

Код МРНТИ 52.13.15:52.13.19

\*Е.Х. Абен<sup>1</sup>, Д.К. Ахметканов<sup>1</sup>, М. Елузах<sup>1</sup>, Е.А. Елжанов<sup>2</sup><sup>1</sup>Satbayev University (Алматы қ., Қазақстан),<sup>2</sup>Международная образовательная корпорация (Алматы қ., Қазақстан)

## СІЛТІЛЕУ ЕРІТІНДІСІНІҢ ОТТЕГІМЕН ТОТЫҒУ ТЕХНОЛОГИЯСЫН ЗЕРТТЕУ

**Аннотация.** Қазақстан Республикасының аумағында орналасқан барлық уран өндіруші кәсіпорындар жерасты ұңғымалармен сілтілеу (ЖҰС) технологиясын қолданады. Соңғы уақытта күрделі тау-кентеологиялық және гидро-геологиялық жағдайлы уран кенорындарының учаскелері игеруге тартыла бастады, мұнда ең үлкен тиімділік әртүрлі тотықтырғыштарды қолдану арқылы қамтамасыз етіледі. Арзан тотықтырғыштардың бірі-оттегі, бірақ қанықтырудың күрделілігі мен қымбаттығына байланысты бұл тотықтырғыш қолданылмайды. Мақалада айтарлықтай материалдық және еңбек шығындарын қажет етпейтін Вентури түтігін пайдаланып ауадан сілтілеу ерітіндісін оттегімен қанықтыру технологиясы берілген. Зертханалық жұмыстар осы технологияның тиімділігін дәлелдеді, ерітінді оттегі концентрациясымен қанығудан кейінгі уақыт пен қашықтыққа, тотығу-тотықсыздану потенциалының және  $Fe^{3+}$  шамасына ерітіндідегі оттегінің концентрациясына тәуелділігі алынды.

**Түйінді сөздер:** уран, гидрогендік кенорындары, ұңғымалық сілтілеу, тотықтырғыш, тотығу-тотықсыздану потенциалы, оттегі концентрациясы.

### Investigation of the technology of oxidation of the leaching solution with oxygen

**Abstract.** All uranium mining enterprises located on the territory of the Republic of Kazakhstan use the technology of in-situ leaching (ISL). Recently, areas of uranium deposits with complex mining and geological and hydro-geological conditions have begun to be involved in the development, where the greatest effect is provided by the use of various oxidants. One of the cheap oxidizing agents is oxygen, but due to the complexity and high cost of saturating the solution with it, this oxidizer has not found application. The article presents the technology of saturation of the leaching solution with oxygen from the air using a Venturi tube, which does not require significant material and labor costs. Laboratory work has proved the effectiveness of this technology, the dependences of oxygen concentration on time and distance after saturation, the values of ORP and  $Fe^{3+}$  on the concentration of oxygen in the solution are obtained.

**Key words:** uranium, hydrogenic deposits, borehole leaching, oxidizer, redox potential, oxygen concentration.

### Исследование технологии окисления выщелачивающего раствора кислородом

**Аннотация.** Все уранодобывающие предприятия, расположенные на территории Республики Казахстан, применяют технологию подземного скважинного выщелачивания (ПСВ). В последнее время в разработку начали вовлекаться участки месторождений урана со сложными горно-геологическими и гидро-геологическими условиями, где наибольший эффект обеспечивается за счет применения различных окислителей. Одним из дешевых окислителей является кислород, но из-за сложности и дороговизны насыщения им раствора, данный окислитель не нашел применения. В статье приведена технология насыщения выщелачивающего раствора кислородом из воздуха с использованием трубки Вентури, которая не требует значительных материальных и трудовых затрат. Лабораторными работами доказана эффективность данной технологии, получены зависимости концентрации кислорода от времени и расстояния после насыщения, величины окислительно-восстановительного потенциала и  $Fe^{3+}$  от концентрации кислорода в растворе.

**Ключевые слова:** уран, гидрогенные месторождения, скважинное выщелачивание, окислитель, окислительно-восстановительный потенциал, концентрация кислорода.

### Кіріспе

«Қазатомөнеркәсіп «ҰАК» АҚ компаниясы табиғи уран өндіретін әлемдегі ең ірі уран өндіруші болып табылады, компанияның қатысу үлесіне пропорционалды, уранның әлемдік бастапқы өндірісінің шамамен 24% құрайды. Қазақстан Республикасының аумағында орналасқан барлық уран өндіруші кәсіпорындар озық тәжірибелерге ерекше назар аудара отырып, жерасты ұңғымалық сілтілеу (ЖҰС) технологиясын қолданады<sup>1</sup>.

Барлық артықшылықтарға қарамастан, технологияның бірқатар кемшіліктері бар, олардың бірі массивтегі  $Fe^{3+}$  төмен концентрациясы немесе оның мүлде болмауы айтарлықтай технологияның тиімділігін күрт төмендетеді.

ЖҰС процесі үшін ең тиімді жеке тотықтырғыш  $Fe^{3+}$  екені белгілі. Сонымен қатар,  $Fe$  қатысуымен күкірт қышқылы ортасында уран минералдарының еру жылдамдығы өте маңызды дәрежеде тотығу-тотықсыздану потенциалының (ТПП) мәніне байланысты, ал ТПП 400-ден 500 mV-қа дейінгі аралықта сілтілеу жылдамдығының күрт өсуі байқалады. ТПП мәні, өз кезегінде, сілтілеу ерітіндісіндегі  $Fe^{3+}/Fe^{2+}$  қатынасына тікелей байланысты. Уранның күкірт қышқылы ЖҰС кезінде темір әрдайым едәуір мөлшерде ( $0,5 \div 3$  г/л және одан жоғары) қабаттан сілтілінеді, осылайша қолданылатын тотықтырғыштың сипатына қарамастан, ЖҰС процесінің жылдамдығы өнімді ерітінділерде (ӨЕ)  $Fe^{3+}/Fe^{2+}$  қатынасымен анықталады [1].

Өзінің мәні бойынша ЖҰС процесін қарқындатудың барлық белгілі әдістерін келесідей жіктеуге болады:

гидродинамикалық; физикалық; физикалық-химиялық; химиялық (тотықтырғыштарды қолдану). Процестерді күшейтудің физикалық және химиялық әдістерін нақты ажырату мүмкін емес, өйткені олардың арасында тығыз байланыс бар: физикалық әдістер әрқашан реакцияларды бастайтын аралық химиялық процестердің пайда болуына себепші болады [2, 3]. Жасанды тотықтырғыштарды қолдана отырып, сілтілеу процесін қарқындату бойынша зерттеулер үнемі жүргізіледі.

Сілтілеуді күшейтудің әртүрлі әдістерін талдау, олардың барлығы процесі жылдамдататынын және пайдалы компонентті алу дәрежесін бірнеше есе арттыратынын көрсетеді [4, 5]. Алайда, олар әмбебап емес және оларды тек нақты кен орындарының жағдайына байланысты қолдануға болады.

Тотығу дәрежесін жоғарылатудың бір тәсілі ретінде – сілтілеу ерітіндісін оттегімен қанықтыру болып табылады. Жерасты ұңғымалық сілтілеу тәжірибесі уран өндіру процесінің тиімділігі берілетін (жұмысшы) ерітінділерде ерітілген ауаның оттегі массасымен өзара байланысты екенін растайды. Еріген ауаның мөлшері, өз кезегінде, айдау және дренаждық (түсіру, сору) технологиялық ұңғымалардың өзара әрекеттесуі кезінде пайда болатын гидравликалық қысымдардың шамаларымен анықталады.

Бұл технологияның даму тарихында сығылған ауаны қабатқа айдау процесі, сондай-ақ жұмыс ерітінділерін ауамен алдын-ала қанықтыру зерттелді. Сонымен, жерасты сілтісіздендірудің 3 учаскесі – 10 Ұшқұдық кен орнының тәжірибелік блогына ауа 2-4 кг/см<sup>2</sup> қысыммен, өнімді

<sup>1</sup> Атом энергиясы жөніндегі халықаралық агенттік: ұзақ іздестіру әлі де өзекті: Мағам баяндамасы, 2022. // [Электрондық ресурс]: <https://www.iaea.org/ru/newscenter/news/long-term-potential-of-nucl...>

қабаттың жыныстары оттегімен қаныққанға дейін – 0,1 кг/т қысыммен айдалды, бұл кеуек көлемінің шамасына сәйкес келді [6, 7]. Сору ұңғымаларын іске қосқаннан кейін 30 күн өткен соң,  $HCO_3$  – 270 мг/л болған кезде, өнімді ерітінділердегі уранның мөлшері максималды – 35 мг/л мәнге жетті. Салыстыру үшін, күкірт қышқылының сілтілеу режимінің блоктарында (ауаны оттегімен қамтамасыз етпестен) өнімді ерітінділердегі уранның мөлшері максималды 10 мг/л-ге жетті. Бұл ретте, ұңғымалардың ернеуінен түсірген перфорацияланған шлангтың көмегімен ауаны эжектрлеу есебінен айдау ұңғымалары арқылы ауа беру жүргізілді. Эксперименттер барысында уранның ерітіндіге ауысу қарқындылығына әсер ететін ауаның минималды қанығу дәрежесі кен массасының 0,1 кг/т деңгейінен басталатыны анықталды.

Негізінен үш технологиялық ауа беру схемасы сыналды:

- сығылған ауаны айдау және өнімді горизонттың қабат суларын эксперименттік учаскенің контурынан ығыстыру;
- жұмыс ерітінділерінің қанығу дәрежесін арттыру үшін айдалатын ауа қысымын арттыру;
- жерасты суларында кен қабатының бу көлемінің колматациясына әкелетін дисперсті ерімейтін ауа көпіршіктерінің пайда болуына жол бермейтін арнайы әзірленген диспергатор арқылы ауаны айдау.

Ерітіндінің оттегімен қанығу дәрежесіне температура, қысым және басқа да әртүрлі факторлар әсер ететіні белгілі. Мысалы, ерітінді температурасының 0°C-дан 70°C-ға дейін жоғарылауы кезінде ерітіндінің оттегімен қанығу дәрежесі 14,6 мг/л-ден 2,9 мг/л-ге дейін төмендейді. Алайда, жерасты ұңғымаларын сілтілеу жағдайында ерітіндінің температурасының төмендеуі уранның сілтіленуінің төмендеуіне әкеледі.

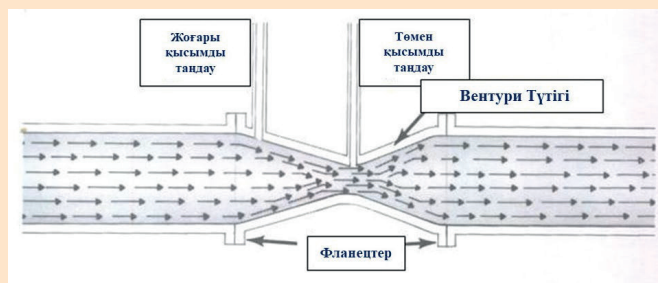
Сондай-ақ, 90, 60 және 300 м гидравликалық қысымдардың өзгеруі кезінде, технологиялық ерітінділердегі еріген ауаның мөлшері 12, 25 және 100 мг/л құрады. Бұл ерітінділердегі уранның рН 3-4 концентрациясы кезінде сәйкесінше 7,20 және 50 мг/л-ге жетті.

Жоғарыда аталған барлық технологиялық ауа беру схемалары белгілі бір материалдық шығындарды талап етеді, қазіргі уақытта ерітіндідегі күкірт қышқылының концентрациясының әсерін анықтау және уақыт өте келе оттегінің қанықтылығын сақтау бойынша зерттеу жұмыстары жүргізілмеген.

### Зерттеу әдістемесі

Вентури түтігін пайдаланып ерітіндіні оттегімен қанықтыру арқылы уран алуды арттыру және кен орнын игеру ұзақтығын азайта отырып аталған кемшіліктерді жою ұсынылып отыр [8].

Технологияның мәні ерітіндіні оттегімен қанықтыру үшін Вентури түтігін пайдалану болып табылады (1-сурет). Вентури түтігі-ортасында диаметрі тарылған немесе кішірейтілген және ауа соруға арналған саңылауы бар арнайы конструкциялы қысқа құбыр. Ерітінді Вентури түтігінің қысылған аймағы арқылы өткенде, бір мезгілде ауа сорғышымен ағын жылдамдығының жоғарылауы байқалады [9]. Бұл жағдайда, ауаны ерітіндімен белсенді араластыру жүреді, бұл оттегінің ауадан ерітіндіге тиімді өтуіне ықпал етеді, бұл жұмыс ерітіндісін оттегімен ең аз шығындармен байытуға мүмкіндік береді және газ колматациясының мүмкіндігін болдырмайды.

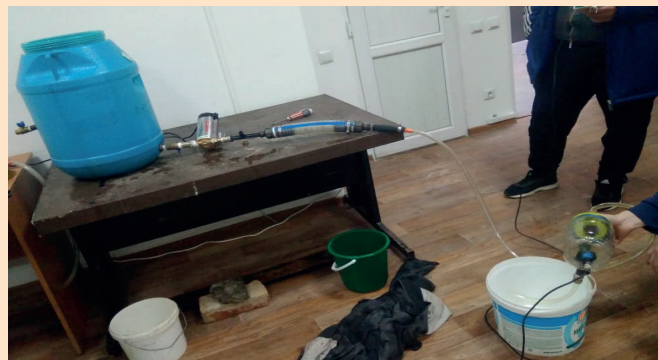


Сурет 1. Вентури Түтігі.

Figure 1. Venturi Tube.

Рис. 1. Трубка Вентури.

Уран кеніштерінде ерітіндідегі күкірт қышқылының концентрациясы, сонымен қатар ұңғымалардың дебиті және ерітіндінің оттегімен қанығу орнынан қабатқа дейінгі арақашықтық кең аралықта өзгереді. Сондықтан, басында сілтілеу ерітіндісіндегі оттегі концентрациясының өзгеруін оның берілу жылдамдығын, күкірт қышқылының концентрациясын және уақыт өте келе сақталуын ескере отырып анықтау қажет болды. Зертханалық жұмыстарды жүргізу үшін ерітінді сыйымдылығынан, сорғыдан, Вентури түтігінен, оттегі өлшегішті орнатуға арналған сыйымдылықтан және ағызу сыйымдылығынан тұратын зертханалық қондырғы жасалды (2-сурет). Құбырдың диаметрі 15 мм, ал Вентури түтігіндегі ауа сору саңылауының диаметрі 1,2 мм, яғни сорғы саңылауының диаметрінің құбыр диаметріне қатынасы 0,08.



Сурет 2. Зертханалық қондырғы.

Figure 2. Laboratory installation.

Рис. 2. Лабораторная установка.

Зерттеу жүргізу кезінде ерітінді ағынының жылдамдығы 0,3 м/сек-тен 1,8 м/сек-ке дейін, берілетін ерітіндінің көлемі 60 л/сағ-тан 110 л/сағ-қа дейін, күкірт қышқылының концентрациясы 1,0 г/л-ден 23 г/л-ге дейін және қанығу орнынан қабатқа дейінгі қашықтық 0 метрден 60 метрге дейін өзгерді (бұл масштаб бойынша 600 метрге тең). Оттегінің қанықтылығы оксиметрмен, рН мәні және тотығу-тотықсыздану потенциалы мөлшері – ИТ-1101 құралымен өлшенді.

### Нәтижелерді талқылау

Зертханалық зерттеулер ерітіндінің оттегімен қанықтылығының өзгеруін және оның ТТП,  $Fe^{3+}$  мөлшеріне әсе-

рін анықтау мақсатында жүргізілді, сынама алу уақыты белгілі бір уақыт аралығынан кейін 251 минутты құрады. Ерітіндінің оттегімен қанығу уақытын белгілеу жөніндегі зертханалық зерттеулердің нәтижелері, сондай-ақ ТТП шамасының оттегі концентрациясынан өзгеруі 1-кестеге келтірілді. Бұл жағдайда күкірт қышқылының концентрациясы 10 г/л құрады.

Кесте 1

Ерітіндінің оттегімен қанықтылығының және уақыт бойынша ТТП мәшерінің өзгеруі

Table 1

Change in the oxygen saturation of the solution and the value of the ORP from time to time

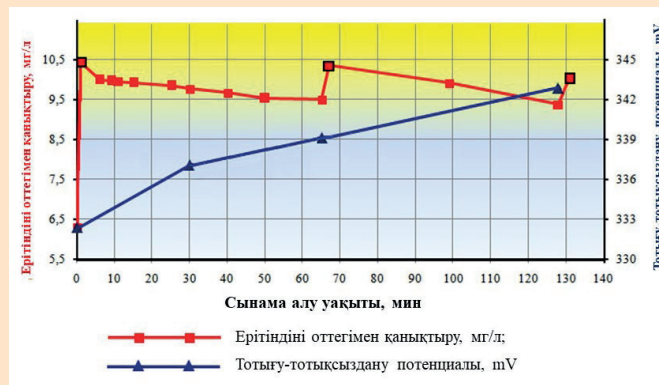
Таблица 1

Изменение насыщенности раствора кислородом и величины ОВП от времени

Сынама алу уақыты, минут	Ерітіндіні оттегімен қанықтыру, мг/л	ТТП, mV
Қаныққанға дейін	6,3	332
Қаныққаннан кейін	10,45	
6	10,0	
9	9,98	
11	9,96	334
15	9,93	
25	9,86	
30	9,77	337
40	9,68	
50	9,54	
65	9,50	339
Қаныққаннан кейін 67	10,36	
99	9,92	
128	9,38	343
Қаныққаннан кейін 131	10,03	

1-кестеден көріп отырғанымыздай, бастапқы сілтілеу ерітіндісінде оттегі концентрациясы 6,3 мг/л құрады, ерітіндіні Вентури түтігімен оттегімен қанықтырғаннан кейін бірден оттегінің концентрациясы 10,45 мг/л дейін, яғни 66%-ға көтеріледі. Уақыт өте келе оттегінің бастапқы концентрациясы біртіндеп төмендейді және 65 минуттан кейін ерітіндідегі оттегінің концентрациясы 9,5 мг/л-ға дейін төмендеді, ТТП шамасы 332 mV-тан 339 mV-ға дейін өсті. ТТП максималды мәні 343 mV ерітіндіні оттегімен қанықтырғаннан соң 128 минуттан кейін қол жеткізілді, содан кейін ТТП мәні 340 mV деңгейінде қалды.

1-кестенің деректерін өңдеу арқылы ерітіндінің оттегімен қанықтылығының өзгеруін және ТТП шамасының уақытқа тәуелділігі алынды (3-сурет).



Сурет 3. Ерітіндінің оттегімен қанықтылығы мен ТТП шамасының уақыт бойынша өзгеруі.

Figure 3. Change in oxygen saturation of the solution and the value of ORP from time to time.

Рис. 3. Изменение насыщенности раствора кислородом и величины ОВП от времени.

Ерітіндідегі оттегі концентрациясының, ТТП және  $Fe^{3+}$  мөлшерінің қанығудан кейінгі қашықтықтан өзгеруін анықтау үшін ерітіндіні тасымалдау қашықтығы 0 м-ден 60 м-ге дейін, күкірт қышқылының концентрациясы 10 г/л, ерітіндідегі оттегінің концентрациясы 8,4 мг/л болды. Зертханалық жұмыстардың нәтижелері 2-кестеге жинақталды.

Кесте 2

Қаныққаннан кейінгі қашықтықтан ерітіндідегі оттегі концентрациясының, ТТП және  $Fe^{3+}$  шамасының өзгеруі

Table 2

Change in oxygen concentration, ORP and  $Fe^{3+}$  values in solution from the distance after saturation

Таблица 2

Изменение концентрации кислорода, величины ОВП и  $Fe^{3+}$  в растворе от расстояния после насыщения

Тасымалдау қашықтығы, м	Оттегі концентрациясы, мг/л	ТТП, mV	$Fe^{3+}$ мөлшері, мг/л
ВР(0)	8,4	436	434
ПР(0)	10,48	437	462
ПР(10)	11,3	439	467
ПР(20)	12,3	440	476
ПР(30)	12,5	440,6	455
ПР(40)	12,8	440	426
ПР(50)	13,2	438,5	442
ПР(60)	13,79	437	448

2-кестеден көріп отырғанымыздай, ерітіндіні оттегімен қанықтырғаннан кейін бірден оның ерітіндідегі концентрациясы 8,4 мг/л-ден 10,48 мг/л-ге дейін 24%-ға артады, бұл ретте ТТП шамасы 436 mV-дан 437 mV-ға, ал  $Fe^{3+}$  құрамы – 434 мг/л-ден 462 мг/л-ға дейін өзгереді. Тасымалдау қашықтығының 0 м-ден 60 м-ге дейін ұлғаюымен оттегі концентрациясының 13,8 мг/л-ге дейін жоғарылауы



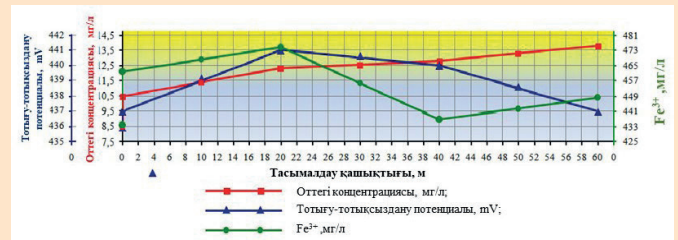
байқалады, яғни ол 65%-ға артады. Тасымалдау ұзындығы 20 м болғанда, ТТП шамасы тек 440 мV-қа дейін, ал  $Fe^{3+}$  мөлшері 476 мг/л-ге дейін, яғни 10%-ға өсті, тасымалдау қашықтығының одан әрі 60 м-ге дейін ұзарған кезде, керісінше, ТТП шамасының 437 мV-қа дейін, ал  $Fe^{3+}$  мөлшері 448 мг/л-ге дейін төмендеуіне әкелді. Кесте деректерін өңдеу арқылы ерітіндідегі оттегі концентрациясының, ТТП және  $Fe^{3+}$  шамасының қанығудан кейінгі қашықтыққа тәуелділігі алынады (4-сурет).

### Қорытынды

1. Вентури түтігін қолдана отырып, ерітіндіні оттегімен қанықтырудың ұсынылған технологиясы жүзеге асыруға мүмкіндік береді, ауа сорғысы және ауаны ерітіндімен белсенді араластыру, бұл оттегінің ауадан ерітіндіге тиімді өтуіне ықпал етеді.

2. Уақыт өте келе ерітіндіні оттегімен қанықтырғаннан кейін оның концентрациясы аздап төмендейді, ал ТТП мөлшері максималды мәнге жетеді және өз деңгейін сақтап қалады.

3. Ерітіндіні оттегімен қанықтыру орнынан тасымалдау қашықтығының 20 м ұлғаюымен оттегі концентрациясының 65%-ға дейін,  $Fe^{3+}$  құрамының 10%-ға артуы және ТТП шамалы өсуі байқалады.



Сурет 4. Ерітіндідегі оттегі концентрациясының, ТТП және  $Fe^{3+}$  шамасының қанығудан кейінгі қашықтыққа тәуелділігі.

Figure 4. Dependences of oxygen concentration, ORP and  $Fe^{3+}$  values in solution on the distance after saturation.

Рис. 4. Зависимости концентрации кислорода, величины ОВП и  $Fe^{3+}$  в растворе от расстояния после насыщения.

### АЛҒЫС

Зерттеу жұмыстары Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігі Ғылым комитетінің №AP19679911 гранттық қаржыландыру жобасы бойынша жүргізілді.

### ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Полиновский К.Д. Урандағы вирустың таралу динамикасына шөпті детриттің әсері. // Уран популяциясының өзекті қабілеттері: VIII Халықаралық ғылыми-практикалық конференция материалдары, 3-5 тамыз 2017 ж.: Еңбектер жинағы – Астана қ.: «Қазатомөнеркәсіп «ҰАК» АҚ. – 2017. – Б. 33 (орыс тілінде)
2. Поезаев И.П., Полиновский К.Д., Горбатенко О.А. және т.б. Уранның геотехнологиясы: оқу құралы. // Алматы: «Қазақ университеті» баспасы. – 2017. – Б. 238-244 (орыс тілінде)
3. Karina E. Salinas, Osvaldo Herreros, Cynthia M. Torres. Хлорид-безді ортада бастапқы мыс-сульфидті кенді шаймалау. // Пайдалы қазбалар. – 2018. – №8(312). – Б. 1-12 (ағылшын тілінде)
4. Монгуш Г.Р. Туваның пайдалы қазбалар кен орындарын өңдеу үшін биотехнологияны қолдану. // Туваның жаңа зерттеулері. – 2010. – №1. – Б. 228-242 (орыс тілінде)
5. Yusupov K.A., Aleshin A.P., Bashilova E.S., Tsoy B.V. Уранның орнында сілтіленуін күшейту үшін сутегі асқын тотығын қолдану. // Байыту рудасы. – 2021. – №2. – Б. 21-26 (ағылшын тілінде)
6. Wang P., Tan K., Li Y., Liu Z., Li C., Tan W., Tian Y. Huang W. Пириттің уранды қышқылмен шаймалау процесінде шайырлы шаймалау кинетикасына әсері. // Минералдар. – 2022. – №12(5). – Б. 570-577 (ағылшын тілінде)
7. Toktaruly B., Bayeshov A., Aben Y., Suleimenov S.K. Технологиялық ерітіндінің оттегімен қанығуының уранды орнында шаймалау тиімділігіне әсері. // Еуразиялық тау-кен өнеркәсібі. – 2022. – №38(2). – Б. 50-53 (ағылшын тілінде)
8. Полиновский К.Д. Уранның ПСВ процесін қарқындату мәселелерін зерттеуге кешенді көзқарас. // Тау-кен ақпараттық-талдау Бюллетені. – Мәскеу, 2012. – №7. – Б. 64-73 (орыс тілінде)
9. Johnson I., Okeota T., Takim, S A. Вентури үстелінің түтігін жобалау және сынау. // Ғылыми және технологиялық зерттеулер журналы. – 2023. – №5(2). – Б. 296-304 (ағылшын тілінде)

### REFERENCES

1. Polinovsky K.D. Zakonomernosti vliyanija rastitel'nogo detrita na dinamiku processa PSV urana [The secrecy of the influence of herbivorous detritus on the dynamics of the spread of the virus in uranium]. // Aktual'nye problemy uranovoj promyshlennosti: Materialy VIII-j mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, 3-5 avgusta 2017 = Actual abilities of the uranium population: Materials of the VIII-th International Scientific and Practical conference, August 3-5, 2017: Proceedings – Astana: JSC «NAC «Kazatomprom». – 2017. – P. 33 (in Russian)
2. Poezdaev I.P., Polinovsky K.D., Gorbatenko O.A. et al. Geotekhnologija urana: uchebnoe posobie [Geotechnology of uranium: a textbook]. // Almaty: Izdatelstvo «Qazaq universiteti» = Almaty: Publishing house «Kazakh University». – 2017. – P. 238-244 (in Russian)

3. Karina E. Salinas, Osvaldo Herrerros, Cynthia M. Torres. Leaching of primary copper-sulfide ore in chloride-ferruginous media. // Minerals. – 2018. – №8(312). – P. 1-12 (in English)
4. Mongush G.R. Primenenie biotekhnologii dlja pererabotki mestorozhdenij poleznyh iskopaemyh Tuvy [Application of biotechnology for processing mineral deposits of Tuva]. // Novye issledovaniya Tuvy = New studies of Tuva. – 2010. – №1. – P. 228-242 (in Russian)
5. Yusupov K.A., Aleshin A.P., Bashilova E.S., Tsoi B.V. Application of hydrogen peroxide for intensification of underground leaching of uranium. // Obogashchenie Rud. – 2021. №2. – P. 21-26 (in English)
6. Wang P., Tang K., Li Yu., Liu Z., Li S., Tang V., Tian Yu., Huang V. The effect of pyrite on the kinetics of resin blend leaching in the process of acid leaching of uranium In Situ // Minerals. – 2022. – №12(5). – P. 570-577 (in English)
7. Toktaruly B., Baeshov A., Aben Y., Suleimenov S.K. The effect of saturation of the process solution with oxygen on the efficiency of underground uranium leaching. // Eurasian Mining. – 2022. – №38(2). – P. 50-53 (in English)
8. Polinovskiy K.D. Kompleksnyj podhod k izucheniju problem intensivatsii processa PSV urana [An integrated approach to the study of the problems of the intensification of the uranium PSV process]. // Gornyj informacionno-analiticheskij bjulleten' = Mining Information and Analytical Bulletin. – Moscow, 2012. – №7. – P. 64-73 (in Russian)
9. Johnson I., Okeoma T., Takims S. A. Development and testing of a desktop Venturi tube. // NIPES Journal of Science and Technology Research. – 2023. – №5(2). – P. 296-304 (in English)

**СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1. Полиновский К.Д. Закономерности влияния растительного детрита на динамику процесса ПСВ урана. // Актуальные проблемы урановой промышленности: Материалы VIII международной научно-практической конференции, 3-5 августа 2017: Сборник трудов – г. Астана: АО «НАК «Казатомпром». – 2017. – С. 33 (на русском языке)
2. Поезжаев И.П., Полиновский К.Д., Горбатенко О.А. и др. Геотехнология урана: учебное пособие. // Алматы: Изд-во «Қазақ университеті». – 2017. – С. 238-244 (на русском языке)
3. Karina E. Salinas, Osvaldo Herrerros, Cynthia M. Torres. Выщелачивание первичной медно-сульфидной руды в хлоридно-железистых средах. // Полезные ископаемые. – 2018. – №8(312). – С. 1-12 (на английском языке)
4. Монгуш Г.Р. Применение биотехнологии для переработки месторождений полезных ископаемых Тувы. // Новые исследования Тувы. – 2010. – №1. – С. 228-242 (на русском языке)
5. Yusupov K.A., Aleshin A.P., Bashilova E.S., Tsoy B.V. Применение перекиси водорода для интенсификации подземного выщелачивания урана. // Обогащение руд. – 2021. – №2. – С. 21-26 (на английском языке)
6. Wang P., Tan K., Li Y., Liu Z., Li S., Tan W., Tian Y. Huang W. Влияние пирита на кинетику выщелачивания в процессе кислотного подземного выщелачивания урана. // Минералы. – 2022. – №12(5). – С. 570-577 (на английском языке)
7. Toktaruly B., Bayeshov A., Aben Y., Suleimenov S.K. Влияние насыщения технологического раствора кислородом на эффективность подземного выщелачивания урана. // Евразийская горнодобывающая промышленность. – 2022. – №38(2). – С. 50-53 (на английском языке)
8. Полиновский К.Д. Комплексный подход к изучению проблем интенсификации процесса ПСВ урана. // Горный информационно-аналитический бюллетень. – Москва, 2012. – №7. – С. 64-73 (на русском языке)
9. Johnson I., Okeoma T., Takim S.A. Разработка и испытания трубки Вентури. // Журнал научно-технических исследований. – 2023. – №5(2). – С. 296-304 (на английском языке)

**Авторлар туралы мәліметтер:**

**Абен Е.Х.**, техника ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор, Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті (Satbayev University), (Алматы қ., Қазақстан), [y.aben@satbayev.university](mailto:y.aben@satbayev.university); <https://orcid.org/0000-0001-8537-229X>

**Ахметқанов Д.К.**, техника ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор, Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті (Satbayev University) (Алматы қ., Қазақстан), [d.akhmetkanov@satbayev.university](mailto:d.akhmetkanov@satbayev.university); <https://orcid.org/0000-0003-4824-7240>

**Елузах М.**, техника ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор, Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті (Satbayev University) (Алматы қ., Қазақстан), [m.yeluzakh@satbayev.university](mailto:m.yeluzakh@satbayev.university); <https://orcid.org/0000-0001-6865-0817>

**Елжанов Е.А.**, техника ғылымдарының кандидаты, Халықаралық білім беру корпорациясы, Казак бас сәулет қурылыс академиясының жалпы қурылыс факультеті деканының орынбасары (Алматы қ., Қазақстан), [eljanov@mail.ru](mailto:eljanov@mail.ru); <https://orcid.org/0000-0001-9138-7033>



**Information about the authors:**

**Абен Е.К.**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Kazakh National Research Technical University named after K.I. Satpayev (Satbayev University) (Almaty, Kazakhstan)

**Ахметканов Д.К.**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Kazakh National Research Technical University named after K.I. Satpayev (Satbayev University) (Almaty, Kazakhstan)

**Елузакх М.**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Kazakh National Research Technical University named after K.I. Satpayev (Satbayev University) (Almaty, Kazakhstan)

**Елзханов У.А.**, Candidate of Technical Sciences, Deputy Dean of the Faculty of General Construction, International Educational Corporation (Almaty, Kazakhstan)

**Сведения об авторах:**

**Абен Е.К.**, кандидат технических наук, ассоциированный профессор, Казахский национальный исследовательский технический университет им. К.И. Сатпаева (Satbayev University) (г. Алматы, Казахстан)

**Ахметканов Д.К.**, кандидат технических наук, ассоциированный профессор, Казахский национальный исследовательский технический университет им. К.И. Сатпаева (Satbayev University) (г. Алматы, Казахстан)

**Елузах М.**, кандидат технических наук, ассоциированный профессор, Казахский национальный исследовательский технический университет им. К.И. Сатпаева (Satbayev University) (г. Алматы, Казахстан)

**Елжанов Е.А.**, кандидат технических наук, зам. декана факультета общего строительства, Международная образовательная корпорация (г. Алматы, Казахстан)



# INTERNATIONAL METALLURGICAL SUMMIT **KAZAKHSTAN**

METALS AND ALLOYS

15 НОЯБРЯ | АЛМАТЫ | КАЗАХСТАН

[www.metalsummit.kz](http://www.metalsummit.kz)