АЙЖУЛОВ ДАНИАР ЕРСЕНОВИЧ

РОЛЛ-ФРОНТ ТҮРІНДЕГІ КЕН ОРЫНДАРЫНЫҢ ҚАЛЫПТАСУЫ КЕЗІНДЕГІ ГЕОЛОГИЯЛЫҚ ЖӘНЕ ГИДРОЛОГИЯЛЫҚ МЕХАНИЗМДЕРІН ЗЕРТТЕУ

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

АННОТАЦИЯ

Жалпы жұмыс сипаттамасы. Диссертация қабат-инфильтрациялық кен орындарының геометриясы мен құрамына әсер ететін механизмдерді анықтау мақсатында, олардың генезисін имитациялайтын сандық тәжірибелер жүргізу арқылы, сондай-ақ жоғары дәлдіктегі геологиялық модельдерін құрудың жаңа геостатистикалық әдісін әзірлеуге бағытталған.

Жұмыстың өзектілігі.

Қазақстан уран қоры бойынша дүниежүзіндегі екінші ел болып табылады, оның үлесі әлемдік қордың 12%-на дейін жетеді. Әлемде өндірілетін барлық уранның 40%-ға жуығы Қазақстаннан келеді. Уранның өндіру көлемі барлау арқылы жаңа ашылған қорлармен салыстырғанда әлде қайда үлкен. Осы уақытқа дейін Қазақстан уранның пайдалы концентрациясы бар (килограмына 80 доллардан аз) кен орындарын игеруге көңіл бөлді, бірақ соңғы жылдары мұндай ресурстардың саны 43%-ға азайып, жалпы көлемі 2,1 млн тоннаға жетті. Уран өндіру көлеміне сүйене отырып, 2020 жылдан бастап экономикалық тиімді уран қорының кемдігі байқалады. Бұл тапшылық Қазақстандағы уран саласының табыстылығының төмендеуіне әкелетіні сөзсіз.

Тау-кен өнеркәсібінде, әсіресе уран секторында, роллфронт кен орындарының маңызы зор. Бұл кен орындары өткізгіш жыныстардағы тотығу-тотықсыздану фронттарында түзілетін минералдану болып табылады. Кен орындарында әртүрлі компоненттер, соның ішінде селен, молибден, рений, ванадий, скандий және иттрий сияқты сирек кездесетін минералдар бар. Бұрғылау және одан әрі пайдалану құны бойынша кез келген таңдалған тау-кен әдісінің тиімділігі көбінесе геологиялық барлау әдістерінің дәлдігіне байланысты. Шөгінділердің пайда болуына қатысатын масса алмасу және химиялық процесстер туралы білімнің артуы тау-кен өндірудің қауіпсіз және үнемді әдістеріне әкелуі мүмкін.

Қазіргі уақытта уран өнеркәсібінде балансты рудаларының шекарасын анықтау, негізінен, қолмен, белгіленген әдістемелік ұсыныстар негізінде немесе геостатистикалық әдістерді қолдану арқылы жүзеге асырылады. Бірақ қолданылатын әдістер мұндай кен орындарының пайда болуына әсер ететін гидродинамикалық және химиялық факторларды есепке алмайды. Роллфронттың қалыптасу механизмдерін зерттеу кен қабатының ішінде таралуының белгілі заңдылықтарын анықтауға мүмкіндік берер еді. Сондықтан, бұл дәлдікті қамтамасыз ететін жетілдірілген кен денелерін геомодельдеу әдісін

дамытуға ықпал ете алады. Бұл қажетті ұңғымалардың санын азайту арқылы барлау және игеру шығындарын азайту, қорларды бағалау дәлдігін жақсарту және өндіру жылдамдығын арттыру сияқты бірқатар артықшылықтарға әкелуі мүмкін.

Жоғарыда айтылған ойларға сүйене отырып, **жұмыстың мақсаты** кен орындарының түзілуін көрсететін математикалық және сандық модельдерді құру үшін роллфронттардың қалыптасу механизмдерін жасау болып табылады. Сонымен қатар, алынған нәтижелерді пайдалана отырып, жұмыс, дәл геомодельдеу және осындай түзілімдердің қорын бағалаудың, жаңа геостатистикалық әдісін жасауға бағытталған.

Жұмыстың есептері.

1) роллфронттың қалыптасу процесі бойынша эмпирикалық экспериментті сандық қайталау;

2) әртүрлі қабаттың геометриялары үшін қолданылатын кен орындарының қалыптасу механизміне сәйкес сандық моделін әзірлеу;

3) кен орнының генезисі кезінде минералды комплекстердің тұну/еруінің гидродинамикасын және химиялық кинетикасын сандық модельдеу негізінде синтетикалық кен орындарын құрастыру технологиясын ұсыну;

4) инфильтрациялық кен орындырының қалыптасуының гидродинамикалық сипатын ескере отырып, дәстүрлі алгоритмдердің кейбір модификациялары/жетілдірулері бар жаңа геостатистикалық әдісті ұсыну;

5) дәстүрлі әдістердің тиімділігін, сондай-ақ ұсынылған әдісті, қорды бағалау және геологиялық моделін құру дәлдігінің тұрғысынан тексеру.

Зерттеу әдістеріне кеуекті ортада минералды ерітінділердің масса алмасу, еру және тұндыру процестерін сандық модельдеу, сонымен қатар геомодельдеу және қорды есептеудің геостатистикалық әдістері кіреді.

Мәселенің ғылыми жаңалығы. Инфильтрациялық типті кен орындарының геологиялық модельдерін құрудың заманауи әдістері мұндай кен орындарының қалыптасуына әсер ететін гидродинамикалық және геохимиялық процестерді сирек ескереді. Құрылған геологиялық модельдердің дәлдігі жеке сарапшының біліктілігіне өте тәуелді және сарапшыдан сарапшыға дейін әр түрлі болуы мүмкін. Түпнұсқалық зерттеу геологиялық, гидродинамикалық және химиялық тұрғыдан роллфронттың пайда болу механизмдері туралы түсінікті кеңейту мақсатында зертханалық тәжірибенің сандық көшірмесінен тұрады. Сонымен қатар, бұл эксперименттер әртүрлі геологиялық модельдеу әдістерін растау үшін немесе физикалық ақпараттандырылған нейрондық желілер сияқты жасанды интеллект негізіндегі технологияларды оқытуда әлеуетті пайдалану үшін және қажет деректерді қамтамасыз ету үшін синтетикалық резервуарларды сандық модельдеудің, сандық үлгісін жасауға ықпал етті. Инфильтрациялық типті кен орындары үшін арнайы әзірленген және олардың түзілу процестеріне тән гидродинамикалық сипаттамаларды ескере отырып, жаңа геостатистикалық әдіс жасалды. Ұсынылған әдіс шеңберіндегі есептеу сұйықтығының динамикасының әдістері роллфронт кен орындары үшін іске асырылған кезде қолданыстағы геостатистикалық тәсілдердің дәлдігінің артуына алып келеді.

Қорғауға ұсынылған ғылыми ережелер.

1) Роллфронт кен орындарының қалыптасуын имитациялайтын масса тасымалдау моделі (реактивті тасымалдау).

2) Геостатистикалық модельдерді тексеру үшін синтетикалық роллфронт кен орындарының құруға арналған сандық құрал.

3) Кен орнының геологиялық 3D моделін құруға арналған ағын сызықтарына негізделген геостатистикалық әдіс.

4) Геологиялық модельдеу және роллфронт кен орындарының қорларын бағалауға арналған бағдарламалық модуль.

Зерттеудің негізгі нәтижелерінің сипаттамасы.

1) Зертханалық тәжірибелер негізінде роллфронттар түріндегі кен орындарын қалыптасуының математикалық және сандық моделі жасалды.

2) Модельдеу арқылы, құмтастардағы ролфронтты уран кен орындарына тән, ұзартылған «тіл» өткізгіш қабаттардың геометриясының өзгеруіне байланысты пайда болатыны анықталды;

3) Уранның тұну және еру кезіндегі конвекция мен реакциялар фронт түзілудің негізгі механизмдері болып табылады, ал реакция жылдамдығының коэффициенті фронттың жер асты су ағынының бағыты бойынша созылуына тікелей әсер етеді.

4) Қазіргі уақыттағы және/немесе жаңа геостатистикалық әдістерді тексеру және салыстыру үшін бірқатар синтетикалық кен орындар жасалынды;

5) Нәтижелер, роллфронттардың гидродинамикалық қасиеттерін ескеретін геостатистикалық әдісті қолдана отырып, қорды бағалау тұрғысынан сапасы жоғары және сандық жағынан дәлірек геологиялық модельдер жасауға болатынын көрсетеді.

Алынған нәтижелердің ғылыми жаңалығы. Жүргізілген зерттеулер нәтижесінде роллфронт кен орындарының генезисінің жаңа сандық моделі және геологиялық модельдерді құрудың жаңа геостатистикалық әдісі әзірленді. Сандық модель инфильтрациялық процестер мен тотығу-тотықсыздану-химиялық реакциялар нәтижесінде пайда болған кен орындары үшін синтетикалық деректерді құру үшін, сондай-ақ детерминирленген емес тәсілдер негізінде кез келген келешегі бар модельдеу әдістерін сынау және валидациялау үшін потенциалды түрде пайдаланылуы мүмкін. Жаңа геостатистикалық әдіс инфильтрациялық типті кен орындарының геологиялық үлгілерінің жоғары дәлдігін қамтамасыз етті, бұл барлау шығындарының төмендеуіне алып келеді.

Жұмыстың практикалық маңыздылығы. Роллфронттың түзілу моделін кен денесін анықтау және қорларды бағалау үшін қолданылатын кез келген интерполяция әдісінің дәлдігін тексеру үшін пайдалануға болады. Фильтрация жылдамдығы мен қайта тұну салдарынан фронттардың өткізгіш орта арқылы таралуы арасында байланыс орнатылды. Бұл макродеңгейде жаңа кен орындарының ашылуына алып келуіне мүмкін. Жаңа геостатистикалық әдіс дәстүрлі әдістерге қарағанда айтарлықтай дәлірек, бұл геологиялық барлау шығындарын азайтуға мүмкіндік береді. Бұған жеткілікті дәлдікпен геологиялық модель құру үшін қажет барлау ұңғымаларын азырақ бұрғылау арқылы қол жеткізіледі.

Зерттеу нәтижелері бойынша бағдарламалық модульдер «Казатомпром» ҰАК» АҚ еншілес компаниялары әзірлеген кен орындарына енгізілді. Автор осы жұмыстар үшін авторлық сыйақы алады.

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;

– AP08051929 «Қабат типті инфильтрациялық минерал кен орындарының қалыптасу механизмдерін зерттеу және кен массивін анықтаудың жоғары дәлдіктегі цифрлық әдісін әзірлеу», ҚР БҒМ ҒК зерттеулерді гранттық қаржыландыру, 2020-2022 жж., № ГР 0120РК00058.

Докторанттың мақалалар дайындаудағы жеке үлесі. Төмендегі барлық жұмыстарда диссертация авторы мәселені қоюға, әдістерді/модельдерді әзірлеуге, кодтарды жазуға, есептеулерді жүргізуге, сонымен қатар мақалаларды жазуға қатысты. Диссертация авторы барлық аталған еңбектердегі бірінші автор болып табылады.

– Aizhulov, D., Tungatarova, M., & Kaltayev, A. (2022). Streamlines based stochastic methods and reactive transport simulation applied to resource estimation of roll-front uranium deposits exploited by in-situ leaching. Minerals, 12(10) doi:10.3390/min12101209.

– Aizhulov, D. Quantitative model of the formation mechanism of the rollfront uranium deposits / D. Aizhulov, N. Shayakhmetov, A. Kaltayev // Eurasian chemico-technological journal. – 2018. – № 3. – С. 213-221. (Scopus, SJR 0.157).

– Aizhulov D.Y., Kurmanseiit M.B., Tungatarova M.S. Application of geostatistical methods for reconstruction of lithological and mineralogical structure of uranium deposit by interpolating well data // Казахский Национальный Университет имени Аль-Фараби, Вестник КазНУ, серия математика, механика, информатика - №3 (91) -2016. -С.53-58.

– Aizhulov, D. 2022 и Tungatarova, M. Сравнение методов геостатистики для моделирования месторождений урана инфильтрационного типа. «Физико-математические науки». 79, 3 (июн. 2022). DOI: https://doi.org/10.51889/2022-3.1728-7901.401 .

– Aizhulov, D.E. Stochastic modelling of uranium roll-front deposits based on streamline simulation / D.E. Aizhulov, A. Kaltayev // International symposium on uranium raw material for the nuclear fuel cycle: exploration, mining, production, supply and demand, economics and environmental issues (URAM-2018). – Vienna: IAEA, 2018. – С. 17-20.

– Айжулов Д.Е., Калтаев А., Исследование геолого-гидрологических механизмов формирования месторождений в виде ролл-фронтов // Актуальные проблемы урановой промышленности: Материалы VIII-й международной

научно-практической конференции, 3-5 августа: Сборник трудов - г. Астана, Республика Казахстан: с. 120-121, 451 стр.

– Айжулов Д.Е. Калтаев А., Құрмансейіт М. Б., Кульджабеков А. Б., Интерполяция и построение 3D модели на основе скважинных данных, Конференция"VII международной научно-методической конференции "Математическое моделирование и информационные технологии в образовании и науке", посвященной к 70-летию профессора Е.Ы. Бидайбекова и 30 летию школьной информатики. 1-2 октября 2015 г. Министерство образования и науки РК. Казахский Национальный педагогический Универси", уровень Международный, КАЗАХСТАН, Алматы, 01.10.2015-02.10.2015.

– Айжулов Д.Е., Калтаев А., The study of rollfront properties and formation mechanisms by examining uranium deposits in Tianshian megaprovince, Конференция"27th Conference Drilling-Oil-Gas", уровень Международный, ПОЛЬША, Krakow, 08.06.2016-10.06.2016

– Айжулов Д.Е. Калтаев А., Application of geostatistical methods for reconstruction of lithological and mineralogical structure of uranium deposit by interpolating well data, Конференция"3 международная научно-методическая конференция «Математическое моделирование механических систем и физических процессов» посвященная 75-летию юбилея и 55-летию научно-педагогической деятельности академика НАН РК, академика НИА РК, лауреата Государственной премии РК в области науки и техники, доктора технических наук,", уровень Международный, КАЗАХСТАН, Алматы, 18.11.2016-19.11.2016

– Aizhulov, D. Stochastic modeling of uranium roll-front deposits based on stream-line simulation / D. Aizhulov, A. Kaltayev // Scientific conference-seminar “Mathematics and Simulation”. – Almaty, 2018

– Aizhulov D., Kaltayev A. Stochastic modeling of uranium roll-front deposits based on stream-line simulation / D. Aizhulov, A. Kaltayev // International Scientific and Practical Conference on “Actual Problems of Informatics, Mechanics and Robotics. – Almaty, 2018

– Айжулов, Д. Е.Цифровая методика оконтуривания рудного тела пластово-инфильтрационных месторождений на основе линий тока / Д.Е. Айжулов, А. Калтаев // В трудах международной конференции: рациональное использование минерального и техногенного сырья в условиях Индустрии 4.0. – Алматы, 2019. – С. 465 – 467

– Айжулов, Д. Е.Цифровая методика оконтуривания рудного тела пластово-инфильтрационных месторождений на основе линий тока / Д.Е. Айжулов, А. Калтаев // В трудах международной конференции: рациональное использование минерального и техногенного сырья в условиях Индустрии 4.0. – Алматы, 2019. – С. 465 – 467

Сонымен қатар, диссертация аясында өнеркәсіпте сәтті қолданылатын әртүрлі бағдарламалық модульдерге 10 авторлық куәлік алынды. Диссертация авторы жоғарыда аталған тізімде барлық конференцияларда негізгі баяндамашы болды.