

АҢДАТПА

6D070700 – «Тау-кен ісі» мамандығы бойынша философия докторы (PhD) дәрежесін алуға арналған диссертациясы

Өмірғали Арманбек Қасымұлы

КАВИТАЦИЯЛЫҚ ӘСЕРДІ ПАЙДАЛАНЫП, УРАНДЫ ҰҢҒЫМАДА ШАЙМАЛАУ КЕЗІНДЕ СОРБЕНТТІ ШАЮ ТЕХНОЛОГИЯСЫН ӘЗІРЛЕУ

Шешілетін ғылыми-техникалық мәселенің ағымдағы жағдайын бағалау

Соңғы онжылдықта жерасты шаймалау (ЖШ) әдісі деп аталатын геотехнологиялық уран өндіруді өнеркәсіптік ауқымда әзірлеу және енгізу бойынша көп жұмыс жүргізілді. Кейбір кәсіпорындарда ЖШ әдісі уран өндірудің негізгі әдісіне айналды. Алдағы уақытта мұндай кәсіпорындардың қатары көбейетіні сөзсіз. ЖШ әдісімен уран өндіретін кәсіпорындардың шикізат базасы қазіргі уақытта негізінен жер қыртысының ойыс аймақтарының су өткізгіш құмды-сазды шөгінділерінде кездесетін сутегі текті нашар кен орындарынан тұрады. Барлық артықшылықтарға қарамастан, бұл технологияны қолдану кезіндегі мәселелердің бірі кендердің сүзілу сипаттамаларының төмен болуына байланысты, олардың өнімділігінің төмендеуі болып табылады. Бұл өнімді горизонттың карбонатты және сазды минералдарымен әрекеттесіп, кварц, гипс және саз минералдарының шөгуіне әкелетін уранды минерализациялау үшін еріткіш ретінде күкірт қышқылы ерітінділерін пайдаланудан туындайды. Жоғарыда айтылғандар өндіру өнімділігіне және айдау ұңғымаларының айдау қабілетіне кері әсерін тигізеді және су өткізбейтін аумақтардың пайда болуына және өнімді ерітіндідегі уран мөлшерінің төмендеуіне себеп болады. Өткізгіштігі төмен кендерде сүзілу сипаттамаларының жоғарылауы өнімді горизонттағы шөгінділерді болдырмау үшін жаңа тәсілдер мен ғылыми-техникалық шешімдерді қолдануды талап етеді.

Мәселенің әртүрлі технологиялық шешімдері бар, олар көбінесе қажетті нәтижеге қол жеткізбейді, қымбат және қолданудың күрделілігімен ерекшеленеді.

Бұл мәселені шешудің бір жолы химиялық ингибиторлық реагенттерді қолдану болып табылады. Бейорганикалық тұздардың шөгінділерімен күресудің көп жылдық тәжірибесінің ең тиімдісі тұз шөгінділерінің алдын алуға негізделген әдістер екенін көрсетті.

Бұл ретте, өнімді ерітінділерді өңдеу цехында өнімді ерітінділерді өңдеудің технологиялық сызбасына уранды сорбциялық қысым колонналарында күшті негіздік анионалмастырғышқа сорбциялау, уранды десорбциялау, денитрациялау және сорбентті шаю кіреді.

Сорбция әдісі ион алмасу процестеріне және ерітіндіде немесе пульпада кездесетін уран қосылыстарына қатысты ион алмастырғыш шайырлардың белгілі бір түрінің селективтілігіне негізделген. Сорбция үшін шайыр немесе белсендірілген көмір қолданылады. Мұнда ион алмастырғыш шайыр шағын сфералық түйіршіктер түрінде қолданылады және процеске әртүрлі жолдармен енгізіледі: мезгілімен қозғалатын немесе заттардың ерітіндісімен бірге үздіксіз айналатын қозғалмайтын қабат ретінде. Ерітіндімен жуылған ондаған және жүздеген мың шайыр түйіршіктері олардың бетінде негізінен уран қосылыстарын және өте аз мөлшерде ерітіндіде кездесетін кейбір басқа элементтердің қосылыстарын таңдап алады.

Уранды тиімді десорбциялау үшін оны сорбциялау кезінде ең үлкен депрессиялық әсер ететін реагенттер қолданылады.

Нитрат әдісі де ығыстырушы десорбция әдістері классына жатады.

Белгілі болғандай, өнімді ерітіндіні өңдеу процесінде сорбенттер бірнеше рет пайдаланылады, сондықтан уранның десорбциясы аяқталғаннан кейін анионалмастырғыш жұмыс істейтін иондық түрге айналуы керек. Оларды қайта пайдалану шарты максималды шаю (денитрация) және оның сорбциялық қабілетін қалпына келтіру болып табылады.

Зерттеу алаңындағы уақыт аралығымен жүргізілген бақылаулар қазіргі уақытта денитрациядан кейін күкірт қышқылының концентрациясы 25–36% шектеуінде болғанына қарамастан, сорбенттегі нитрат ионының қалдық құрамы 6–11% аралығында екенін көрсетті. Яғни, шаю ерітіндісіндегі күкірт қышқылының концентрациясы жоғарылағанның өзінде денитрация дәрежесі жеткіліксіз екені анық. Бұл шайырдың уранға сорбциялық қасиеттерінің нашарлауына, нитрат иондарының жоғалуына және соның салдарынан аммоний селитрасы мен күкірт қышқылының көп тұтынылуының артуына әкеп соғады.

Диссертациялық зерттеу жұмысының қажеттілігін негіздеу

Бұл ғылыми-зерттеу жұмысын жүргізу қажеттілігі өнімді горизонттағы шөгінділердің алдын алу үшін жаңа тәсілдер мен ғылыми-техникалық шешімдерді қолдану және сорбенттің денитрация дәрежесін арттыру, реагент шығынын азайту және сол арқылы кәсіпорын шығындарын азайту технологиясын жасау қажеттілігінен туындап отыр.

Жоспарланған ғылыми-техникалық даму деңгейі туралы, патенттік зерттеулер және олардан жасалған қорытындылар туралы мәліметтер өнімді горизонттағы шөгінділердің алдын алу, сорбенттердің денитрациясы проблемасы бойынша ғылыми-зерттеу жұмыстарын қараудың толықтығымен анықталады. Тұндыру мәселесінің әртүрлі технологиялық шешімдері бар екені анықталды, денитрация кезінде реагенттердің құнын төмендету мәселелері дұрыс көрсетілмеген. Ғылыми-техникалық дамудың деңгейі ерітіндіге әртүрлі реагенттерді енгізу кезінде өнімді ерітіндідегі уран мөлшерінің тәуелділігін алумен сипатталады – шаймалау уақытында ингибиторлар, күкірт қышқылының әртүрлі концентрациясында шаю ерітіндісінің кавитация уақытында шайырдағы қалдық нитрат мөлшері.

Алынған нәтижелер шаймалаудың оңтайлы уақытын белгілеуге және ингибитор түрін таңдауға, шаю ерітіндісінің кавитация уақытын анықтауға және денитрацияның максималды дәрежесін қамтамасыз етуге мүмкіндік береді.

Диссертацияның метрологиялық қамтамасыз етілуі туралы мәліметтер

Жұмыста алынған нәтижелер белгілі теориялық ақпаратқа негізделген және талдау мен зерттеудің заманауи ғылыми әдістерін қолдану арқылы дәлелденген.

Рентгендік дифракциялық талдау ДРОН-3 автоматтандырылған дифрактометрінде жүргізілді. Зертханалық зерттеулерді жүргізу кезінде БП 8000 ЭКРОС механикалық араластырғышы қолданылды, рН мәні ИТ-1101 құрылғысымен, арнайы зертханалық сорбциялық қондырғылармен анықталды, статистикалық мәліметтер Microsoft Excel көмегімен жиналды және талданды.

Тақырыптың өзектілігі

Уран нарығына маманданған әлемдік жетекші аналитикалық және маркетингтік компаниялар ұзақ мерзімді келешекте уранға тұрақты түрде өсіп келе жатқан сұранысты болжайды. Осылайша, ядролық энергетиканы дамытудың жаһандық сценарийіне сәйкес, 2030 жылға қарай реакторлардың уранға деген сұранысы қазіргі таңда жылына 73 мың тоннадан 86-88 мың тоннаға дейін өседі. 2024 жылдан бастап уранға сұраныс ұсыныстан асып түседі және тапшылық 2030 жылға қарай 18 мың тоннадан асады, ал атом энергетикасын дамытудың агрессивті сценарийі бойынша жылына 48 мың тоннаға жетеді.

Қазақстан Республикасы дүние жүзінде қоры бойынша 2-ші, уран өндіруден 1-ші орында. 2025-2030 жылдары Қазақстандағы уран өндірісі әлемдік өндірістің 32 %-ын құрайды. Елдегі барлық уран қорының 74 %-ға жуығы ұңғымаларды жерасты шаймалау әдісімен игеруге жарамды. Барлық артықшылықтарға қарамастан, бұл технологияны қолдану кезіндегі мәселелердің бірі кендердің сүзілу сипаттамаларының төмен болуына байланысты олардың өнімділігінің төмендеуі болып табылады. Бұл өнімді горизонттың карбонатты және сазды минералдарымен әрекеттесіп, кварц, гипс және саз минералдарының шөгуіне әкелетін уранды минерализациялау үшін еріткіш ретінде күкірт қышқылы ерітінділерін пайдаланудан туындайды. Жоғарыда айтылғандар өндіру өнімділігіне және айдау ұңғымаларының айдау қабілетіне кері әсерін тигізеді және су өткізбейтін аумақтардың пайда болуына және өнімді ерітіндідегі уран мөлшерінің төмендеуіне себеп болады. Өткізгіштігі төмен кендерде сүзілу сипаттамаларының жоғарылауы өнімді горизонттағы шөгінділерді болдырмау үшін жаңа тәсілдер мен ғылыми-техникалық шешімдерді қолдануды талап етеді.

Бірақ десорбциядан кейін шайырдағы нитраттардың концентрациясы 5,27 г/л-ден 11,2 г/л-ге дейін болады. Ион алмастырғыш шайырды күкірт қышқылының концентрациясы 18 г/л-ден 35 г/л-ге дейінгі ерітіндімен жуады.

Бұл ретте шаю дәрежесі (денитрация) орта есеппен 43 %-ын құрайды, яғни ол анық жеткіліксіз, бұл уран үшін шайырдың сорбциялық қасиеттерінің нашарлауына, нитрат иондарының жоғалуына және соның салдарынан аммоний нитратының тұтынылуының артуына әкеледі. Сорбенттің денитрлену дәрежесін арттырудың әртүрлі тәсілдері бар, мысалы, шаю ерітіндісінің температурасын жоғарылату, денитрациялық колоннаның конструкциясын өзгерту, шаю үшін тазартылған суды пайдалану. Бұл белгілі технологиялық әдістер айтарлықтай материалдық және еңбек шығындарын талап етеді.

Денитрлеу процесінің тиімділігін арттыру үшін сорбентті шаю колонкасына құймас бұрын денитрлеуші ерітіндінің реологиялық қасиеттерін механикалық белсендіру (кавитация) арқылы өзгерту ұсынылады. Денитрациялаушы ерітіндінің кавитациясы – бұл кавитациялық қондырғыда өңделгеннен кейін ерітіндінің химиялық белсенділігінің жоғарылауы.

Жұмыстың басқа зерттеу жұмыстарымен байланысы

Диссертациялық жұмыс 20.02.2019 ж. № 50 - ЖШС - 19 «Мыңқұдық кен орнының орталық учаскесі жағдайында денитрациялық және сілтісіздендіру процестерін интенсификациялау технологиясын әзірлеу» шаруашылық келісімі шеңберінде орындалды.

Зерттеу мақсаты

Диссертациялық зерттеудің мақсаты ингибиторлық реагенттерді қолдану арқылы сілтілеудің тиімділігін және шаю ерітіндісінің кавитациясымен сорбенттің денитрация дәрежесін арттыру.

Зерттеу нысаны – Түркістан облысында орналасқан, «А» кен орны.

Зерттеу пәні – уранның ЖҰШ технологиясы.

Зерттеудің міндеттері, олардың жалпы ғылыми-зерттеу жұмысын орындаудағы орны

Қойылған мақсатқа сәйкес диссертацияда негізгі міндеттер тұжырымдалды және шешілді: тұнба үлгілерін рентгендік фазалық талдау; шаймалау процесінің ингибиторлық реагентін зерттеу; әртүрлі технологиялық жағдайларда сорбенттің денитрлену дәрежесіне кавитацияланған ерітіндінің әсеріне зертханалық зерттеулер; ұсынылған технологияны тәжірибелік сынақтан өткізу.

Ғылыми зерттеудің әдіснамалық негізі

Мақсатқа жету және қойылған диссертациялық міндеттерді шешу үшін ғылыми зерттеудің дәстүрлі және заманауи әдістері қолданылды. Дәстүрлі әдістерге: ғылыми-патенттік әдебиеттерді талдау, жүйелеу, жіктеу, сипаттау, салыстыру, инженерлік формулалар мен ғылыми фактілерді қолдану, эвристикалық модельдер, есептеу эксперименттерін жоспарлау және эксперименттік мәліметтерді өңдеу жатады.

Ғылыми жаңалық:

- өнімді ерітіндідегі уран құрамының ерітіндіге әртүрлі реагенттер – ингибиторларды енгізу кезінде сілтісіздену уақытына тәуелділігі алынды, бұл реакцияның оңтайлы уақытын анықтауға және ингибитор түрін таңдауға мүмкіндік берді;

- күкірт қышқылының карбонатты минералдармен әрекеттесуі нәтижесінде шөгудің алдын алуды растайтын және негізгі технологиямен және ерітіндіге ингибитор реагентін енгізу арқылы уранды алу жылдамдығының сілтiсiздендіру уақытына тәуелділіктері және кеннің фильтрациялық сипаттамалары алынды;

- шайырдағы нитрат ингибиторының қалдық құрамының күкірт қышқылының әртүрлі концентрацияларында шаю ерітіндісінің кавитация уақытына тәуелділігі алынды, бұл шаю ерітіндісінің оңтайлы кавитация уақытын орнатуға және денитрацияның максималды дәрежесін қамтамасыз етуге мүмкіндік берді.

Жұмыстың практикалық маңыздылығы

Диссертациялық жұмыстың практикалық маңыздылығы шаймалау тиімділігін және сорбенттің денитрация дәрежесін арттыру үшін ингибиторлық реагенттер мен шаю ерітіндісін кавитациялау технологиясын жасау болып табылады.

Мақалалар және жұмыс апробациясы

Жұмыс нәтижелері халықаралық ғылыми-техникалық және ғылыми-тәжірибелік конференцияларда баяндалды:

- Mining of Mineral Deposits, 2021, Vol. 15, Issue 1, P. 127–133, ISSN 2415-3443;

- Уголь, №4, 2022, М., С. 72–76, ISSN 2412-8333;

- NEWS of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, SERIES OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES, 2023, Vol. 3, Number 459, P. 108–118, ISSN 2224-5278;

- Горный журнал Казахстана, №6 (218), 2023, Алматы, С. 6-9, ISSN 2227-4766;

- Горный журнал Казахстана, №9, 2020, Алматы, С. 6-9, ISSN 2227-4766;

- Новости науки Казахстана №1 (148), 2021, Алматы, С. 100-107, ISSN 1560-5655;

- Proceedings of the IV International Scientific and Practical Conference, Ivano-Frankivsk, April 1–3, 2020, Vol. 2, P. 98-99, ISBN 978-966-640-484-1;

- IV International Scientific Forum “NUCLEAR SCIENCE AND TECHNOLOGIES” dedicated to the 65th anniversary of the Institute of Nuclear Physics. Almaty, September 26-30, 2022, P. 154-156, ISBN 978-601-082-720-2;

- Сборник статей Международной научно-практической конференции «ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ НАУЧНОЙ КОНКУРЕНЦИИ В ОБЛАСТИ ВЫСОКИХ ТЕХНОЛОГИИ», УФА, 10 октября 2022, С. 5-10, ISBN 978-5-00177-470-9.