



ИНЖЕНЕРИЯ ЖӘНЕ ИНЖЕНЕРЛІК ІС
ИНЖЕНЕРИЯ И ИНЖЕНЕРНОЕ ДЕЛО
ENGINEERING AND ENGINEERING

ТАУ-КЕН ІСІ
ГОРНОЕ ДЕЛО
MINING

DOI 10.51885/1561-4212_2025_1_61
MFTAA 52.13.15

А.К. Кожас¹, Д.К. Таханов², М. Рабатұлы², Г.К. Сапинов³, А.Т. Желдикбаева²

¹Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана қ., Қазақстан

E-mail: kozhas@bk.ru

²«Әбілқас Сағынов атындағы техникалық университеті» акционерлік қоғамы,
Қарағанды Қ., Қазақстан

E-mail: Takhanov80@mail.ru

*E-mail: mukhammedrakhym@mail.ru**

E-mail: aisaule89@mail.ru

³Назарбаев Университетінің Тау-кен және жер туралы ғылымдар мектебі,
Астана қ., Қазақстан

E-mail: gsapinov@mail.ru

КӨЛДЕНЕҢ КЕН ҚАБАТТАРЫН ИГЕРУ КЕЗІНДЕ ЖЕР БЕТІНІҢ ШӨГУІН БОЛЖАУ ӘДІСТЕРІН ЖЕТІЛДІРУ

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОСЕДАНИЯ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ РУДНЫХ ЗАЛЕЖЕЙ

IMPROVEMENT OF PREDICTIVE METHODS FOR CALCULATING SURFACE SUBSIDENCE DURING THE DEVELOPMENT OF HORIZONTAL ORE DEPOSITS

Аңдатпа. Бір типті және қабаттасатын тау жыныстары жағдайында қазу кезінде бүйірлік беттердің қысылуының деформациясын ескере отырып, өндірілген кеңістіктің үстінен жер бетінің шөгуін анықтау тәсілі ұсынылды. Шөгу жер бетіне шыққан кезде жылжу мұльдасының болжамды профилін құру мәселелері қаралды. Зерттеудің мақсаты-тазарту өндірісінің бүйір беттерінің қысылу деформацияларын ескере отырып, жер бетінің шөгуін анықтау. Жұмыста жер асты тазарту жұмыстарының жер бетінің жай-күйіне әсерін болжауға мүмкіндік беретін жылжу параметрлерін анықтау әдісі ұсынылған, ол жұмсақ кенді денелерді қазу кезінде целиктердің абсолютті деформацияларының әсер ету дәрежесін, тау жыныстары мен тазарту кеңістігінің бүйір аймақтарының жер бетінің шөгу мөлшеріне әсер ету коэффициентін ескереді. Тау жыныстары мен жер бетінің жылжуын есептеудің ұсынылған болжамды әдісі тау жыныстары массивінде сырғанау сызықтарының қисықтарын құруға негізделген. Табиғи тепе-теңдік қоймасын жасау арқылы жер асты тау-кен жұмыстарының жер бетіне әсер ету дәрежесі белгіленеді. Құлау күмбезі немесе табиғи тепе-теңдік күмбезінің және жылжымалы мұльда аймақтарының (тегіс деформация аймақтары, қауіпті жылжу және құлау аймақтары, құлаудың пайда болу аймақтары) шекаралары үш отбасының сырғанау беттерінің көмегімен белгіленеді. Сырғанау сызықтарының қисықтары тау жыныстарының әр литологиялық типі үшін жеке есептелген және салынған тау жыныстарының беріктік паспорттарына негізделген.

Түйін сөздер: Сырғанау сызықтары, жер бетінің шөгуі, жылжу мұльдасы, бүйір беттерін қысу, беріктік паспорты, тау жыныстары, қабаттар, деформация.

Аннотация. Предложен подход к определению оседания земной поверхности над выработанным пространством с учетом деформации сжатия боковых граней при разработке в

условиях однотипных и переслаивающихся горных пород. Рассмотрены вопросы построения прогнозного профиля мульды сдвижения при выходе оседания на поверхность. Цель исследования – определение оседания земной поверхности с учетом деформаций сжатия боковых граней очистной выработки. В работе предложен метод определения параметров сдвижения, позволяющий прогнозировать влияние подземных очистных работ на состояние земной поверхности при разработке пологих рудных тел, учитывающий степени влияния абсолютных деформаций целиков, коэффициента разрыхления горных пород и боковых зон очистного пространства на величину оседания земной поверхности. Предлагаемый прогнозный метод расчета сдвижения горных пород и земной поверхности основан на построении кривых линий скольжения в массиве горных пород. Построением над выработкой свода естественного равновесия фиксируется степень влияния подземных горных разработок на поверхность земли. Границы свода обрушения или свода естественного равновесия и зон мульды сдвижения (зоны главных деформаций, зоны опасных сдвижений и обрушений, зоны образования провала) устанавливаются с помощью поверхностей скольжения трех семейств. Кривые линий скольжения строятся на основе паспортов прочности горных пород, рассчитанных и построенных для каждого литологического типа пород в отдельности.

Ключевые слова: Линии скольжения, оседание земной поверхности, мульда сдвижения, сжатие боковых граней, паспорт прочности, породы, слоистость, деформация.

Abstract. An approach is proposed to determine the subsidence of the Earth's surface over the developed space, taking into account the compression deformation of the lateral faces during development under conditions of the same type and overlapping rocks. The issues of constructing a predictive profile of the mulda of displacement at the exit of subsidence to the surface are considered. The purpose of the study is to determine the subsidence of the Earth's surface, taking into account the compression deformations of the lateral faces of the treatment work. The paper proposes a method for determining the parameters of displacement, which makes it possible to predict the impact of underground cleaning operations on the state of the earth's surface during the development of shallow ore bodies, taking into account the degree of influence of absolute deformations of the pillars, the coefficient of loosening of rocks and lateral zones of the cleaning space on the amount of subsidence of the Earth's surface. The proposed predictive method for calculating the displacement of rocks and the Earth's surface is based on the construction of sliding curves in the rock mass. The degree of influence of underground mining on the surface of the earth is fixed by the construction of the arch of natural equilibrium over the development. The boundaries of the collapse vault or the vault of natural equilibrium and the zones of mulda displacement (zones of smooth deformations, zones of dangerous shifts and collapses, zones of failure formation) are established using sliding surfaces of three families. The curves of the sliding lines are constructed on the basis of rock strength certificates calculated and constructed for each lithological type of rocks separately.

Keywords: Sliding lines, subsidence of the Earth's surface, mulda of displacement, compression of lateral faces, strength passport, rocks, layering, deformation.

Kіріспе. Жер қойнауындағы пайдалы қазбаларды қазу кезінде массив қозғала бастайтын бос орындар пайда болады. Қозғалыстар жер бетіне жетіп, онда орналасқан ғимараттар мен құрылыстарды деформация мен құлау қаупіне ұшыратуы мүмкін. Үстіңгі қабаттардың ығысуының салдарларының қауіптілік дәрежесін бағалау үшін тау-кен жұмыстарына байланысты негізгі жыныстардың құлау заңдылықтарын және жер бетінің шөгугін уақтылы анықтау қажет (Vyazmensky A., Elmo D., & Stead D 2010).

Тау жыныстарының қозғалысы тектоникалық процестер, шаймалау, жер асты сулары деңгейінің төмендеуі, сондай-ақ ылғал немесе сусыздану нәтижесінде тау жыныстарының механикалық қасиеттерінің өзгеруі және басқа да осыған ұқсас себептер сияқты әртүрлі факторлардың әсерінен мүмкін болады.

Тау жыныстары мен жер бетінің ығысуы тау-кен жұмыстарынан немесе әртүрлі табиғи процестерден туындаған теңгерімсіздік нәтижесінде осы тау жыныстарының ығысуы мен деформациясын білдіреді.

Тау-кен жұмыстарымен өзгертілген тау жыныстарының массасынан тау жыныстарының орын ауыстыру ауданы әдетте орын ауыстыру ауданы деп аталады, ал жер бетінің онымен байланысты бөлігі орын ауыстыру аймағы деп аталады.

Қазіргі уақытта жердегі нақты уақыттағы бақылаулар арқылы алынған ақпараттық

деректер жер асты тау-кен жұмыстарының нәтижесінде пайда болатын жер бетінің қозғалысы мен деформациясын болжау үшін пайдаланылады.

Объектілерде жұмыс істеу процесін ұзақ зерттегеннен кейін белгілі бір жағдайларда олардың қауіпсіз және тиімді жұмыс істеуі мүмкін екендігі анықталды. Негізгі шарттар-терең игеру, пайдалы қазбаларды өндірудің арнайы әзірленген және ұтымды әдістерін қолдану, сондай-ақ арнайы жобалау шаралары мен басқа да техникалық шешімдерді қолдана отырып объектілерді алдын ала дайындау.

Сипатталған мәселелердің сапалы және ғылыми шешімі тау жыныстары мен жердің қозғалу процесіндегі заңдылықтарды терең түсінуді талап етеді. Бұл процестің көріністерін мұқият зерделеу, жер бетінде де, әртүрлі құрылымдарда да орын ауыстырулар мен деформацияларды есептеу әдістерін меңгеру қажет. Сондай-ақ пайдалы қазбалардың жоғалуын барынша азайту үшін қолайсыз жағдайларда көшкінге қарсы тиімді және онтайлы шараларды қолдануды үйрену маңызды.

Материалдар мен зерттеу әдістері. Тау жыныстарының қозғалысын зерттеу үшін әдетте көптеген тірек нүктелерінен тұратын бақылау станцияларын төсеудің аспаптық әдісі қолданылады. Тірек нүктелерінің өлшенген орын ауыстыруларын түсіндіре отырып, үстіңгі қабаттың қалыңдығының орын ауыстыру заңдылықтары анықталады. Тау жыныстарының қозғалу процесін түсіну үшін бұл әдіс сенімді материал алуға мүмкіндік береді, бірақ ұзақ уақытты қажет етеді.

Тау жыныстарының массалық қозғалысы саласында теориялық зерттеулер мен математикалық ұқсастықтар негізінде көптеген эмпирикалық және теориялық есептеу әдістері, сондай-ақ жартылай эмпирикалық әдістер алынды, олардың сандық коэффициенттері далалық бақылаулар негізінде анықталады (Орлов Г.В., 2010; Орлов Г. В., 2000). Деформацияны зерттеу әдістерін талдау және тау жыныстарының қозғалысын болжау кезінде көптеген параметрлер ескеріледі. (Абдибаитов Ш.А., 2018) жұмыста жер бетінің шөгуге әсер ететін параметрлер үш топқа бөлінеді:

– бұрыштық (шекаралық бұрыштар, орын ауыстыру бұрыштары, жырттылу, құлау, шұңқырдың пайда болуы);

– тау жыныстары мен жер бетінің деформациясы мен ығысуы (шөгу, еңіс, қисықтық, көлденең ығысулар);

– уақытша (қозғалыс ұзақтығы).

(Sahu P., Pradhan M. & Lokhande R.D. 2021) жұмыста жер бетіндегі шұңқырлардың пайда болуына әсер ететін геотехникалық параметрлер (тау-кен тереңдігі, кенжар биіктігі, тау жыныстарының топырақ көлеміне қатынасы, үстіңгі жыныстың сығылу және созылу беріктігі, үстіңгі жыныстың салмақ тығыздығы және ағын коэффициенті) зерттелді және олардың регрессиялық талдауы жүргізілді. Талдау көрсеткендей, механикалық параметрлер геометриялық параметрлермен салыстырғанда шұңқырдың тереңдігіне көбірек әсер етеді.

Жер бетінің максималды шөгінділерін есептеу дәлдігін арттыру үшін (Аверин Г.А., Доценко О.Г. & Корецкая Е.Г. 2021) массивтегі күшті тау жыныстарының пайызы және өндірілген кеңістіктің енінің D қазу тереңдігіне H қатынасы ескерілді, тиісті түзету коэффициенті енгізілді $K = a(b/H)^b$, мұндағы a , b – қазымдалатын массивтегі қатты жыныстардың үлесіне байланысты параметрлер.

Бұл жұмыстың мақсаты – тазартпа қазбасының бүйір беттерін сығу деформацияларын ескере отырып, жер бетінің шөгуге анықтау. Бұл әдіс барлық тау жыныстары үшін сырғанау сызықтарының қисық сызықтарын құруға негізделген, олар әр тау жынысы үшін беріктік паспортын есептеу деректері бойынша салынған (Kozhogulov K.C., Takhanov D.K. & Kozhas A.K.; 2010; Balpanova M.Zh., Yessenbayeva G.A. & Takhanov D. K., 2017).

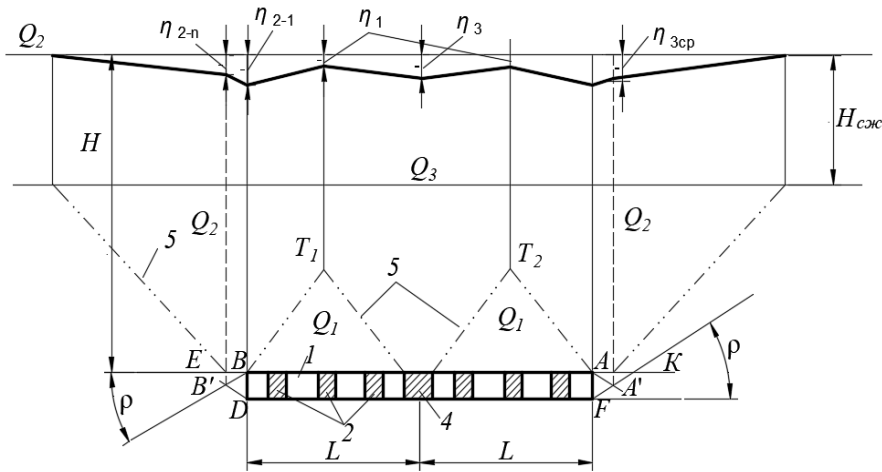
$$\eta = H_{сж} (1 - K_p) + \frac{[(L_{OB} + mtg\varphi + (H - H_{сж})tg\theta)(H - H_{сж})](1 - K_p) + L_{OB}m}{mtg\varphi + L_{OB} + 2(H - H_{сж})tg\theta}$$

Абсолютті деформация аймақтарының шекараларының қисық сызықты түрінде S_{MOB} және S_{NOA} аудандарын алып тастау керек

$$\eta = H_{сж} (1 - K_p) + \frac{[(L_{OB} + mtg\varphi + (H - H_{сж})tg\theta)(H - H_{сж}) - S_{MOB} - S_{NOA}](1 - K_p) + L_{OB}m}{mtg\varphi + L_{OB} + 2(H - H_{сж})tg\theta}$$

Жер асты игеруді жобалау сатысында жер бетінің шөгуді болжау маңызды практикалық мәнге ие, бұл өндірілген объектілерді қорғау бойынша алдын ала шаралар қабылдауға мүмкіндік береді. Қолданыстағы әдістер кен орнының тау-кен-геологиялық жағдайларын толық көрсетпейтін бейінді сызықтар салынған массив жыныстарының деформацияларының натуралық жағдайындағы аспаптық бақылаулардың нәтижелеріне негізделген, сондықтан оларды басқа кеніштерде пайдалануға болмайды (Nizametdinov N.F., Baryshnikov V.D. & Nizametdinov R.F., 2021; Ivadilina, D.T., Issabek, T.K. & Takhanov D.K., 2023).

Ұсынылған әдістеме бойынша жылжу мұлдасының болжамды профилін құру үшін біз H тереңдігінде орналасқан және тосқауыл тұтастығымен бөлінген екі тазарту кеңістігін қарастырамыз (2-сурет).



2-сурет. Бір типті тау жыныстары үшін көлденең және жайпақ шөгінділерді қазу кезінде жылжымалы мұльда профилін құру: 1 – тазарту кеңістігі; 2 – камерааралық кентіректер; 3 – жылжу мұлдасы; 4 – тосқауыл кентірек; 5 – 2-ші отбасының сырғанау сызығы; Q_2 – тазарту кеңістігінің тау жыныстарының бүйірлік аймақтары қабылдайтын жүктеме; Q_3 – күмбезден кейінгі жүктеме, тосқауылдың кентірегімен қабылданады; Q_1 – камерааралық кентіректер арқылы қабылданатын күмбез асты жүктеме; η_i – жер бетінің есептелген шөгінділері

Ескерту – автормен құрастырылған

Кеңістіктің төбе жыныстарының мен жер бетінің тұрақтылығы камерааралық тұтастықтармен, тазарту кеңістігінің бүйір аймақтарының тосқауыл және берік жыныстарымен қамтамасыз етіледі. Жезқазған кен орнының қабаттарын алевролиттер алып жатыр. Тазарту жұмыстарын жүргізу нәтижесінде деформацияланатын тау жыныстарының шекаралары 2-ші отбасының қисықтарымен анықталады. Жер бетінің тазарту кеңістігінің үстіндегі тіке орын ауыстыруы табиғи тепе-теңдік қоймасының жыныстарынан жүктемені қабылдайтын камерааралық тұтастардың қисылуының

абсолютті деформациясы ретінде есептеледі (Сабденбекулы О., Кожас А.К. & Тобагабулова Ж.Б., 2006):

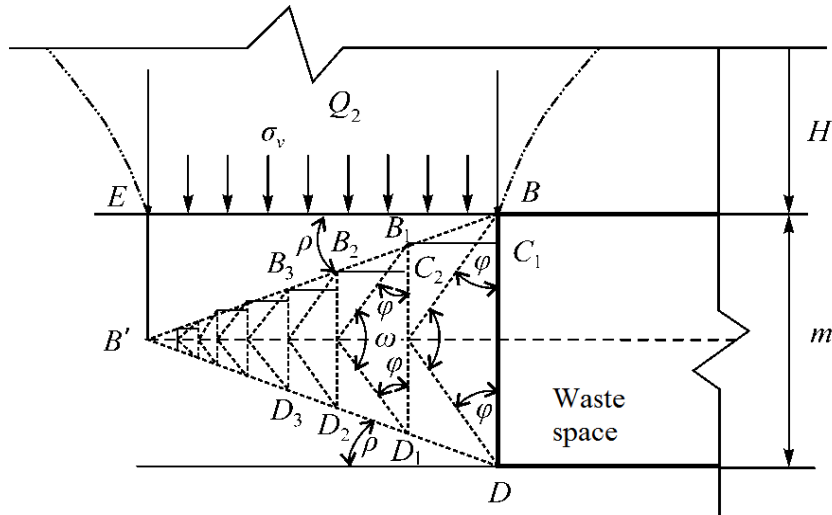
$$\Delta h_{\text{мц}} = h_{\text{мц}} \frac{\sigma - (1 - 2\nu)\gamma H}{E}, \quad \Delta h_{\text{мц}} = \eta_1,$$

мұнда $h_{\text{мц}}$ – камерааралық кентіректердің қуаты, м; ν – Пуассон коэффициенті; γ – жыныстардың көлемдік салмағы, т/м³; H – кеншоғыр тереңдігі, м; E – құмтастың серпімділік модулі, МПа; σ – тау жыныстарының күмбез астыңғы қабатынан кентірекке келетін кернеу $\sigma = \gamma S_{\text{св}} l / q_{\text{мц}} S_{\text{мц}}$, $S_{\text{св}}$ – күмбез ауданы, м²; l – камералар кентірек арасындағы осьтер арасындағы қашықтық, м; $q_{\text{мц}}$ – тосқауылдар арасында орналасқан камерааралық кентіректердің саны; $S_{\text{мц}}$ – камерааралық кентіректердің көлденең қимасының ауданы.

Жер бетінің тік шөгінділері η_2 тазарту кеңістігінің бүйірлік аймақтарының абсолютті сығу деформацияларына тең (2-сурет). Деформацияланатын және судан кейінгі жүктемені қабылдайтын тазарту кеңістігінің бүйірлік аймақтарының ені Q_2 , келесідей (3-сурет). В нүктесінен солға және D нүктесінен тазарту кеңістігінің шекарасынан оңға қарай ρ бұрышы қойылады (сұр құмтас үшін ішкі үйкеліс бұрышы $\rho = 30^\circ$), олардың қиылысу B' нүктесінен E нүктесіне дейін тік сызық сызылады. Сонымен, трапеция $B'EBD$ көлденең қимасы бар EB : $b = 0.5mtg(90^\circ - \rho)b$, $b = 1$ м. Бүйірлік аймақтардың тік абсолютті қысу деформациясы $B'DD$ үшбұрышынан анықталады. Егер B және D нүктелерінен φ тік жүктемесінен сырғанау сызықтарының беттерінің ауытқу бұрыштарын жүргізетін болсақ, онда біз көлденең қимасы B_1C_1 . $b = 0.5mtg\varphi b$ болатын D_1B_1BD трапециясын аламыз. $B_1C_1DD_1$ көлемінің қысылу деформациялары тепе-теңдік теңдеуінен шыққан және қозғалыс функциясына тәуелділікпен өрнектеледі (3-сурет). B_1C_1 , бетіне, ені 1 м, тік кернеу әсер етеді:

$$\sigma_v = \frac{Q_2}{0.5mtg\varphi}$$

мұнда m – кеншоғыр қуаты, м; $Q_2 = L_{EB} H b$ – тау жыныстарының қалыңдығының салмағы, тазарту кеңістігінің бүйірлік аймағының жыныстарына жатады, т; L_{EB} – тазарту кеңістігінің бүйірлік аймағының жыныстарына жататын тау жыныстары бағанының ені (E және B нүктелері арасындағы қашықтық) м; H – қазу тереңдігі, м; $b = 1$ – тау жыныстары бағанының шартты ені, м.



3-сурет. Тазарту кеңістігінің бүйір беттерінің деформация аймағы

Ескерту – автормен құрастырылған

B_1D_1 беті сығу деформациясын сезінеді (Bruneau G., Tyler D.B. & Hadjigeorgiou J., 2003):

$$\varepsilon_1 = \frac{\sigma_v}{E}, \quad (1)$$

ал көлденең кернеуге қатысты $\sigma_b = m_b \sigma_v$, B_1C_1 беті B_1D_1 -ге қатысты салыстырмалы ұзарту болып табылады:

$$\varepsilon_2 = -\mu \frac{m_b \sigma_v}{E} \quad (2)$$

D_1B_1BD трапециясының B_1D_1 бағытындағы толық салыстырмалы деформациясы қосындымен көрсетіледі

$$\varepsilon_y = \varepsilon_1 + \varepsilon_2 \quad (3)$$

немесе (1), (2) в (3) ауыстыру арқылы тазартпа қазбасының бүйірлік аймақтарының жыныстарының салыстырмалы сығу деформациясы:

$$\varepsilon_y = \frac{\sigma_v}{E} - \mu \frac{m_b \sigma_v}{E}, \quad (4)$$

мұнда $\sigma_v = Q_2 / B_1C_1 \cdot b = Q_2 / 0.5mtg\varphi$ – тау жыныстарының іргелес қалыңдығының массасынан тік кернеу Q_2 , ені $0.5mtg\varphi$ тау жыныстарын тазартпа қазбасының бүйір аймағын құрайтын жыныстарға әсер ететін, т/м²; m – трапецияның биіктігі (кеншоғыр), м; φ – ішкі үйкеліс бұрышы, град; E – құмтастың серпімділік модулі, т/м²; μ – Пуассон коэффициенті; m_b – бүйірлік аралық коэффициенті.

Салыстырмалы қысу (ұзарту) $\varepsilon = \Delta l / l$ немесе $\Delta h_{\text{гр}} / h_{\text{гр}}$ екені белгілі. (4) көмегімен, абсолютті сығу деформациясы тазарту панелінің бүйір беттері:

$$\Delta h_{\text{гр}} = \frac{h}{E} (\sigma_v - \mu m_b \sigma_v), \quad (5)$$

$h_{\text{гр}}$ – қарастырылып отырған трапецияның B_iD_i негізінің ұзындығы, м.

$m_b = \mu / (1 - \mu)$ серпімді деформацияларымен, содан кейін (5) түрін алады

$$\Delta h_{\text{ор}} = \frac{\sigma_v h}{E} \left(1 - \frac{\mu^2}{1 - \mu_v} \right). \quad (6)$$

Әрі қарай, B_1 және D_1 нүктелерінен φ бұрыштары өткізіледі, көлденең қимасы $0.5B_1D_1 \operatorname{tg} \varphi b$ болатын $D_2B_2B_1D_1$ трапециясы алынады және (6) бойынша оның сығу деформациялары есептеледі. $B'BD$ үшбұрышының бөлігінің келесі трапециялары соңғы трапецияның жоғарғы жағындағы ені ең кіші болғанша және B' нүктесіне ұмтылғанша есептеледі. n трапецияларының абсолютті қысу деформациялары η_2 ($\eta_{2-1}, \eta_{2-2}, \dots, \eta_{2-n}$) жер бетінің шөгінділеріне сәйкес келеді.

η_3 жер бетінің тік орын ауыстыру тосқауыл кентірек абсолютті сығу деформациясы ретінде есептеледі (2-сурет) тосқауыл кентірегін шеткі нүктелерінен жер бетіне дейін салынған 2-ші отбасының қисықтары арасында қоршалған тау жыныстарының судан кейінгі бағанынан Q_3 жүктемесін қабылдайтын. (Liu J.-P, Feng X.-T & Van Aswegen G., Nadjigeorgiou J., 2018; Diomin V.F., Khalikova E.R. & Diomina T.V., 2019) тармақтарға сәйкес тосқауыл кентірегін абсолютті сығу деформациясы:

$$\Delta h_{\text{оц}} = (1 - \nu) \left[\frac{\sigma - \gamma H(1 - 2\nu)}{1 - \nu} \right] \frac{h_{\text{оц}}}{E}, \quad \eta_3 = \Delta h_{\text{оц}},$$

мұнда $h_{\text{оц}}$ – тосқауыл кентіректің биіктігі, м; $\sigma = Q_2 / V_{\text{оц}}$ – тосқауыл кентіректің көлденең қимасының ауданына әсер ететін жүктеме, т/м².

$\Delta h_{\text{оц}}$ мәні жер бетінің шөгугі болып табылады η_3 тосқауылдың үстінен. Значение $\Delta h_{\text{оц}}$ и есть оседание земной поверхности η_3 над барьерным целиком. Қарастырылып отырған бөлімге есептелген және сызылған η_1, η_2, η_3 , мәндері бір-бірімен тегіс сызықпен қосылып, Q және R нүктелеріне жеткізіліп, қажетті жылжу мұльда профилін алады. Оседания земной поверхности η_2 и η_2' при наклонных залежах над левой и правой боковыми зонами очистного пространства отличаются по значению, так как действующие послесводовые нагрузки от толщи горных пород, заключенной между поверхностями линий скольжения, имеют неодинаковые площади и вес.

Қабатталған тау жыныстары бар кен орнының типтік учаскелерін қарастырамыз (4-сурет). H тереңдігінде тосқауыл кентіректерімен бөлінген тазартпа қазбалары орналасқан. Тегіс деформация аймағын және $B_1T_1B_n, A_1T_2A_n$, табиғи тепе-теңдік қоймасының шекараларын шектейтін EQ және KR сырғанау сызықтарының беттері сәйкес келетін қалыңдықты құрайтын тау жыныстарының әр түрінің әртүрлі деформациялық сипаттамаларына байланысты сатылы пішінге ие. Жер бетінің η_3 тосқауыл кентірегін үстіндегі және η_2 тазартпа қазбаларының бүйірлік аймақтарының үстіндегі шөгінділерін есептеу кезінде тосқауыл кентірегін сығу деформацияларына және бүйірлік аймақтарға – іргелес қалыңдық жыныстарының сығу деформацияларына қосу қажет. Әрбір жыныс қабатының (құмтастың) сығу деформациялары тосқауыл кентірегін сығу деформациялары ретінде есептеледі, яғни есептелген формула қарастырылып отырған құмтас қабатының тереңдігін, қуатын және ені келесі ретпен ауыстырады:

– қазбаның төбе жыныстарының құмтастың бірінші қабаты есептеледі, ол осы құмтас қабатынан жоғары орналасқан тау жыныстарының қалыңдығынан жарық жүктемесін қабылдайды;

– құмтастың екінші қабаты құмтастың екінші қабатынан жоғары орналасқан тау

жыныстарының жүктемесіне, сондай-ақ іргелес қалыңдықтың барлық кейінгі қабаттарының сығу деформациясына есептеледі.

Тосқауыл кентірек үстіндегі жер бетінің шөгуі

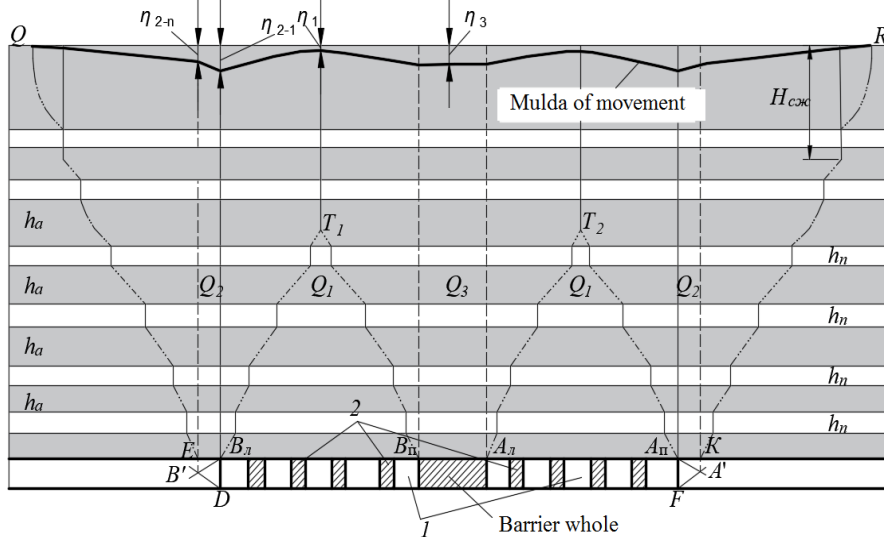
$$\eta_3 = \Delta h_{vc} + \sum \Delta h_{sand}$$

жер бетінің тазартпа қазбасының бүйір аймақтарының үстінен шөгуі –

$$\eta_2 = \Delta h_{bg} + \sum \Delta h_{sand}$$

мұнда Δh_{bc} – тосқауыл кентірегінiң сығу деформациясы, м; $\sum \Delta h_{песч}$ – тазартпа қазбасының төбе жыныстарынан жоғары орналасқан құмтас қабаттарының сығу деформацияларының қосындысы, м; Δh_{bc} – тазартпа қазбасының бүйірлік аймақтарының абсолютті сығу деформациясы, м.

Нәтижелер және оларды талқылау. Есептелген η_1, η_2, η_3 олардың мәндерін E, T_1, T_2, B_n, A_n, K және т. б. тиісті нүктелерінен төменнен сызылған тік сызықтарда жер бетінің деңгейінен төмен қарай қойып, қарастырылып отырған кесуге қолданылады. Тік жылжу нүктелері η_1, η_2, η_3 тегіс сызықпен қосылып, Q және R нүктелеріне жеткізіледі. Осылайша олар қарастырылып отырған шарттар үшін қажетті мульда жылжу профилін алады.



4-сурет. Тазарту кеңістігінің орналасу схемасы (1); 2 – камерааралық кентіректер; h_a, h_n – алевролиттер мен құмтастардың қуаты. Алевролиттер сұр, құмтастар ақ түсті
Ескерту – автормен құрастырылған

Жұмыста жер асты тазарту жұмыстарының жер бетінің жай-күйіне әсерін болжауға мүмкіндік беретін жылжу параметрлерін анықтау әдісі ұсынылған, бұл жер бетінің шөгу мөлшеріне кентіректердің абсолютті деформацияларының, тау жыныстарының қосыту коэффициентінің және тазарту кеңістігінің бүйірлік аймақтарының әсер ету дәрежесін ескереді.

Қорытынды. Тау жыныстары мен жер бетінің жылжуын есептеудің ұсынылған болжамды әдісі тау жыныстары массивінде сырғанау сызықтарының қисықтарын құруға негізделген. Қазба күмбез үстінен табиғи тепе-теңдікті құру арқылы жер асты тау-кен жұмыстарының жер бетіне әсер ету дәрежесі белгіленеді. Құлау қоймасының немесе табиғи тепе-теңдік қоймасының шекаралары және жылжымалы мульда аймағы (тегіс

деформация аймақтары, қауіпті жылжу және құлау аймақтары, құлаудың пайда болу аймақтары) үш отбасының сырғанау беттерінің көмегімен белгіленеді. Сырғанау сызықтарының қисықтары тау жыныстарының әр литологиялық түрі үшін жеке есептелген және салынған тау жыныстарының беріктік паспорттарына негізделген.

Мүдделер қақтығысы. Авторлар мүдделер қақтығысының жоқтығын мәлімдейді.

Алғыс. Бұл зерттеуді Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігінің Ғылым комитеті қаржыландырады (грант № BR19677938 – «Создание метода прогнозирования сдвижения вмещающих пород до земной поверхности для модернизации технологии повторной разработки пологих рудных залежей»).

Ғылыми мақаланы жазу процесінде генеративті ЖИ және оның көмегімен технологияны қолдану туралы хабарлама. Бұл жұмысты дайындау кезінде авторлар ЖИ құралдарын қолданбады.

Әдебиеттер тізімі

- Vyazmensky A., Elmo D., and Stead D. (2010). Role of rock mass fabric and faulting in the development of block caving induced surface subsidence, *Int. J. Earth Sci. Eng.* – P. 534-556.
- Орлов Г.В. (2010). Сдвижение горных пород и земной поверхности под влиянием подземной разработки. – М.: Горн. кн., МГГУ. – 198 с.
- Орлов Г.В., Пашкевич В.В. (2000). О теоретических предпосылках методов расчета сдвижений земной поверхности при подземных разработках // ГИАБ. № 6. – С. 22-27.
- Абдибаитов Ш.А. (2018). Методы исследования и прогноза сдвижения массива горных пород под влиянием подземных разработок // *Современные проблемы механики.* – № 33 (3). – С. 280-285.
- Sahu P., Pradhan M., Jade R., Lokhande R.D. (2021). The influence of geotechnical parameters on sinkhole subsidence and its model development for underground coal mines in central India, *Journal of Mining Science.* – Vol. 57. No 2. – P. 220-228. <https://doi.org/10.1134/S106273912102006X>
- Аверин Г.А., Доценко О.Г., Корецкая Е.Г. (2021). Учет влияния песчаников и известняков на максимальное оседание земной поверхности, вызванное горными работами // *Сб. науч. тр. ДонГТУ.* – № 22 (65). – С. 21-28.
- Kozhogulov K. C., Takhanov D. K., Kozhas A. K., Imashev A. Z., and Balpanova M. Z. (2020). Methods of forward calculation of ground subsidence above mines, *Journal of Mining Science.* – Vol. 56. – No. 2. – P. 184-194. <https://doi.org/10.1134/S1062739120026637>
- Balpanova M.Zh., Yessenbayeva G.A., and Takhanov D.K. (2017). The calculation of the side pressure coefficient in conditions of the limited stress situation // *Bulletin of the Karaganda university-mathematics.* № 2 (86). – P. 14-19. DOI:10.31489/2017M2/14-19
- Демин В.Ф., Халикова Э.Р., Стефлюк Ю.М., Мусин Р.А. (2018). Исследования параметров применения анкерной крепи. *Научный аспект.* М.: Изд-во ООО «Аспект». – № 4. – С. 836-841. https://na-journal.ru/pdf/nauchnyi_aspekt_4-2018_t7_internet.pdf.
- Drizhd, N.A., Rabatuly, M., Aleksandrov, A.Yu., Balniyazova, G., Zhunis, G. (2020). The results of the development of pilot wells in the sherubainurinsky site of the Karaganda coal Basin/Ugol. (6). – P. 36-40, doi: 10.18796/0041-5790-2020-6-36-40
- Кожоголов К.Ч., Таханов Д.К., Кожас А.К., Имашев А.Ж., Балпанова М.Ж. (2020). Разработка прогнозных методов расчета оседаний земной поверхности над горными работами // *ФТПРПИ.* № 2. – С. 31-42.
- Nizametdinov N.F., Baryshnikov V.D., Nizametdinov R.F., Staňková H., Batyrshaeva Z.M., and Igemberlina M.B. (2021). Analysis of ground surface displacements under the influence of repeated mining activities in the Zhezkazgan area, *Journal of Mining Science.* – Vol. 57. – No. 2. – P. 184-189. <https://doi.org/10.1134/S1062739121020022>
- Ivadilina, D.T., Issabek, T.K., Takhanov, D.K., Yeskenova, G.B. (2023). Predicting underground mining impact on the earth's surface, *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu.* (1). – P. 32-37. <https://doi.org/10.33271/nvngu/2023-1/032>
- Сабденбекулы О., Кожас А.К., Тобагабулова Ж.Б., Шалабаев А.Ж. (2006). Определение коэффициента бокового распора в условиях предельного напряженного состояния // *Тр. КарГТУ.* – № 3. – С. 7-9.
- Bruneau G., Tyler D. B., Hadjigeorgiou J., Potvin Y. (2003). Influence of faulting on a mine shaft – a case study: Part I – Background and Instrumentation // *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences.* 2003. – Vol. 40. – Pp. 95-111. DOI: 10.1016/S1365-1609(02)00115-6.
- Liu J.-P., Feng X.-T., Van Aswegen G., Blake W., Srinivasan C., Rao M. V. M. S., Zembaty Z. (2018). Case

histories of rockbursts at metal mines // Rockburst. Mechanisms, Monitoring, Warning, and Mitigation. Chapter 3. – Pp. 47-92. DOI: 10.1016/B978-0-12-805054-5.00003-2. .
Diomin V.F., Khalikova E.R., Diomina T.V., Zhurov V.V. (2019). Studying coal seam bedding tectonic breach impact on supporting parameters of mine workings with roof bolting // Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu. – № 5. – P. 16-21. <http://doi.org/10.29202/nvngu/2019-5/5>
<http://nvngu.in.ua/index.php/en/archive/on-divisions-of-science/mining/4991-studying-coal-seam-bedding-tectonic-breach-impact-on-supporting-parameters-of-mine-workings-with-roof-bolting>.

Information about authors

Kozhas Aigul – Candidate of Technical Sciences, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan, E-mail: kozhas@bk.ru , ORCID: 0000-0002-5039-9529

Takhanov Daulet Kairatovich – Candidate of Technical Sciences, Karaganda Technical University named after Abylkas Saginov, Karaganda, Kazakhstan, E-mail Takhanov80@mail.ru , ORCID: 0000-0002-2360-9156

Rabatuly Mukhammedrakhym – PhD, Abylkas Saginov Karaganda Technical University, Karaganda, Kazakhstan, E-mail: mukhammedrakhym@mail.ru, ORCID: 0000-0002-7558-128X, +7 702 503 88 81

Sapinov Gylm Kairatovich – Master of Technical Sciences, School of Mining and Earth Sciences, Nazarbayev University, Astana, Kazakhstan, E-mail: gsapinov@mail.ru , ORCID: 0000-0002-1853-6810

Zheldikbaeva Aisaule Takenovna – PhD doctoral student, Karaganda Technical University named after Abylkas Saginov, Karaganda, Kazakhstan, E-mail: aisaule89@mail.ru, ORCID: 0009-0002-1325-5576
