Код МРНТИ 52.13.23:52.13.05

Е.Е. Искаков[1], Д.Б. Аманжолов[2], *Ж.Г. Кенесов[3], А.Қ. Алип[4]
[1]Satbayev University (Алматы қ., Қазақстан),
[2]Toraighyrov University (Павлодар қ., Қазақстан),
[3]«НПП ZERDE» Жауапкершілігі шектеулі серіктестігі (Алматы қ., Қазақстан),
«АК Алтыналмас» Акционерлік қоғамы (Алматы қ., Қазақстан)

ОРНЫҚСЫЗ ТАУ-КЕН СІЛЕМДЕРІН ХИМИЯЛЫҚ ӘДІСПЕН БЕКІТУДЕГІ РЕАГЕНТТЕРДІҢ СІҢУ ЗАҢДЫЛЫҚТАРЫН АНЫҚТАУ

Аңдатпа. Мақалада орнықсыз таужынысы массивтерін нығайтудың химиялық әдісін қолдану бойынша теориялық және практикалық аспектілері қарастырылған. Тау-кен қазбаларын өту процесінде массивтердің тұрақтылығын арттыру мақсатында жарықшақталған массивке желім реагентін енгізудің тиімді технологиясын жасауға басты назар аударылған. Зерттеу барысында химиялық ерітіндінің сүзілу, таралу және қозғалыс заңдылықтары анықталған, сонымен қатар реагенттің ену тереңдігі мен таралу біркелкілігіне әсер ететін параметрлер талданған. Адгезия және адгезия механизмдерін қоса, реагенттердің минералды ортамен өзара әрекеттесуі сипатталған. Химиялық бекітудің тиімділігін анықтайтын негізгі факторлар анықталған және оны жерасты тау-кен қазбаларында тиімді пайдалану шарттары негізделген.
Түйінді сөздер: *тау-кен сілемдері, жарықшақтық, бөлшектену, химиялық бекіту, желімдеуші реагент, таралу заңдылықтары, гидродинамикалық модель.*

Determining the absorption patterns of reagents in chemical reinforcement of unstable ore rock masses

Abstract. The article examines the theoretical and practical aspects of applying chemical methods for strengthening unstable rock masses. The primary focus is on the development of an effective technology for injecting a bonding reagent into fractured rock to improve mass stability during mining operations. The study identifies the patterns of filtration, distribution, and movement of the chemical solution within the rock mass and analyzes parameters affecting the penetration depth and uniformity of reagent dispersion. The interaction of reagents with the mineral environment, including adhesion and cohesion mechanisms, is described. Key factors determining the effectiveness of chemical reinforcement are highlighted, and the conditions for its rational application in underground mine workings are substantiated.
Key words: *rock masses, fracturing, stratification, chemical stabilization, adhesive agent, distribution laws, hydrodynamic model.*

Определение закономерностей распространения реагентов при химическом укреплении неустойчивых горных массивов

Аннотация. В статье рассматриваются теоретические и практические аспекты применения химического метода укрепления неустойчивых горных массивов. Основное внимание уделено разработке эффективной технологии введения клеящего реагента в трещиноватую породу с целью повышения устойчивости массивов в процессе ведения горных работ. В ходе исследования определены закономерности фильтрации, распространения и движения химического раствора в толще массива, а также проанализированы параметры, влияющие на глубину проникновения и равномерность распределения реагента. Описаны взаимодействие реагентов с минеральной средой, включая механизмы адгезии и сцепления. Выделены ключевые факторы, определяющие эффективность химического закрепления, и обоснованы условия его рационального применения в подземных горных выработках.
Ключевые слова: *горный массив, трещиноватость, расслоение, химическое укрепление, клеящий реагент, закономерности распространения, гидродинамическая модель.*

Кіріспе

Жерасты қазбалық жұмыстарын жарықшақты, орнықсыз тау-кен сілемдерінде жүргізу қуатты техникалар мен жоғары қарқынды технологияларды қолдануға мүмкіндік бермейді. Мұндай шарттар қазбалық жұмыстардың өнімділігі мен қауіпсіздігін айтарлықтай төмендетеді. Геологиялық күрделі шарттарда жерасты қазбаларын қолданыстағы әдістермен өту, бекіту және қауіпсіздік шараларын қамтамасыз ету үлкен еңбек шығындары мен қаржыны қажет етеді, әрі бұл әдіс қауіпсіз еңбек жағдайларын толық қамтамасыз етуге мүмкіндік бермейді [1, 2, 3].

Сондықтан орнықсыз, жарықшақты тау-кен сілемдерін алдын ала химиялық желімдеуші қоспалармен өңдеу арқылы бекітіп, жерасты қазбаларын тиімді әрі қауіпсіз қазу үшін инновациялық технологияны дамыту, сондай-ақ сілемді желімдеу және біріктіруге арналған ерітіндіні енгізудің оңтайлы параметрлерін ғылыми тұрғыда негіздеу өте маңызды міндеттердің бірі болып табылады.

Мұның алдындағы ғылыми еңбектерімізде айтып өткеніміздей [4, 5], доломит, альбит, мусковит сияқты механикалық тұрақсыз минералды тұздардан тұратын таужынысы массивтерін химиялық жолмен бекемдеуге ең тиімді реагент түрі зертханалық сынақ жұмыстарының нәтижесінде (беріктік сипаты, қолданылу қауіпсіздігі, экологиялық зиянсыздығы және экономикалық көрсеткіштері) эпоксид шайыры мен ПЭПА-ның 9:1 қатынасынан алынған реагент екендігі дәлелденген.

Эпоксидті шайырдың аталмыш құрамын қолдану барысында таужыныстары кесектерінің жанасатын беткі қабатында еріту процесі жүріп, ондағы металл атомдары мен тотықтар (***Si*** (15,4%), ***Al*** (28,32%), ***Fe*** (33,03%)) реагентпен тұз тәрізді, хелатты және элементті органикалық қосылыстар түзеді. Зерттелген таужынысының құрамында SiO_2 – 81,7% болғандықтан, кварц минералы желім құрамындағы эпоксидті топтың ашылуына катализатор ретінде әсер етіп, желім мен таужынысы кесектерінің бетінде орналасқан майда бөлшектерді ерітіп, нәтижесінде берік механикалық қоспа пайда болды.

Ендігі алға қойған мақсат, тиімді деп анықталған эпоксид шайыры мен ПЭПА-ның 9:1 қатынасындағы реагентті орнықсыз таужыныс сілеміне енгізу кезінде оның таралу заңдылықтарын ғылыми негізде айқындау болып табылады.

Реагентті сілемге енгізу алдын ала бұрғыланған ұңғымалар арқылы жүзеге асырылады, мұнда қысым күшін қолдану арқылы реагенттің тереңдікке таралуы қамтамасыз етіледі. Бұл процесс таужыныс құрылымына әсер етіп, химиялық реагенттің сілемнің жарықшақтарына енуін және оның физика-химиялық қасиеттерін жақсартуды қамтамасыз етеді. Қысымның дұрыс реттелуі реагенттің біркелкі таралуын және таужынысының тұрақтылығын арттыру үшін маңызды болып табылады.

Жерасты гидравликасы саласында бүгінгі күнге дейін бірнеше маңызды мәселелер, оның ішінде тау-кен сілеміне әртүрлі ұңғымалар бұрғыланып, сол арқылы сұйықтықтардың енгізілуі кезінде олардың қозғалысының заңдылықтары зерттелген [6, 7, 8, 9]. Осыған байланысты, спецификалық ерекшеліктерді ескере отырып, сүзгіштік теориясының негізгі ережелерін біздің жағдайымызда, атап айтқанда желімдеу реагентін енгізу процесінде тиімді қолдануға болады.

Зерттеу әдістемесі

Сүзгіштіктің математикалық моделін негіздеу және таңдау барысында желімдеуші реагенттің сіңірілетін нысанның спецификасы, яғни тау-кен сілемінің қуыстылығы маңызды фактор болып табылады. Бұл параметрдің ескерілуі сілемнің орнықсыз таужынысы қабатында желімдеуші реагентпен берік байланыс орнату үшін шешуші рөл атқарады.

Желімдеуші реагентті тау-кен сілеміне енгізу технологиясының параметрлерін есептеу үшін, Кузниишахтострой әзірлеген [10, 11] тығындау ерітінділерінің сүзгіштігіне арналған математикалық моделін негіз ретінде қабылдауды орынды деп шештік. Алайда, эпоксид желіміне қосылатын катализатордың әсерін ескере отырып, бұл модельге өзгерістер енгізу қажет. Өйткені катализатордың желімге қосылуы оның қату үдерісінің жылдамдығын арттырады, ал бұл өз кезегінде желімнің тау-кен сілеміне сіңу дәрежесіне айтарлықтай әсер етеді.

Осы айтылған негіздемелерге сүйене отырып, катализатормен араласқан эпоксид реагентінің жарықшақты сілемге сіңірілу жылдамдығын анықтау үшін келесі формуланы қолдануға болады:

$$V_c = \left(\frac{K \cdot g \cdot \delta}{6 \cdot f \cdot \rho_{эк}}\right)^{1/2} \left[\frac{V^2 \left(\frac{E\rho_э + C\rho_к}{E + C}\right)^n}{g}\right]^{3/7}, \qquad (1)$$

мұндағы V_c – ерітіндінің енгізілу жылдамдығы, м/с;

K – түзету коэффициенті, $K = 1{,}25$;

g – ауырлық күшінің үдеуі, м/с²;

δ – жарықшақтардың орташа өлшемі, м;

V – гидравликалық ірілік, м/с;

f – қуыстардың гидравликалық кедергі коэффициенті;

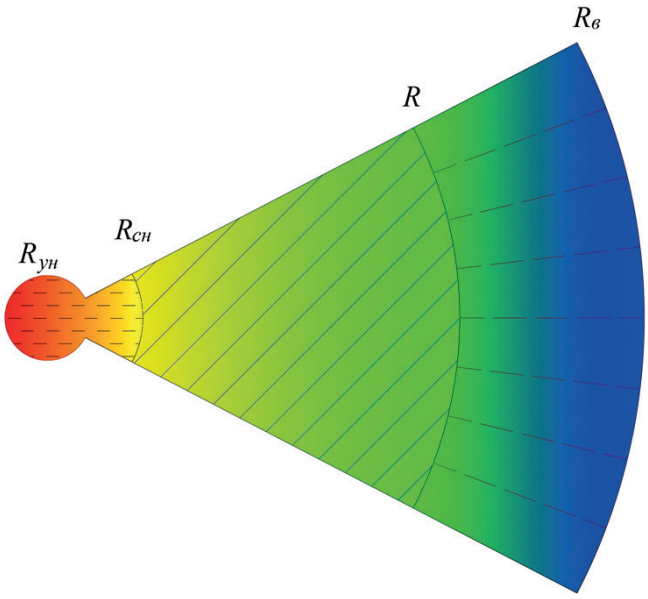
n – эмпирикалық дәреженің көрсеткіші;

E, C – дайын желімдегі эпоксид пен катализатордың массалық үлестері;

$\rho_{эк}$, $\rho_э$, $\rho_к$ – сәйкесінше эпоксидтің, катализатордың және дайын желімнің тығыздықтары, кг/м³.

Эпоксид реагентін ұңғымаға енгізу технологиясының параметрлері тау-кен сілеміндегі жарықшақтар мен қуыстардың толу үдерісімен айқындалады. Желімдеуші реагенттің қоюлығы тұрақсыз ерітінді болып табылатындықтан, оның ену жылдамдығына әсер ететінін ескере отырып, жоғарыда аталған гидродинамикалық модельді негіз ретінде қабылдаймыз.

Осылайша, желім сіңірілетін тау-кен сілемін әртүрлі шарттарға ие кем дегенде үш қабатты орта ретінде қарастырамыз. Желімдеуші реагенттің бір ұңғымадан таралу сұлбасы 1 суретте көрсетілген.



Сурет 1. Желімдеуші реагенттің тау-кен сілеміне таралу кедергісіне негізделген аймақтарға бөліну сұлбасы: $R_{ун}$ – ұңғыманың радиусы, м; $R_{сн}$ – реагенттің еркін қозғалу радиусы, м; R – ағымдық радиусы, м; $R_в$ – реагенттің сүзілу радиусы, м.
Figure 1. Schematic of the division into regions based on the distribution resistance of the binding reagent in the rock mass: $R_{ун}$ – radius of the well, m; $R_{сн}$ – radius of free movement of the reagent, m; R – flow radius, m; $R_в$ – radius of reagent filtration, m.
Рис. 1. Схема деления на области, основанная на сопротивлении распространению связывающего реагента в горном массиве: $R_{ун}$ – радиус скважины, м; $R_{сн}$ – радиус свободного распространения реагента, м; R – радиус потока, м; $R_в$ – радиус фильтрации реагента, м.

Тау-кен сілемінің жарықшақтары мен қуыстарының желімдеуші реагентпен толу тиімділігі кесектердің бөлшектенуі мен сілемнің деформациялану дәрежесіне тәуелді болып табылады, және бұл үдеріс келесі критерий бойынша бағаланады:

$$S = \frac{V_c}{V_т} = \frac{KV_{ар}}{V_т} \geq 1, \qquad (2)$$

мұндағы S – сапа критерийінің коэффициенті;

$V_т$ – тау-кен сілеміндегі желіммен толтырылмаған жарықшақтардың қуыстарының көлемі, м³;

V_c – инъекциялау процесі аяқталғаннан кейінгі қуыстардың сығылған көлемі, м³;

$V_{ар}$ – сығымдаушы қысым әсерінен таужыныстарының деформациялануы нәтижесінде инъекциялау кезінде қуыстардың асыра толу көлемі, м³;

K – инъекциялы қысымды тоқтатқаннан кейін, таужыныс сілеміндегі қалдық деформацияны ескере отырып, бастапқы көлемді қалпына келтіру коэффициенті.

Желім реагентінің тау-кен сілеміне сіңу тиімділігін жалпы қалдық қуыс коэффициентінің ($m_{ка}$) мәнімен бағалауға болады:

$$m_{\text{ка}} = \frac{V_{\text{т}} - KV_{\text{ар}}}{\pi\left(R^2 - R_{\text{ун}}^2\right)m_0} \to 0. \qquad (3)$$

Жоғарыда келтірілген әдістемеге сүйене отырып, орнықсыз тау-кен сілеміне эпоксид шайыры мен ПЭПА-ның 9:1 қатынасында дайындалған реагентті енгізу кезінде желімнің таралу заңдылықтарын анықтауға болады. Бұл әдістеме тау-кен сілеміндегі жарықшақтар мен қуыстарды ескере отырып, желімнің таралу үдерісін жан-жақты зерттеуге мүмкіндік береді.

Нәтижелер және оларды талқылау

Таужыныстары сілеміндегі қуыстардың толу үдерісін гидродинамикалық есептеу үшін жоғарыда келтірілген әдістеме және Кузниишахтострой әзірлеген химиялық бекіту әдісінің алгоритмі қолданылды. Орындалған есептеулер нәтижесінде ерітіндінің шығыны, айдамалау қысымы, сіңу радиусының уақытқа тәуелділігі, сондай-ақ жарықшақтардың қысымға байланысты тығындалу тығыздығы анықталды. Шартты түрде берілетін тау-кен сілемінің негізгі физика-механикалық қасиеттері Ақбақай кенорынының инженерлік-геологиялық сипаттамаларынан алынды.

Модельді есептеулердің нәтижелері 1–3 кестелерде көрсетілген, ал кейбір тәуелділіктер график түрінде 2–4 суреттерде келтірілген. Бұл деректер тау-кен жұмыстарының тиімділігін арттыруға, сондай-ақ реагенттің сіңу үдерісін дұрыс бағалауға мүмкіндік береді.

Кесте 1

Эпоксид шайырының жарықшақты тау-кен сілеміне таралу заңдылықтарын аналитикалы анықтаудың нәтижелері (ұңғыма тереңдігі l = 2 м; ұңғымадағы реагент шығыны 10 л/мин)

Table 1

Results of the analytical calculation of epoxy resin distribution patterns in fractured rock massifs (well depth l = 2 m; reagent flow rate in the well: 10 L/min)

Таблица 1

Результаты аналитического расчета закономерностей распределения эпоксидной смолы в трещиноватом горном массиве (глубина скважины l = 2 м; расход реагента в скважине: 10 л/мин)

Реагент түрі	Қуыс коэффициентінің бастапқы мәні (m_0)	Қысым мәні ($P_{ун}$), МПа	Енгізу уақыты (t), мин		Қуыстардың толу критерийі S		Реагенттің сілемге таралу радиусы (R), м
			1 кезең	2 кезең	1 кезең	2 кезең	
$K_0 = 15 \cdot 10^{-12}$ м²; $\delta = 0{,}5$ мм							
Эпоксид пен ПЭПА 9:1	0,011	0,7	5,5	3,9	1,1	1,0	0,1
$K_0 = 250 \cdot 10^{-12}$ м²; $\delta = 1{,}0$ мм							
Эпоксид пен ПЭПА 9:1	0,01	0,8	4,41	1,03	0,2	0,9	0,13
$K_0 = 1677 \cdot 10^{-12}$ м²; $\delta = 1{,}5$ мм							
Эпоксид пен ПЭПА 9:1	0,009	1,0	4,2	1,3	0,1	0,8	0,13
$K_0 = 2200 \cdot 10^{-12}$ м²; $\delta = 2{,}0$ мм							
Эпоксид пен ПЭПА 9:1	0,008	1,2	3,6	0,9	0,08	1,0	0,17

Кесте 2

Эпоксид шайырының жарықшақты тау-кен сілеміне таралу заңдылықтарын аналитикалы анықтаудың нәтижелері (ұңғыма тереңдігі l = 2,5 м; ұңғымадағы реагент шығыны 20 л/мин)

Table 2

Results of the analytical calculation of epoxy resin distribution patterns in fractured rock massifs (well depth l = 2,5 m; reagent flow rate in the well: 20 L/min)

Таблица 2

Результаты аналитического расчета закономерностей распределения эпоксидной смолы в трещиноватом горном массиве (глубина скважины l = 2,5 м; расход реагента в скважине: 20 л/мин)

Реагент түрі	Қуыс коэффициентінің бастапқы мәні (m_0)	Қысым мәні ($P_{ун}$), МПа	Енгізу уақыты (t), мин		Қуыстардың толу критерийі S		Реагенттің сілемге таралу радиусы (R), м
			1 кезең	2 кезең	1 кезең	2 кезең	
$K_0 = 15 \cdot 10^{-12}$ м²; $\delta = 0{,}5$ мм							
Эпоксид пен ПЭПА 9:1	0,011	0,8	4,8	2,1	0,7	0,9	0,08
$K_0 = 250 \cdot 10^{-12}$ м²; $\delta = 1{,}0$ мм							
Эпоксид пен ПЭПА 9:1	0,01	1,1	2,8	1,3	0,4	1,0	0,13
$K_0 = 1677 \cdot 10^{-12}$ м²; $\delta = 1{,}5$ мм							
Эпоксид пен ПЭПА 9:1	0,009	1,2	2,2	0,7	0,6	0,8	0,12
$K_0 = 2200 \cdot 10^{-12}$ м²; $\delta = 2{,}0$ мм							
Эпоксид пен ПЭПА 9:1	0,008	1,3	1,8	0,4	0,1	0,7	0,14

Кесте 3

Эпоксид шайырының жарықшақты тау-кен сілеміне таралу заңдылықтарын аналитикалы анықтаудың нәтижелері (ұңғыма тереңдігі l = 3 м; ұңғымадағы реагент шығыны 25 л/мин)

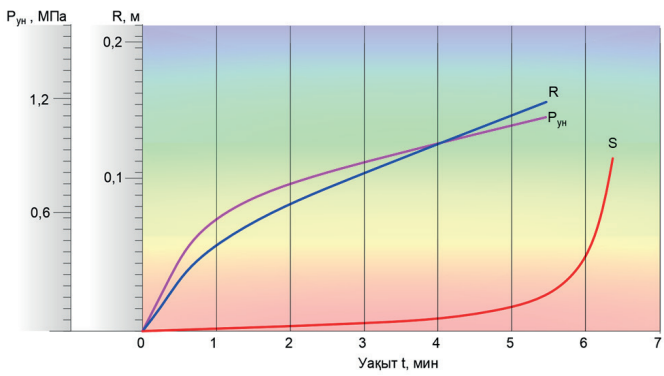
Table 3

Results of the analytical calculation of epoxy resin distribution patterns in fractured rock massifs (well depth l = 3 m; reagent flow rate in the well: 25 L/min)

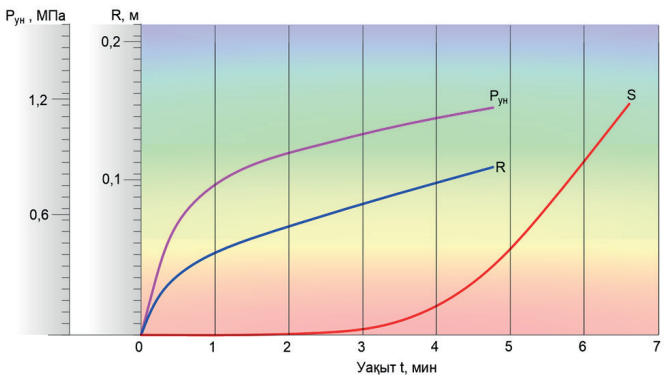
Таблица 3

Результаты аналитического расчета закономерностей распределения эпоксидной смолы в трещиноватом горном массиве (глубина скважины l = 3 м; расход реагента в скважине: 25 л/мин)

Реагент түрі	Қуыс коэффициентінің бастапқы мәні (m_0)	Қысым мәні ($P_{ун}$), МПа	Енгізу уақыты (*t*), мин	Қуыстардың толу критерийі *S*	Реагенттің сілемге таралу радиусы (*R*), м
$K_0 = 15 \cdot 10^{-12}$ м^2; $\delta = 0{,}5$ мм					
Эпоксид пен ПЭПА 9:1	0,011	0,9	14,5	3,4	0,1
$K_0 = 250 \cdot 10^{-12}$ м^2; $\delta = 1{,}0$ мм					
Эпоксид пен ПЭПА 9:1	0,01	1,0	11,2	0,2	0,12
$K_0 = 1677 \cdot 10^{-12}$ м^2; $\delta = 1{,}5$ мм					
Эпоксид пен ПЭПА 9:1	0,009	1,1	10,6	0,9	0,13
$K_0 = 2200 \cdot 10^{-12}$ м^2; $\delta = 2{,}0$ мм					
Эпоксид пен ПЭПА 9:1	0,008	1,1	10,4	0,1	0,15



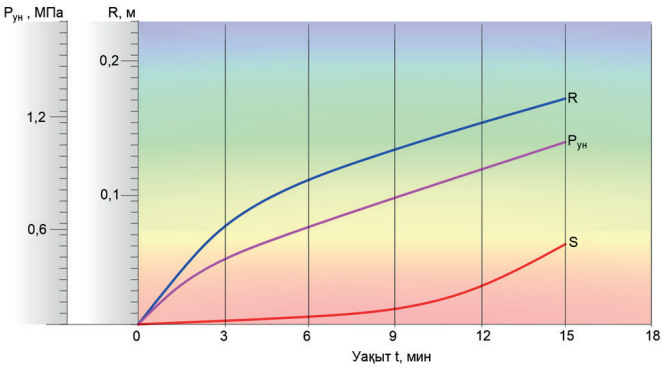
Сурет 2. Ұңғыма тереңдігі *l* = 2 м, реагент шығыны 10 л/мин болғандағы қысым ($P_{ун}$), таралу радиусы (*R*) және толу сапасы критерийінің (*S*) уақытқа тәуелділік графигі.
Figure 2. Graph of pressure ($P_{ун}$), distribution radius (*R*), and filling quality criterion (*S*) as a function of time for a well depth of *l* = 2 m and a reagent flow rate of 10 L/min.
Рис. 2. График зависимости давления ($P_{ун}$), радиуса распространения (*R*) и критерия качества заполнения (*S*) от времени при глубине скважины *l* = 2 м и расходе реагента 10 л/мин.



Сурет 3. Ұңғыма тереңдігі *l* = 2,5 м, реагент шығыны 20 л/мин болғандағы қысым ($P_{ун}$), таралу радиусы (*R*) және толу сапасы критерийінің (*S*) уақытқа тәуелділік графигі.
Figure 3. Graph of pressure ($P_{ун}$), distribution radius (*R*), and filling quality criterion (*S*) as a function of time for a well depth of *l* = 2,5 m and a reagent flow rate of 20 L/min.
Рис. 3. График зависимости давления ($P_{ун}$), радиуса распространения (*R*) и критерия качества заполнения (*S*) от времени при глубине скважины *l* = 2,5 м и расходе реагента 20 л/мин.

Математикалық модельдеу әдістерін қолдану арқылы орындалған есептеулер нәтижелерін талдау барысында химиялық желімдеуші реагенттің тау-кен сілемінде таралу радиусының шамасы ***R*** = 0,09 − 0,2 м, ал ерітіндіні айдамалау қысымының диапазоны $\boldsymbol{P_{ун}}$ = 0,9 − 1,4 МПа аралығында қамтамасыз етілетіні дәлелденді. Есептеулер нәтижесінде қысым мөлшерінің артуына байланысты ерітіндінің таралу радиусының өсуі гиперболалық сипатта болатыны анықталды.

Ерітіндіні айдамалау үдерісі екі негізгі кезеңнен тұрады. Бірінші кезеңдегі айдамалау уақыты тау-кен сілемінің қуыстылығының көрсеткіші мен ерітіндінің шығынына тәуелді анықталады. Ал екінші кезеңдегі айдамалау уақыты сілемнің қуыстылық коэффициентіне тәуелсіз болып, оның деформациялық қасиеттерінің ықтимал өзгерістеріне байланысты негізделеді. Ақбақай кен орнының инженерлік-геологиялық шарттарына сәйкес, химиялық реагенттің бір ұңғымаға сіңірілуіне қажетті максималды уақыт 14,5 минутты құрады.



Сурет 4. Ұңғыма тереңдігі *l* = 3 м, реагент шығыны 25 л/мин болғандағы қысым ($P_{ун}$), таралу радиусы (*R*) және толу сапасы критерийінің (*S*) уақытқа тәуелділік графигі.
Figure 4. Graph of pressure ($P_{ун}$), distribution radius (*R*), and filling quality criterion (*S*) as a function of time for a well depth of *l* = 3 m and a reagent flow rate of 25 L/min.
Рис. 4. График зависимости давления ($P_{ун}$), радиуса распространения (*R*) и критерия качества заполнения (*S*) от времени при глубине скважины *l* = 3 м и расходе реагента 25 л/мин.

Қорытынды

Жүргізілген зерттеулер нәтижесінде жарықшақты тау-кен сілемдерін химиялық әдіспен бекемдеу технологиясының ғылыми негіздері әзірленді. Есептік модельдеу әдістері мен аналитикалық есептеулер арқылы эпоксид негізіндегі желімдеуші реагенттің сілемге сіңу заңдылықтары, ерітіндіні айдамалау қысымы, таралу радиусы, қуыстардың толу сапасы сияқты маңызды параметрлер анықталды.

*1. Желімдеуші реагенттің таралу радиусы мен қысымының байланысы: реагенттің тау-кен сілеміне сіңу радиусының **R** = 0,09 – 0,2 м мөлшері, ал айдамалау қысымының $\boldsymbol{P_{ун}}$ = 0,9 – 1,4 МПа аралығында тиімді екені анықталды. Қысымның өсуіне байланысты реагенттің таралу радиусының гиперболалық сипатта артатыны дәлелденді.*

2. Айдамалау процесінің кезеңдері: реагентті енгізу үдерісі екі кезеңнен тұрады. Бірінші кезеңде айдамалау уақыты тау-кен сілемінің қуыстылық коэффициенті мен ерітіндінің шығынына байланысты болса, екінші кезеңде ол сілемнің деформациялық қасиеттерінің өзгерісіне тәуелді анықталды.

3. Модельдеу нәтижелері: Ақбақай кен орнының тау-кен сілемдері үшін жүргізілген модельдік есептеулер бойынша химиялық реагенттің бір ұңғымаға толық сіңірілуіне қажетті уақыт 14,5 минут деп есептелді. Бұл уақыт сілемдегі жарықшақтарды толтыру және олардың тұрақтылығын қамтамасыз ету үшін жеткілікті деп танылды.

Зерттеу жұмысының нәтижелері геологиялық және инженерлік тұрғыдан күрделі шарттарда жерасты қазбаларын қауіпсіз және тиімді өтуді қамтамасыз етуге ықпал етеді. Әзірленген технология жарықшақты сілемдердегі қуыстарды толтыруда реагенттің таралуын тиімді басқарып, өндірістік шығындарды азайту және жерасты қазбаларының тұрақтылығын арттыру үшін пайдаланылуы мүмкін.

Алғыс

Мақала Қазақстан Республикасының Ғылым және Жоғары Білім министрлігінің гранттық қаржыландыруымен жүзеге асырылып жатқан AP19576987 «Кен шоғырларын қауіпсіз игеруді қамтамасыз ететін жоғары технологиялы материалдардан модификациялы жетілдірілген озыңқы бекітпені қолданып орнықсыз массивтерді нығайтудың тиімді әдісін жасау» жобасы аясында орындалған ғылыми-зерттеу жұмыстары нәтижесінде жарияланды.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. *Бегалинов Ә.Б. Тау-кен кәсіпорындарының жерасты кешендерін жобалау: Алматы.: ЖШС РПБК «Дәуір», 2011. 352 б. (қазақ тілінде)*
2. *Макаров А.Б. Практикалық геомеханика: М.: Тау-кен кітабы, 2006. 391 б. (орыс тілінде)*
3. *Геомеханикалық факторлардың дайындық тау-кен қазбаларының бекіту жүйесіне әсер ету заңдылықтарын анықтау / Bondarenko V. [және т. б.] // Тау-кен ісі. 2020. № 14 (1). Б. 44–50 (ағылшын тілінде)*
4. *Amanzholov D., Bakhramov B., Bektur B. Жер асты шахталарында тау-кен қазбаларын өту кезінде орнықсыз массивтерде таужыныстарының үгілуі және бекіту үшін тиімді желімдеу қоспаларын таңдау // Тау-кен ісі. 2024. № 18 (3). Б. 104–113 (ағылшын тілінде)*
5. *Минералды тұздардан тұратын тұрақсыз жер асты қазбаларын химиялық қоспалармен бекіту технологиясы / Begalinov A.B. [және т. б.] // Қазақстанның кен журналы. 2016. № 4. Б. 22–24 (ағылшын тілінде)*
6. *Алтаев Ш.А., Жалгасов Н.Ж. және т. б. Қатты кендерді жер асты игеруде тау жыныстарын смола инъекциясымен бекіту: Алматы: Рауан, 1997. 336 б. (орыс тілінде)*
7. *Климентов П.П., Кононов В.М. Жерасты суларының динамикасы: М.: Жоғары мектеп, 1985. 384 б. (орыс тілінде)*
8. *Дайындық қазбаларын бекіту және қорғау тәжірибесін қорытындылау / Егоров С.И. [және т. б.] // Украина көмірі. 2002. № 5. Б. 19–21 (орыс тілінде)*
9. *Сенімсіз массивтер шарттарында тау-кен қазбаларын бекіту технологиясын зерттеу / Matayev A. [және т. б.] // Тау-кен ісі. 2021. № 15 (3). Б. 78–86 (ағылшын тілінде)*

10. *Хямяляйнен В.А., Митраков В.И., Сыркин П.С. Қазбаларды өту кезінде тау жыныстарын физика-химиялық әдістермен бекіту: М.: Недра, 1996. 352 б. (орыс тілінде)*
11. *Stryczek S., Gonet A., Kremieniewski M. Арнайы цементті ерітінділерді тұзды тау жыныстарын бекіту үшін қолдану // Энергия. 2022. № 15 (16). Б. 60–87 (ағылшын тілінде)*

REFERENCES

1. *Begalinov A.B. Design of underground complexes of mining enterprises: Almaty: LLP RPKK «Dauir», 2011. 352 p. (In Kazakh)*
2. *Makarov A.B. Prakticheskaya geomekhanika [Practical geomechanics]. Moscow: Gornaya kniga, 2006. 391 p. (in Russian)*
3. *Determining patterns of the geomechanical factors influence on the fastening system loading in the preparatory mine workings / Bondarenko V. [et al.] // Mining of Mineral Deposits. 2020. No. 14 (1). 44–50 pp. (in English)*
4. *Amanzholov D., Bakhramov B., Bektur B. Rock exfoliation in the unstable formations during underground mine working driving and selection of efficient adhesive compositions for strengthening // Mining of Mineral Deposits. 2024. No. 18 (3). 104–113 pp. (in English)*
5. *Fastening technology of unstable underground workings composed of mineral salts by chemical additives / Begalinov A.B. [et al.] // Mining Magazine of Kazakhstan. 2016. No. 4. 22–24 pp. (in English)*
6. *Altayev Sh.A., Zhalgasov N.Zh. et al. Smoloin"yektsionnoye uprochneniye gornykh porod pri podzemnoy razrabotke krepkikh rud [Resin injection rock hardening in underground mining of hard ores]. Almaty: Rauan, 1997. 336 p. (in Russian)*
7. *Klimentov P.P., Kononov V.M. Dinamika podzemnykh vod [Dynamics of groundwater]. Moscow: Vysshaya shkola, 1985. 384 p. (in Russian)*
8. *Obobshcheniye opyta krepleniya i okhrany stroitel'nykh rabot [Summarization of the experience of securing and protecting preparatory workings], Yegorov S.I. [et al.], Ugol' Ukrainy [Coal of Ukraine]. 2002. No. 5. 19–21 pp. (in Russian)*
9. *Research into technology of fastening the mine workings in the conditions of unstable masses / Matayev A. [et al.] // Mining of Mineral Deposits. 2021. No. 15 (3). 78–86 pp. (in English)*
10. *Khyamyalyaynen V.A., Mitrakov V.I., Syrkin P.S. Fiziko-khimicheskoye sostoyaniye pri sooruzhenii vyrabotok [Physical and chemical rock reinforcement during the construction of mine workings]. Moscow: Nedra, 1996. 352 p. (in Russian)*
11. *Stryczek S., Gonet A., Kremieniewski M. Special cement slurries for strengthening Salt Rock mass // Energies. 2022. No. 15 (16). 60–87 pp. (in English)*

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. *Бегалинов А.Б. Проектирование подземных комплексов горнорудных предприятий: Алматы: ТОО РПБК «Дауир», 2011. 352 с. (на казахском языке)*
2. *Макаров А.Б. Практическая геомеханика: М.: Горная книга, 2006. 391 с. (на русском языке)*
3. *Определение закономерностей влияния геомеханических факторов на нагрузку крепежной системы в подготовительных горных выработках / Bondarenko V. [и др.] // Горное дело. 2020. № 14 (1). С. 44–50 (на английском языке)*
4. *Amanzholov D., Bakhramov B., Bektur B. Расслоение горных пород в нестабильных образованиях при проведении подземных горных выработок и выбор эффективных клеевых составов для укрепления // Горное дело. 2024. № 18 (3). С. 104–113 (на английском языке)*
5. *Технология крепления нестабильных подземных выработок состоящих из минеральных солей с использованием химических добавок / Begalinov A.B. [и др.] // Горный журнал Казахстана. 2016. № 4. С. 22–24 (на английском языке)*
6. *Алтаев Ш.А., Жалгасов Н.Ж. и др. Смолоинъекционное упрочнение горных пород при подземной разработке крепких руд: Алматы: Рауан, 1997. 336 с. (на русском языке)*
7. *Климентов П.П., Кононов В.М. Динамика подземных вод: М.: Высшая школа, 1985. 84 с. (на русском языке)*
8. *Обобщение опыта крепления и охраны подготовительных выработок / Егоров С.И. [и др.] // Уголь Украины. 2002. № 5. С. 19–21 (на русском языке)*
9. *Исследование технологии крепления горных выработок в условиях нестабильных массивов / Matayev A. [и др.] // Горное дело. 2021. № 15 (3). С. 78–86 (на английском языке)*
10. *Хямяляйнен В.А., Митраков В.И., Сыркин П.С. Физико-химическое укрепление пород при сооружении выработок: М.: Недра, 1996. 352 с. (на русском языке)*
11. *Stryczek S., Gonet A., Kremieniewski M. Специальные цементные растворы для укрепления солевых горных масс // Энергия. 2022. № 15 (16). С. 60–87 (на английском языке)*

Авторлар туралы мәліметтер:
Искаков Е.Е., Ph.D, Satbayev University, О.А. Байқоңыров атындағы тау-кен металлургия институты, «Тау-кен ісі» кафедрасының зерттеуші-профессоры (Алматы қ., Қазақстан), *iskakov.yerkin@gmail.com;* https://orcid.org/0000-0001-5269-9018
Аманжолов Д.Б., Ph.D, Toraighyrov University, Инженерия факультетінің «Өнеркәсіптік, азаматтық және көлік құрылысы» кафедрасының аға оқытушысы (Павлодар қ., Қазақстан), *amanzholovdikhan@gmail.com;* https://orcid.org/0000-0002-5666-9649
Кенесов Ж.Г., техника ғылымдарының магистрі, «НПП ZERDE» Жауапкершілігі шектелі серіктестігінің директоры (Алматы қ., Қазақстан), *kenesov@gmail.com;* https://orcid.org/0000-0003-0427-313X
Алип А.Қ., техника ғылымдарының магистрі, «АК Алтыналмас» Акционерлік қоғамының инженері (Алматы қ., Қазақстан), *alipabylai@mail.ru;* https://orcid.org/0009-0004-2601-714X

Information about the authors:
Iskakov Ye., Ph.D, Research Professor at the «Mining» Department of the Mining and Metallurgical Institute named after O.A. Baikonurov of the Satbayev University (Almaty, Kazakhstan)
Amanzholov D., Ph.D, Senior lecturer of the department «Industrial, Civil and Transport Construction» of the Faculty of Engineering of the Toraighyrov University (Pavlodar, Kazakhstan)
Kenesov Zh., Master of Technical Sciences, Director of the Limited Liability Partnership «NPP ZERDE» (Almaty, Kazakhstan)
Alip A., Master of Technical Sciences, Engineer at the Joint Stock Company «AK Altynalmas» (Almaty, Kazakhstan)

Сведения об авторах:
Искаков Е.Е., Ph.D, профессор-исследователь кафедры «Горное дело» Горно-металлургического института им. О.А. Байконурова Satbayev University (г. Алматы, Казахстан)
Аманжолов Д.Б., Ph.D, ст. преподаватель кафедры «Промышленное гражданское и транспортное строительство» факультета инженерии Toraighyrov University (г. Павлодар, Казахстан)
Кенесов Ж.Г., магистр техн. наук, Директор Товарищества с ограниченной ответственностью «НПП ZERDE» (г. Алматы, Казахстан)
Алип А.Қ., магистр техн. наук, инженер Акционерного общества «АК Алтыналмас» (г. Алматы, Казахстан)

TECH MINING
KAZAKHSTAN 2025
МОДЕРНИЗАЦИЯ И ЦИФРОВИЗАЦИЯ ГОРНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ
3-я международная отраслевая конференция и выставка
27 ноября 2025
Астана, Казахстан
16+
www.techmining.ru