

УДК 550.834.05

ВЫЯВЛЕНИЕ И КАРТИРОВАНИЕ ТЕКТОНИЧЕСКИХ НАРУШЕНИЙ КАК ИНДИКАТОРОВ ВЫБРОСООПАСНЫХ ЗОН МЕТОДОМ МОГТ–3D В УСЛОВИЯХ КАРАГАНДИНСКОГО УГОЛЬНОГО БАССЕЙНА

Байкенжина Алия Жолдасовна^{1,2},
abaikenzhina@yandex.ru; bazh1@tpu.ru

¹ Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
Россия, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30.

² ТОО «Азимут Геология»,
Казахстан, 100019, г. Караганда, пр. Сакена Сейфуллина, 105.

Актуальность. Безопасность жизнедеятельности на угольных шахтах является одной из важнейших задач и определяет, в частности, направленность мероприятий по устранению и предупреждению неблагоприятных факторов, таких как выбросы угля, породы и газа. В настоящее время фактор выбросоопасности в значительной мере определяет как технологические принципы, так и организационные и экономические аспекты разработки угольных месторождений. Вопрос о прогнозировании зон горно-геологических нарушений, с одновременным учетом газового фактора, напряженно-деформированного состояния массива, а также физико-механических свойств угольного пласта на сегодняшний день является весьма актуальным. Описывается методика проведения сейсморазведочных работ, позволяющих обнаруживать местоположение и характер тектонических нарушений как индикаторов выбросоопасных зон.

Цель работы: уточнение и детализация тектонического строения южного крыла поля шахты «Тентекская» для выявления зон возможных выбросов.

Объект: целевые пласты тентекской и долинской свит южного крыла поля шахты «Тентекская».

Методы: сейсморазведка методом общей глубинной точки МОГТ-3D, построение детальных трехмерных сейсмогеологических моделей, характеризующих структурно-тектоническое строение основных угольных пластов.

Результаты. Собраны, систематизированы и проанализированы результаты геолого-геофизической изученности, детально откартированы отражающие горизонты, контролирующие строение угольных пластов t_1 и d_6 , выделены проявления разрывной тектоники, включая малоамплитудные тектонические нарушения.

Выводы. По данным сейсморазведки построены структурно-тектонические планы угольных пластов, на которых отражены все тектонические нарушения, полученные МОГТ-3D, а также складчатые нарушения. Информация является основой для планирования горно-подготовительных и добычных работ.

Ключевые слова:

Тентекская свита, угольный пласт, выбросоопасность, тектоническое нарушение, сейсморазведка МОГТ-3D, Карагандинский бассейн.

Обзор проблемы и постановка задачи

История изучения Карагандинского угольного бассейна в Казахстане (рис. 1) можно разделить на несколько этапов: открытие угольного месторождения, разведка месторождения, оценка запасов и качества угля, переводение месторождения в статус угольного бассейна, детальная разведка шахтных полей и последующее строительство шахт. В настоящее время балансовых запасов коксующихся и энергетических углей разведано на несколько сотен лет разработки.

На сегодняшний день главной задачей становится уточнение структурно-тектонического строения действующих шахтных полей и их глубоких горизонтов, а также вновь закладываемых шахт. По опыту проведения горных работ на всех шахтах угольного бассейна, детальной разведкой выявляется только около 50 % тектонических нарушений с амплитудами смещения 5–15 м. Невыявленные детальной разведкой тектонические нарушения значительно осложняют как планирование, так и проведение горно-подготовительных и горно-добычных работ, резко снижают экономические параметры производства, а также безопасность горных работ.

Выбросоопасность угольных пластов в значительной мере определяет как технологические схемы, так и организационные и экономические аспекты разработки угольных месторождений. Выбросоопасность пластов обусловлена напряженным состоянием массива, газоносностью, физико-механическими свойствами угля и зависит от горно-геологических условий ведения работ. Наиболее существенными факторами являются: количество и давление газа, крепость, трещиноватость, пористость и начальная скорость газовыделения угля [1–8]. Вопрос о прогнозировании зон горно-геологических нарушений, с одновременным учетом газового фактора, напряженно-деформированного состояния массива, а также физико-механических свойств угольного пласта является весьма актуальным [9–14], а определяющее влияние на формирование факторов выбросоопасности оказывает разрывная тектоника разной степени амплитудности.

Особенно фактор безопасности сказывается при разработке пластов, угрожаемых и опасных по внезапным выбросам угля и газа. Такие пласты, как правило, характеризуются пониженной проч-

ностью пласта в целом или отдельных его пачек и повышенной изменчивостью как прочностных свойств и структуры угля, так и мощности, угла падения и структуры пласта, что особенно ярко выражено в местах наиболее сильных тектонических воздействий на пласт: геологических нарушениях, складках, изгибах.

Анализируя случаи выбросов угля и газа, произошедших на карагандинских шахтах за период с 1959 по 2009 гг., опубликованных в [15], следует отметить, что более 20 выбросов (43 %) произошли при приближении выработок к разрывным нарушениям типа взбросов и сбросов, 19 выбросов (35 %) – в зонах мелких тектонических нарушений и 11 выбросов (20 %) – в зонах изменения мощности пласта, при наличии интенсивно перемятой пачки угля или резкого изменения мощности пласта. При этом среднее количество газа на один выброс составляет 50,5 тыс. м³.

Поэтому основной задачей геологоразведочных работ на сегодняшний день в бассейне является изучение именно тектонического строения шахтных полей. Стоит отметить, что при проведении геологоразведочных работ на угольных месторождениях желательнее обновлять подходы к использованию геофизических методов в качестве значимых информационных модулей [16].

Для этого необходимо применять современные методы геофизических исследований, позволяющие оперативно уточнять параметры нарушенности массива и оценивать смещение угольного пласта [17]. Оценка опасных проявлений в массиве предполагает использование комплекса исследований физико-механических параметров пород, выполняемых из горных выработок угольных шахт. Однако применение шахтной геофизики имеет некоторые ограничения. Так, например, размещение приемника и источника сигнала невозможно в оконтуривающих горных выработках напротив друг друга, когда один из штреков находится в стадии проходки, либо когда оба штрека пройдены, но длина лавы значительно превышает глубину зондирования применяемого геофизического оборудования. В этих случаях целесообразно применять разведку массива с поверхности для уточнения условий залегания угольного пласта на основе доразведки месторождений полезных ископаемых [2–6, 9, 10].

Для решения геологической задачи, включающей в себя с максимально возможной достоверностью выявление и прослеживание тектонических нарушений на площади шахтного поля, по договору с АО «АрселорМиттал Темиртау» впервые в Карагандинском угольном бассейне (Республика Казахстан), была проведена сейсморазведка МОГТ-3D (метод общей глубинной точки) на южном крыле поля шахты «Тентекская», находящейся в Тентекском угленосном районе.

Цель исследования – выявление и картирование тектонических нарушений как потенциально выбросоопасных зон участков подземной разработ-

ки Карагандинского угольного бассейна на примере поля шахты Тентекская с использованием данных сейсморазведки МОГТ-3D.

Характеристика поля шахты Тентекский

Тентекский угленосный район расположен в западной части Карагандинского каменноугольного бассейна (рис. 1). Границами района являются: на востоке – Шерубайнуринский взброс, на юге и на севере – естественные выходы каменноугольных отложений, на западе – Тентекский взброс.

Одноименная тектоническая структура – Тентекская мульда – расположена в северо-западной части Шерубайнуринской синклинали. С запада она ограничена Тентекским разломом, с востока – Шерубайнуринским взбросом. Мульда имеет асимметричную форму и несколько вытянута в юго-западном направлении. Ее длина 15 км, ширина 10 км. Южное и восточное крылья имеют пологоволнистое залегание с углами 5–20°. Северное крыло является наклонным (35–40°). Западное крыло крутопадающее (50–90°), местами опрокинута.

Дислоцированность мульды неравномерная. Наиболее нарушенными являются отложения, слагающие восточное крыло, особенно его северо-восточную часть, характеризующуюся близостью к Шерубайнуринскому взбросу и развитием в её пределах крутого поперечного Шаханского нарушения. На остальной площади более нарушенными являются замковые части. В пределах западного крыла, несмотря на его крутое падение и близость к Тентекскому разлому, разрывных нарушений выявлено мало.

Площадь поля шахты «Тентекская» расположена в донной части Тентекской структуры, оси которой на горизонте минус 500 м и пласта д₆ равны 4 и 6 км. Угольные пласты имеют пологоволнистое залегание и преимущественно под углами 5–10° наклонены к центру мульды. Только на крайнем западе, в связи с общим выкручиванием толщи до вертикального залегания на верхних горизонтах, углы возрастают до 20–60°.

Колебания углов падения угольных пластов в разрезе обусловлены изменением междупластий, а также проявлением складчатости. Наиболее крупная синклиналиальная складка, исключая замковые части, развита в центральной части мульды. Она образовалась вследствие смещения угленосной толщи по крупному Шаханскому разлому. Складка простирается в западном направлении на 5–7 км, имеет на выходах угольных пластов д₅–д₆ ширину около 3 км и высоту более 20 м. На востоке она ограничивается Шерубайнуринским взбросом. По падению толщи размеры складки уменьшаются. Так, в 4 км на запад от Шерубайнуринского взброса, на горизонте минус 300 пласта д₆, её ширина уже менее 2 км, а высота около 80 м. Замок и борта на всём простирании осложнены разрывами. В донной части мульды складка проявляется очень слабо. Более мелкие складки (наибольшая ширина 500–700 м, высота до 50 м)

развиты повсюду, но преобладают на площадях с пологим залеганием пород. Они выражаются в виде волнистости угольных пластов, на разрезах по линиям и горизонталям пластов на гипсометрических планах. Проявление складок на разрезах, ориентированных вкрест простирания пластов, и на гипсометрических планах в виде волнистости изогипс указывает на то, что мелкие складки не имеют определённой ориентировки или являются изометрическими.

Среди разведанных разрывных нарушений преобладают взбросы (80 %) протяжённостью до 1,5–2 км (93 %) и амплитудами 15–50 м (56 %). Это в основном поперечные (45 %), диагональные (25 %) нарушения или нарушения, имеющие на каком-то простирании ориентировку поперечных, переходящих в диагональные (22 %). Преобладающие углы падения нарушений 50–70°. Швы разрывов обычно сопровождаются зонами дробления пород, в которых нередко наблюдается смена углов падения слоёв. Мощности нарушенных зон, как правило, невелики (до 15–20 м) и не зависят от размеров нарушений.

Глубина развития большей части нарушений (протяжённость в вертикальном разрезе) не выходит за пределы 300–500 метрового интервала. По этой причине высоко число «слепых» разрывов, не достигающих поверхности карбона (около 70 %).

На участке проведенных работ залегают кайнозойские отложения, которые представлены палеогеновыми, неогеновыми и четвертичными осадками, отложения угленосных тентекской и долинской свит каменноугольного возраста.

Мощность кайнозойских образований на участке колеблется от 0 до 90 м. В основании толщи залегают глинистые пески мощностью 1–10 м (чаграйская свита Pg_3^3 cgr), имеющие спорадическое распространение. Выше следуют неогеновые разноцветные глины, мощность которых достигает 90 м. Глины по возрастному и литологическому признакам разделяются на аральскую и павлодарскую свиты. Разрез завершается кайнозойскими отложениями четвертичного возраста, они сплошным чехлом покрывают описываемую площадь.

Долинская свита ($C_2 dl$) общей мощностью 500–520 м залегает согласно на отложениях надкарагандинской свиты ($C_2 ndk$). В свите широкое распространение имеют озерные фации, представленные серыми и тёмно-серыми аргиллитами и алевролитами, включающими обильные растительные остатки. Среди песчаников преобладают мелкозернистые разности. В породах отчётливо проявляется мелкая слоистость, чаще всего горизонтальная. Большим распространением пользуются сидеритовые конкреции. Свита делится на три подсвиты, и разделение обусловлено различием фациальных условий каждой из них. Растительный детрит в породе распределен равномерно.

В литологическом составе пород тентекской свиты ($C_{2-3} tn$) наблюдается увеличение песчаников в отличие от состава пород нижележащей доли-

нской свиты. Отмечается несколько горизонтов туффитов. Также отмечается более светлый цвет пород, иногда с зеленоватым оттенком, слоистая текстура ввиду присутствия растительного детрита. Фауна филлопод в тентекской свите распределяется по всему разрезу равномерно. Наиболее часты их находки между пластами T_5-T_6 , T_9-T_{11} , $T_{15}-T_{17}$.

Угольные пласты сложены преимущественно листовато-пластинчатым углём: полуматовым, полублестящим и отчасти блестящим. По литолого-фациальным признакам, составу фауны и типу угленосности тентекская свита делится на три подсвиты. Общая мощность тентекской свиты изменяется в пределах 465–540 м.

На участке поля шахты «Тентекская» объектом исследования являются целевые угольные пласты тентекской и долинской свит каменноугольного возраста. По количеству происшедших внезапных выбросов, а также по количеству выброшенного угля и газа пласт d_6 долинской свиты является наиболее выбросоопасным в бассейне. Пласт d_6 является по мощности, выдержанности и по качеству лучшим пластом средней подсвиты. Мощность пласта колеблется от 5 до 7 м, угол падения пласта – от 7 до 24°. В соответствии с региональным прогнозом выбросоопасности угольных пластов по данным геологоразведочных работ, разработанным лабораторией борьбы с внезапными выбросами угля и газа Карагандинского отделения ВостНИИ, пласт d_6 на шахте «Тентекская» в центральной и южной частях участка особо опасен с глубины 350 м, в северной части – с глубины 230 м.

Опыт проведения сейсморазведки МОГТ-3Д в Карагандинском угольном бассейне

В Карагандинском угольном бассейне применения сейсморазведочных работ МОГТ-3Д в отношении целевых горизонтов является первым опытом применения данного метода. Его использование позволяет планировать с высокой вероятностью безопасные работы по добыче угля. Целевыми горизонтами являются угольные пласты, подлежащие разработке.

Сейсморазведочные работы 3Д проводятся в основном на этапе детализационных исследований для получения непрерывных пространственных характеристик изучаемых объектов (с дискретностью размеров бина) с целью подготовки и передачи их под разведочное бурение или для доразведки объектов в процессе разведочного и эксплуатационного бурения. Работы МОГТ-3Д выполняются с использованием площадных систем наблюдений по методике многократных перекрытий [17]. Предложенный метод дает возможность генерировать любое число дискретных сейсмических горизонтов, проводить качественную оценку распределения геологических и физических свойств среды, выполнять непрерывные палеоструктурные построения [18].

Проект 3D по площади 4 км² южной части поля шахты «Тентекская» был разработан заблаговременно геофизиками по планированию АО «АЭС», согласно контрактным требованиям, с использованием пакета программного обеспечения MESA Expert (v.11.02) и полевой базы данных FieldGeoDatabase. В таблице приведены объемы работ дизайнера 3D съемки.

Для выбора основных параметров съемки и оптимизации методики сейсмических наблюдений по участку работ проводился сбор и анализ геолого-геофизической информации прошлых лет. На этапе проектирования определялись параметры методики полевых работ. Были определены: необходимая кратность съемки, размеры бина, допустимые удаления пункта возбуждения (ПВ) – пункта приема (ПП) [16].

Таблица. Объемы работ дизайнера 3D съемки

Table. Scope of work for 3D survey design

Параметр Parameter	Проектные данные Project data	Фактические данные Real data
Общее количество линий приема (ЛП) Total amount of receiver lines (RL)	42	42
Общее количество пунктов приема (ПП) Total amount of receiver points (RP)	4070	4070
Общее количество линий возбуждения (ЛВ) Total amount of shooting lines (SL)	41	41
Общее количество пунктов возбуждения (ПВ) Total amount of shooting points (SP)	4080	4080
Кратность покрытия бинами Multiplicity of covering by bins	182	182
Размер бина Size of bin	15×15	15×15

На основе моделирования схем отстрела выбирается оптимальная схема наблюдений и остальные

ее параметры: расстояния между линиями возбуждения и приема и их ориентация; схема установки сейсмоприемников; размеры бина; полная кратность съемки; схема отработки площади; схемы распределения кратности, удалений ПВ–ПП и азимутов; частота дискретизации; длительность записи и т. д. [17].

Для создания источника возбуждения упругих волн предусматривались пункты взрыва в предварительно пробуренных скважинах. Заряды размещались на оптимальной глубине.

Непосредственно перед погружением заряда глубина скважины проверяется шаблоном, заряд опускается только после установления соответствия требуемой глубине. Глубина заложения заряда определялась по нижней кромке. Перед началом основных производственных работ проводили опытные работы по выбору оптимальных условий возбуждения упругих колебаний и параметров регистрации сейсмических данных. Результаты опытных работ обрабатывались и подвергались качественному и количественному анализу с использованием пакета специального программного обеспечения, позволяющего определить количественные оценки данных, зарегистрированных с разными параметрами. Основным критерием оптимальности условий возбуждения является сохранение максимально возможного частотного спектра записи заданной длины. Положение пунктов сейсмических наблюдений корректировалось в соответствии с поверхностными условиями и инфраструктурой участка работ.

Источником возбуждения сейсмических волн по опытным работам для получения достаточного по энергии и широкому спектру максимально высокочастотного сигнала был выбран взрыв в скважинах глубиной 12–15 м пяти детонаторов ЭДС-1. Глубина бурения по площади изменялась в зависимости от сейсмогеологических условий и выбиралась после анализа данных МСК.

Рис. 1. Схематическая геологическая карта Карагандинского угольного бассейна: 1 – шаханская свита; 2 – тентекская свита; 3 – долинская свита; 4 – надкарагандинская свита; 5 – карагандинская свита; 6 – ашлярикская свита; 7 – теректинские слои и аккудукская свита; 8 – сокурский кассинский и русаковский горизонты; 9 – калькаратусовые и сульфидероносные слои; 10 – живетский-франский ярусы; 11 – кобленцкий-живетский ярусы; 12 – нижний девон; 13 – нижний девон-кобленцкий ярус; 14 – ордовик; 15 – контуры распространения юрских отложений; 16 – линии тектонических нарушений; 18 – границы свит; 19 – супесь; 20 – суглинок; 21 – пески; 22 – конгломераты; 23 – гравелиты; 24 – песчаники; 25 – алевролиты; 26 – аргиллиты; 27 – угольные пласты; 28 – туфы; 29 – туфопесчаники; 17 – границы угленосных районов, участков: 1 – Тентек; 2 – Карагоскский; 3 – Манжинский; 4 – Сасыкульский; 5 – Караджаро-Шаханский; 6 – Тасзаимский; 7 – Долинский; 8 – Колпакский; 9 – Киккинекульский; 10 – Южный; 11 – Центральный; 12 – Северный; 13 – Алабасский; 14 – Саранский; 15 – Промышленный; 16 – Майкудукский; 17 – Талдыкудукский; 18 – Дубовский

Fig. 1. Schematic geological map of the Qaraghandy coal basin: 1 is the shakhan formation; 2 is the tentek formation; 3 is the dolinsk formation; 4 is the nadkaragandinskaya formation; 5 is the qaraghandy formation; 6 is the ashlyarik formation; 7 is the terek-tinsky layers and the akkuduk formation; 8 is the sokursky kassinsky and russak horizons; 9 are calcaratus and sulcifer layers; 10 are the zhivet-french tiers; 11 are the koblenz-zhivet tiers; 12 are the sediments of the lower devonian; 13 are the sediments of the lower devonian-koblenzian stage; 14 are the sediments of the ordovician period; 15 are the contours of distribution sediments of the Jurassic period; 16 are the lines of tectonic disturbance; 18 is the border of the formations; 19 is the sandy loam; 20 is the loam; 21 are the sands; 22 are the conglomerates; 23 is the gravel; 24 are the sandstones; 25 are the siltstones; 26 are the argillites; 27 are the coal seams; 28 is the tuff; 29 are the tuff sandstones; 17 are the boundaries of coal-bearing locality, areas: 1 – Tentek; 2 – Karagogosky; 3 – Manzhinsky; 4 – Sasykukul; 5 – Karadzharo-Shakhansky; 6 – Tasaimsky; 7 – Dolinsky; 8 – Kolpak; 9 – Kikkinekul; 10 – Yuzhny; 11 – Tsentralny; 12 – Severny; 13 – Alabas; 14 – Saransky; 15 – Promyshlenny; 16 – Maykuduk; 17 – Taldykuduk; 18 – Dubovsky

Выявление и картирование выбросоопасных зон

Выделение разломов проводилось по разрывам осей синфазности на вертикальных временных разрезах и горизонтальных срезах (слайсах). Критерием правильности выделения разломов служила согласованная интерпретация в разных сечениях куба сейсмической информации.

Информационный массив разреза МОГТ включает в себя огромный объем кинематических и динамических характеристик волнового поля, которое адекватно тому или иному «вскрытому» типу

или виду геологического разреза. В свою очередь, каждый геологический объект на временном разрезе отображен своим специфическим, характерным только для него, набором признаков сейсмической записи [19].

Результатом проведенных сейсморазведочных работ МОГТ-3D на южном крыле поля шахты «Тентекская» с целью изучения тектонического строения явилось следующее: 1) детально откартированы отражающие горизонты, контролирующее залегание угольных пластов τ_1 и D_6 ; 2) выделены и

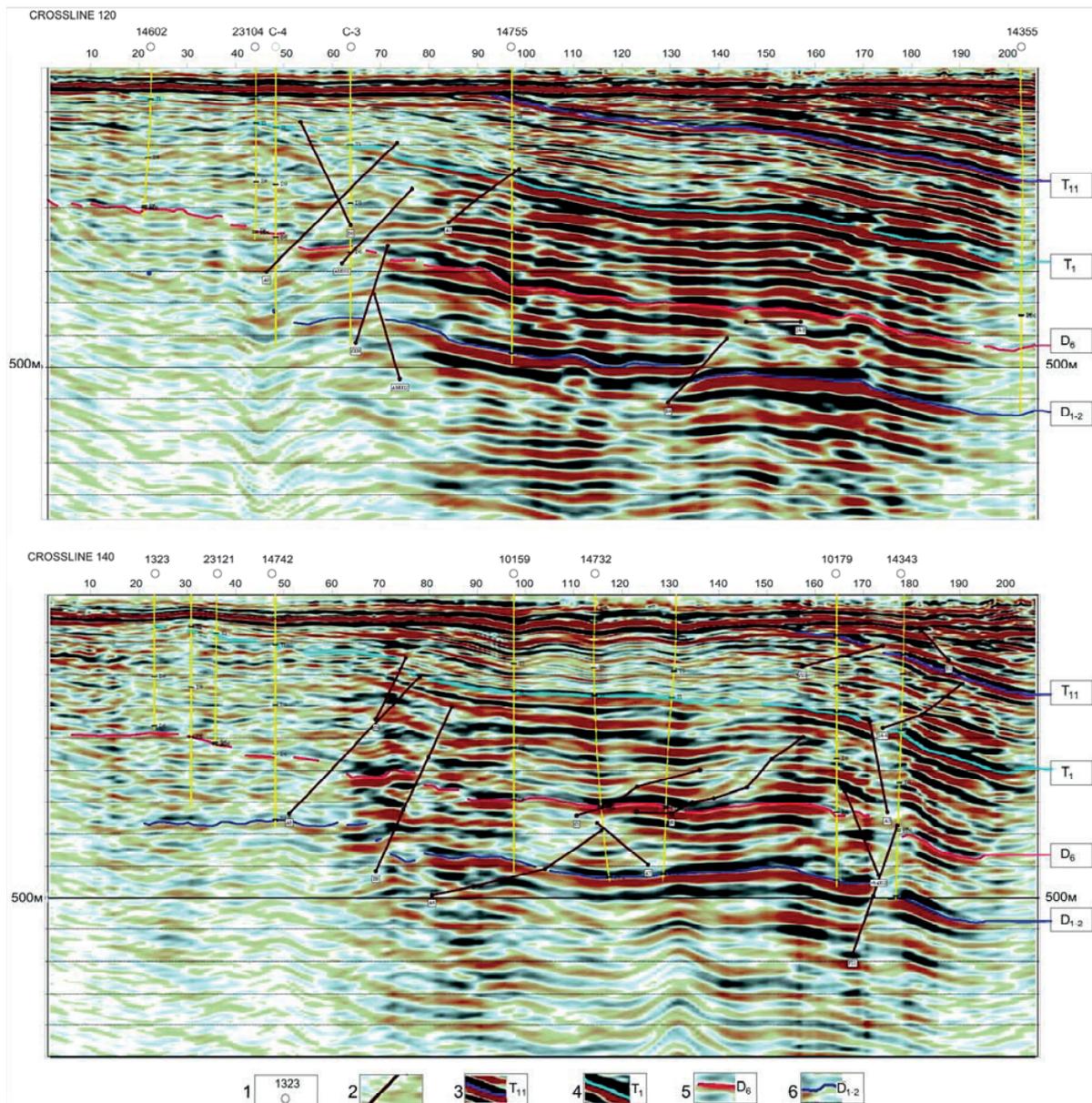


Рис. 2. Глубинные разрезы МОГТ профилей 120 и 140: 1 – скважина и ее номер; 2 – тектонические нарушения, установленные по данным сейсморазведки; 3 – отражающий горизонт, соответствующий угольному пласту τ_{11} ; 4 – отражающий горизонт, соответствующий угольному пласту τ_1 ; 5 – отражающий горизонт, соответствующий угольному пласту D_6 ; 6 – отражающий горизонт, соответствующий угольному пласту D_{1-2}

Fig. 2. Deep sections of seismic survey by the method of the common depth point profiles 120 and 140: 1 is the well and its number; 2 are the tectonic faults established by seismic data; 3 is the reflective horizon corresponding to τ_{11} coal bed; 4 is the reflective horizon corresponding to τ_1 coal bed; 5 is the reflective horizon corresponding to D_6 coal bed; 6 is the reflective horizon corresponding to D_{1-2} coal bed

откартированы проявления разрывной тектоники, включая малоамплитудные тектонические нарушения; 3) выявлены размывы угольных пластов; 4) построены детальные трехмерные сейсмогеологические модели, характеризующие строение основных угольных пластов.

На рис. 2 показано прослеживание угленосных отложений, установленных по результатам бурения скважин. С помощью данных сейсморазведки выявлено поведение угольных горизонтов, их разрывные нарушения, которые плохо фиксируются по скважинным данным бурения, но хорошо видны на глубинных разрезах, что ранее отмечено в [20].

Анализ разрезов МОГТ показывает, что основную роль в формировании волнового поля играют преломленные и отраженные волны. Выполненный анализ волновых полей и геометрии изучаемых поверхностей в пределах шахтного поля позволил установить существенное увеличение дизъюнктивных деформаций сверху вниз по разрезу, с выявлением возможных размывов целевых угольных пластов.

В процессе интерпретации не удалось выделить протяженных разломов. Волновым полем были обнаружены разноориентированные разломы, ограниченные по вертикали и простираю. Их амплитуда на временных разрезах составляет 4–6 миллисекунд, что соответствует первым метрам в ре-

альном разрезе, редко более 20 миллисекунд. Но чаще они выделяются только как участки пониженной интенсивности отраженной волны (это, скорее всего, мелкие разломы с амплитудой менее 3 м, по данным сейсморазведки их замерить невозможно, но в волновом поле они видны). Комплекс проведенных работ позволил выявить и проследить на площади шахтного поля разрывные нарушения с амплитудой от 5 м и более, которые являются одним из основных факторов выбросоопасности при проведении горных работ.

Подтверждение выявленных разрывных нарушений – прогнозных выбросоопасных зон

Особенности пласта d_6 как особо выбросоопасного обусловили повышенные требования к обеспечению безопасности при его отработке. Одним из способов безопасного проведения подготовительных пластовых выработок в условиях повышенной метаноносности является дегазация приконтурного углегазонасного массива с использованием дегазационных скважин, пробуренных из полевых газодренажных выработок.

Рис. 3 представляет собой фрагмент погоризонтного плана горных работ в районе проходки газодренажного конвейерного штрека 232- d_6 -1-Ю, совмещенного с растровым изображением структурной карты по отражающему горизонту (пласта d_6), построенной по результатам сейсморазвед-

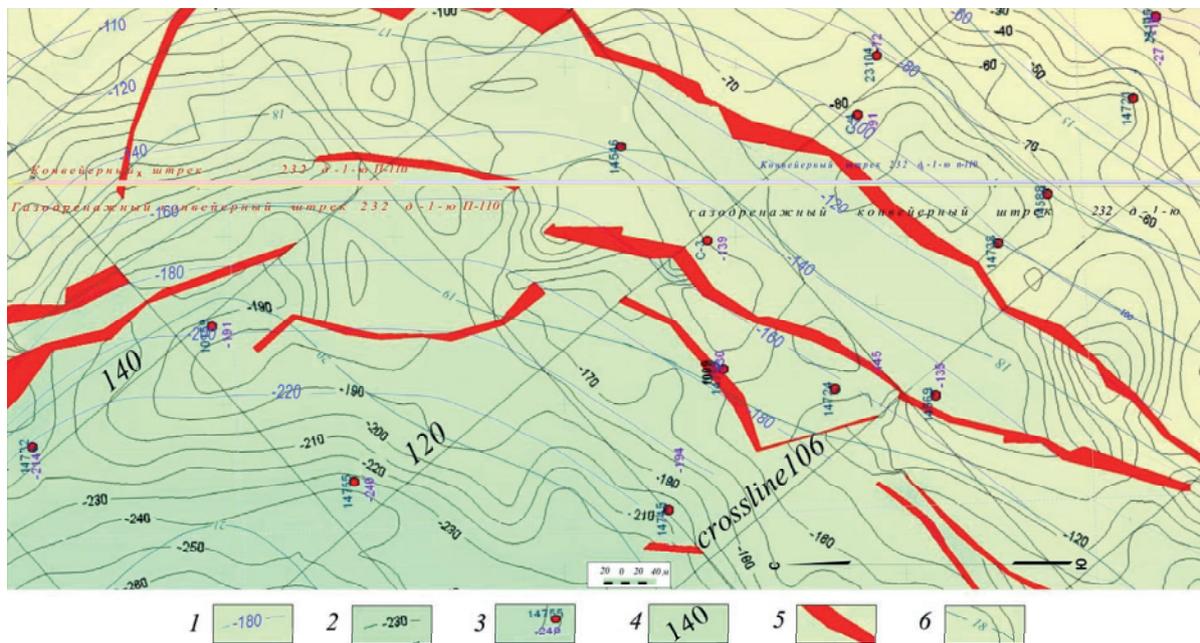


Рис. 3. Размещение в плане тектонических нарушений в районе газодренажного конвейерного штрека 232- d_6 -1-Ю, выявленных по результатам сейсморазведки МОГТ-3D: 1 – изогипсы пласта d_6 до проведения сейсморазведки, м; 2 – изогипсы пласта d_6 , построенные по результатам сейсморазведки 3D, м; 3 – скважина, ее номер и отметка подсечения кровли пласта d_6 , м; 4 – номер кросслайн (профиль); 5 – тектонические нарушения, выявленные по данным сейсморазведки; 6 – изомета, м²/т

Fig. 3. Tectonic disturbances, identified by the results of seismic prospecting of MOGT-3D in the area of the gas-drainage conveyor drift of 232- d_6 -1-U in the plan: 1 are the isohypses of the coal seam d_6 before seismic survey, m; 2 are the isohypses of coal seam d_6 , based on the results of 3D seismic survey, m; 3 is the borehole, its number and elevation marking of the roof of the formation d_6 , m; 4 is the number of crosslines (profile); 5 are the tectonic disturbances revealed by seismic data; 6 is the isometha, m²/t

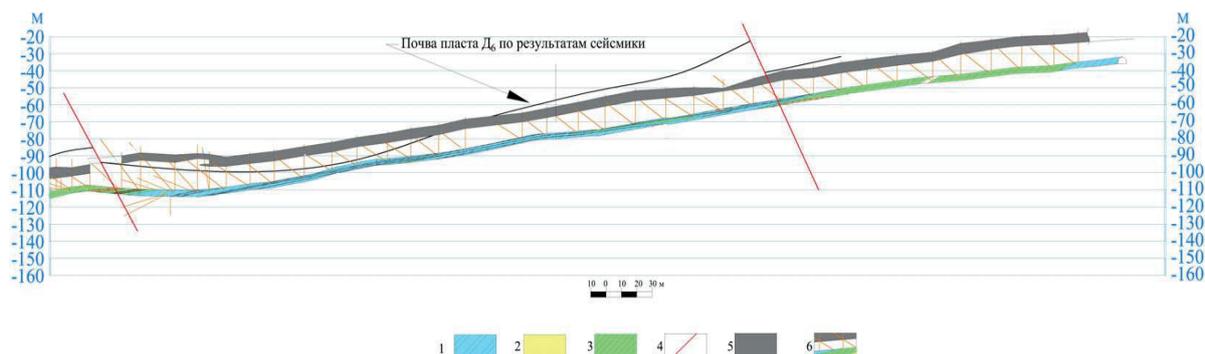


Рис. 4. Фрагмент южной части фактического геологического разреза газодренажного штрека 232– D_6 –1–Ю: 1 – аргиллит; 2 – песчаник; 3 – алеврит; 4 – тектоническое нарушение, выявленное по данным сейсморазведки; 5 – положение угольного пласта D_6 по результатам проходки штрека; 6 – штрек и газодренажные скважины

Fig. 4. Fragment of the southern part of actual geological section of the gas drainage gangway 232– D_6 –1–U: 1 is the argillite; 2 is the sandstone; 3 is the siltstone; 4 is the tectonic disturbance revealed by seismic data; 5 is the position of coal seam D_6 on the basis of the results of current exploration; 6 is the coal heading and gas draining boreholes

ки методом МОГТ-3D. На структурную карту вынесены тектонические нарушения (объекты красного цвета), отображенные также на временных сейсмических разрезах с элементами прослеживания нарушений (рис. 2), а также положения разведочных скважин с данными сейсмокаротажа. На рисунке в схематическом виде даны газопоказания по пласту D_6 в скважинах разведочного бурения (изометы). Проходка газодренажного штрека 232– D_6 –1–Ю по породе осуществлялась в 2016 г. встречными забоями с бурением опережающих дегазационных скважин, согласно регламенту проведения выработок по выбросоопасным пластам и породам.

Проходка газодренажного конвейерного штрека 232– D_6 –1–Ю подтвердила выявленные сейсморазведкой тектонические нарушения (рис. 4), ранее не выявленные по данным детальной геологической разведки шахтного поля. Так, в северной части штрека вскрыто непосредственно тектоническое нарушение, а в средней части штрека тектоническое нарушение зафиксировано утонением угольного пласта.

В целом положения встреченных при проходке тектонических нарушений в плане совпадают с данными сейсморазведки в районе скважин № 10159, 14748 и 14546, амплитуды нарушений от 5 м и более. Стоит отметить возможность выявления таких деформаций, как пережимы, утонение и раздувы угольных пластов, имеющих в большей части тектоническую природу. На временных разрезах такие деформации отмечаются также разрывами по осям синфазности, которые имеют разную протяженность, как по глубине, так и по простиранию.

Выводы

1. По данным сейсморазведки построены структурно-тектонические планы пластов T_1 и D_6 , на которых отражены все тектонические нарушения, полученные МОГТ-3D, а также складчатые нарушения.

2. Информация является основой для планирования горно-подготовительных и добычных работ. Ранее имевшиеся календарные планы отработки пластов в свете новой информации, полученной сейсморазведкой, могут быть пересмотрены как в с точки зрения оптимизации направления нарезки выемочных единиц, так и безопасности, а также снижения экономических затрат на горные работы, за счет снижения проходки бросовых горных выработок.
3. Опыт использования высокоразрешающей сейсморазведки на поле шахты «Тентекская» показывает возможность определять и уточнять параметры нарушенности угольных пластов и вмещающих пород как фактора, определяющего выбросоопасность.

Заключение

Кроме уточнения структурно-тектонического строения угленосного массива, 3D сейсморазведка помогает в решении геотехнических и геомеханических задач при отработке шахтных полей. До проведения 3D съемки часть изучаемого угленосного массива была техногенно нарушена отработанным пространством по и над пластом T_1 . Анализа полученного материала в нарушенном подработкой массиве на определение изменения подработанной толщи, в части скорости прохождения сейсмических волн, поглощения упругой энергии, не проводилось.

Нужно отметить, что при дальнейших исследованиях, при более скрупулезной обработке и анализе материалов сейсморазведки, можно получить данные о таких деформациях, как пережимы, утонения и раздувы угольных пластов, являющихся индикаторами специфических выбросоопасных зон [11].

Автор благодарит д.г.-м.н. Валерия Ивановича Исаева, чл.-корр. Академии Минеральных Ресурсов Республики Казахстан Рахата Кузенбаевича Мустафина, д.т.н. Сергея Кабиевича Баймухаметова за помощь в подборе фактических геолого-геофизических материалов, консультации и обсуждение результатов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Barker-Read G.R., Radchenko S.A. The relationship between the pore structure of coal and gas-dynamic behaviour of coal seams // *Mining Science and Technology*. – 1989. – V. 8. – № 2. – P. 109–131.
2. Shadrin A.V. Geophysical Criterion of Pre-Outburst Crack Propagation in Coal Beds // *Journal of Mining Science*. – 2016. – V. 52. – № 4. – P. 670–682.
3. Flores R.M. Coal Bed Methane from Hazard to Resource // *International Journal of Coal Geology*. – 1998. – V. 35. – Iss. 1–4. – P. 3–26
4. Beamisha B.B., Crosdale P.J. Instantaneous outbursts in underground coal mines: an overview and association with coal type // *International Journal of Coal Geology*. – 1998. – V. 35. – Iss. 1–4. – P. 27–55.
5. Frodsham K., Gayer R.A. The impact of tectonic deformation upon coal seam in the south Wales Coalfield, UK // *International Journal of Coal Geology*. – 1999. – V. 38. – Iss. 3–4. – P. 297–332.
6. Investigating the role by Solid Gas-Coal hard Solution in outbursts hazard formation / A. Airuni, I. Zverev, A. Alekseev et al. // *Proc. of the 23 International Conference of Safety in mines Research Institutes*. – USA, Washington, 1989. – P. 506–514.
7. The influence of tectonic deformation on some geochemical properties of coals – a possible indicator of outburst potential / Y. Cao, A. Davis, R. Liu, X. Liu, Y. Zhang // *International journal of coal geology*. – 2003. – V. 53. – Iss. 2. – P. 69–79.
8. A coupled approach to simulate initiation of outbursts of coal and gas-model development / S. Xue, Y. Wang, J. Xie, G. Wang // *International journal of coal geology*. – 2011. – V. 86. – № 2–3. – P. 222–230.
9. Байкенжина А.Ж. К теории образования выбросоопасных зон угольных пластов // *Труды университета*. – Караганда: Изд-во КарГТУ, 2010. – № 3 (40). – С. 109–110.
10. Байкенжина А.Ж. Геолого-геофизическое картирование геологических факторов выбросоопасности угольных пластов Карагандинского бассейна // *Проблемы геологии и освоения недр: труды XXI Международного симпозиума им. академика М.А. Усова студентов и молодых ученых, посвященного 130-летию со дня рождения профессора М.И. Кучина*. – Томск: Изд-во ТПУ, 2017. – Т. I. – С. 348–349.
11. Исаев В.И., Байкенжина А.Ж. Геологические факторы выбросоопасности угольных пластов Карагандинского бассейна и возможности их геолого-геофизического прогноза // *Вестник РАЕН (ЗСО)*. – 2017. – Вып. 20. – С. 52–56.
12. Ким Т.Л., Дырдин В.В. Зависимость вида газодинамического явления от проницаемости массива с учетом газогидратов // *Вестник Кузбасского государственного технического университета*. – 2016. – № 2. – С. 3–6.
13. Влияние разложения газогидратов на рост трещин в массиве угля впереди забоя подготовительной выработки / В.Г. Смирнов, В.В. Дырдин, З.П. Исмагилов, Т.Л. Ким // *Известия высших учебных заведений. Горный журнал*. – 2016. – № 3. – С. 96–103.
14. Абрамов И.Л. Оценка выбросоопасности массива для предупреждения внезапных выбросов угля и газа на угольных шахтах // *Научные технологии разработки и использования минеральных ресурсов*. – 2016. – № 3. – С. 384–389
15. Каталог внезапных выбросов угля и газа (Карагандинский угольный бассейн) / Ю.М. Бирюков, Р.Р. Ходжаев, Е.И. Фоминих, Н.А. Карев. – Калининград: Изд-во КГТУ, 2009. – 163 с.
16. Фоменко Н.Е., Коваленко А.С. Современное состояние методов наземной геофизики при проведении геологоразведочных работ на твердые полезные ископаемые // *Разведка и охрана недр*. – 2015. – № 1. – С. 33–39.
17. Обеспечение безопасности угледобычи на основе данных наземной сейсморазведки методом общей глубинной точки / О.В. Тайлаков, С.В. Соколов, Д.Н. Застрелов, А.И. Смыслов, А.С. Ярош // *Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности*. – 2015. – № 4. – С. 34–37.
18. Гуляев А.О. Проектирование сейсморазведочных работ МОГТ-3D // *Разведка и охрана недр*. – 2014. – № 2. – С. 17–19.
19. Казанцев Ю. О методике выделения разрывных нарушений на временных сейсмических разрезах МОГТ // *Геологический сборник. Информационные материалы*. – 2007. – № 6. – С. 79–81.
20. Зайцев В.А., Секретов С.Б., Зайцев А.В. Детальная 3D геологическая модель участка проведения экспериментальных работ по добыче метана из угольных пластов скважиной УМ-1 (Южный Кузбасс) // *Горный информационно-аналитический бюллетень*. – 2006. – № 1. – С. 369–379.

Поступила 13.06.2018 г.

Информация об авторах

Байкенжина А.Ж., аспирант отделения геологии Инженерной школы природных ресурсов Национального исследовательского Томского политехнического университета; ведущий геолог ТОО «Азимут Геология».

UDK 550.834.05

DETECTION AND MAPPING OF TECTONIC DISTURBANCES AS INDICATORS OF OUTBURST HAZARD ZONES BY MOGT-3D METHOD DETAILED PROSPECTING IN THE CONDITIONS OF THE QARAGHANDY COAL BASIN

Aliya Zh. Baikenzhina^{1,2},

abaikenzhina@yandex.ru; bazh1@tpu.ru

¹ National Research Tomsk Polytechnic University,
30, Lenin Avenue, Tomsk, 634050, Russia.² LLP «Azimuth Geology»,
105, Saken Seyfullin Avenue, Qaraghandy, 100019, Kazakhstan.

The relevance. Life safety in coal mines is the most important task and determines the direction of measures to eliminate and prevent the adverse factors such as coal, rock and gas outburst. At present, the factor of outburst hazard considerably determines both technological principles and organizational and economic aspects of development of coal deposits. The issue of forecasting zones of geological disturbances, with simultaneous consideration of the gas factor, stress-strain state of the massif as well as physical and mechanical properties of the coal seam is very relevant today. The article describes the method of seismic exploration, which allows detecting location and character of tectonic dislocation as indicators of outburst hazard zones.

The aim of the research is to specify the tectonic structure of the southern wing of the «Tentetskaya» mine field for indicating possible blows.

The object: target coal seams of the tentek and dolinsk formations of the southern wing of the «Tenteskaya» mine field.

Methods: seismic survey by the method of the common depth point of MOGT-3D, construction of detailed three-dimensional seismogeological models characterizing structural-tectonic frame of the main coal seams.

Results. The results of geological and geophysical studies are collected, systematized and analysed; the authors have refracted in details the reflecting horizons, controlling the structure of coal seams τ_1 and d_6 and identified the discrete tectonics, including low-amplitude tectonic disturbances.

Conclusions. According to the seismic data the authors constructed the structural-tectonic hypsometric plans of coal seams, reflecting all the tectonic disturbances, obtained by MOGT-3D, as well as folded disturbances. The information is the basis for planning mining and mining operations.

Key words:

Tentek formation, coal seam, outburst hazard, tectonic disturbance, seismic survey of MOGT-3D, Qaraghandy basin.

The author appreciates Valery Ivanovich Isaev, Dr. Sc., Rakhat Kuzenbayevich Mustafin, a.m. of the Academy of Mineral Resources of Republic of Kazakhstan, Sergazy Kabievich Baymukhametov, Dr. Sc., for help in selecting actual geological and geophysical materials, consultations and discussion of the results.

REFERENCES

1. Barker-Read G.R., Radchenko S.A. The relationship between the pore structure of coal and gas-dynamic behaviour of coal seams. *Mining Science and Technology*, 1989, vol. 8, no. 2, pp. 109–131.
2. Shadrin A.V. Geophysical Criterion of Pre-Outburst Crack Propagation in Coal Beds. *Journal of Mining Science*, 2016, vol. 52, no. 4, pp. 670–682.
3. Flores R.M. Coal Bed Methane from Hazard to Resource. *International Journal of Coal Geology*, 1998, vol. 35, Iss. 1–4, pp. 3–26.
4. Beamisha B.B., Crosdale P.J. Instantaneous outbursts in underground coal mines: An overview and association with coal type. *International Journal of Coal Geology*, 1998, vol. 35, Iss. 1–4, pp. 27–55.
5. Frodsham K., Gayer R.A. The impact of tectonic deformation upon coal seam in the south Wales Coalfield, UK. *International Journal of Coal Geology*, 1999, vol. 38, Iss. 3–4, pp. 297–332.
6. Airuni A., Zverev I., Alekseev A. Investigating the role by Solid Gas-Coal hard Solution in outbursts hazard formation. *Proc. of the 23 International Conference of Safety in mines Research Institutes*, USA, Washington, 1989. pp. 506–514.
7. Cao Y., Davis A., Liu R., Liu X., Zhang Y. The influence of tectonic deformation on some geochemical properties of coals – a possible indicator of outburst potential. *International journal of coal geology*, 2003, vol. 53, Iss. 2, pp. 69–79.
8. Xue S., Wang Y., Xie J., Wang G. A coupled approach to simulate initiation of outbursts of coal and gas-model development. *International journal of coal geology*, 2011, vol. 86, no. 2–3, pp. 222–230.
9. Baikenzhina A.Zh. K teorii obrazovaniya vybrosoopasnykh zon ugolnykh plastov [On the theory of formation of outburst hazard zones of coal seams]. *Trudy Universiteta. Karaganda*, 2010, no. 3 (40), pp. 109–110.
10. Baikenzhina A.Zh. Geologo-geofizicheskoe kartirovanie geologicheskikh faktorov vybrosoopasnosti ugolnykh plastov Karagandinskogo basseina [Geological and geophysical mapping of geological factors of outburst hazard coal seams in the Karaganda basin]. *Problemy geologii i osvoenii nedr: trudy XXI Mezhdunarodnogo simpoziuma imeni akademika Usova M.A. studentov i molodykh uchennykh, posvyashchennogo 130-letiyu so dnya rozhdeniya professora Kuchina M.I.* [Problems of geology and subsurface development. Proc. XXI International Symposium in Honor of Academician M.A. Usov of students and young scientists dedicated to 130th anniversary of birth of prof. M.I. Kuchin]. Tomsk, TPU Publ., 2017. Vol. I, pp. 348–349.
11. Isaev V.I., Baikenzhina A.Zh. Geologicheskie faktory vybrosoopasnosti ugolnykh plastov Karagandinskogo basseina i vozmozhnosti ikh geologo-geofizicheskogo prognoza [Geological factors of the outburst hazard of coal seams in the Karaganda basin

- and the possibility of their geological and geophysical forecasting]. *Vestnik RAEN (ZSO)*, 2017, no. 20, pp. 52–56.
12. Kim T.L., Dyrdin V.V. Dependence of the form of gas-dynamic phenomenon on permeability of the massive taking into account gas hydrates. *Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*, 2016, no. 2, pp. 3–6. In Rus.
 13. Smirnov V.G., Dyrdin V.V., Ismagilov Z.R., Kim T.L. The influence of gas-hydrates decomposition on the growth of cracks in coal massif before the face of the development heading. *News of the Higher Institutions. Mining Journal*, 2016, no. 3, pp. 96–103. In Rus.
 14. Abramov I.L. Otsenka vybrosopasnosti massiva dlya preduprezhdeniya vnezapnykh vybrosov uglya i gaza na ugolnykh shakhtakh [Estimation of the outburst hazard of the massif for prevention of sudden coal and gas emissions in coal mines]. *Naukoemkie tekhnologii razrabotki i ispolzovaniya mineralnykh resursov*, 2016, no. 3, pp. 384–389.
 15. Biryukov Yu.M., Khodzhaev R.R., Fominykh E.I., Karev N.A. *Katalog vnezapnykh vybrosov uglya i gaza (Karagandinskiy ugolny bassey)* [Catalogue of coal and gas outburst (Karaganda coal basin)]. Kaliningrad, KGTU Publ., 2009. 163 p.
 16. Fomenko N.E., Kovalenko A.S. Present day state of methods of surface geophysics at carrying out geological-prospecting works on hard fossil fuels. *Prospect and Protection of Mineral resources*, 2015, no. 1, pp. 33–39. In Rus.
 17. Tailakov O.V., Sokolov S.V., Zastrelov D.N., Smyslov A.I., Yarosh A.S. Obespechenie bezopasnosti ugledobychi na osnovе dannyykh nazemnoy seysmorazvedki metodom obshchey glubinoynoy tochki [Coal mining safety based on the data of surface seismic prospecting by common depth point method]. *Vestnik nauchnogo tsentra po bezopasnosti rabot v ugolnoy promyshlennosti*, 2015, no. 4, pp. 34–37.
 18. Gulyaev A.O. MOGT-3D seismic survey design. *Prospect and Protection of Mineral resources*, 2014, no. 2, pp. 17–19. In Rus.
 19. Kazantsev Yu. O metodike vydeleniya razryvnykh narusheniy na vremennykh seysmicheskikh razrezakh MOGT [On the method of isolation of breaking disruptions on stacked seismic data of MOGT]. *Geologicheskii sbornik. Informatsionnye materialy*, 2007, no. 6, pp. 79–81.
 20. Zaitsev V.A., Sekretov S.B., Zaitsev A.V. Detailed 3D geological model of the site for experimental work on methane production from coal seams by well UM-1 (Southern Kuzbass). *Mining Informational and analytical bulletin*, 2006, no. 1, pp. 369–379. In Rus.

Received: 13 June 2018.

Information about the authors

Aliya Zh. Baikenzhina, postgraduate student, National Research Tomsk Polytechnic University; principal geologist, LLP «Azimuth Geology».