәсіпорынның әсер ету аймағын анықтауға және осы өндіріске тән химиялық элементтердің тізбесін белгілеуге мүмкіндік береді.

Ұңғымалы шаймалау әдісімен пайдалы қазбалардың кен орындарын игеру қоршаған ортаға аз әсер ететіндігі көрсетілген, және де жерасты шаймалау процесінде жыныстар мен қалдық қоймалары пайда болмайды, геологиялық құрылымдардың тұтастығы бұзылмайды. Ауа бассейнінің және жер бетінің ластануы, дәстүрлі тау-кен әдістеріне қарағанда әлдеқайда аз.

Зерттеуде ластаудың негізгі көздері анықталды. Кәсіпорынның барлық өндірістік аймақтардағы шығарылатын шығындыларында атмосфераға күкірт қышқылы, азот диоксиді, азот және көміртегі оксидтері, көміртектің бөлінетіні анықталды.

Бүгінде уран тек тапсырыспен ғана өндіріледі. Жаңа кен орындарын игеру өтінімдер пакетін қалыптастыру шартымен басталады. Екі кен басқармасы «Қазатомөнеркәсіп» ҰАК АҚ-на тиесілі Степное және Орталық, жыл сайын жылына екі мың тоннаға дейін уран

өндіреді. Енді Созақ ауданында уран өндірумен айналысатын екі шетелдік компания да айналысады. «КАТКО» уран өндіру жөніндегі қазақстан-француз бірлескен кәсіпорны шикізат өндіруге кірісті.

#### Әдебиеттер / References

- [1] Alekseenko, V.A. (2010). *Jekologicheskaja geohimija. M.: Logos*
- [2] Gromov, B.V. (2018). *Vvedenie v himicheskuyu tehnologiju urana. Moskva: Atomizdat*
- [3] Order of the Minister of Environmental Protection of the Republic of Kazakhstan dated April 24, 2007 No. 123-p. *Ob utverzhenii Pravil soglasovaniya programm proizvodstvennogo jekologicheskogo kontrolja i trebovanij k otchetnosti po rezul'tatam proizvodstvennogo jekologicheskogo kontrolja*
- [4] Trofimov, V.T., Korolev, V.A., Gerasimova, A.S. (2008). *Klassifikacija tehnogennyh vozdeystvij na geologicheskiju sredu. Geojekologija, Inzhenernaya geologija, Gidrogeologija i geokriologija, (5), 20-23*
- [5] Mamilov, V.A. (2010). *Dobycha urana metodom podzemnogo vyshhe-lachivaniya. Moskva: Atomizdat*
- [6] Lucenko, I.K., Beleckij, V.I., Davydova, L.G. (2001). *Bes-shahtnaja razrabotka rudnyh mestorozhdenij. Moskva: Nedra*
- [7] Kajukov, P.G. (2010). *Kazakstan Respublikasyndagy radiacijalyk zhagdajdy zertteu turaly esepтер: 011 Bardarlama. Almaty: Volkovgeologija*
- [8] Mazalov, I.F. (2012). *Onerkasiptin radioaktivti jekologijasy. Almaty*
- [9] Grenthe, I., Fuger, J., Konings, R., Lemire, R.J., Muller, A.B., Nguyen-Trung, C. & Wanner, J. (2010). *The Chemical Thermodynamics of Uranium. New York: Elsevier*

## Уран өндіруші «Қаратау» ЖШС кәсіпорынының қоршаған ортаға әсерін бағалау және табиғи-климаттық, геоэкологиялық сипаттамасы

А.С. Беркинбаева<sup>1</sup>, Б. Сәбитқызы<sup>2</sup>, К.М. Сембек<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Алматы технологиялық университеті, Алматы, Қазақстан

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

\*Корреспонденция үшін автор: [aknur.b78@mail.ru](mailto:aknur.b78@mail.ru)

**Андатпа.** Бұл мақалада геоэкологиялық зерттеулерді жүргізуді қарастырады, олардың қажеттілігі жер асты ұңғылап шаймалау әдісімен уран өндіру процесіне, экологиялық проблемалардың өзектілігіне байланысты. Зерттеу объектісі құрамында геоэкологиялық зерттеу нәтижесінде қоршаған ортаның жай-күйін сипаттайтын топырақ, өсімдік жамылғысының, жер асты сулары мен атмосфералық ауаның ластануы туралы мәліметтер алынатын болады. Химиялық элементтер мен олардың қосылыстарының жоғары концентрациясы ластану себептері мен көздерін анықтауға мүмкіндік береді. Зерттеулер жүргізу үшін қажетті зерттеу әдістері, нақты табиғи-аумақтық кешендерді (КБП), геоморфологиялық, геохимиялық және басқа да жағдайларды ескере отырып айқындалады. Олар бұрын жүргізілген геологиялық, инженерлік-геологиялық, гидрогеологиялық және геохимиялық зерттеулердің нәтижелерін қамтуы мүмкін.

**Негізгі сөздер:** жер асты сулары, экологиялық проблемалар, шаймалау әдісі, концентрация.

## Оценка воздействия на окружающую среду и природно-климатические, геоэкологические характеристики уранодобывающих предприятий ТОО «Каратау»

А.С. Беркинбаева<sup>1</sup>, Б. Сәбитқызы<sup>2</sup>, К.М. Сембек<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Алматынський технологический университет, Алматы, Казахстан

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

\*Автор для корреспонденции: [aknur.b78@mail.ru](mailto:aknur.b78@mail.ru)

**Аннотация.** В данной статье рассматривается проведение геоэкологических исследований, необходимость которых зависит от процесса добычи урана методом подземного скважинного выщелачивания, актуальности экологических проблем. Объектом исследования является в результате выполнения геоэкологических исследований будут получены сведения об загрязнении почвенного, растительного покрова, подземных вод и атмосферного воздуха, характеризующие состояние окружающей среды. Высокая концентрация химических элементов и их соединений позволяет выявить причины и источники загрязнения. Методы исследования, необходимые для проведения исследований, определяются с учетом конкретных природно-территориальных комплексов (КБП), геоморфологических, геохимических и других условий. Они могут включать результаты ранее проведенных геологических, инженерно-геологических, гидрогеологических и геохимических исследований.

**Ключевые слова:** подземные воды, экологические проблемы, метод выщелачивания, концентрация.

Received: 14 September 2023

Accepted: 16 December 2023

Available online: 31 December 2023