ШАЯХМЕТОВ НУРЛАН МУРАТХАНОВИЧ

КЕН ОРЫНДАРЫН ҰҢҒЫМАЛЫ ЖЕРАСТЫ ШАЙМАЛАУ ӘДІСІМЕН ӨНДІРУ БАРЫСЫНДА ЖҰМЫС РЕЖИМДЕРІН ОҢТАЙЛАНДЫРУ

6D060300 – «Механика» мамандығы бойынша философия докторы (PhD) дәрежесін алу үшін диссертациясына

АННОТАЦИЯ

Жалпы жұмыс сипаттамасы. Диссертациялық жұмыс жерасты ұңғымалы шаймалау әдісімен кен орындарын өндіру кезінде жұмыс режимдерін оңтайландыруға арналған. Диссертациалық жұмыста өндіру схемаларың қасиеттері, сонымен қатар өндіріс тиімділігін арттыру үшін интенсификациялау әдістерін қолдану мүмкіндігі қарастырылады.

Жұмыстың өзектілігі. Тарихи тұрғыдан алғанда, уран бағасының төмендеуі 2009 жылы жерасты шаймалау әдісімен өндірілетін «арзан» (<40 АҚШ доллары/кг) уранның пайда болуына байланысты болды. Бұл уранның негізгі өндірушісі әлемдік өндірістің 28%-мен Қазақстан болды.

Содан бері уран бағасы салыстырмалы түрде төмен болды, кейде шамалы ауытқулармен. Дегенмен, соңғы жылдары төмен көміртекті энергия көзі ретінде атом энергетикасына деген қызығушылық қайта артып, бағаның әлеуетті қалпына келуіне алып келді.

Уран өндірудің бірнеше әдістері бар:

– ашық әдіспен өндіру – уран өндірудің ең кең тараған әдісі, онда уран кен орындарына қол жеткізу үшін ірі карьерлер құрылады;

– шахталық кен өндіру – кейбір жағдайларда уран кен орындары тым терең болуы мүмкін, бұл үшін шахталық кен өндіру қолданылады;

– жерасты ұңғымалы шаймалау – кенді еріту үшін сілтісіздендіру ерітіндісін рудалы горизонтқа айдауды көздейтін тау-кен өндіру әдісі, содан кейін ол өңдеу үшін жер бетіне айдалады.

Дүние жүзіндегі алынатын уран қорының 97%-ын құрайтын жерасты ұңғымалы шаймалау әдісі – төмен концентрациялы, шығыны аз кен орындарынан уран алудың ең кең тараған әдісі. Айта келсе, уранның нарықтық бағасы 2009 жылдан бері 40 доллар/кг шамасында қалып отыр. Нәтижесінде басқа өндіру әдістері қазіргі уақытта тиімді емес.

Уранды жерасты ұңғымалы шаймалау арқылы өндірудің негізгі мәселесі процесті толық және тікелей бақылаудың мүмкін еместігі болып табылады. Жартылай бақылау ұңғыма бойындағы уран концентрациясын дәл анықтауға мүмкіндік беретін бақылау ұңғымаларын бұрғылау арқылы қамтамасыз етіледі. Сонымен қатар, жобалау кезеңінде өндірістің ең тиімді сценарийін анықтау мүмкін емес.

Осы диссертацияда сипатталған және әзірленген әдістер пайдалы қазбаларды өндіруді арттыру үшін технологиялық ұңғымалардың оңтайлы схемасын және ұңғымаларды реверсациялауды анықтауға мүмкіндік береді.

Жұмыс мақсаты. Жерасты ұңғымалы шаймалау әдісімен кен орындарын игеру кезінде жұмыс режимдерін оңтайландыру әдістері мен бағдарламаларын әзірлеу.

Жұмыстың есептері.

– жерасты ұңғымалы шаймалау әдісін қолдана отырып, уран өндіру кезінде болатын процестерді оңтайландыру мақсатында гидродинамикалық және химиялық процестердің математикалық моделін зерттеу;

– ұңғымаларды жерасты шаймалау әдісін пайдалана отырып, пайдалы қазбаларды өндіру процесінің әзірленген физика-химиялық үлгісі негізінде кен орнын ашудың ең жақсы схемасын анықтау әдістемесін әзірлеу;

– эффективті реверсивті режимді анықтау әдістемесін әзірлеу.

Зерттеу әдістері. Компоненттер арасындағы химиялық әрекеттесулерді ескере отырып, кеуекті ортада масса алмасуды модельдеу әдістері; дифференциалдық теңдеулер жүйесін шешу әдістері; оңтайландыру әдістері; бұрмалау схемаларының оңтайлы сипаттамаларын модельдеуге және анықтауға арналған ақпараттық технологиялар.

Мәселенің ғылыми жаңалығы ұңғымалар арасындағы қашықтықты таңдауды құруда және автоматтандыруда, нәтижесінде математикалық модельдеу және оңтайландыру әдістері негізінде ұңғыма координаталары бар оңтайлы бұрғылау схемасы ұсынылатын болады. Бұл әдістер интерфейсі мен визуализаторы бар бағдарламалық өнімге біріктірілген модуль түрінде де ұсынылған. Қазіргі уақытта Қазақстанның кен орындарында өндіру схемасын таңдау жеке блоктың немесе кен орнының ерекше қасиеттерін ескермейтін ұсыныстар арқылы жүзеге асырылады. Ұсынылған әдістеме мен бағдарламалық өнім осы қасиеттерді ескереді.

Ұңғыманы реверсиялау техникасы жалпы жағдайда технологиялық ерітінділер әрекетінің объективті заңдылықтарын қамтамасыз етпейтін нақты технологиялық блок шеңберінде ғана қарастырылды. Осы диссертацияда ұсынылған зерттеулер өндіріс тиімділігін салыстыру үшін реверсияны қолданбай және қолдана отырып өндіріс дәрежесінің өзгеру сипатын анықтауға мүмкіндік береді. Сондай-ақ, зерттеу нәтижелері бойынша ұңғыманы реверсиялау техникасын пайдаланудың максималды тиімділігіне қол жеткізілетін реверс уақыты мен ұңғыманың орналасу схемасы ұсынылған.

Бұл жұмыста берілген екі есеп те ұңғымалардың схемалары мен реверсиялау режимдерін салыстыру үшін бірдей шарттарды талап етеді, бұл өз кезегінде тек математикалық модельдеу негізінде жүзеге асырылуы мүмкін.

Қорғауға ұсынылған ғылыми ережелер.

– баланстық қорларды, сондай-ақ олардың таралымын ескере отырып ұңғымаларды автоматты түрде орналастыру алгоритмі;

– гидродинамикалық және физикалық-химиялық процестердің математикалық моделі негізінде қабаттың геологиялық қасиеттерін, өндірудің геотехнологиялық параметрлерін, капиталды және эксплуатациалық шығындарды ескере отырып, ұңғымалардың арасындағы оңтайлы қашықтықты автоматты түрде анықтау әдісі;

– ұңғымаларды реверстеу, әмбебап ұңғымаларды салу құнын ескере отырып, ұңғымаларды қатар орналастыру кезінде өндіру тиімділігін 3-18%-ға дейін арттыруға мүмкіндік береді;

– гексагональді ұңғыманы орналастыру схемасының тиімділігі ұңғыманы реверсиялау технологиясын қолданбай-ақ, бірдей өндіру дәрежелері үшін, қатарлы схемамен салыстырғанда орта есеппен 26,2% жоғары болды;

– ең тиімді сценарий – өндіруші ұңғымалардағы өнімді ерітіндінің орташа концентрациясы ең жоғары мәнге жеткен сәттен кейін ұңғымаларды бірден реверсиялау.

Зерттеудің негізгі нәтижелерінің сипаттамасы.

– ерітінділерге жетуге кететін уақыт пен ұңғымалар арасындағы қашықтық арасындағы байланыс сызықты емес екені анықталды, бұл ұңғымалар арасындағы қашықтықтың ұлғаюы кен орнын игеру уақытының айтарлықтай ұлғаюына алып келетінін дәлелдейді;

– гексагональді ұңғыманың орналасуымен жалпы шығындарды азайту үшін ұңғымалар арасындағы ең оңтайлы қашықтық 42 метрді құрады. Бұл «Қазатомөнеркәсіп ҰАК» АҚ кәсіпорындарында қолданылатын ұсыныстарға да сәйкес келеді;

– есептеулерді автоматтандыру мыналарды әзірлеу арқылы қамтамасыз етілді: ұңғымалар арасындағы берілген арақашықтық үшін ұңғымалар торын құру алгоритмі; ұңғымалардың арасындағы оңтайлы қашықтықты табу әдісі; сондай-ақ ұңғымадағы сілтісіздендіру әдісімен уран өндіруді талдауға және оңтайландыруға арналған біріктірілген бағдарламалық модуль;

– оңтайлылық көбінесе шекаралық айдау ұңғымаларының орналасуына байланысты екені анықталды, басқалай айтқанда шекаралық айдау ұңғымалары баланстық минерал аймағынан тыс орналасқан жағдайда өнімді ерітіндінің ағыны осы блоктың айдау ұңғымаларына бағытталады. Шекаралық айдау ұңғымалары теңгерім аймағының ішінде орналасқан жағдайда, өнім ерітіндісінің ағыны технологиялық блоктан алысқа бағытталатын болады, егер көрші блоктар болса, айдау ұңғымаларын олардың периметрі бойынша орналастыру қажет;

– ұқсас алу көрсеткіштеріне қол жеткізген кезде гексагональді ұңғыманы орналастырудың тиімділігі реверсті қолданбаған жағдайда қатар схемасымен салыстырғанда орта есеппен 26,2%-ға жоғары болды;

– сандық талдау гексагональді схема бойынша реверсиялау, қатарлы схемамен салыстырғанда, берілген минералды өндіру дәрежесі үшін өндірістің рентабельділігіне айтарлықтай әсер етпейтінін көрсетеді;

– екі реверсиялау режимдерін экономикалық бағалау нәтижелерін талдау, реверсиялауды қолданбаған жағдайдағы схемамен салыстырғанда реверсияны қолданған екі жағдайда да жоғары тиімділікті көрсетті. Экономикалық бағалау реверсиялауды пайдаланудың таңдалған реверсивті нұсқаға байланысты өндіріс тиімділігін 3-18% диапазонында арттыру мүмкіндігі бар екенін көрсетті.

Алынған нәтижелердің ғылыми жаңалығы. Жұмыстың нәтижесінде бұрғылаудың оңтайлы схемасын, сондай-ақ реверсиялауды пайдалану неғұрлым тиімді болатын жағдайларды автоматты түрде анықтауға мүмкіндік беретін

әдістеме мен бағдарламалық қамтамасыз ету әзірленді. Жұмыс аясында Scopus және Web of Science деректер базасында индекстелген шетелдік ғылыми журналдарда 3 мақала және Қазақстан Республикасының ғылым және жоғары білім беру сапасын қамтамасыз ету комитеті негізгі ғылыми мақалаларды жариялау үшін ұсынған ғылыми басылымдарда 3 мақала жарияланды.

Жұмыстың практикалық маңыздылығы. Тәжірибелік маңыздылығы жобалау сатысында тікелей кен орындарында ұңғымалардың арасындағы қашықтықты автоматты түрде салу және анықтау үшін әзірленген әдістерді қолдану мүмкіндігімен сипатталады. Сондай-ақ ұңғымаларды реверсиялау бойынша ұсыныстарды пайдалану кезеңінде өндіру тиімділігін арттыру үшін пайдалануға болады.

Осы диссертацияда ұсынылған әдістер, алгоритмдер және нәтижелер жерасты шаймалау әдісімен уран өндіруді талдау және оңтайландыру үшін арналған геотехнологиялық кешенді әзірлеу жобасының бөлігі болып табылады. Кейбір әдістер модульдер түріндегі бағдарламалық пакетке біріктірілген және бұл кешен «Орталық», «Инкай» және «Семізбай» тау-кен өндіру кәсіпорындарында да қолданылады.

Жұмыстың мемлекеттік ғылыми бағдарламалармен байланысы. Бұл диссертациялық жұмыс келесі жобалар аясында орындалды:

– BR05236447 «Уран мен мұнай кен орындарын өндіруге арналған басқару және шешімдерді қабылдау зияткерлік жүйелері», ҚР БҒМ ҒК ғылыми зерттеулерді бағдарламалық-нысаналы қаржыландыру, 2018 – 2020, № ГР 0118РК01275;

– AP08052470 «Уранды жер асты шаймалау әдісімен өндіру барысында технологиялық скважиналарды ұтымды орналастыру және олардың жұмысын басқаруға арналған сандық технология», ҚР БҒМ ҒК зерттеулерді гранттық қаржыландыру, 2020-2022 гг., № ГР 0120РК00063.

Докторанттың мақалалар дайындаудағы жеке үлесі.

– Shayakhmetov N.M., Alibayeva K.A., Kaltayev A., Panfilov I. Enhancing uranium in-situ leaching efficiency through the well reverse technique: A study of the effects of reversal time on production efficiency and cost // Hydrometallurgy. – 2023. – V. 219. – P. 106086. https://doi.org/10.1016/j.hydromet.2023.106086 (Квартиль – Q1, Процентиль – 89, SJR – 1.012). Диссертация авторы мәселені тұжырымдауға, бағдарламалық кодты жасауға, есептеулерді жүргізуге және мақаланы дайындауға қатысты. Ол бірінші автор.

– Shayakhmetov N.M., Aizhulov D.Y., Alibayeva K.A., Serovajsky S., Panfilov I. Application of hydrochemical simulation model to determination of optimal well pattern for mineral production with In-Situ Leaching // Procedia Computer Science. – 2020. – № 178. – P. 84-93. https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.11.010 (Квартиль – Q2, Процентиль - 68, SJR – 0.507). Диссертациялық жұмыстың авторы мәселені тұжырымдауға, сараптаманың оңтайлы схемасын анықтау әдістемесіне, бағдарламалық кодты әзірлеуге, есептеулерді жүргізуге және мақаланы дайындауға қатысты. Ол бірінші автор.

– Shayakhmetov N.M., Kurmanseiit M.B., Aizhulov D.Y. Study of the optimality of hexagonal well location modes during the in-situ leaching of mineral // Kompleksnoe ispolzovanie mineralnogo syra. – 2019. – № 2. – P. 76-82. https://doi.org/10.31643/2019/6445.19 (Квартиль - Q3, Impact Factor – 0.7). Диссертация авторы мәселені тұжырымдауға, ұңғымалардың оңтайлы орналасу схемасын анықтау әдістемесін жасауға, бағдарламалық кодты әзірлеуге, есептеулерді жүргізуге және мақаланы дайындауға қатысты. Ол бірінші автор.

– Shayakhmetov N.M., Kurmanseiit M.B., Aizhulov D.E. Modeling of the mineral leaching process by in-situ leaching method // Вестник КазНПУ им. Абая. – 2018. –Т. 63. – № 3. – С. 309-315. Диссертация авторы мәселені тұжырымдауға, математикалық және сандық модельдерді жасауға, бағдарламалық кодты жасауға, есептеулерге және мақаланы дайындауға қатысты. Ол бірінші автор.

– Shayakhmetov N.M., Alibayeva K.A., Aizhulov D.Y. Identification and research of factors affecting the optimal distribution of well flow rates in space // Вестник НИА РК. – 2021. – Т. 82. – № 4. – С. 204-214. https://doi.org/10.47533/2020.1606-146X.134. Диссертация авторы мәселені тұжырымдауға, бағдарламалық кодты жасауға, есептеулерді жүргізуге және мақаланы дайындауға қатысты. Ол бірінші автор.

– Shayakhmetov N.M., Kurmanseiit M.B., Alibayeva K.A. Gravity effect on well screens alignment during the in-situ leaching // Вестник КазНПУ им. Абая. – 2022. – Т. 70. – № 3. – С. 91-98. https://doi.org/10.51889/7670.2022.18.32.011. Диссертация авторы мәселені тұжырымдауға, бағдарламалық кодты жасауға, есептеулерді жүргізуге және мақаланы дайындауға қатысты. Ол бірінші автор.

Сонымен қатар, диссертация авторы халықаралық ғылыми конференцияларда 5 теизс жариялады, оның 4-інде баяндамашы болды. Сондай-ақ диссертациялық жұмыс шеңберінде әзірленген әдістер мен сәйкес бағдарламалық модульдерге 5 авторлық куәлік алынды.