

## ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ ВЗРЫВОВ ГАЗА ПРИ ПОДЗЕМНОЙ РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Г.Н. Шаров

[g.sharov@bk.ru](mailto:g.sharov@bk.ru)

Взрывы газа и пожары при подземной разработке месторождений полезных ископаемых наиболее часты при добыче угля подземным способом. Способствуют их возникновению ситуации глобального характера, возникновение которых, часто периодическое, не зависит от деятельности Человека, они не могут быть предотвращены им, но могут быть предсказаны. Другие причины непосредственно обусловлены деятельностью Человека, в том числе связанной с добычей полезных ископаемых. Причины их являются частным случаем в череде катастрофических событий как природного, так и техногенного характера. Часто имеет место трагическое сочетание обоих.

Уместно напомнить (МОСКВА, 2 дек 2011 г. — РИА Новости): «Президент России Владимир Путин эмоционально высказался об условиях работы шахтеров во время совещания по ситуации в угольной отрасли. "Они рискуют. А мы все вместе должны создать такие условия, чтобы не было необходимости рисковать. Вот в этом был смысл наших решений в 2010 году", — заявил российский лидер, ударив кулаком по столу».

При описании глобальных ситуаций автор следует Концепции И. М. Белозёрова [Белозёров И. М. Природа глазами физика. Томск: Изд-во ТПУ, 2008. 131 стр.]. Развитие Концепции получило в статье [Шаров Г.Н., Хаджиев С.Н. К вопросу о неисчерпаемости запасов нефти (Гипотеза Белозерова-Шарова-Минина). Нефтехимия. – 2019. – Т.59, № 2. 123-128. это же: [Sharov G.N., Khadzhiev S.N. On the Inexhaustibility of Oil Reserves (Belozarov-Sharov-Minin Hypothesis) [Text] // Petroleum Chemistry, 2019, Vol. 59, No. 2, pp. 129-134. – Russian Text – G.N. Sharov, S.N. Khadzhiev, 2019, published in Neftekhimiya, 2019, Vol. 59, No. 2, pp. 123-128].

В основу анализа ситуаций, обусловленных деятельностью Человека положены данные и выводы, изложенные в статье коллектива авторов: Взрывоопасность газа при подземной добыче угля в Кузбассе. [Козловский Е.А., Шаров Г.Н., Конторович А.Э., Грицко Г.И., Кузнецов Ф.А., Курленя М.В., Ковалев В.А., Ростовцев В.И., Белозеров

И.М., Черноок В.А., Минин В.А., Вашлаева Н.Ю. 2018] (Фундаментальные и прикладные вопросы горных наук. – 2018. – Т.5, № 1. – С.76-82).

Рассматривая известные в природе четыре взаимодействия тел и частиц И.М. Белозёров в порядке возрастания интенсивности взаимодействия на первое место ставит гравитационное взаимодействие, отвечающее за тяготение (цитата): «Характеризуя 4 типа взаимодействий, необходимо отметить, что как для гравитационного, так и для электромагнитного полей сила взаимодействия прямо пропорциональна произведению масс тел (гравитационное взаимодействие по закону Ньютона) или величин зарядов (электромагнитное взаимодействие по закону Кулона) и обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними. Такая зависимость от расстояния и определяет дальнедействующий характер этих взаимодействий, а также неограниченный радиус действия». Далее: «Тем не менее, в повседневной жизни роль гравитационных взаимодействий гораздо заметнее роли слабых процессов, что обусловлено бесконечно большим радиусом действия гравитации (тяготения)».

Взрывы в шахтах это и есть «наша повседневная жизнь», также как катастрофические явления природы, сотрясающие нашу Землю и другие явления, влияющие на течение различных процессов во всех геосферах, их отдельных фрагментов, в каждом живом существе, включая человека.

Являясь частью Солнечной системы, Земля наиболее подвержена силам гравитации Солнца и планет Солнечной системы. Взаимное расположение планет, гравитационное действие друг на друга, и взаимодействие совокупности планет и Солнца влияют на процессы внутри Солнца и внутри каждой планеты.

При сложении действия гравитационного поля планет (например, при Параде планет) усиливаются выбросы и вспышки на Солнце на стороне, обращённой к ним, а в недрах планет возрастают внутренние перемещения и взаимодействия их фрагментов, имеющих различную массу, в то числе увеличиваются выбросы в кору, гидросферу, атмосферу, стратосферу наиболее подвижных фаз.

К подобному выводу ранее пришёл В.Л. Сывороткин в своей монографии: [Сывороткин В.Л., 2002]. «Глубинная дегазация Земли и глобальные катастрофы» [Глубинная дегазация Земли и глобальные катастрофы. М. ООО «Геоинформцентр», 2002. – 250 с.]. (Цитата) «Взаимное расположение планет, гравитационное действие друг на друга, и взаимодействие совокупности планет и Солнца влияют на процессы внутри

Солнца и внутри планет». Здесь же этот автор указал на ведущую роль глубинного водорода, а точнее глубинных водородно-метановых потоков при взрывах на шахтах.

Полагаю, что накопленные веками наблюдения Астрологов, помогли бы при сопоставлении с катастрофическими явлениями на Земле, также и в геологической хронологии, найти интересные совпадения.

После Коллапса и Большого Взрыва образовавшиеся тела, в том числе звёзды и планеты имеют каждое свои гравитационные поля, которые продолжают взаимодействовать. Но, поскольку и звёзды, и планеты имеют сложное внутреннее строение, то взаимодействие планет, например в Солнечной системе между собой и с Солнцем продолжается. При этом, воздействие испытывают не только планеты и Солнце в целом, но и их внутренние неоднородности. При этих взаимодействиях рождаются катастрофические явления. В первую очередь это глубинные подвижки в мантии, то же в коре, то же в океанах и атмосфере, стратосфере. Это катастрофические землетрясения, активизация вулканической деятельности, грязевых вулканов, водных источников, в том числе в океанах приводящих к изменению течений, далее катастрофические атмосферные явления, нарушения климатически стабильных регионов и т.д. Одновременно можно ожидать усиление пульсации источников минеральных вод, колебания дебитов скважин различного назначения.

При отработке полезных ископаемых подземным способом, важно их организаторам иметь предупреждения о необходимости повышения внимания к опасным явлениям в выработках. Это могут быть выбросы угля с насыщенными газами водами, повышение сейсмической активности горной массы и т. д.

В 2018 г. в Администрации Кемеровской области был сделан доклад, подготовленный группой специалистов: Козловский Е.А., Шаров Г.Н., Конторович А.Э., Грицко Г.И., Кузнецов Ф.А., Курленя М.В., Ковалев В.А., Ростовцев В.И., Белозеров И.М., Черноок В.А., Минин В.А., Вашлаева Н.Ю. Взрывоопасность газа при подземной добыче угля в Кузбассе: Фундаментальные и прикладные вопросы горных наук. – 2018. – Т.5, № 1. – С.76-82.

В основу доклада, наряду с результатами теоретических исследований были положены имеющиеся сведения о состоянии рабочей атмосферы в шахтах Кузбасса. Метано-водородная концепция взрывоопасности газа при подземной добыче угля, естественно, требовала экспериментальной проверки, прежде всего, в части установления наличия водорода в атмосфере угольных шахт.

Для поиска ответа на этот вопрос были подвергнуты тщательному изучению и анализу данные, полученные в январе—апреле 2011 г. при реальной эксплуатации шахты принадлежащей Объединенной управляющей компании “Южкузбассуголь”. Газовый состав воздуха был определен Новокузнецким отдельным военизированным горноспасательным отрядом и любезно предоставлен заместителем командира НОВГСО генералом А. П. Еруслановым. (Таблицы ниже приведены в авторском варианте).

Краткие результаты анализа следующие. Из указанного количества проб 41 % был отобран в плановом порядке, 25.7 % — в срочном, а 33.3% — в аварийном. Конкретный процесс угледобычи характеризовался 1195 пробами. При анализе проб в качестве основных принимались данные о содержании в них кислорода, метана и водорода. Картина, ориентировочно характеризующая состояние шахты «Алардинская» с точки зрения взрывоопасности, представлена в табл. I.

**Табл. 1. Газовый состав воздуха в отдельных местах шахты «Алардинская»**

№№ п/п	Наименование выработки	Место отбора проб	Количество проб			Экстремальное содержание газов, об. %			По- жары
			Всего	В т.ч. с водородом		min	max	max	
			штук	штук	%	O <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1.	У места работы	В шахте	14	10	71.4	13.6	0.4	8.6	—
2.	Газоотсос лавы №6-1-14	С поверх- ности	100	70	70.0	18.6	0.032	2.9	—
3.	Конв. Штольня3- 39; Пут.укл.3-3 и др.	Устье	105	66	62.9	15.2	0.22	9.8	—
4.	Из-за перемычек	В шахте	545	297	54.5	0.8	0.79	28.3	105
5.	Скважина из отработанного пространства лав	С поверх- ности	61	21	34.4	1.7	0.17	19.4	19
6.	Скважина № 8065	С поверх- ности	107	72	67.3	5.0	0.77	17.9	8
7.	Другие	В шахте	6	5	83.3	4.6	0.24	15.5	—
Итого			938	541	57.7	0.8	0.79	28.3	132

Из данных табл. 1 видно, что:

- водород присутствовал более чем в 50 % отобранных проб;
- содержание кислорода с естественного 21 об. %) снижается в отдельных местах до 0.8—5 об. %, причем максимальное снижение наблюдалось в отработанном слабо вентилируемом пространстве;
- концентрация водорода в пробах возрастала с 0.032 об. % (газоотсос от разрабатываемой лавы) до 0.79 об. % (отработанное пространство);
- содержание метана возрастало с 2.9 об. % (непосредственно в лаве) до 28.3 об. % в отработанном пространстве;
- почти каждая шестая проба отобрана во время горения газов, где абсолютное большинство пожаров (Е 80%) приходилось на отработанные слабоventилируемые пространства "за перемычками".

Из изложенного следует, что наиболее критические ситуации, доходящие до объемного горения газов, происходят в отработанных пространствах «за перемычками», неventилируемых или вентилируемых через скважины.

Имеющаяся информация позволяет ориентировочно оценить состояние газов в отработанном пространстве. Подсчитано, что в шахте "Алардинская" имелись 63 полости, при этом в трех из них (за перемычками 115, 1187 и 1189) происходили продолжительные пожары. Указанные полости, судя по имеющейся базе данных, находились под систематическим контролем Новокузнецкого ОВГСО и на них приходилось 287 отобранных из-за перемычек проб 53 % от общего количества). Всего из обследованных 63-х полостей водород присутствовал в 297 случаях (54.5 % от общего количества) в 27 полостях (42.9 %). Газовый состав воздуха за трех отмеченных "критических" полостей приведен в табл. 2.

**Табл. 2. Характеристика газового состава воздуха за перемычками «критических» пространств шахты «Алардинская»**

№№ п/п	Пере- мычка №	Количество проб			Экстремальное содержание газов, об.%			Количество пожаров	
		Всего	В т.ч. водородом	с	min	max	max	штук	%
		штук	штук	%	O <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1.	«1115»	87	40	46.0	1.0	0.02	28.3	20	23.0
2.	«1187»	113	106	93.8	0.8	0.69	24.4	24	21.2
3.	«1189»	87	85	97.7	1.4	0.79	24.9	24	27.6
	Итого	287	231	80.5	0.8	0.79	28.3	68	23.4

Из данных табл. 2 следует, что именно на эти три «критических» пространства в период исследований приходились все экстремальные значения анализируемых параметров, а именно: наличие водорода в пробах: экстремальные концентрации кислорода (минимальная), водорода и метана (максимальные) в отобранных пробах.

Таким образом, приведенные данные по шахте «Алардинская» показывают, что:  
— водород в различных концентрациях присутствует в большинстве проб газа, отобранных в различных местах шахты;  
— именно «критические» пространства за перемычками при нарушении изоляции их от остального объема шахты могут стать источником возникновения аварийных ситуаций.

После трагических событий на шахте Листвяжной в Кузбассе и принятием Президентом РФ В.В. Путиным 02.03.2021 г. на совещании с работниками угледобывающей отрасли решения о приоритетном развитии в стране угледобывающей отрасли и, в частности, в связи с продолжающимися в Кузбассе взрывами газа в шахтах, влекущими человеческие жертвы, об инициировании и форсировании проведения исследований для разработки мер по повышению безопасности работ на угледобывающих предприятиях Кузбасса.

Установлено, что триггером взрывов в шахтах является водород – кислородная смесь (гремучий газ), образующийся при проветривании горных выработок, при вовлечении в процесс метана и угольной пыли. При этом водород ранее шахтными датчиками не определялся. Были сформулированы соответствующие предложения, включающие Техническое задание на проведение исследований.

С участием И.М. Белозёрова и автора было предложено организовать исследования направленные на разработку системы предсказания и предупреждения взрывов газа при подземной отработке полезных ископаемых и, в первую очередь месторождений угля.

Техническое задание к предлагаемой НИОКР разработано во исполнение указанного выше решения Президента РФ на основании решения АО ХК «СДС -Уголь», принятого 24.03.21г. по результатам рассмотрения на видеоконференции (при участии специалистов из г. Новосибирска) инициативного письма Почётного Президента ассоциации геологических организаций, Министра геологии СССР (1975 – 1989 гг.), д. т. н., профессора, доктора г. – м. н., академика РАЕН Е.А. Козловского.

Вентиляционный воздух в угольных шахтах Кузбасса содержит, кроме атмосферного кислорода, газовые взрывоопасные компоненты – метан ( $\text{CH}_4$ ) и водород ( $\text{H}_2$ ), причем концентрация метана, согласно имеющимся данным, составляет в шахтах первые десятки, а водорода – первые единицы объемных процентов, тогда как в случае взрыва в процессе участвуют оба компонента.

Разница между метаном и водородом заключается в нашем случае в их термохимической стойкости. Хотя оба газа способны взрываться в воздухе при близких концентрациях (более 4 об. % для  $\text{H}_2$  и более 5-6 об. % для  $\text{CH}_4$ ), но если с кислородом воздуха водород образует «гремучий газ», способный взрываться хоть от «солнечного зайчика», то метан – наиболее прочный, термически более устойчивый к химическим воздействиям насыщенный углеводород, воспламеняющийся лишь при 695 - 742°C (см. «Краткая химическая энциклопедия», т. 2, стр. 170, 1964). Ниже приводится проект Технического задания.

## **ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ**

на выполнение НИОКР по теме:

### **«Разработка системы предупреждения взрывов и снижения взрывоопасности газов в шахтах Кузбасса»**

#### **1. Целевое назначение работ:**

Разработка системы предупреждения взрывов в шахтах газа на основе определения пороговых значений «взрывных» концентраций водорода ( $\text{H}_2$ ), метана ( $\text{CH}_4$ ) и кислорода ( $\text{O}_2$ ) в шахтных газах и предложений по снижению в них содержания водорода.

**2. Объекты исследования:** Угольные шахты Кузбасса.

### **3. Основные задачи, последовательность и методы их решения**

#### **3.1. Основные задачи:**

3.1.1. Определение трёхуровневой (жёлтая, оранжевая, красная) опасности концентраций водорода ( $H_2$ ), метана ( $CH_4$ ) и кислорода ( $O_2$ ) в шахтных газах, критичных для принятия согласованных со службой ВГСЧ мер обеспечения безопасности шахтёров.

3.1.2. Определение способа снижения в атмосфере шахт концентрации водорода и вероятности образования «гремучего газа».

#### **3.2. Последовательность проведения работ и основные методы решения поставленных задач:**

Работы выполняются в 4 этапа, с внесением необходимых корректировок в ходе проводимых исследований.

Поставленные задачи решаются путем выполнения подготовительных, полевых, аналитических, физико-химических расчетных и экспериментальных работ с использованием современных компьютерных технологий, лабораторно-аналитических методов и экспериментального моделирования, в соответствии с действующими нормативными и методическими документами.

#### **Этап 1 «Подготовительный период»**

(\_\_.\_\_.–\_\_.\_\_.2021 г)

1.1. составление базы данных по составу шахтных газов по действующим шахтам с вынесением данных на карту Кузбасса.

1.2. сбор, систематизация и анализ архивных, фондовых материалов для определения граничных содержаний водорода ( $H_2$ ), метана ( $CH_4$ ) в шахтах и вмещающих угольные пласты Кузбасса породах, сопоставление полученных данных с материалами по пожарам и взрывам в шахтах, выявление аномальных по этим параметрам участков;

1.3. Обобщение данных по существующим способам выведения из шахтной атмосферы водорода ( $H_2$ ).

#### **Этап 2 «Проведение термодинамического моделирования и экспериментальных исследований»**

(\_\_.\_\_.–\_\_.\_\_.2021 г)

2.1. Термодинамическое моделирование:

разработка термодинамической модели взрываемости тройной газовой смеси (метан + водород + воздух) при различных концентрациях компонентов.



## 2.2. Экспериментальные исследования:

разработка и изготовление экспериментальной установки для проверки результатов термодинамического моделирования взрываемости тройной газовой смеси (метан + водород + воздух) при различных концентрациях компонентов. Проведение исследований в заданном диапазоне концентраций.

### **Этап 3 «Выбор, разработка способа выведения из шахтной атмосферы водорода (H<sub>2</sub>) применительно к Кузбассу».**

(\_\_ . \_\_ . – \_\_ . \_\_ . 2022 г)

## 3.1. Экспериментальные исследования:

– Разработка и изготовление установок для экспериментального опробования выбранных процессов глубокой дегидрогенизации тройной (метан + водород + кислород) газовой смеси. Постановка экспериментов в заданном диапазоне концентраций компонентов.

### **Этап 4 «Заключительный период»**

(\_\_ . \_\_ . – \_\_ . \_\_ . 2022 г)

## 4.1. Завершение работ:

– Оформление отчетной научно-технической документации по выполненным исследованиям, включая патентование при выявлении патентабельных решений.

## **4. Технические данные**

Полнота и качество результатов работ должны соответствовать Техническому заданию.

## **5. Ожидаемые результаты работ:**

– Для условий эксплуатации предприятий Кузбасского угольного бассейна будут определены предельные по взрываемости значения концентраций водорода в шахтных газах.

– Будут разработаны рекомендации по мероприятиям, направленным на интенсификацию улавливания и связывания водорода, и, соответственно, на повышение безопасности труда отрасли.

## **6. Особые условия:**

### **6.1. Исходные данные, представляемые Заказчиком:**

– необходимые данные по составу шахтных газов, условиям отбора газовых проб и методикам анализа;

– данные по газонасыщенности угольных пластов и вмещающих пород.

### **6.2. Заказчик обеспечивает:**

– образцы (в случае необходимости) угля конкретных месторождений;

– посещение (в случае необходимости) горных выработок на конкретных месторождениях.

#### **10. Сроки выполнения работ:**

Начало – \_\_.\_\_.2021 г.

Окончание – \_\_.\_\_.2022 г.

На сегодня дальнейшие решения по данному вопросу мне не известны.

**Заключение.** В угольных шахтах присутствуют при взрыве кроме метана водород и кислород. Дискуссии ведутся о происхождении всех трёх компонентов в атмосфере шахт. Вопрос обостряется в связи с фактом взрыва такой смеси не в угольной шахте (алмазоносная трубка Удачная).

Вопрос формирования при подземной отработке месторождений полезных ископаемых требует дальнейших теоретических, опытно методических, исследований, разработки аппаратного обеспечения сигнализации об опасных состояниях атмосферы в подземных выработках, системы принятия долгосрочных и оперативных решений по предупреждению и предотвращению взрывов и пожаров, обеспечению сохранности персонала.

Данный вопрос касается не только Кузбасса, но и всей горнодобывающей отрасли страны. Поэтому Решение по нему должно приниматься на Государственном уровне.

#### **Список литературы**

*Белозеров И.М.* Природа глазами физика. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008. 131 с.

*Шаров Г.Н., Хаджиев С.Н.* К вопросу о неисчерпаемости запасов нефти (Гипотеза Белозерова-Шарова-Минина). Нефтехимия. – 2019. – Т.59, № 2. – С.123-128].

*Козловский Е.А., Шаров Г.Н., Конторович А.Э., Грицко Г.И., Кузнецов Ф.А., Курленя М.В., Ковалев В.А., Ростовцев В.И., Белозеров И.М., Черноок В.А., Минин В.А., Вахлаева Н.Ю.* Взрывоопасность газа при подземной добыче угля в Кузбассе. (Фундаментальные и прикладные вопросы горных наук. – 2018. – Т.5, № 1. – С.76-82.).

*Сывороткин В.Л.* Глубинная дегазация Земли и глобальные катастрофы. М. ООО «Геоинформцентр», 2002. – 250с.