

# Көмір шахталарында өндірілген кеңістіктерден метанның бөлінуі

<sup>1</sup>**РАБАТҰЛЫ Мұхаммедрахым**, PhD, доцент м.а., mukhammedrakhym@mail.ru,

<sup>1</sup>**МУСИН Равиль Альтавович**, PhD, доцент м.а., r.a.mussin@mail.ru,

<sup>1</sup>**ЗАМАЛИЕВ Наиль Мансурович**, PhD, доцент м.а., nailzamaliyev@mail.ru,

<sup>2</sup>**ХАЙДИНА Мария Павловна**, т.ғ.к., доцент, mmp2003@inbox.ru,

<sup>1\*</sup>**ҚАЙЫРБЕК Аяжан Аманжолқызы**, магистрант, ayazhan.kairbek@bk.ru,

<sup>1</sup>«Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» КеАҚ, Н. Назарбаев даңғылы, 56, Қарағанды, Қазақстан,

<sup>2</sup>И.М. Губкин атындағы Ресей мемлекеттік мұнай және газ университеті, Ленин даңғылы, 65, Мәскеу, Ресей,

\*автор-корреспондент.

**Аңдатпа.** Көмір шахталарының қазбаларына метанның бөліну көздері өндірілетін көмір қабаттары, аралық қабатшалары және жанасатын жыныстары болып табылады және олардан бөлінетін метан даярлау қазбаларына, тазартпа қазбаларына бөлінеді [1]. Көмір шахталарында өндірілген кеңістіктерден метанның жер бетіне орын ауыстыру мүмкіндігі туралы болжам жасалды. Ең ықтимал орын ауыстыру орындарын анықтау үшін кешенді аналитикалық әдіс әзірленді. Қозғалыс жылдамдығының өзгеру заңдылықтары температураға қысымға меншікті салмаққа және орын ауыстыратын көмірсутек газдарының тұтқырлығына байланысты екені анықталды. Метан ең жоғары тұтқырлыққа ие. Құрғақ және суланған жыныстардағы газдың сүзілуіне әсер ететін тау жыныстарының жарықшақтық коэффициенті анықталды. Зерттеулер негізінде метанның миграциясының ықтимал жерлері ұсынылды.

**Кілт сөздер:** метан, көмір қабаты, газдың орын ауыстыруы, өткізгіштік, газды сүзу.

## Кіріспе

Көмір қабаттарының метаны және көмір шахталарының ілеспе газдарды сүзу арқасында тау жыныстарының байланысқан кеуектері бойынша және диффузия арқасында тау жыныстарының және оны толтыратын кеуектері, сұйықтықтары мен газдары арқылы миграцияланады. Көмір шахталарындағы газдың миграциясының әртүрлі процестері бірлесіп жүреді және су мен оның құрамындағы заттардың орын ауыстыруымен белгілі бір байланыста болады. Табиғи жағдайда көмір қабаттарындағы газ қысымы әдетте тереңдікке пропорционалды түрде өседі, бұл миграцияның бір өлшемділігі сақталатын орталық бөлімдерінде газдың әр түрлі тереңдігінде газ ағынының тұрақты шамасын анықтайды.

Көмір өндіру процесінде шахталарда метанның бөлінуіне қарсы күрес қауіпсіз жұмыс жүргізу, санитарлық-гигиеналық еңбек жағдайларын жақсарту тұрғысынан шешуші болып табылады [2].

Көмір өндірудің әлемдік тәжірибесінде көмір қабаттарын алдын-ала газсызданды-

ру және желдету арқылы шахталардан газ шығаруды басқарудың үлкен тәжірибесі жинақталған.

Газ-мұнай немесе таза газ кенорындарынан газ өндірумен салыстырғанда көмір қабаттарынан метанды алудың ерекшелігі, көмір қабаттарының газ өткізгіштігінің төмендігіне байланысты, олардан метанды алу көмір өндіруге байланысты шектеулі мөлшерде жүргізілуі мүмкін, егер бұл жұмыстар бір уақытта жүргізілсе.

Тау қысымынан босатылған көмір қабаттары жоғарғы газ өткізгіштікке ие, бұл метанның бөліну тиімділігін және оны алуды жақсартады.

Көмір шахталарында газ, су және суда еріген заттар тау жыныстарының қабатына орын ауыстыруы мүмкін. Белгілі бір жағдайларда орын ауыстыратын заттар ұзақ қашықтыққа жылжиды және жер бетіне жетуі мүмкін.

## Зерттеу әдістемесі

Шөгінді жыныстар – ауа мен газы бар кеуекті денелер болып табылады. Тиісті қы-

сым айырмашылықтары болған кезде кеуектерде көрсетілген компоненттердің қозғалысы болады.

Метанның орын ауыстыру құбылыстарының алуан түрлілігіне байланысты әр түрлі зерттеушілер осы құбылыстардың схемалары мен жіктемелерін жасады.

Минералды және биогендік жеке немесе цементтелген бөлшектерден тұратын шөгінді жыныстар әдетте белгілі бір кеуектілікке ие.

Шөгінді қалыңдықта газдардың орын ауыстыруы бір бағытта емес, әртүрлі бағытта жүруі мүмкін.

Шөгінді қалыңдық біркелкі емес. Бір көмір қабатының газ өткізгіштігі әр түрлі жерлерде әр түрлі болады.

Табиғи жағдайда газдардың орын ауыстыру құбылыстары – сүзу және диффузия бір-бірімен тығыз байланысып қосылады [3].

Жыныстардың едәуір аудандары мен көлемдерінде сүзу-диффузиялық ағындар орын алады.

### Зерттеу нәтижесі

Жарықтаршақтар мен ірі кеуекті аймақтардың болуы сирек кездесетін тау жыныстары арқылы метан орын ауыстырған кезде айтарлықтай аймаққа бөлінген сүзудің масштабын және газдың диффузиясын өлшеуге болады.

Газдың көмір қабатына кесе көлденең бағытта орын ауыстыруын қарастырған кезде, оның жолының бір бөлігінде газ диффузияланатынын, содан кейін ол жарықшақтар мен кеуектердің ені аз жарықшақты жыныстар аймағына түсуі мүмкін екенін ескеру қажет. Бұл жерде кіретін газдың осы жарықшақтардағы газға еркін диффузия процесі жүреді. Жарықшақтар бойынша айтарлықтай қысым айырмашылықтары болған кезде газды сүзу жүреді.

Сондықтан газдың орын ауыстыру сипаты мен ауқымына қатысты келесі түрлері туралы айтуға болады:

- қысым айырмашылығы болған кезде сумен қамтылмаған жарықшақтар мен байланысатын кеуектер арқылы пайда болатын газды сүзу;

- су алып жатқан жарықшақтар мен

кеуектерде газдың қалқып шығуы;

- сумен қамтылған барлық кеуектер мен жарықшақтар жыныстардағы газдың диффузиясы;

- кеуектер мен жарықшақтардың құрамындағы газдағы газдың диффузиясы;

- еріген газды тау жыныстарының кеуектерінде жылжығыш сумен тасымалдау.

Газдың орын ауыстыруының барлық осы түрлері әр газ құрылымында жүреді.

$H$  тереңдігінде 1-суреттегі газдың жиналуы болатын біртекті тау жыныстарындағы газдың орын ауыстыруын қарастырайық. Газдың осы шоғырланудан сүзу немесе диффузия арқылы қалай таралатынын және осы қалыңдықтың жоғарғы қабатында қандай орын ауыстыру газының концентрациясы байқалатынын анықтау керек [4].

$S$  түрінде жолақ ені бар көзді кесіп өтетін профиль үшін формула шығарылды

$$p = \frac{2}{\pi} \cdot \frac{\sigma_0}{D} \operatorname{zarct} \frac{\operatorname{sh} \frac{\pi}{4} \left( \frac{S}{H} \right)}{\operatorname{ch} \frac{\pi}{2} \left( \frac{x}{H} \right)}. \quad (1)$$

Бұл формулада  $p$  – тау жыныстарының жоғарғы қабатының нүктелеріндегі оның бетінен  $z$  тереңдігіндегі сутектің концентрациясы немесе парциалдық қысымы;  $\sigma_0$  – көмірсутек ағыны;  $D$  – диффузия коэффициенті;  $S$  – газды жолақтың ені;  $H$  – орналасу тереңдігі;  $x$  – координат басынан нүктенің қашықтығы;  $\operatorname{sh}$  және  $\operatorname{ch}$  – гиперболалық синус және косинус.

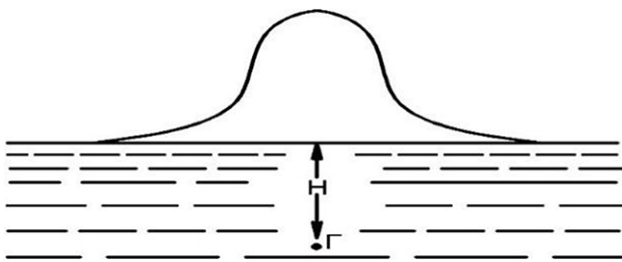
$Z$  шамасы, бақылаулар жүргізілетін тереңдік  $H$  газының пайда болу тереңдігімен салыстырғанда аз деп болжанады. Егер диффузия болмаса, бірақ біртекті ортада газды сүзу болса, онда қисықтың сипаты өзгермейді. Теңдеудегі  $D$  диффузия коэффициентін бұл жағдайда сүзу теңдеуінен сәйкес шамамен ауыстырылуы керек [5].

Берілген теңдеуден алынған теориялық қисық 2-суретте берілген қисықтың максимумы газ көзінің ортасынан жоғары орналасқан. Қисық симметриялы максимумның екі жағында да төмендейді.

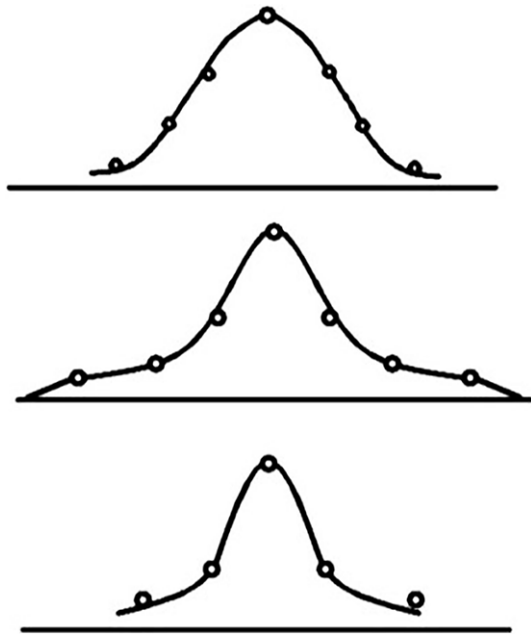
В.В. Лотов арнайы ұйымдастырылған модельде құмдағы нүктелік көзден газды сүзу

### Газдардың әртүрлі орын ауыстыру түрлерінің қарқындылығы

| Орын ауыстыру түрі                                | Газ ағыны, см/м²-тәулік |
|---------------------------------------------------|-------------------------|
| Газды сүзу (тау жыныстарының жоғары өткізгіштігі) | 3000 және жоғары        |
| Газды сүзу (тау жыныстарының төмен өткізгіштігі)  | 30-3000                 |
| Су арқылы диффузия                                | 0,6                     |
| Сумен қаныққан тау жыныстарының диффузиясы        | 0,01-0,1                |



**1-сурет – Орын ауыстырылған газ концентрациясын бөлудің теориялық қисығы**



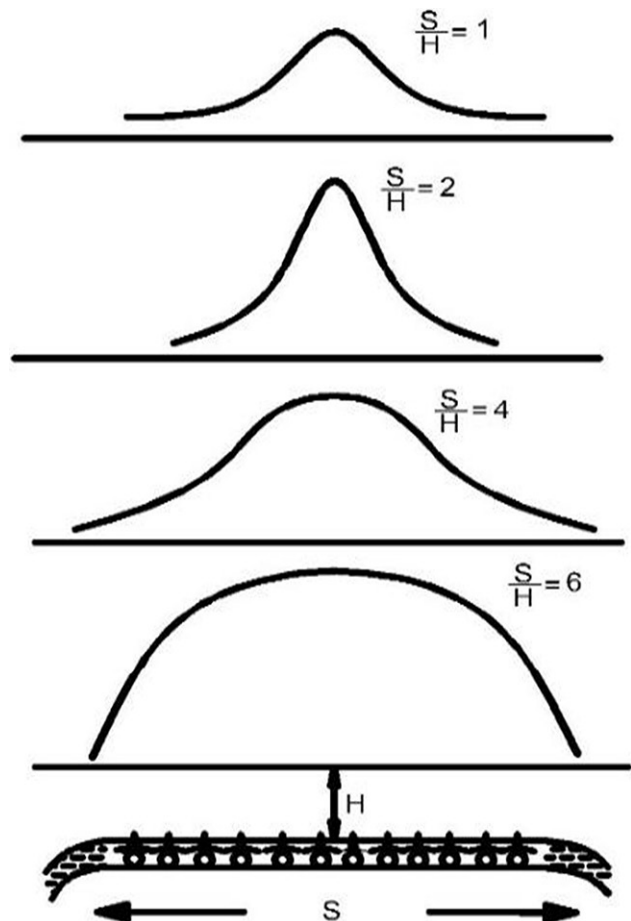
**2-сурет – Орын ауыстыру тереңдіктерінің нүктелік көзі кезінде орын ауыстыратын газ концентрациясының таралу қисықтары**

бойынша зертханалық тәжірибелер жүргізді [6].

Алынған қисықтар (3-сурет) теориялық қисықтарға ұқсас.

Газ алаңының едәуір енімен оның орталық бөлігіндегі таралу қисығы көлденең сипатқа ие болады (4-сурет). Басқаша айтқанда, осы орталық бөліктегі газдың миграциясын іс жүзінде бір өлшемді деп санауға болады.

Газдың орналасу тереңдігінің артуы, яғни миграция жүретін қабаттың қалыңдығы қисықтың сипатына ие болып, оған жайпақ пішін береді. Газдың тереңірек орналасуы кезінде газ ағынының шамасының өзгеруіне келетін болсақ, бұл қисымға да байланысты. Егер газдың қисымы өзгеріссіз қалса, ал ор-



**3-сурет – Газ бөлу көзінің әр түрлі қатынасындағы ені s арқылы H қабатының қалыңдығына метанның орын ауыстырылуы жүретін, миграциялық газ концентрациясының теориялық таралу қисықтары**

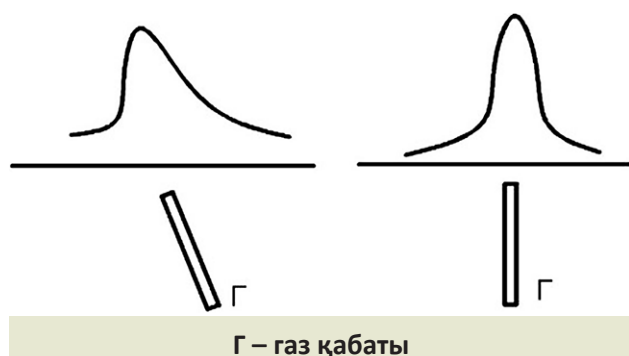
наласу тереңдігі жоғарыласа, онда бұл қисықтың жайпақ пішінін ғана емес, сонымен қатар газ ағынының жалпы төмендеуін де тудырады.

Екі, үш немесе одан да көп көмір қабаттарында газдың болуы, бір көмір қабатының қарапайым жағдайымен салыстырғанда қисықтың сипатын аз өзгертеді, егер бұл қабаттар бір-біріне жақын орналасса және олардың арасындағы жыныстармен бірге көмір қабаттардың жалпы қуаты орналасу тереңдігімен салыстырғанда аз болатын болса.

Егер бүкіл өнімді аймақтың қуаты үлкен болса, онда бұл қисықтың жайпақ пішінін ғана анықтайды.

Шөгінді қалыңдықтағы газдың миграциясын басқа ортадағы миграциясынан ажырататын негізгі факторлардың ішінде ең алдымен келесілерді атап өткен жөн:

- шөгінді қалыңдық әдетте бірқатар қабаттардан немесе деңгейжиектерден тұра-



**4-сурет – Біртекті ортада және құрамында газ бар әртүрлі құлама бұрышты көмір қабаттардың миграциялық газ концентрациясының таралуының теориялық қисықтары**

ды, көбінесе құмды және сазды шөгінділер кезектеседі;

- газдың болуы әдетте бір немесе бірнеше қабаттармен немесе кеуекті емес және өткізгіштігі қиын жыныстармен бөлінген кеуекті аймақтармен шектеледі;

- шөгінді жыныстардың орналасуының неғұрлым күрделі жағдайлары, сілемдердің сипаты бар кеуекті аймақтармен шектесетін кен шоғырлардың болуы байқалады;

- газдың таралу қисықтарының сипатын өте бұрмалайтын жарықшақтар мен бұзылулардың болуы.

Кеуекті жақсы өткізгіштердің, мысалы, құмды қабаттардың нашар өткізгіш сазды қабаттармен кезектесуі, бұл кеуекті жыныстар сумен емес, газбен толтырылған жағдайда, миграцияланған газдың таралу қисықтарына үлкен әсер етуі мүмкін [7].

Кеуекті көмір қабаттағы газдың диффузиялық коэффициенттері кеуектері сумен толтырылған сазды немесе басқа қабаттағылармен салыстырғанда шамамен 100-800 есе көп. Сондықтан, егер газ диффузиялау немесе сүзу арқылы сулы сазды жыныспен жабылған кеуекті газ қабатына түссе, онда бұл қабатта концентрациялар салыстырмалы түрде тез теңестіріледі.

4-суретте көмір қабатының бойымен немесе кесе көлденең өткенде диффузия коэффициенті немесе өткізгіштігі бірдей болмаған жағдайда газдың таралу қисықтары көрсетілген. Бірінің үстінде бірі орналасқан газдың бөлінуі (газ кен шоғыры) олардың арасында миграциялық байланысы бар, себебі кен шоғырлар арасындағы жыныстар белгілі бір дәрежеде газға өткізгішті болып келеді.

Зерттеулер көрсеткендей, кеуекті, жақсы өткізгіш қабатта осындай қабаттың бүкіл

қуаты бойынша бірдей газ қысымы сақталады. Тығыз, нашар өткізгіш қабаттарда қысым келесі қабатқа жақындаған сайын қисық бойымен төмендейді.

Егер газ кен шоғырлар арасындағы қабаттар тығыз жыныстар болса, олардың кеуектері сумен толтырылады немесе олар сулы саздар болса, онда газдың диффузиясы осы қабаттар арқылы жүреді. Жоғарыда айтылғандарға ұқсас теңдікті қолдана отырып, бұл жағдай үшін бір өлшемді миграцияға сүйене отырып, қабаттар шекарасындағы қысымның өзгеру сипатын есептеуге болады. Кеуекті қабаттан сулы саз қабатына ауысқан кезде Генри теңдеуімен анықталған концентрация өзгерісі болады

$$q = \alpha P, \quad (2)$$

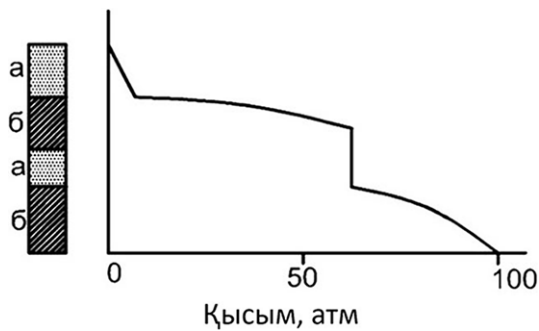
мұнда  $q$  – саздағы газдың концентрациясы;  $P$  – қысым және – таралу немесе еру коэффициенті. Көмірсутекті газдар үшін  $\alpha$  шамасы аз болғандықтан, газ қабатының үстіндегі саздағы газ концентрациясы газ қабатының өзіне қарағанда айтарлықтай аз болады. Мәселен, мысалы, кеуектілігі 30% және қысымы 100 атм. газды қабаттың 1 м<sup>3</sup> құрамында, жыныспен сіңірілген газды есептемегенде 30 м<sup>3</sup> газ болады. Тепе-теңдік жағдайында және  $\alpha = 0,02$  коэффициентінде газ қабатының үстінде жатқан 1 м<sup>3</sup> сазда 2 м<sup>3</sup> газ болады.

Жоғарыда келтірілген есептеулер бір өлшемді, тұрақты газ миграциясы жағдайларына жатады. Үш өлшемді миграция жағдайында газ аймағының бүйір беттері арқылы газдың шашырауы болады, алайда газдың таралуының жалпы сипаты сақталады, өйткені бұл шашырау барлық газ қабаттарына және аралық қабаттарға шамамен бірдей әсер етеді.

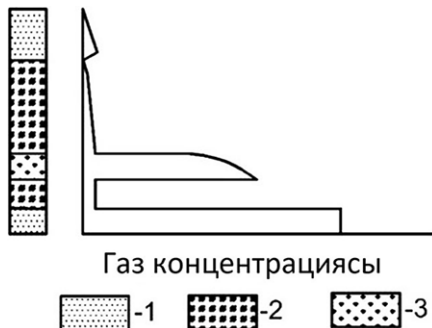
Жоғарыда айтылғандай, кез-келген қабаттың немесе сілемнің әр түрлі аймақтарының диффузиялық өткізгіштігін көп жағдайда азды-көпті бірдей деп санауға болады. Алайда, газды шоғырын жабатын саз қабатының бір бөлігінде оның басқа бөлігімен салыстырғанда диффузиялық өткізгіштіктің біршама ерекшелену мүмкіндігін жоққа шығаруға болмайды.

Егер диффузиялық өткізгіштігі төмен учаске газы бар учаскенің үстінде орналасса, онда қисық 5-суретте көрсетілгендей болады және сақина аномалиясы деп аталады, себебі жоспарда минимум аймағын шектейтін максималды сақина аймағы бар.

Табиғи жағдайда біз әдетте көптеген көмір қабаттарының түрін кездестіреміз. Әр түрлі қабаттарда бұл аймақтар құрылымның әр түрлі жерлерінде орналасады. Сондықтан көптеген қабаттардан тұратын сумен қаныққан жыныстардың қалыңдығы ешқандай қа-



**5-сурет – Әртүрлі өткізгіштік қабаттары арқылы сүзу кезінде газ қысымының төмендеуі. а – газ өткізгіштігі жоғары қабаттар; б – газ өткізгіштігі төмен қабаттар**



**6-сурет – Бірнеше қабаттар арқылы миграцияланған кезде газ концентрациясының төмендеуі. 1 – сулы сазды қабат; 2 – газды кеуекті қабат; 3 – газ өткізгіштігі төмен газды кеуекті қабат**

сиетке ие емес, соның арқасында бүкіл қалыңдықтың диффузиялық өткізгіштігі газға қарағанда минималды мәнге ие болады.

Жыныстардың жарықшақтығы, кеуекті аймақтардың болуы және газдың сүзілуі немесе қалқып шығуы диффузиялық ағын қисықтарындағы күрт бұзылулардың себебі болып табылады. Осы процестердің барлығы – сүзу, қалқып шығуы және диффузиялық процестер жүріп жатқандықтан, диффузияға қарағанда сүзу және қалқымалы аймақ бірлігіне жатқызған газ ағынының қарқындылығы әлдеқайда көбірек болады.

Газдардың миграция процесінде қызмет ету мерзімі аяқталған шахталардың ескі тау-кен қазбаларының, тіпті олар құлағаннан кейін де үлкен рөл атқарады, себебі әр түрлі көмір қабаттарда әр түрлі деңгейжиектерден өткен тау-кен өндірістерінің аэродинамикалық байланыстары әрдайым бар.

Көмірдің қалдық метандылығына көпте-

ген факторлар әсер етеді, мысалы, температура жағдайлары, көмірдің микроқұрылымының ерекшеліктері, ұшпа шығуы, кернеу күйі, газ өткізгіштігі.

Негізгі массасында бос фазадағы газ көмір мен оның жыныстарының кеуектерінде, сондай-ақ жер бетімен байланысы жоқ жарықшақтарда болады. Көміртекті қалыңдықтың коллекторлық қабілеті негізінен көмірлер мен жыныстардың кеуектілігімен анықталады.

Зерттеулер көрсеткендей, бұзылмаған көмір сілемінің аймақтарында газсыздандыру бұзылған көмір сілеміне қарағанда жүздеген және мыңдаған есе баяу жүреді. Көмірдің метандылығы жоғары болса да, көмір қабатының жоғарғы бөлігін және төменгі бөлігін қазымдау аймағынан тыс, әдеттегі газ өткізгіштігі бар көмір қабаттары бойынша бұрғыланған терең газсыздандыру ұңғымаларынан бөлінетін метан мөлшері әдетте 1000 м<sup>3</sup> аспайды. Ұңғымалардан метанның едәуір бөлінуі табиғи немесе тау-кен факторларына байланысты қабаттардың сүзілу қабілеті жоғары аймақтарда бұрғылау кезінде байқалады. Сондықтан, көп жағдайда газ өткізгіштігінің төмендігіне байланысты тау қысымынан босатылған, қазымдалып жатқан көмір қабаттарын әдеттегідей газсыздандыру айтарлықтай тиімсіз.

Табиғи жағдайда көмір сілемінің газ өткізгіштігі төмен. Тау-кен жұмыстарын жүргізу барысында көмірдің кернеулік күйі өзгереді. Ол босайды және кейбір жағдайларда көмірдің газ өткізгіштігінің күрт өсуіне әкелетін созушы кернеулері пайда болады. Көмірдің газ өткізгіштік факторы газсыздандыру тиімділігіне шешуші әсер етеді. Қазымдалмаған көмір сілемінде бұрғыланған газсыздандыру ұңғымалары метанды ұңғымадан 10-20 м радиуста бөледі. Лавалардағы көмірдің ығысу және деформация аймағына бұрғыланған тік ұңғымалардың әсер ету радиусы ұңғымалардың тиімділігін күрт арттырады және бұл көрсеткішті 100-200 м дейін жеткізеді.

Көмір шахталарының қазу аймағындағы метан миграциясының аз үлесі жыныс және оны толтыратын кеуектер мен жарықшақтар, сұйықтықтар мен газдар арқылы диффузия есебінен бір-бірімен байланысқан кеуектер мен жарықшақтар бойынша жүзеге асырылады.

Газ тектоникалық жарықшақтар мен бұзылулар арқылы жер бетіне шығуы мүмкін. Бұл жағдайда жер бетіне жақын орналасқан миграциялық аймақтардан аз мөлшердегі кез келген ұшқынның әсерінен жарылыстар мен өрттерге әкелуі мүмкін.

Әртүрлі сейсмикалық әсерлер газдың бөлінуін қарқындатуы мүмкін. Мысалы, жұмыс істеп тұрған шахталарда жүргізілетін техно-



логиялық жарылыс жұмыстары, себебі сейсмикалық толқындар алыс қашықтыққа тарады және газдың шығуына ықпал етеді.

Тектоникалық жарықтар әсіресе қауіпті, олардан әдетте иондалған ауа шығады, ол метанның тұтану көзі бола алады.

Тау жыныстарында газдың миграциясының әртүрлі процестері жүреді. Газдың миграция құбылыстарына оның тау-кен қазбалары бойынша орын ауыстыруы, сүзу, диффузия, шахталардың тау-кен қазбаларының кеңістігі мен жыныстары бойынша еріген немесе бос түрдегі газдың орын ауыстыруының жарықшақтары мен кеуектері бойынша газдың қалқып шығуы жатады.

Әр түрлі тау жыныстарының сүзілу өткізгіштігі, миграция жолдарының бітелуі салдарынан толық өткізбеушіліктен бастап, ондаған Дарси бірліктерімен есептелетін өткізгіштік шамаларына дейін өте кең аралықта ауытқиды. Сондықтан, кез-келген, бір қарағанда, біртекті тау жыныстары, шын мәнінде, оның сүзу өткізгіштігіне байланысты өте әртекті болып келеді. Сонымен қатар, әртүрлі сумен қаныққан тау жыныстарының диффузиялық өткізгіштігі бірдей емес, бірақ көбінесе шамалардың бірдей ретін сақтайды және тек жеке үлгілер үшін бұл шамалар 10-15 еседен аспайды.

Белгілі бір уақыт ішінде газды сүзу ауқымы тау жыныстарының өткізгіштігі шамалы болса да үлкен болуы мүмкін. Әсіресе жарықшақтар газдың миграциясының ыңғайлы жолдары болып табылады. Егер жарық-

шақтар сумен толтырылған болса, онда бұл жағдайда қалқып шығуымен және су мөлшерінің өсуімен тау жыныстарға қарағанда газдың тасымалдануы жеңілдейді. Мұнда тау жыныстарының бөлшектері арасындағы тар аралықтар кең аралықтармен кезектеседі.

Жарықшақтар немесе жақсы өткізгіш кеуекті аймақтар арқылы сүзу кезінде газдың көп мөлшері тасымалдануы мүмкін.

### Қорытынды

Зерттеу барысында миграция жылдамдығының температураға, қысымға, меншікті салмаққа және миграцияланатын көмірсутек газдарының тұтқырлығына байланысты өзгеру заңдылықтары анықталды. Метан ең жоғары тұтқырлыққа ие. Құрғақ және суланған жыныстардағы газдың сүзілуіне әсер ететін тау жыныстарының жарықшақтық коэффициенті анықталды.

Газдың еруі және сорбциясы зерттелді. Метанның суда 20°C температурада және 1 атм қысымда ерігіштік коэффициенті анықталды.

Көрсетілген факторлар газ миграциясының ұсынылған моделінде ескерілген және көмір шахталарында қазу аймақтарындағы газдың көлемі мен қысымын анықтау бойынша есептеу бағдарламасын жасау кезінде пайдаланылған.

Зерттеулер негізінде метанның шахталардан жер бетіне шығу мүмкіндігі туралы болжам жасалды, метан миграциясының ең ықтимал орындары көрсетілді.

## ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Kenetayeva A.A., Usupayev S.E., Kryazheva T.V., Rabatuly M. Demethanization of coal seams in the Karaganda basin // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2021, 677 (4), doi: 10.1088/1755-1315/677/4/042118.
2. Дрижд Н.А., Камаров Р.К., Ахматнуров Д.Р., Мусин Р.А., Шмидт И.М. Метан угольных пластов Карагандинского бассейна в газовом балансе Республики Казахстан: состояние и перспективы // Научный вестник НГУ. 2017. № 1.
3. Дрижд Н.А., Ахматнуров Д.Р., Мусин Р.А., Замалиев Н.М. Современные проблемы и перспективы развития Карагандинского угольного бассейна // Труды Университета. 2016. № 2. С. 37-42.
4. Камаров Р.К., Замалиев Н.М., Ахматнуров Д.Р., Мусин Р.А. Установление объемов местонахождения газовых коллекторов ликвидированных угольных шахт // Научный вестник НГУ. 2018. № 2.
5. Гринев В.Г., Сергиенко А.И., Подрухин А.А. Исследование процесса миграции метана из выработанного пространства закрытых шахт // Сб.: Физико-технические проблемы горного производства; Вып. № 12; Под общ. ред. А.Д. Алексеева. – Донецк: ИФГП НАНУ, 2009. – С. 74-79.
6. Дрижд Н.А., Шарипов Н.Х., Ли К.Д. Метаноносность и факторы, влияющие на эффективность дегазации // Труды университета. 2013. № 2.
7. Малышев Ю.М., Трубецкой К.Н., Айруни А.Т. Фундаментальные и прикладные методы решения проблемы метана угольных пластов. М.: Изд-во Акад. горных наук, 2000. 519 с.

**Выделение метана из выработанных пространств в угольных шахтах**

<sup>1</sup>**РАБАТУЛЫ Мухаммедрахым**, PhD, и.о. доцента, mukhammedrakhym@mail.ru,

<sup>1</sup>**МУСИН Равиль Альтавович**, PhD, и.о. доцента, r.a.mussin@mail.ru,

<sup>1</sup>**ЗАМАЛИЕВ Наиль Мансурович**, PhD, и.о. доцента, nailzamaliev@mail.ru,

<sup>2</sup>**ХАЙДИНА Мария Павловна**, к.т.н., доцент, mmp2003@inbox.ru,

<sup>1</sup>\***КАЙЫРБЕК Аяжан Аманжолкызы**, магистрант, ayazhan.kairbek@bk.ru,

<sup>1</sup>НАО «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова»,  
пр. Н. Назарбаева, 56, Караганда, Казахстан,

<sup>2</sup>Российский государственный университет нефти и газа имени И.М. Губкина, Ленинский  
проспект, 65, Москва, Россия,

\*автор-корреспондент.

**Аннотация.** Источниками выделения метана в выработках угольных шахт являются разрабатываемые угольные пласты и пропластки и вмещающие породы, метан из которых выделяется как в подготовительные, так и в очистные выработки [1]. Сделан прогноз о возможности перемещения метана из выработанных пространств в угольных шахтах на дневную поверхность. Разработан комплексный аналитический метод для определения наиболее вероятных мест перемещений. Установлены закономерности изменения скорости перемещения в зависимости от температуры давления удельного веса и вязкости мигрирующих углеводородных газов. Наибольшей вязкостью обладает метан. Выявлен коэффициент трещиноватости пород, влияющий на фильтрацию газа в сухих и обводненных породах. На основании исследований обоснованы вероятные места миграции метана.

**Ключевые слова:** метан, угольный пласт, миграция газа, проницаемость, фильтрация газа.

**Release of Methane from the Worked-out Spaces in Coal Mines**

<sup>1</sup>**RABATULY Mukhammedrakhym**, PhD, Acting Associate Professor,  
mukhammedrakhym@mail.ru,

<sup>1</sup>**MUSIN Ravil**, PhD, Acting Associate Professor, r.a.mussin@mail.ru,

<sup>1</sup>**ZAMALIEV Nail**, PhD, Acting Associate Professor, nailzamaliev@mail.ru,

<sup>2</sup>**KHAIDINA Maria**, Cand. of Tech. Sci., Associate Professor, mmp2003@inbox.ru,

<sup>1</sup>\***KAYYRBEK Ayazhan**, Master's Student, ayazhan.kairbek@bk.ru,

<sup>1</sup>NPJSC «Abylkas Saginov Karaganda Technical University», N. Nazarbayev Avenue, 56,  
Karaganda, Kazakhstan,

<sup>2</sup>Gubkin Russian State University of Oil and Gas, Leninsky Avenue, 65, Moscow, Russia,

\*corresponding author.

**Abstract.** The sources of methane release into the workings of coal mines are the coal seams and interlayers being developed and the host rocks, methane from which is released into both preparatory and treatment workings [1]. A forecast is made about the possibility of moving methane from the mined-out spaces in coal mines to the daytime surface. A comprehensive analytical method has been developed to determine the most likely places of displacement. The regularities of the change in the velocity of movement depending on the temperature, pressure, specific gravity and viscosity of migrating hydrocarbon gases are established. Methane has the highest viscosity. The fracturing coefficient of rocks affecting gas filtration in dry and watered rocks has been revealed. Based on the research, the probable locations of methane migration are substantiated.

**Keywords:** methane, coal seam, gas migration, permeability, gas filtration.

## REFERENCES

1. Kenetayeva, A.A., Usupayev, S.E., Kryazheva, T.V., Rabatuly M. Demethanization of coal seams in the Karaganda basin // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2021, 677 (4), doi: 10.1088/1755-1315/677/4/042118.
2. Drizhd. N.A., Komarov R.K., Akhmaturov D.R., Musin R.A., Schmidt I.M. Metan ugolnykh plastov Karagandinskogo basseina v gazovom balance Respubliki Kazakhstan sostoyaniye i prespektivy, Naukovyi Visnyk NHU [Coalbed methane of the Karaganda basin in the gas balance of the Republic of Kazakhstan: status and prospects], 2017, no. 1.
3. Drizhd N.A., Akhmaturov D.R., Musin R.A. and Zamaliev N.M. Sovremennye problemy i perspektivy razvitiya Karagandinskogo ugolnogo basseina. [Modern problems and prospects of development Karaganda coal basin], Trudy Universiteta [proceedings of the university], 2016.
4. Kamarov R.K., Zamaliev N.M., Akhmaturov D.R., Musin R.A. Ustanovleniye obyemov mestonakhojdeniye gazovykh kollektorov likvidirovannykh uggolnykh shakht, Naukovyi Visnyk NHU [Determination of volumes location of gas collectors of liquidated coal mines], 2018, no. 2.
5. Grinev V.G., Sergienko A.I., Polukhin A.A. Isledovanye prosessa migrasi metana iz vyrabotannago prostranstva zakrytykh shakht [Investigation of the process of methane migration from the worked-out space of closed mines], Sb.: Fiziko-tekhnicheskiye problem gornogo proizvodstva [Sb.: Physical and technical problems of mining production], Pod obshei redaksiei Alekseev A.D. [Under the general editorship of A.D. Alekseev]. Donetsk, 2009, pp. 74-79.
6. Drizhd N.A., Sharipov N.H., Lee K.D. Metanonosnost i factory vliyaushiye na affaktivnost degazatsi [Methane content and factors affecting the efficiency of degassing], Trudy Universiteta [proceedings of the university]. 2013, no. 2.
7. Malyshev Yu.M., Trubetskoy K.N., Ayruni A.T. Fundamentalnye i prikladnye metody resheniye problem metana ugolnykh plastov [Fundamental and applied methods for solving the problem of coalbed methane], Izd-vo Akad.gornykh nauk [Publishing house of Akad. mining sciences]. 2000, 519 p.