



DOI 10.22363/2312-8143-2017-18-2-167-173

УДК 622.83

## РАЗВИТИЕ МЕТОДОВ ГЕОМЕХАНИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ РАЗРАБОТКИ СВИТ ГАЗОНОСНЫХ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ

М.А. Иофис<sup>1</sup>, Е.Н. Есина<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Институт проблем комплексного освоения недр Российской академии наук

*Крюковский туп., 4, Москва, Россия, 111020*

<sup>2</sup> Российский университет дружбы народов

*ул. Миклухо-Маклая, 6, Москва, Россия, 117198*

Получили развитие методы геомеханического обеспечения разработки свит газоносных угольных пластов. Научно обоснован и разработан способ скважинной добычи угля и газа из пластов, склонных к газо- и геодинамическими явлениями. При этом безопасное ведение горных работ обеспечивается за счет использования внутренней энергии массива горных пород для разрушения полезного ископаемого при скважинной добыче и его транспортировки к потребителю. Разработан способ гидравлической добычи угля из свит газоносных угольных пластов. В качестве дегазации используется предварительная разгрузка угольных пластов и вмещающего массива горных пород путем скважинной выемки угля из пласта, опасного по выбросам газа. В целом, составленная методика управления геомеханическими и газодинамическими процессами обеспечивает безопасную и эффективную разработку газоносных угольных пластов.

**Ключевые слова:** месторождения полезных ископаемых, свиты угольных пластов, газодинамические явления, геомеханическое обеспечение, предварительная дегазация

Разработка месторождений полезных ископаемых, склонных к газо-, геодинамическим явлениям, с применением традиционного шахтного способа разработки, сопряжена с повышенным травматизмом при производстве горных работ в условиях высокой опасности газо- и геодинамических явлений [1].

Так, только на шахтах «Юбилейная», «Ульяновская» и «Распадская» в Кузбассе, шахтах им. Засядько и им. Скочинского в Донбассе взрывы метана в течении трех лет вызвали гибель около двухсот человек и разрушение многих километров горных выработок. При этом взрыв на шахте «Распадская» был настолько мощным, что взрывная волна вышла по стволу на земную поверхность и разрушила здание административного комбината.

Наиболее распространенной мерой борьбы с внезапными выбросами газа долгое время была принята опережающая отработка защитных пластов, согласно которой в первую очередь разрабатывается наименее опасный пласт, а затем в зоне его влияния обрабатываются выше- и нижележащие пласты. В основу этого метода положено свойство угольного пласта, попадающего в зону разгрузки от горного давления, выделять содержащиеся в нем газы и заполнять ими образующиеся при этом трещины. После удаления этого газа пласт становится невыбро-

соопасным. Однако практика горного дела показала, что удаление газа в современных условиях, особенно при применении высокопроизводительной добычной техники, происходит значительно медленнее, чем его выделение. Попытки применить дегазационные скважины для решения этой проблемы пока должного эффекта не дали, так как понятие защитный пласт — условно и пребывание людей в нем весьма опасно. Наиболее целесообразно осуществлять выемку защитного пласта в рассматриваемых условиях с помощью добычных скважин. Их же использовать и в качестве дегазационных.

При скважинной геотехнологии все технологические процессы производятся без непосредственного нахождения людей в местах залегания полезного ископаемого. При этом создаются преимущества, которые позволяют по-новому оценивать как известные месторождения полезных ископаемых, так и вновь открываемые, обеспечивая повышение технологической, экономической и экологической эффективности освоения недр.

Известны скважинные геотехнологии освоения месторождений, позволяющие вести добычу сырья без присутствия людей непосредственно в очистном забое. Существует опыт разработки угольных месторождений методом подземной газификации угля [2]. При этом уголь в пласте, под землей, превращается в горючий газ, обладающий достаточной калорийностью для энергетического и технологического использования. Однако недостаток данного способа заключается в трудности управления огневым забоем при выгазовывании угольных пластов, а также сложности регулирования полноты отработки пласта, что влечет за собой ограничения в извлечении ресурсов недр.

В результате установления природы и механизма геомеханических процессов при освоении месторождений, опасных по газо-, гидро и геодинамическим явлениям, систематизированы методы геомеханического обеспечения освоения месторождений в сложных условиях [3]. Институтом проблем комплексного освоения недр РАН разработан способ *скважинной добычи угля и газа из пластов, склонных к газо- и геодинамическим явлениям*, и составлена методика управления геомеханическими и газодинамическими процессами, основанная на предварительной дегазации угольных пластов с применением скважинных способов добычи [4].

Согласно этому способу при разработке месторождений полезных ископаемых, склонных к газо- и геодинамическим явлениям, производят вскрытие с помощью скважин [5]. Затем создается полость с применением физического воздействия (взрывного, электрогидравлического разрушения и др.). Для дальнейшего разрушения полезного ископаемого при разработке пластов, склонных к газо- и геодинамическим явлениям, в качестве мощного физического воздействия используется собственная природная энергия, например, высокая метаноносность угольных пластов, которая служит отрицательным фактором при традиционных способах добычи, играет положительную роль для разрушения угольного пласта. При этом контролируется содержание метана в образованной полости. При достижении наиболее взрывоопасной концентрации метана 10% (метан взрывоопасен при концентрации в воздухе от 5 до 15%) в этой полости инициируется

взрыв для разрушения полезного ископаемого. Для предотвращения возгорания метана его концентрация снижается до взрывоопасной (5—15%) путем выпуска метана по скважинам на поверхность к потребителям, например, с помощью передвижной вакуум-насосной станции. Контроль содержания метана в образованной полости осуществляется одним из известных способов, например, с применением газоанализаторов. Далее уголь на поверхность поднимается путем перевода разрушенного угля в гидросмесь и дальнейшей подачи водоугольной суспензии на поверхность с помощью эрлифта или гидроэлеватора. После откачки водоугольной суспензии, выполняется второй цикл работ: контролируется достижение взрывоопасной концентрации метана во вновь образованной полости, инициируется повторный взрыв, повторяются ранее проведенные операции. При концентрации метана более 15% он горит, для предотвращения возгорания его концентрация снижается до взрывоопасной путем выпуска метана по скважинам на поверхность к потребителю, где также возможно его дальнейшее использование для технологических целей. Описанная последовательность операций проводится до тех пор, пока не произойдет обрушение основной кровли (генеральная посадка). После этого над обрушившейся основной кровлей образуется полость, равная по объему выработанному пространству, которая при разработке метанонасыщенных пластов заполняется газом. Скопившийся газ также откачивается по трубам на поверхность к потребителю.

Данный способ позволяет вести безопасную и эффективную отработку месторождений, склонных к газо- и геодинамическим явлениям, за счет использования внутренней энергии массива горных пород для разрушения полезного ископаемого при скважинной добыче и его транспортировке к потребителю.

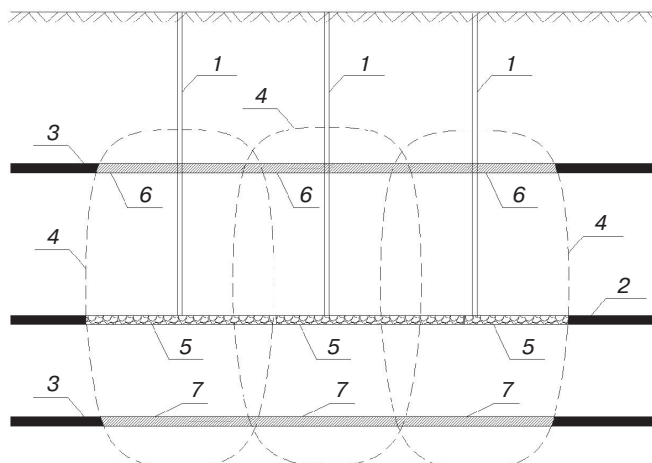
В развитии методов управления геомеханическими и газодинамическими процессами разработан способ добычи угля из свит газоносных угольных пластов [6]. В качестве дегазации используется предварительная разгрузка угольных пластов и вмещающего массива горных пород путем скважинной выемки угля из пласта, опасного по выбросам газа.

При разработке свиты газонасыщенных пластов определяется защитный пласт, защитное действие которого распространяется на вышележащие и нижележащие пласты. Залежи вскрываются с помощью скважин (рис. 1). Затем в газонасыщенном пласте создается полость с применением мощного физического воздействия (взрывного, электрогидравлического разрушения и др.).

Для снижения интенсивности метановыделения из угольных пластов в горные выработки действующих шахт применяются предварительная дегазация и разгрузка вышележащих и нижележащих угольных пластов до начала очистных или подготовительных работ и текущая дегазация разгружаемых от горного давления угленосных толщ. При этом дегазационные скважины могут быть пробурены из подземных выработок или с земной поверхности.

Для дальнейшего разрушения полезного ископаемого в качестве мощного физического воздействия используется собственная природная энергия — высокая метаносность угольных пластов. При достижении наиболее взрывоопасной концентрации метана 10% в этой полости инициируется взрыв, разрушая тем

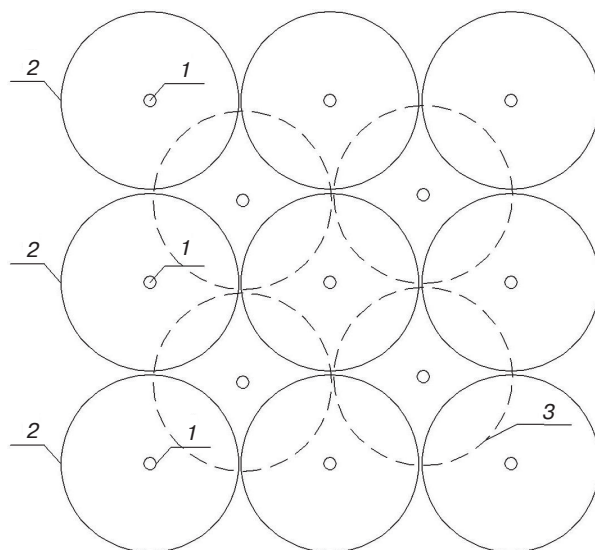
самым полезное ископаемое [5]. Разрушенный уголь в полости переводится в гидросмесь, интенсивно перемешивается, осаждая пустую породу на дно созданной полости, затем с помощью гидроэлеватора на поверхность подается водоугольная суспензия.



**Рис. 1.** Схема перераспределения горного давления в пределах области влияния очистной выработки по защитному пласту: 1 — скважины; 2 — первый отработываемый пласт, который используется в качестве защитного; 3 — подзащитные вышележащий и нижележащий пласты; 4 — контур защищенной зоны; 5 — выработанное с помощью скважин пространство в пласте, принятом в качестве защитного; 6 — защищенные участки вышележащего пласта; 7 — защищенные участки нижележащего пласта

[Fig. 1. A scheme of redistribution of rock pressure in the region of influence of an excavation on the protective layer: 1 — wells; 2 — working on the first layer, which is used as a protective; 3 — defendants overlying and underlying strata; 4 — circuit protected zones; 5 — developed with wells space in the seam, adopted as a protective; 6 — the protected parts of the overlying layer; 7 — the protected parts of the underlying layer]

При этом снижается опорное давление в массиве горных пород, прилегающем к выработанному пространству — участки 6, 7 (рис. 1). Описанным способом создается выработанное пространство такого размера, при котором надрабатываемые и подрабатываемые угольные пласты попадают в контур защищенной зоны 4, в которой снижается давление газа в пластах, уменьшается газоносность угля, повышается его газопроницаемость. Добычные скважины проектируются таким образом, чтобы границы защитных зон разрабатываемого пласта располагались равномерно по защищаемым пластам. По рекомендуемой схеме разработки угольных месторождений (рис. 2) с поверхности бурятся скважины первой очереди 1 по квадратной сетке, по мере отработки создаются защищенные зоны 2. Расстояние между скважинами принимается исходя из устойчивости кровли и принятого коэффициента извлечения. После того, как произведена гидродобыча из четырех скважин, расположенных по квадрату, бурятся скважины второй очереди в центре этого квадрата, при этом создаются защищенные зоны второй очереди 3. При этом добиваются того, чтобы границы защитных зон разрабатываемого пласта располагались равномерно по защищаемым пластам.



**Рис. 2.** Схема расположения скважин на земной поверхности и защищенных зон: 1 — скважины; 2 — контур защищенной зоны от скважин первой очереди; 3 — контур защищенной зоны от скважин первой очереди

**[Fig. 2.** Wells arrangement scheme on the surface and protected areas: 1 — wells; 2 — circuit protected zone from the first stage; 3 — circuit protected zone from the second stage]

В дальнейшем данные подзащитные участки угольных пластов 6, 7 (см. рис. 1), которые попадают в защищенную зону 4, разрабатываются традиционными подземными способами или ранее описанным скважинным.

Данный способ позволяет вести безопасную и эффективную отработку месторождений, склонных к газо- и геодинамическим явлениям, путем предварительной дегазации угольных пластов с применением скважинного способа добычи, без применения дорогостоящих и не всегда эффективных локальных мероприятий, что особенно важно при больших глубинах разработки и применении современной высокопроизводительной техники, поскольку выделение газа из пластов пропорционально объему добычи полезного ископаемого.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Горные науки. Освоение и сохранение недр Земли / под ред. К.Н. Трубецкого. М.: Изд-во АГН, 1997. 478 с.
- [2] Крейнин Е.В., Федоров Н.А., Звягинцев К.Н., Пьянкова Т.М. Подземная газификация угольных пластов. М.: Недра, 1982. 151 с.
- [3] Иофис М.А., Есина Е.Н. Классификация методов геомеханического обеспечения горных работ в сложных условиях / Горный информационно-аналитический бюллетень. Специальный выпуск. 2017. № 1. С. 13—22.
- [4] Трубецкой К.Н., Иофис М.А., Есина Е.Н. Особенности геомеханического обеспечения освоения месторождений, склонных к геодинамическим явлениям // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. 2015. № 3. С. 64—71.
- [5] Патент на изобретение № 2474691 «Способ скважинной добычи угля и газа из пластов, склонных к газо- и геодинамическими явлениями» Приоритет изобретения 14.04.2011. Зарегистрирован 10.02.2013.

[6] Патент на изобретение № 2564888 «Способ гидравлической добычи угля из газонасыщенных пластов». Приоритет изобретения 25.09.2014. Зарегистрирован 10.09.2015.

© Иофис М.А., Есина Е.Н., 2017

**История статьи:**

Дата поступления в редакцию: 3 марта 2017

Дата принятия к печати: 16 марта 2017

**Для цитирования:**

**Иофис М.А., Есина Е.Н. Развитие методов геомеханического обеспечения разработки свит газонасыщенных угольных пластов // *Вестник Российского университета дружбы народов. Серия «Инженерные исследования».* 2017. Т. 18. № 2. С. 167–173.**

**Сведения об авторах:**

*Иофис Михаил Абрамович*, профессор, доктор технических наук, главный научный сотрудник отдела проблем управления освоением и сохранением недр Земли Института проблем комплексного освоения недр Российской академии наук. *Сфера научных интересов:* геомеханика, сдвигание горных пород, охрана недр и подрабатываемых объектов, управление деформационными и дегазационными процессами, освоение подземного пространства крупных городов. *Контактная информация:* e-mail: iofis@mail.ru

*Есина Екатерина Николаевна*, доцент, кандидат технических наук, доцент департамента «Геологии, горного и нефтегазового дела» инженерной академии Российского университета дружбы народов. *Сфера научных интересов:* геомеханика, сдвигание горных пород, геомеханическое обеспечение безопасного освоения недр. *Контактная информация:* e-mail: esina\_en@pfur.ru

## **DEVELOPMENT OF METHODS FOR GEOMECHANICAL ENSURE THE OPERATION OF THE GAS-BEARING COAL SEAMS**

**М.А. Iofis<sup>1</sup>, Е.Н. Esina<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Institute of Comprehensive Exploitation of Mineral Resources  
Russian Academy of Sciences

*Kryukovsky tupik, 4, Moscow, Russia, 111020*

<sup>2</sup> Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University)

*Miklukho-Maklaya str., 6, Moscow, Russia, 117198*

The methods of geomechanical ensuring development gas-bearing coal seams has been developed. The method of borehole mining of coal and gas from formations prone to gas and geodynamic phenomena has been scientifically substantiated and developed. Safe mining operations are ensured through the use of the internal energy of the rock mass to fracture the mineral in borehole production and its transportation to the consumer. The hydraulic mining method of sweet gas-bearing coal seams has been developed. As degassing is used preliminary unloading of coal beds and rocks by borehole

coal mining from the reservoir, hazardous gas emissions. In general, the method of controlling geomechanical and gas-dynamic processes ensure the safe and efficient development of gas-bearing coal seams.

**Key words:** mineral deposits, formation of coal seams, gas-dynamic phenomena, geomechanical ensure, preliminary degassing

## REFERENCES

- [1] Mining science. Development and conservation of the Earth's interior / ed. by K.N. Trubetskoy. M.: Publishing house of AGN, 1997. 478 p. [Gornye nauki. Osvoenie i sokhranenie nedr Zemli / pod red. K.N. Trubetskogo. M.: Izd-vo AGN, 1997. 478 s.]
- [2] Kreinin E.V., Fedorov N.A., Zvyagintsev K.N., Pyankova T.M. Underground gasification of coal seams. M.: Nedra, 1982. 151 p. [Kreinin E.V., Fedorov N.A., Zvyagintsev K.N., P'yankova T.M. Podzemnaya gazifikatsiya ugol'nykh plastov. M.: Nedra, 1982. 151 s.]
- [3] Iofis M.A., Esina E.N. Technique classification of geomechanical maintenance of mining in difficult conditions / *Mining information-analytical Bulletin*. Special issue. 2017. No. 1. Pp. 13–22. [Iofis M.A., Esina E.N. Klassifikatsiya metodov geomekhanicheskogo obespecheniya gornykh rabot v slozhnykh usloviyakh / Gornyi informatsionno-analiticheskii byulleten'. Spetsial'nyi vypusk. 2017. № 1. S. 13–22.]
- [4] Trubetskoy K.N., Iofis M.A., Esina E.N. Geomechanical Service in Mining under Gas-and-Dynamic Phenomena // *Journal of Mining Sciences*. 2015. No. 3. Pp. 506–512.
- [5] The Patent for the invention № 2474691 “Method of borehole mining of coal and gas from formations prone to gas and geodynamic phenomena” Priority of invention 14.04.2011. Was 10.02.2013. [Patent na izobretenie № 2474691 «Sposob skvazhinnoi dobychi uglia i gaza iz plastov, sklonnykh k gazo- i geodinamicheskim yavleniyami» Prioritet izobreteniya 14.04.2011. Zaregistrovan 10.02.2013.]
- [6] The Patent for the invention № 2564888 “Method of hydraulic mining of coal from gas-saturated reservoir”. Priority of invention 25.09.2014. Was 10.09.2015. [Patent na izobretenie № 2564888 «Sposob gidravlicheskoj dobychi uglia iz gazonasyshchennykh plastov». Prioritet izobreteniya 25.09.2014. Zaregistrovan 10.09.2015.]

### Article history:

Received: 3 March 2017

Accepted: 16 March 2017

### For citation:

**Iofis M.A., Esina E.N. (2017) Development of methods for geomechanical ensure the operation of the gas-bearing coal seams. *RUDN Journal of Engineering Researches*, 18(2), 167–173.**

### Bio Note:

*Mikhail A. Iofis*, Professor, Doctor of technical Sciences, Chief Researcher of Department of Problem management development and conservation of the Earth's interior, Institute of Comprehensive Exploitation of Mineral Resources Russian Academy of Sciences. *Research interests*: geomechanics, rock movement, protection of mineral resources and undermining objects, deformation and degassing processes, development of underground space of megapolis. *Contact information*: e-mail: iofis@mail.ru

*Ekaterina N. Esina*, Ph.D., Associate Professor of the Department of Geology, Mining and Petroleum Engineering, Engineering Academy, Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University). *Sphere of scientific interests*: geomechanics, rock movement, geomechanical safe development of mineral resources. *Contact information*: e-mail: esina\_en@pfur.ru