

УДК 622.333:622.8

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ СЕЙСМОАКУСТИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ АКСИ НА ИНТЕНСИФИКАЦИЮ ДЕГАЗАЦИИ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ В ЗОНАХ ПГД

### THE EFFECTIVENESS OF SEISMIC-ACOUSTIC «AKSI» EFFECTS FOR THE INTENSIFICATION OF COAL STRATA DEGASSING IN THE PGD AREAS

Гончаров Евгений Владимирович,  
старший научный сотрудник, e-mail: [goncharovbox@mail.ru](mailto:goncharovbox@mail.ru)

Goncharov Evgenii V., Senior researcher

Цирель Сергей Вадимович,  
д.т.н., главный научный сотрудник, e-mail: [tsirel58@mail.ru](mailto:tsirel58@mail.ru)

Tsirel Sergei V., D.Sc. (Engineering), Chief researcher

Зубков Виктор Васильевич,  
д.т.н., главный научный сотрудник, e-mail: [VVZubkov@yahoo.com](mailto:VVZubkov@yahoo.com)

Zubkov Victor V., D.Sc. (Engineering), Chief researcher

Научный центр геомеханики и проблем горного производства «НМСУ «Горный», 199178, Россия, Санкт-Петербург, 21 линия, д. 2

Scientific Center for Problems of geomechanics and mining industry NMSU "Gornyi". 21 line, 2, 199178, St.-Petersburg, Russia

**Аннотация.** В статье представлены результаты аналитических и натурных исследований посвященных методам и средствам инициирования притоков метана в углесодержащих толщах с учетом коллекторских, фильтрационных и физико-механических свойств, а также, геодинамических и геомеханических процессах формирующих условия газоотдачи. Обоснован приоритет геодинамических процессов при формировании метановых коллекторов, применимость методов морфометрии и обработки данных дистанционного зондирования для их обнаружения. Обоснована актуальность исследований процессов активизирующих экзотермические реакции, приводящих к переходу метана в свободное состояние. Представлены результаты внедрения способа сейсмоакустического воздействия, как одного из практических подходов к решению этого вопроса. Результаты успешного промышленного опробования сопоставлены с результатами численного моделирования напряженно-деформированного состояния, управление которым также возможно с применением сейсмоакустического воздействия.

**Abstract.** The results of analytical and field studies on ways and means of initiating inflows of methane in carboniferous strata based on collection, filtration and physico-mechanical properties, as well as the geodynamic and geomechanical processes, for the formation of gas recovery conditions have been presented in an article.

The priority of geodynamic processes in the formation of methane reservoirs and applicability of morphometric methods and processing of remote sensing data to detect them have been substantiated.

The actuality of studying of processes for exothermic reactions activation leading to methane transition to a free state have been shown.

The results of the implementation of the method of seismic acoustic influence, as one of the practical approaches addressing this issue have been demonstrated.

The results of the successful industrial testing are compared with the results of numerical simulation of stress-strain state management which is also possible with the use of seismic-acoustic effects.

**Ключевые слова:** метан; угольные пласты; дегазация; геомеханические и геодинамические процессы; интенсификация газопритоков.

**Keywords:** methane; coal seams; degassing; geomechanical and geodynamic processes; intensification of gas inflows

**Введение.** Поиск новых способов интенсификации газоотдачи угольных пластов стимулируется реальной перспективой использования метана в качестве химического сырья и топлива. При разработке угольных месторождений России

мало шахт, проводящих промышленное извлечение метана, включая утилизацию в котельных. Это объясняется не только и не столько несовершенством методов дегазации, сколько особыми коллекторскими свойствами углей Воркутского и,

особенно Кузнецкого бассейна.[1, 2, 9, 10, 17]. Тем не менее, исследования и натурные испытания способов интенсификации и искусственной дегазации продолжаются. Целями подобных разработок, кроме непосредственного увеличения газоотдачи, являются снижение метаноносности на участках последующей шахтной отработки, устранение или хотя бы снижение склонности к газодинамическим проявлениям, а также получение дополнительной геологической и технологической информации на участках последующих горных разработок, прежде всего прогноз больших (региональных [1]) и малых (локальных) участков, наиболее склонных к газодинамическим явлениям.

**Проблема.** Изучение причин, условий и механизма динамических и связанных с ними газодинамических проявлений горного давления и разработка эффективных способов их прогнозирования, мер предупреждения и локализации является важнейшей задачей геомеханики.

Анализ современного отечественного и зарубежного опыта показывает, что интенсивная разработка крупных месторождений полезных ископаемых при достижении определённого критического объёма приводит к резкой активизации процессов в недрах, которые не только усложняют эксплуатацию месторождений, но и вызывают различные негативные, порой катастрофические, последствия. Поэтому, возрастает роль геодинамического районирования [2] и геодинамического мониторинга [3].

**Оценка возможности управления.** Считается, что в развязывании процесса разрушения пород играют импульсные нагрузки, которые могут возникать в предельно напряженном участке массива вследствие ряда причин - упругой волны при взрывах, внедрения в полезное ископаемое рабочего органа добычной машины, крупного мгновенного разлома в слое зависшей кровли, мгновенного усиления неравномерности напряженного состояния призабойной части массива при приближении забоя к дизьюнктивному нарушению или к замку складки и т.д. Возникающие импульсные нагрузки приводят к цепной реакции мгновенного хрупкого разрушения участка массива, находившегося в предельном напряженном состоянии, и к переходу накопленной потенциальной энергии в работу разрушения, дробления, смещения части массива и сейсмическую энергию. Например, сейсмическая энергия единичного динамического проявления составляет от нескольких джоулей при стрелянии горных пород до  $10^{6-7}$  Дж и более при очень сильных, катастрофических ударах. Соответственно различен частотный спектр сейсмических колебаний, возникающих при динамических проявлениях горного давления. В среднем, максимумы частотного спектра при микроударах лежит в диапазоне 500 - 800 Гц, при средних ударах - около 10 Гц, а при сильных -

составляет 1 - 3 Гц. Достаточно детально известно лишь, какие факторы и условия приводят к возникновению динамических форм проявления горного давления. О газодинамических явлениях даже гипотетические воззрения очень противоречивы. Однако большая часть авторов сходится в том, что как развязыванию газодинамических проявлений, так и дегазации более всего способствуют ускорение перехода метана из связанного в свободное газообразное состояние и улучшение коллекторских (газоотдачи) свойств горных пород.

Первое направление связано с применением термического воздействия [1, 4- 6]. Например, в [5] дается обоснование первичной тепловой обработки зон угольных массивов с благоприятной газопроницаемостью и газоотдачей, определяемых по данным геодинамического районирования и предрасчетов напряженно-деформированного состояния и контуров вероятных фильтрационных полей. В результате термогазохимической обработке подвергаются области с неблагоприятными условиями газоотдачи. Эти мероприятия возможны при региональной комплексной подготовке угленосных месторождений к высокоеффективной разработке без наличия горных работ.

Второе направление работ охватывает методы, вызывающие разгрузку и частичное разрушение пород, сопровождающееся ростом трещиноватости и газопроницаемости. Сюда можно отнести методы воздействия взрывом, гидоразрыва пласта, механического воздействия, генерации вибровибесеймических колебаний. Привлекательными сторонами технологий, основанных на возбуждении колебательных процессов в пласте, являются низкий уровень энергозатрат при их реализации, относительно большая дальность действия, возможность избирательного воздействия на отдельные элементы пласта за счет подбора частот воздействия. В вопросе влияния напряженно-деформированного состояния на проницаемость [18] углей авторы исходили из подходов, сформулированных в работах [7-9]. Согласно этим подходам проницаемость углей снижается с увеличением напряженности, причем необходимо учитывать термодинамические процессы, влияющие как на процессы фильтрации, так и процессы десорбции.

Сейсмоакустическое воздействие приводит не только к разрушению межпоровых перегородок [10], но и к преобразованию колебательной энергии в тепловую и улучшению условий десорбции метана.

**Анализ состояния пластов.** Следует отметить ценность комплекса работ по геодинамическому районированию, который позволяет прогнозировать участки блочных массивов горных пород со склонностью к газодинамическим проявлениям, отличающиеся большой проницаемостью, газонасыщенностью, и более благоприятными условиями дегазации. На основе этих пред-

ствлений был разработан и запатентован способ [5], позволяющий выделить области наиболее перспективные по выделению метана из областей с меньшим горным давлением (то есть с большей проницаемостью) и с максимальной трещиноватостью (коллекторскими свойствами), где с большой вероятностью возможно встретить газовые аномалии. Методами, увязывающими в единую схему процессы сорбции – десорбции газа с изменением проницаемости угольного пласта и вмещающих пород, могут служить методы сейсмоакустического воздействия [10-11].

Интенсивность воздействия на угольный пласт и прилегающие к нему породы не должна приводить к их разрушению во избежание потери используемого технического средства и труб, по которым осуществляется подача сжатого воздуха. Таким образом, представляется целесообразным создание генератора низкочастотных колебаний, работающего при избыточном давлении воздуха (воды) в  $(1\div6)\cdot10^5$  Па с возможностью регулирования мощности и амплитуды колебаний за счет изменения только параметров генератора.

Применение «широкополосных» генераторов низкочастотных колебаний вызвано необходимостью воздействия на пласт не только как целое, но и на составляющие его блоки, имеющих более высокие собственные частоты колебаний, а также тем, что при возбуждении достаточно интенсивных колебаний частот 150-200 Гц может происходить «перекачка» их энергии в энергию колебаний, соответствующих резонансным частотам пласта [10, 12].

Разработанный нами [10-12] сейсмоакустический излучатель (АКСИ) используется как средство воздействия на массив горных пород с целью развития процесса трещинообразования, и, как следствие, изменения его напряженно-деформированного состояния, интенсификации истечения газа из трещин в массиве.

Считаем, что упомянутые подходы малоэффективны без учета геодинамических процессов, формирующих исходное поле напряжений в массиве горных пород и геомеханических процессов обусловленных техногенным влиянием. Это подтверждается эффективностью применения сейсмоакустического метода и оборудования в условиях шахт Воркутского месторождения. Основные принципы и конструктивные решения по реализации широкополосного сейсмоакустического воздействия изложены в [11].

Проведенные исследования [2-3] позволяют выявлять характерные группы событий потенциально опасных при ведении горных работ, и создавать регламентирующие документы по определению опасных зон, параметров их отработки и воздействия на них. Поэтому, методы воздействия должны быть направлены на устойчивую группу «опасных», либо иных технологических свойств массива, в котором эффект может быть получен за

счет попадания на один из параметров существенного изменения свойств массива из неблагоприятных в достаточный для безопасного и эффективного ведения шахтных работ. В этом смысле способ сейсмоакустического воздействия достаточно многообразен по воздействию. Он реализуется в скважинах, пробуренных в дегазируемом или разгружающем угленосном массиве и, кроме генерации широкого спектра частот, из которых блоки, слагающие массив «подбирают» свою собственную и, из-за продолжительного (часы-сутки) воздействия резонируют, что составляет основное содержание воздействия. Однако, при организации такого воздействия осуществляется «прорывание» «собственной скважины» и, за счет эжекции, происходит дополнительно дегазация вмещающего колеблющегося массива. Кроме того, при продувке воздухом углей, склонных к аутоокислительным реакциям, достигается подъем температуры массива и улучшаются условия перехода метана в свободное состояние [10, 13-14]. Способ сейсмоакустического воздействия, несмотря на низкую энергетику, обозначил область воздействия на удалении до 15-16 метров от места заложения, а по конструктивным и технологическим возможностям - легкую встраиваемость в традиционные шахтные технологии дегазации и разгрузки газоносных массивов. Это очень рациональный «не портящий» необратимыми последствиями» способ [12].

Мероприятия по оптимальному извлечению метана обычно рассматривают в региональном [5], шахтном (эксплуатационном) и локальном (участок, забой) уровне. Область применения сейсмоакустического способа, при котором достигается максимальный эффект, это второй и третий уровни мероприятий из данного перечня. На основании данных промышленных испытаний Федеральное агентство по науке и инновациям рекомендовало сейсмоакустический излучатель АКСИ к внедрению на шахтах для встраивания в схемы искусственной дегазации, устранению газодинамических явлений, в том числе супфлярного типа и разгрузки (разупрочнения) горных пород [11].

Геодинамические, геомеханические, геохимические и структурные характеристики происхождения и залегания пластов угля существенно влияют на критерии выбора перспективных участков газоносных угольных пластов, так как проницаемость угля, также как и давление метана широко изменяются даже на одном и том же пласте. Области более высокой проницаемости часто имеют очень сложный контур, обусловленный геодинамическими и генетическими факторами. Сложная локализация углей, склонных к интенсивному газовыделению, объясняется не только наличием магистральных газопроводящих дренирующих трещин, но и наличием разностей углей, склонных к окислению, аутоокислению и другим реакциям, которые приводят к выделению тепла и иниции-

рованию десорбции метана [10, 13-14], а также локальными вариациями содержания микроэлементов (меди, титана, марганца, галлия, серы, мышьяка и др.), катализирующих экзотермические реакции [14]. Именно локализованность наличия углей со склонностью к аутоокислению является причиной сложности прогноза газодинамических проявлений. Однако степень проявленности этих особенностей в первую очередь определяется напряженно-деформированным состоянием угольного пласта и вмещающих пород.

**Исследования воздействия установкой АКСИ.** Выделение участков для опытно-промышленного извлечения метана на Воркутском угольном месторождении проводилось на основе оценки напряженно-деформированного состояния массива с учетом лабораторных исследований особенностей процессов формирования дренирующих каналов в условиях пологих газоносных пластов, склонных к газодинамическим проявлениям, в зонах повышенного горного давления или разгрузки. Метод включал проведение геодинамического районирования, и оценку НДС

пласта Четвертого по программе SUIT3D [15-16], которая позволяет оценить напряженное состояние отрабатываемых участков с учетом плана ведения горных работ и особенностей залегания пластов. По результатам расчетов были построены прогнозные карты распределения уровней напряженности, позволяющие анализировать напряженное состояние отрабатываемых пластов с учетом плана ведения горных работ.

Совместное использование таких карт со схемами тектонического строения с учетом лабораторных исследований газопроницаемости при различных видах напряженно-деформированного состояния дает возможности оценивать контуры фильтрационных полей и выбирать участки для первоочередной обработки их сейсмоакустическим воздействием. А затем, после дренирования дополнительных объемов метана и изменения напряженно-деформированного состояния (разгрузки) в окрестностях района дегазации, перенести дегазационные мероприятия с интенсификацией АКСИ в сопредельные газоносные участки угленосной толщи.

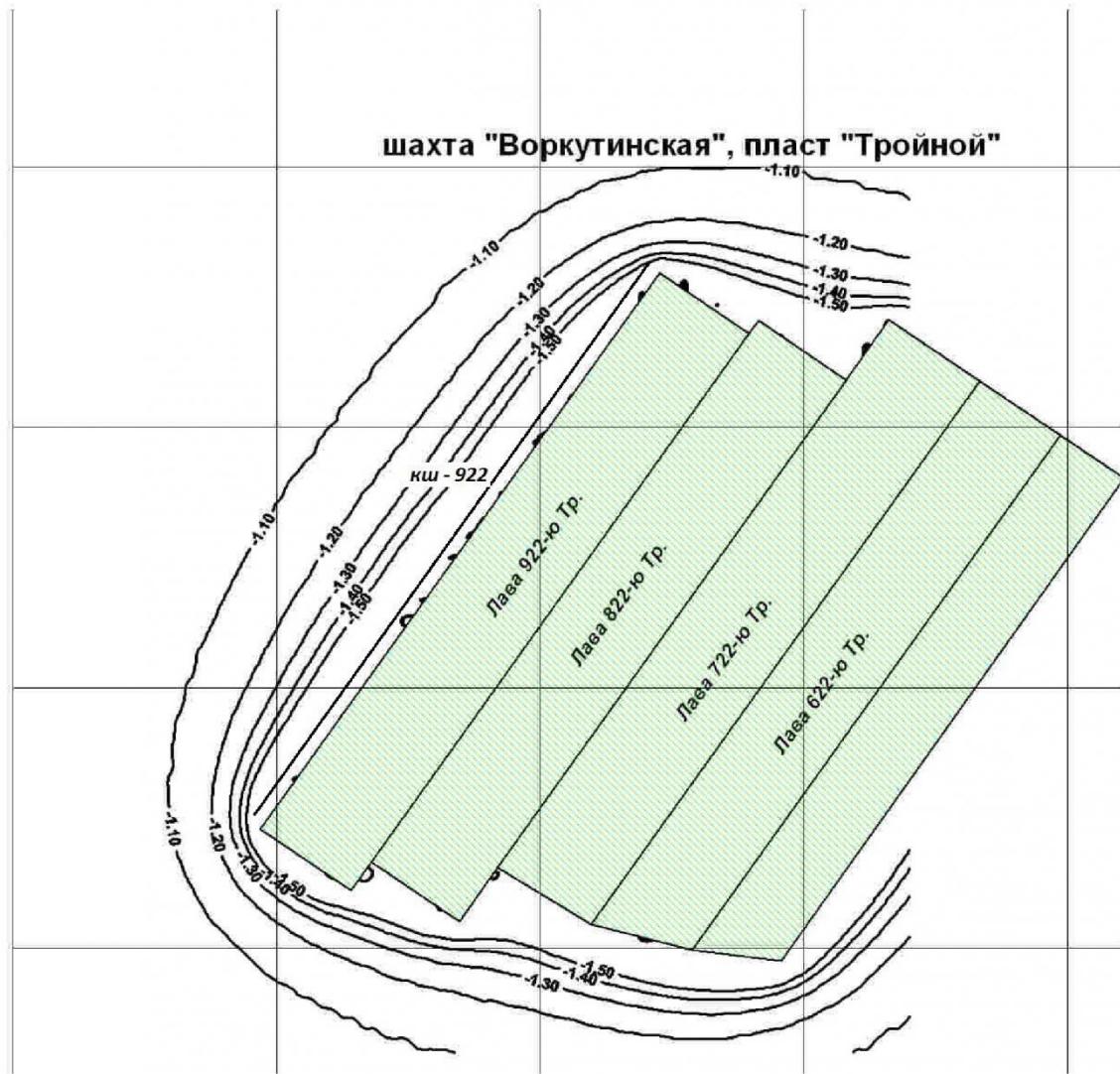


Рисунок 1 – Прогнозная карта напряженного состояния массива горных пород после отработки 922-ю шахты «Воркутинская»

Испытания установки АКСИ в условиях шахт ОАО «Воркутауголь» проведены на шахте «Воркутинская» на пласте Тройной, склонного к горным ударам и выбросам. Учитывая особенности процессов формирования дренирующих каналов при сейсмоакустическом воздействии АКСИ, был выбран участок, расположенный в зоне ПГД и разбуриваемый разгрузочно-дегазационными скважинами. Расчет напряженно-деформированного состояния выполнен на момент завершения очистных работ в лаве 922-ю (рис.1).

Определение радиуса сейсмо-акустического воздействия выполнялось геофизическими методами, регистрирующими протяженность и интенсивность развития трещин и газопроницаемых

дефектов массива. Для этого через каждый метр фиксировались изменения концентрации метана в скважинах, удаленных до 14-16 м от скважины с размещенным АКСИ. Если данные по электромагнитной индукции увеличивались в 2,5 раза от исходных, то увеличение концентрации метана в скважинах на указанном удалении составляло 20%. Увеличение геофизических событий, регистрируемых нормативными средствами, свидетельствуют о влиянии низкочастотного спектра сейсмоакустических колебаний в части увеличения трещиноватости и изменении физико-механических свойств угольного массива.

Испытания установки АКСИ на шахте «Комсомольская» проведены на пласте Тройной в рай-

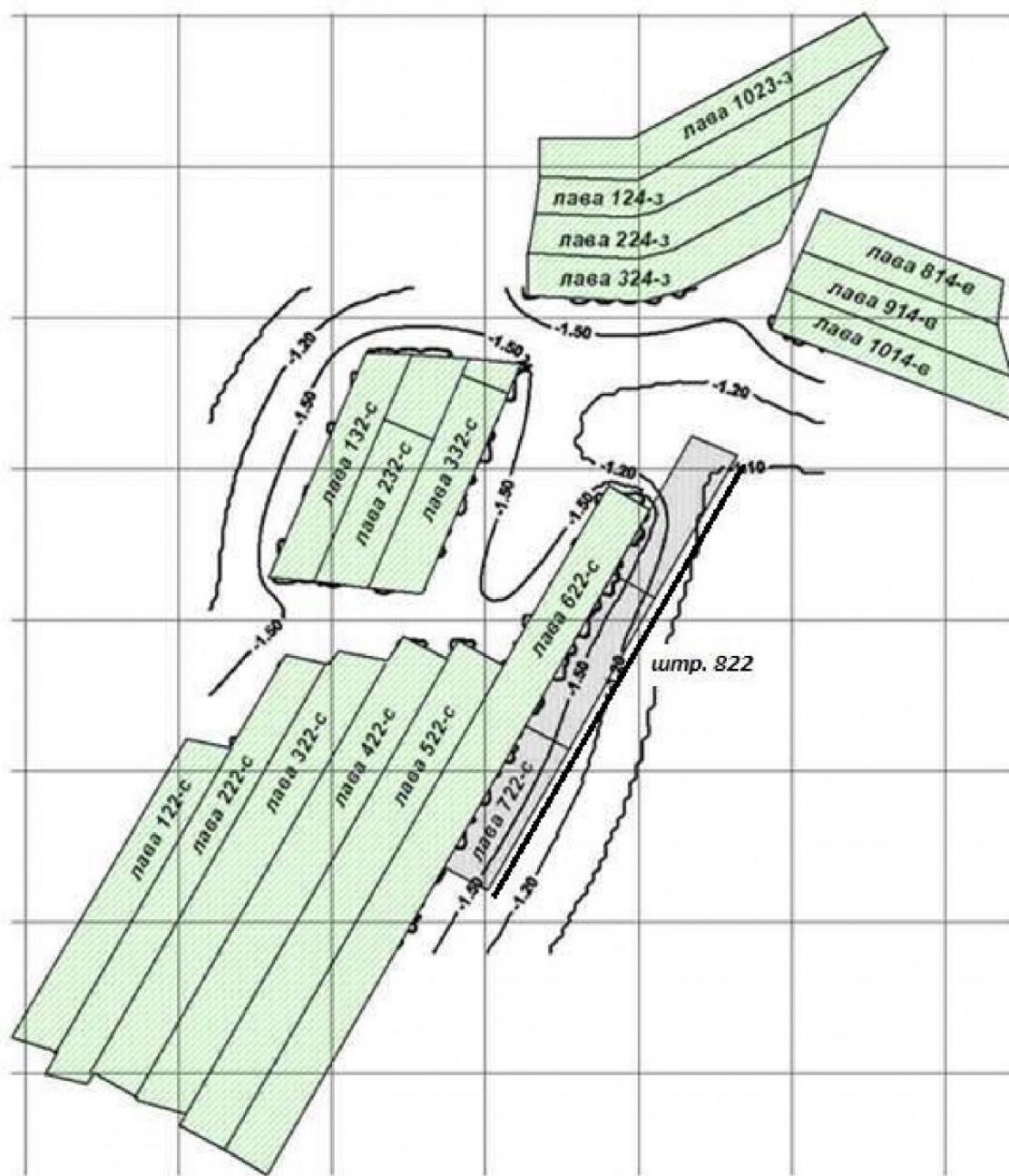


Рисунок 2 – Прогнозная карта напряженного состояния массива горных пород на начало отработки 722-с лавы шахты «Комсомольская»

оне РУ № 3 лавы 622-с, расположенного в зоне ПГД (рис. 2). Испытания отличались тем, что вместо воздуха, через АКСИ прокачивалась вода из пожарного става с давлением 20 атм. И в этом случае были отмечено увеличение концентрации метана в скважинах, расположенных до 15-16 м от скважины воздействия. Метан (до 2%) появлялся в скважинах имеющих нулевые его содержания до воздействия. Но в большей степени, воздействие с прокачкой воды инициировала процессы трещинообразования, зарегистрированных ЭМИ на том же удалении, как и на шахте «Воркутинская» (12-15 м).

Исследования воздействия установкой АКСИ на угольный массив пласта Тройной на шахте «Воркутинская» проведены также в КШ 922-ю в зоне ПГД. Увеличение концентрации метана до 3,5 раз зафиксировано в скважинах на удалении 12 метров от скважины с АКСИ. Контроль комплексом «Ангел» показал активное трещинообразование, достигающее максимумов через 15-40 минут работы АКСИ и увеличение раскрытия трещин в 40 раз.

Для подтверждения безопасности, технологичности и эффективности инициирования трещинообразования проведен эксперимент на удалении участке пласта Мощный (вентиляционный штрек 822-с, около сбойки) шахты «Комсомольская» именно в части снижения показателей прогноза удароопасности (рис. 2). Цель – оценка сейсмоакустического воздействия на напряженно-деформированное состояние, дина-

мику газоотдачи и метановыделение на локальном обрабатываемом участке. Контроль за динамикой изменения напряженно-деформированного состояния выполнялся прибором «Ангел». До начала работ в шпуре с АКСИ концентрация метана составляла 7%. В шпуре, пробуренном с отбором штыба, отмечена категория опасности на 6 м бурения. В дальнейшем в этом шпуре осуществляли также контроль динамики газовыделения (рис. 3).

Таким образом, после проведения исследований за динамикой изменения концентрации метана в 74 скважинах установлено:

- технология применения АКСИ подтвердила простоту, безопасность и встраиваемость в технологические операции, проводимые на шахте для устранения опасности газодинамических явлений и дегазационных работ;

- подтверждены эффекты разгрузки массива за счет инициирования трещинообразования и интенсификации метанопритоков в период работы АКСИ.

### Заключение

Основным выводом этих шахтных экспериментов явилось подтверждение о возможности снижения динамической опасности при сейсмоакустическом воздействии, в том числе в зонах ПГД.

Другим выводом можно считать решение об эффективности использования комплексов из АКСИ, одновременно применяемых на потенциально опасных зонах и зонах искусственной дегазации, определяемых по результатам комплекса



Рисунок 3 – Динамика газовыделения в процессе сейсмоакустического воздействия

работ объединенных термином «геодинамическое районирование», важным элементом которого является моделирование и прогноз напряженно-деформированного состояния. То есть, при оптимальной организации и проектировании защитных и дегазационных мероприятий применение АКСИ является региональным способом обеспечения безопасной отработки газоносных угольных пластов, а также склонных к газодинамическим явлениям. Например, такие мероприятия произведены на шахтах им. Ленина и «Казахстанская» [2], где картирование опасных и газоносных зон произведено наиболее полно.

Совместное использование таких карт со схе-

мами тектонического строения с учетом лабораторных исследований газопроницаемости при различных видах напряженно-деформированного состояния дает возможности оценивать контуры фильтрационных полей и выбирать участки для первоочередной обработки их сейсмоакустическим воздействием. А затем, после дренирования дополнительных объемов метана и изменения напряженно-деформированного состояния (разгрузки) в окрестностях района дегазации, перенести дегазационные мероприятия с интенсификацией АКСИ в сопредельные газоносные участки угленосной толщи.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гончаров Е.В., Попов И.Ф. Оборудование и технологии термогазохимического воздействия при интенсификации нефтегазопритоков в наклонно-пробуренных и выполняющих скважинах // Время колтюбинга. - № 4(050), 2014. С.. 68-69.
2. Шабаров А.Н. Гончаров Е.В. Гусева Н.В. Геомеханические аспекты внезапных выбросов угля и газа и дегазации угольных пластов // Маркшейдерский вестник, 2015. №1, С. 43-47.
3. Патент РФ № 2450105, Приоритет 15.10.2010 г, опубл.10.05.2012. Авторы: Гончаров Е.В., Киселев В.Н., Гусева Н.В., и др. «Способ охраны наземных объектов от последствий деформационных процессов, инициированных разработками месторождений нефти и газа».
4. Карманский А.Т., Гончаров Е.В., Попов И.Ф. Повышение продуктивности нефтяных скважин воздействием на призабойную зону пласта жидкими термогазохимическими составами // Нефть, газ. Промышленность», №5(50), 2013.с. 22-25.
5. Патент РФ № 2322586, Приоритет 05.06.2006, опубл.20.04.2008,бул №11, Авторы: Шабаров А.Н, Гончаров Е.В., Таланов Д.Ю., Карих В.А. «Способ извлечения метана из пластов угольных месторождений».
6. Патент РФ № 2136850, Приоритет 07.05.98, опубл.10.09.99, Бюл.№25, Авторы: Яковлев Д.В, Шабаров А.Н, Гончаров Е.В., Антонов О.М, и др., «Способ извлечения метана из угольных пластов».
7. Зубков В.В., Зубкова И.А. Расчет зон эффективной дегазации при отработке свит пластов. // Маркшейдерия и Недропользование. – 2013. – № 3. – с. 54-57.
8. Зубков В.В., Зубкова И.А. Расчет зон эффективной дегазации при отработке свит пластов в зоне влияния разрывных нарушений. // Маркшейдерия и Недропользование. – 2013. – № 5. – с. 60-62.
9. Зубков В.В., Вьюников А.А. Формирование зон эффективной дегазации при отработке свиты угольных пластов // Маркшейдерия и недропользование. № 2. 2015
10. Гончаров Е.В. Дегазация выбросоопасных пластов термосейсмоакустическим воздействием. / Е.В. Гончаров, Э. Н Работа, А.А. Вьюников, Е.В. Лодус // Горный информационно-аналитический бюллетень /МГГУ, М.,-2009.- отдельный выпуск №11, «МЕТАН», С.49-65
11. Гончаров Е.В., Попов И.Ф., Шангареева Л.А. Методы и способы извлечения углеводородного сырья в условиях России из углей и лигнитов // Нефть, газ. Промышленность, № 3(53), сентябрь 2014, с. 24-33.
12. Патент РФ № 2328594, Приоритет 03.08.2006г., опублик.10.07.2008, Бюл. №19, Авторы: Шабаров А.Н., Гончаров Е.В., Карманский А.Т. и др. «Способ газоимпульсной обработки газонефтедобывающих скважин и устройство для его осуществления».
13. Крейнин Е.В. Нетрадиционные термические технологии добычи трудноизвлекаемых топлив: уголь, углеводородное сырье, ОАО «ГАЗПРОМ», М, 2004.
14. Захаров Е.И., Панферов И.В., Савинова Л.И. Природа самонагревания углей. Анализ проблемы / Препринт. – Вып. 12. – Ростов-на-Дону: СКНЦВШ
15. Зубков В.В., Зубкова И.А. Программа расчета напряженного состояния горных пород около очистных выработок произвольной формы в плане (SUIT3D). РосАПО, Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 960012 от 10.01.1996.16.
16. Зубков В.В. Математическое моделирование геомеханических процессов. Справочное пособие. Palmarium Academic Publishing, Germany. 2014. - 189 с.
17. Тайлаков О.В., Кормин А.Н., Тайлаков В.О. Определение остаточной газоносности угольных пластов на основе макрокинетических десорбционных процессов фильтрации и диффузии метана для оценки эффективности дегазации // Наука и техника в газовой промышленности – 2014. – № 1 – С. 10-13.
18. Тайлаков О.В., Уткаев Е.А., Застрелов Д.Н., Смыслов А.И. Физическое моделирование фильтрации флюида в угольном пласте для оценки радиуса скин-эффекта // Горный Информационно-аналитический бюллетень, Москва: Издательство «ГОРНАЯ КНИГА», 2013. – Отдельный выпуск № 6 – С. 165-169.

## REFERENCES

1. Goncharov E.V., Popov I.F. Oborudovanie i tekhnologii termogazohimicheskogo vozdejstviya pri intensifikacii neftegazopritokov v naklonno-proburennyyh i vypolazhivayushchihsya skvazhinah, - «Vremya kolyubinga», № 4(050), 2014. Str. 68-69.
2. SHabarov A.N. Goncharov E.V. Guseva N.V, Geomekhanicheskie aspekty vnezapnyh vybrosov uglya i gaza i degazacii ugel'nyh plastov, «Markshejderskij vestnik», 2015. №1, Str. 43-47.
3. Patent RF № 2450105, Prioritet 15.10.2010g, opubl.10.05.2012. Avtory: Goncharov E.V., Kiselev V.N., Guseva N.V., i dr. «Sposob ohrany nazemnyh ob"ektov ot posledstvij deformacionnyh processov, iniciirovannyy razrabotkami mestorozhdenij nefti i gaza».
4. Karmanskij A.T., Goncharov E.V., Popov I.F. Povyshenie produktivnosti neftyanyh skvazhin vozdejstviem na prizabojnuyu zonu plasta zhidkimi termogazohimicheskimi sostavami, - «Neft', gaz. Promyshlennost'», №5(50), 2013.str. 22-25.
5. Patent RF № 2322586, Prioritet 05.06.2006, opubl.20.04.2008, byul №11, Avtory: SHabarov A.N, Goncharov E.V., Talanov D.YU., Karikh V.A. «Sposob izvlecheniya metana iz plastov ugel'nyh mestorozhdenij».
6. Patent RF № 2136850, Prioritet 07.05.98, opubl.10.09.99, Byul.№25, Avtory: YAkovlev D.V, SHabarov A.N, Goncharov E.V., Antonov O.M, i dr., «Sposob izvlecheniya metana iz ugel'nyh plastov».
7. Zubkov V.V., Zubkova I.A. Raschet zon ehffektivnoj degazacii pri otrabotke svit plastov. //Markshejderiya i Nedropol'zovanie. – 2013. – № 3. – s. 54-57.
8. Zubkov V.V., Zubkova I.A. Raschet zon ehffektivnoj degazacii pri otrabotke svit plastov v zone vliyaniya razryvnyh narushenij. //Markshejderiya i Nedropol'zovanie. – 2013. – № 5. – s. 60-62.
9. Zubkov V.V., V'yunikov A.A. Formirovanie zon ehffektivnoj degazacii pri otrabotke svity ugel'nyh plastov. "Markshejderiya i nedropol'zovanie". № 2. 2015
10. Goncharov E.V., Degazaciya vybrosoopasnyh plastov termosejsmoakkusticheskim vozdejstviem. / E.V. Goncharov, EH. N Rabota, A.A. V'yunnikov, E.V. Lodus // Gornyj informacionno-analiticheskij byulleten' /MGGU, M.,- 2009.- otdel'nyj vypusk №11, «METAN», Str.49-65
11. Goncharov E.V., Popov I.F., SHangaraeva L.A. Metody i sposoby izvlecheniya uglevodorodnogo syr'ya v usloviyah Rossii iz uglej i lignitov - «Neft', gaz. Promyshlennost' », № 3(53), sentyabr' 2014, str. 24-33.
12. Patent RF № 2328594, Prioritet 03.08.2006g., opublik.10.07.2008, Byul. №19, Avtory: SHabarov A.N., Goncharov E.V., Karmanskij A.T. i dr. «Sposob gazoimpul'snoj obrabotki gazoneftedobyvayushchih skvazhin i ustrojstvo dlya ego osushchestvleniya».
13. Krejnin E.V. Netradicionnye termicheskie tekhnologii dobychi trudnoizvlekaemyh topliv: ugel', uglevodorodnoe syr'e, OAO «GAZPROM», M, 2004.
14. Zaharov E.I., Panferov I.V., Savinova L.I. Priroda samonagrevaniya uglej. Analiz problemy / Preprint. – Vyp. 12. – Rostov-na-Donu: SKNCVSH
15. Zubkov V.V., Zubkova I.A. Programma rascheta napryazhennogo sostoyaniya gornyh porod okolo ochistnyh vyrabotok proizvol'noj formy v plane (SUIT3D). RosAPO, Svidetel'stvo ob oficial'noj registracii programmy dlya EHVM № 960012 ot 10.01.1996.16.
16. Zubkov V.V. Matematicheskoe modelirovaniye geomekhanicheskikh processov. Spravochnoe posobie. Palmarium Academic Publishing, Germany. 2014. - 189 s.
17. Tajlakov O.V., Opredelenie ostatochnoj gazonosnosti ugel'nyh plastov na osnove makrokineticeskikh desorbciionnyh processov fil'tracii i diffuzii metana dlya ocenki ehffektivnosti degazacii / Tajlakov O.V., Kormin A.N., Tajlakov V.O. / «Nauka i tekhnika v gazovoj promyshlennosti» – 2014. – № 1 – S. 10-13.
18. Tajlakov O.V., Utkayev E.A., Zastrelov D.N., Smyslov A.I. Fizicheskoe modelirovaniye fil'tracii flyuida v ugel'nym plaste dlya ocenki radiusa skin-ehffekta // Gornyj Informacionno-analiticheskij byulleten', Moskva: Izdatel'stvo «GORNAYA KNIGA», 2013. – Otdel'nyj vypusk № 6 – S. 165-169.

Поступило в редакцию 4.02.2016  
Received 4 February2016