

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ**

---

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования «Национальный исследовательский технологический  
университет «МИСиС»**

**ГОРНОСТАЕВ ВАДИМ СЕРГЕЕВИЧ**

**ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПО  
ПРЕДОТВРАЩЕНИЮ ВЗРЫВОВ МЕТАНА И УГОЛЬНОЙ  
ПЫЛИ НА ВЫЕМОЧНЫХ УЧАСТКАХ УГОЛЬНЫХ ШАХТ**

**Специальность 25.00.22 – «Геотехнология (подземная, открытая и  
строительная)»**

**Диссертация**

**на соискание ученой степени кандидата технических наук**

**Научный руководитель  
доктор технических наук,  
профессор В.В. Мельник**

**Москва - 2021**

## ОГЛАВЛЕНИЕ

|   |     |
|---|-----|
| ВВЕДЕНИЕ.....   | 5   |
| ГЛАВА 1 СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ.....  | 11  |
| 1.1. Анализ систем разработки угольных месторождений и основных факторов, определяющих их выбор.....                          | 11  |
| 1.2. Первые сведения о взаимозависимости между системами разработок и проявлениями метана, и его взрывами .....               | 20  |
| 1.3. Анализ источников метана, как фактора взрыва в шахте .....   | 28  |
| 1.4. Анализ пылевого фактора угольных шахт .....  | 48  |
| 1.5. Анализ исследований эндогенных пожаров, как фактора взрыва метана и угольной пыли .....                                  | 55  |
| Выводы.....   | 63  |
| 1.6. Цель работы и основные задачи исследований.....  | 65  |
| ГЛАВА 2 ИССЛЕДОВАНИЕ ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ И ГОРНОТЕХНИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ВЗРЫВ МЕТАНА И УГОЛЬНОЙ ПЫЛИ В ШАХТАХ ..... | 67  |
| 2.1. Исследование газодинамических явлений, влияющих на взрыв в сети горных выработок .....                                   | 67  |
| 2.2. Исследование эндогенных пожаров как фактора взрыва метана и угольной пыли .....  | 91  |
| Выводы.....   | 103 |
| ГЛАВА 3 ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВОЗНИКНОВЕНИЯ И РАСПРОСТРАНЕНИЯ ВЗРЫВОВ В УГОЛЬНЫХ ШАХТАХ И УПРАВЛЕНИЯ РИСКОМ ЭТИХ АВАРИЙ ..... | 105 |
| 3.1. Разработка методических рекомендаций прогнозирования возникновения и распространения взрывов в угольных шахтах .....     | 105 |

|  |     |
|--|-----|
| 3.2. Риск-анализ аварий, связанных со взрывом в шахтах для различных технологических схем разработки.....  | 110 |
| 3.3. Методические рекомендации оценки влияния безопасности работ на эффективность горного производства.....  | 115 |
| Выводы.....  | 121 |
| ГЛАВА 4 ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ И ТЕХНИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ, СПОСОБНЫХ СНИЗИТЬ ВЕРОЯТНОСТЬ ВЗРЫВОВ В ШАХТЕ, А ТАКЖЕ ПОДАВИТЬ И ЛОКАЛИЗОВАТЬ ВОЗНИКШИЙ ВЗРЫВ МЕТАНА И УГОЛЬНОЙ ПЫЛИ ..... | 123 |
| 4.1. Технологические схемы подготовки и проветривания выемочных участков, устраняющих опасность распространения поражающих факторов взрывов метана и пыли по сети горных выработок ..... | 123 |
| 4.2. Исследование влияния технологических факторов на удельные объемы проведения выработок, как фактора, способствующего распространению взрыва .....                                    | 130 |
| 4.3. Исследование влияния прямоточных схем проветривания на эндогенную пожароопасность выемочных участков .....  | 134 |
| 4.4. Разработка и научное обоснование критериев и технологических требований для создания автоматических систем локализации взрывов .....  | 142 |
| Выводы.....  | 149 |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....  | 151 |
| Список литературы.....   | 154 |
| Приложение 1.....  | 162 |
| Приложение 2.....  | 175 |
| Приложение 3.....  | 184 |
| Приложение 4.....  | 188 |
| Приложение 5.....  | 195 |
| Приложение 6.....  | 201 |

|                   |     |
|-------------------|-----|
| Приложение 7..... | 222 |
| Приложение 8..... | 228 |
| Приложение 9..... | 245 |



## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность работы.** Анализ экономических показателей работы угольных шахт свидетельствует о существенном влиянии на экономические результаты их хозяйственной деятельности человеческого фактора – социального уровня производства, среди показателей которого являются условия и безопасность труда.

Одним из существенных недостатков, применяемых для анализа деятельности угольных предприятий статистических моделей, является отсутствие в них оценки уровня безопасности технологии и организации работ, что не только снижает информативность моделей, но и ограничивает возможность повышения эффективности производства за счет улучшения условий и безопасности труда.

Уровень промышленной безопасности угольных шахт нельзя оценить, как удовлетворительный, так как остается достаточно высоким количество крупных аварий, связанных со взрывом метана и угольной пыли произошедших за последние десятилетия (аварии на шахтах: «Ульяновская» (2007 г.); «Юбилейная» (2007 г.); «Воркутинская» (2007 г.); «Распадская» (2010 г.); «Северная» (2016 г.) и др.)

Наибольшее количество взрывов в угольных шахтах связано с высокой газообильностью и пылеобразующей способностью разрабатываемых угольных пластов, а также неудовлетворительным проветриванием выемочных участков при извлечении угля в высокопроизводительных очистных забоях. Кроме этого, при увеличении глубины разработки стали чаще проявляться негативные горно-геологические и горнотехнические факторы, провоцирующие взрывы в шахте, такие как газодинамические явления и эндогенные пожары, при несовершенстве параметров применяемых технологических схем различных систем разработки угольных месторождений.

В связи с вышеизложенным совершенствование технологических решений по снижению вероятности взрывов и обоснование эффективной области применения,

в частности, автоматических систем локализации взрывов в горных выработках, является актуальной научной задачей.

**Целью работы** является разработка технологических решений по снижению вероятности взрывов метана и угольной пыли и обоснование эффективной области применения различных средств локализации взрывов.

**Идея диссертационной работы** состоит в том, что технологические решения по предотвращению взрывов метана и угольной пыли должны базироваться на установлении многофакторной зависимости риска аварий для различных технологических схем систем разработки угольных месторождений.

**Методы исследований включали:** анализ опубликованных научных статей по проблематике безопасной отработки угольных пластов; обобщение производственного опыта ведения горного производства на шахтах, опасных по взрывам угля и газа; анализ крупных аварий на угольных предприятиях России; аналитические исследования распространения фронта пламени в сети горных выработок при взрыве угольной пыли; стендовые испытания автоматических систем локализации взрывов; методы математической статистики обработки результатов исследований.

**Научные положения**, выносимые на защиту:

1. Каждая производственная операция характеризуется определенной величиной трудозатрат, условиями труда, продолжительностью пребывания рабочих в зоне, подверженной влиянию опасных производственных факторов. При этом интенсивность проявления опасного фактора определяется как сумма величин критериев (показателей) опасности в зависимости от горно-геологических и горнотехнических условий таких как: газообильность выемочного участка; удельное пылевыведение пласта; проявление внезапных выбросов угля и газа и эндогенных пожаров.

В качестве критериального показателя безопасности труда любого технологического процесса добычи угля предлагается использовать соотношение

производственно необходимых затрат труда, определяемое как доля трудоемкости работ, выполняемых в зоне опасных производственных факторов к ее общей величине.

2. Технологические схемы подготовки выемочных участков, снижающих опасность взрывов метана и угольной пыли в сети горных выработок, должны предусматривать следующие технические решения: в панели должна отрабатываться только одна лава; подготовительные выработки должны отстоять от очистных на расстояние не меньше высоты этажа; конвейерная выработка выемочного участка должна отделяться от магистральной конвейерной выработки гезенком (аккумулирующим бункером); изолирующие вентиляционные сооружения должны быть взрывоустойчивыми.

3. Снижение удельного объема проведения выработок обеспечивает, помимо прямого экономического эффекта, упрощение планировочных решений в пределах шахтных и выемочных полей, благодаря чему сокращается объем проведения подземных транспортных и энергетических коммуникаций, а также улучшаются условия проветривания выработок, что особенно важно для газообильных шахт, чтобы снизить вероятность распространения взрыва метановоздушных смесей и пыли. Наибольшее влияние на удельное проведение выработок оказывают такие технологические факторы, как способ подготовки шахтного поля, система разработки пласта, лавы и длина выемочного поля. При прочих равных условиях наименьший удельный объем проведения выработок достигается при погоризонтном способе подготовки шахтного поля и отработке пласта лавами по восстанию или падению.

4. Технические и технологические требования к автоматической системе локализации взрывов типа АСВП-ЛВ.1М(ПГИ) обеспечивают эффективное подавление сильных взрывов в начальной стадии их развития, скорость распространения фронта пламени которых составляет 340-660 м/с. Технологические схемы расстановки АСВП-ЛВ.1М(ПГИ) определяются

параметрами распространения взрывов с учетом характеристики пылевзрывобезопасности горных выработок.

**Достоверность и обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций** подтверждается:

- удовлетворительной сходимостью результатов прогнозирования возникновения и распространения взрывов в угольных шахтах с реально произошедшими авариями на основе использования математической статистики;
- представительным объемом лабораторных и натурных исследований в производственных условиях;
- положительными результатами испытаний автоматической системы локализации взрывов АСВП-ЛВ.1М(ПГИ) на стендовой базе научно-исследовательских институтов ВостНИИ и КФ ВНИМИ;
- положительными результатами использования технологических схем подготовки и проветривания выемочных участков, устраняющих опасность распространения поражающих факторов взрывов метана и пыли по сети горных выработок.

#### **Новизна основных научных результатов:**

1. Разработаны методические рекомендации прогнозирования возникновения и распространения взрывов в угольных шахтах и установлена зависимость риска аварии от интенсивности проявления опасного производственного фактора, вероятности аварии и ожидаемого ущерба.
2. Разработаны методические рекомендации оценки влияния безопасности работ на эффективность горного производства.
3. Разработаны методические рекомендации определения удельного объема проведения выработок как фактора, способствующего распространению взрыва.

**Научная значимость работы** заключается в установлении многофакторной зависимости риска аварий, связанных со взрывом метана и угольной пыли, для

различных технологических схем систем разработки угольных месторождений, а также в разработке методических рекомендаций определения уровня безопасности труда на основе установления критериального показателя безопасности труда любого технологического процесса добычи (очистные работы, подготовительные работы, транспорт и т.п.).

**Практическая значимость работы** заключается: в разработке шести технологических схем подготовки и проветривания выемочных участков, устраняющих опасность распространения взрывов в шахте; в рекомендациях расстановки автоматических систем локализации взрывов по сети горных выработок; в применении эффективных автоматических систем локализации взрывов АСВП-ЛВ.1М(ПГИ) на угольных шахтах России.

**Реализация результатов работы.** Результаты работы использованы при решении вопросов предупреждения взрывов в сети горных выработок на шахтах «Чертинская-Коксовая» и «Костромовская» Угольной компании «ММК-Уголь». Научно-исследовательским институтом КФ «ВНИМИ» используются результаты исследований при разработке проектов многофункциональных систем безопасности угольных шахт Кузбасса.

**Апробация работы.** Основные научные положения, отраженные в диссертационной работе и внедренные на угольных шахтах Кузбасса, докладывались на научных симпозиумах «Неделя горняка» (НИТУ МИСиС, г.Москва) в 2019 и 2020 гг., а также на научных семинарах АО КФ «ВНИМИ» в 2018-2020 гг. и на научно-техническом совете ООО «Геотехнология-Взрывозащита» в 2020 г.

**Личный вклад автора** заключается в постановке задач исследований, проведении аналитических исследований по установлению риска аварии, связанной со взрывом в шахте, в разработке методических рекомендаций прогнозирования возникновения и распространения взрывов в сети горных выработок и оценки влияния безопасности работ на эффективность горного производства, а также в

предложении изменений в конструкцию автоматических систем локализации взрывов АСВП-ЛВ.1М(ПГИ), повышающих их эффективность, а также предложении технологических схем их расстановки и получении основных научных результатов исследований.

**Публикации.** По результатам проведенных исследований, которые представлены в диссертационной работе, опубликовано 5 статей в изданиях, входящих в перечень ВАК РФ.

**Объем и структура работы.** Диссертационная работа структурно состоит из введения, четырех глав, заключения, девяти приложений и содержит 17 таблиц, 25 рисунков, список использованных источников из 87 наименований.

## ГЛАВА 1 СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ

### 1.1. Анализ систем разработки угольных месторождений и основных факторов, определяющих их выбор

Основные отличия систем разработки определяются рядом признаков, которые характеризуют ее варианты (см. рис. 1.1) [1-3].

I-й признак - технология очистной выемки угля. По этому признаку технология разделяется на группы: с длинными забоями и с короткими забоями.

II-й признак определяет направление движения лавы при выемке угля по отношению к элементам залегания пласта.

III-й признак - схема подготовки пласта (этажа, яруса) к очистной выемке.

В зависимости от принятой схемы даже для одной и той же системы разработки развитие сети подготовительных выработок может быть самым различным. Так, при сплошной системе разработки в одном случае забои подготовительных выработок только на несколько десятков метров опережают очистной забой, в других - это опережение составляет 200-300 м [4].

При выборе системы разработки пологих угольных пластов имеют большое значение такие природные факторы, как глубина залегания, мощность и углы падения пластов, метаноносность пластов и их склонность к самовозгоранию, марка и качество угля, свойства боковых пород. Меньшую роль играют такие природные факторы, как строение пласта, крепость и кливаж угля, тектоника и водоносность месторождения [5-7].

К числу экономических факторов следует отнести ценность и народнохозяйственное значение данного полезного ископаемого, которое, в свою очередь, зависит от направления его использования (в качестве энергетического или химического сырья, для производства кокса или, возможно, в качестве сырья для выделения каких-нибудь редких элементов и т. п.) и определяет допустимый

уровень потерь в недрах. При всех условиях имеет большое значение соотношение стоимостей выполнения отдельных видов горных работ и их суммарная абсолютная величина на 1 т добытого полезного ископаемого [8-10].

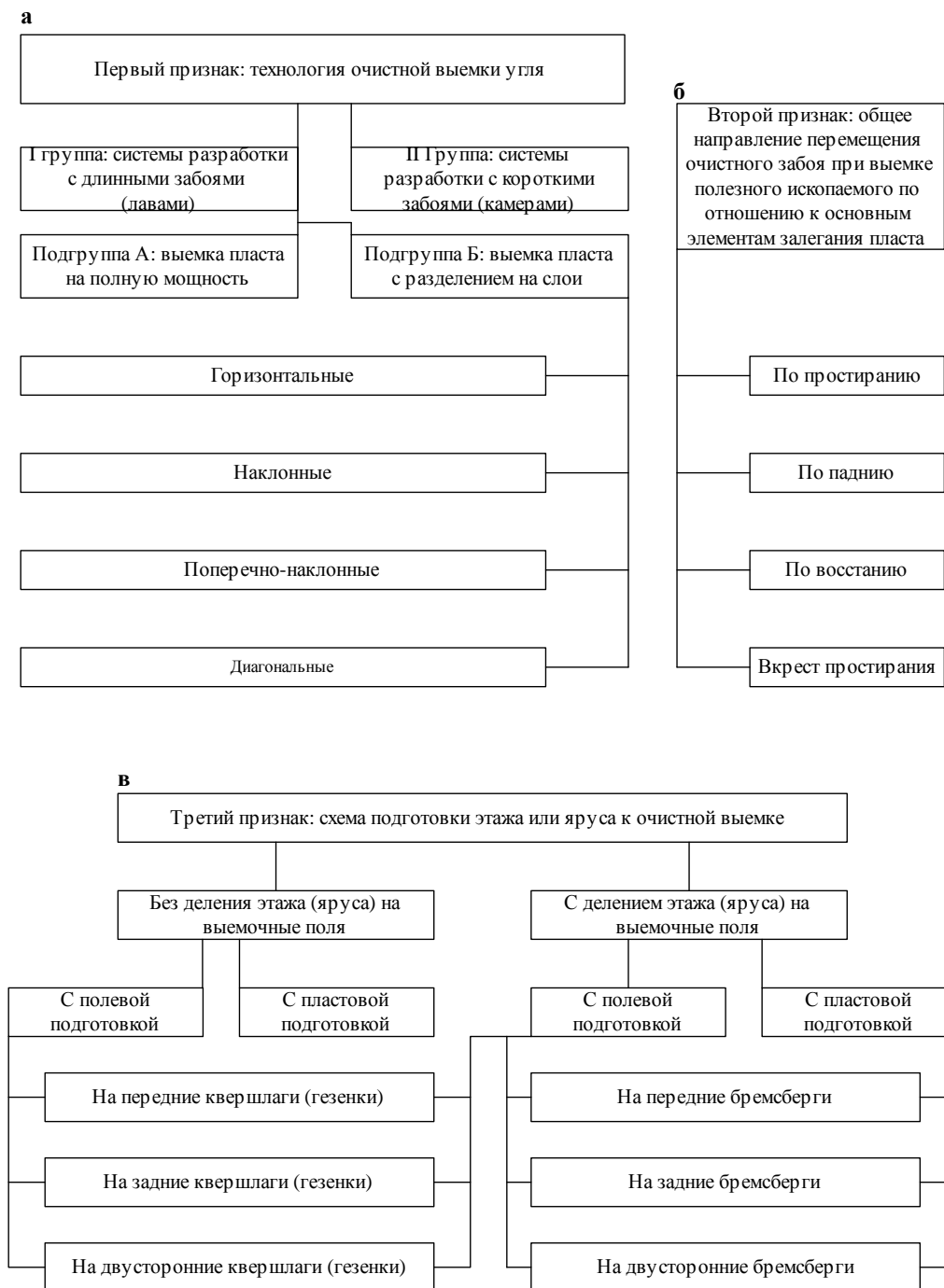


Рисунок 1.1 - Классификация систем разработки



Значение того или иного природного, технического или экономического фактора может изменяться во времени в зависимости от состояния горной техники и народнохозяйственной конъюнктуры.

Для разработки тонких угольных пластов с большой зольностью могут быть запроектированы такие системы, применение которых позволит добиться резкого снижения трудоемкости выемки ценой значительного увеличения потерь угля. Если к тому же будут созданы высокопроизводительные и экономичные способы обогащения высокозольных углей, то весь цикл работ по добыче угля, начиная с выемки и кончая получением товарного угля, может стать рентабельным [11].

Даже при условии разработки пластов с применением выемочных машин, работающих по принципу механического разрушения угля, могут быть запроектированы различные технологические варианты [12-15]:

- 1) длинные очистные забои, оснащенные комбайнами или струнами и комплектами передвижной гидромеханизированной крепи;
- 2) длинные очистные забои, оснащенные выемочными агрегатами (выемочная машина и передвижная крепь – конструктивно единое целое);
- 3) короткие забои с применением выемочных комбайнов, работающих «в лоб забою»;
- 4) длинные очистные забои с выемкой угля обычными выемочными комбайнами фронтального действия с переносными или передвижными конвейерами и комплектами призабойной и посадочной крепей.

Даже при условии разработки месторождений длинными механизированными очистными забоями могут найти применение различные варианты сплошной, столбовой и комбинированной систем.

Целесообразно к числу самостоятельных видов систем разработки длинными очистными забоями отнести и систему разработки парными штреками в тех случаях, когда длина очистного забоя, отрабатываемого прямым ходом, превышает ту предельную, которая требуется для размещения в выработанном пространстве

породы от подрывки двух штреков (рис. 1.2).

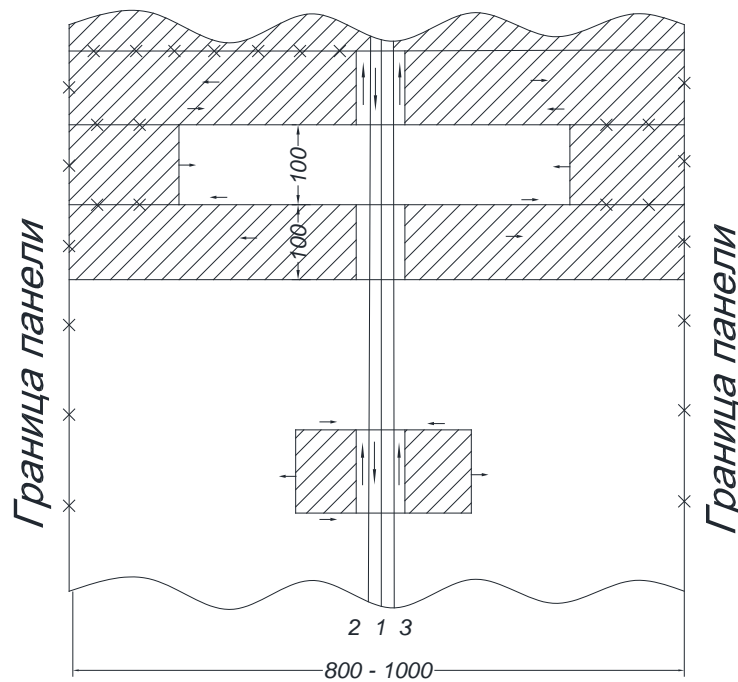


Рисунок 1.2 - Система разработки парными штреками

Можно назвать комбинированной (комбинация сплошной системы и длинных столбов по простиранию) систему разработки пласта, получившую широкое применение на шахтах Донбасса и Кузбасса (рис. 1.3).

На шахтах применяют и другие разновидности комбинированных систем. Особенно широкое распространение эти системы разработки получили на шахтах, отличающихся небольшой газообильностью.

Рассмотрим главным образом методические вопросы правильного выбора наиболее распространенных систем разработки: сплошной, столбовой и парных штреков.

Проведенные исследования и производственный опыт показывают, что основные природные факторы отражаются на области применения трех названных систем разработки следующим образом.

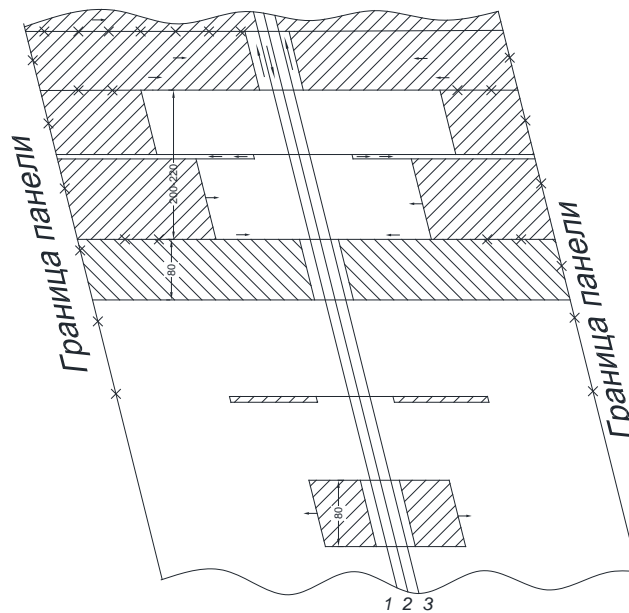


Рисунок 1.3 - Комбинированная система разработки

Практически на пластах любой рабочей мощности их отработка длинными столбами более экономична, чем сплошная. Исключение составляют пласты мощностью менее 0,7 м с устойчивыми боковыми породами, которые целесообразно отрабатывать по сплошной системе или парными штреками. Во многих случаях даже пласты мощностью 0,7-1 м (преимущественно с устойчивыми боковыми породами) целесообразно отрабатывать парными штреками.

Во всем диапазоне пологого падения пластов от 0 до 25° могут быть применены все три системы разработки, но отдельные варианты этих систем могут быть использованы только в строго ограниченной области углов падения. Например, только при углах падения до 5° может быть применен вариант столбовой или сплошной системы разработки спаренными лавами.

При углах падения пластов менее 10° на шахтах I и II категории по метану может быть применен вариант системы разработки парными штреками с двукратным использованием транспортных участковых штреков: первый раз - для верхней лавы, отрабатываемой прямым ходом, второй раз - для нижней лавы,

отрабатываемой обратным ходом.

Система разработки парными штреками, как и сплошная система могут быть применены и применяются на пластах любой метаноносности. Следует отметить, что наличие высокометаноносных спутников ограничит применение парных штреков, так как последние могут стать источником газа, аккумулирующегося в выработанном пространстве лав, отрабатываемых прямым ходом. При отработке столбов угля обратным ходом наличие расположенных ниже коллекторов метана небезопасно.

В этих случаях лучше применить систему разработки парными штреками в ее первоначальной модификации, когда длина очистного забоя, отрабатываемого прямым ходом, не превышает необходимой для размещения породы из подрывки двух штреков.

Степень устойчивости боковых пород лишь в отдельных случаях может быть препятствием на пути применения одной из систем разработки. Так, например, на пластах с весьма неустойчивыми боковыми породами применение сплошной системы или системы разработки парными штреками не только экономически нецелесообразно, но и технически невозможно. Во всех остальных случаях речь идет лишь о меньшей или большей экономичности каждой из трех возможных систем разработки пластов с боковыми породами различной устойчивости.

Расчеты, произведенные многими авторами, показывают, что сплошная система разработки пластов особенно неэкономична при слабой устойчивости боковых пород, а систему разработки парными штреками имеет смысл применять при устойчивости боковых пород не ниже средней [16-17].

Склонность углей к самовозгоранию также не является препятствием, делающим применение одной из трех систем разработки невозможным. Однако эта склонность углей накладывает на все системы требование осуществлять выемку угля как можно полнее и не оставлять в выработанном пространстве целики угля, которые могут быть под действием горного давления разрушены и в условиях

активного окисления воздухом стать источником пожара. Кроме того, применяемая система разработки должна, быть удобной для проведения мероприятий по тушению пожаров (например, изоляции отдельных участков и нарезки очистных забоев заново).

С этой точки зрения более удобна столбовая система разработки, и особенно с применением полевых штреков.

Крепость угля отражается только на выборе отдельных параметров системы разработки (длины лавы), а также на выборе средств выемки угля.

Степень тектонической нарушенности месторождения в некоторых случаях может повлиять на выбор как средств механизации выемки, так и самой системы разработки. Известно, что лучшая разведанность месторождения и большая гарантия сохранения постоянного фронта очистных забоев обеспечены при столбовой системе разработки.

Из числа технических факторов, оказывающих иногда решающее влияние на выбор системы разработки, следует отметить уровень механизации и организации работ по проходке подготовительных выработок и применяемую в лаве технологию очистной выемки. Многие шахты не были в состоянии перейти на столбовые системы разработки из-за низких скоростей проходки подготовительных выработок.

Механизированные комплексы или агрегаты могут быть более эффективны при столбовой системе разработки и четко работающем внутришахтном транспорте.

При панельном способе подготовки шахтного поля для своевременной подготовки ярусов к отработке по столбовой системе требуются в два-три раза меньшие скорости проходки подготовительных выработок, чем при этажной подготовке.

При существующих скоростях подвигания очистных забоев система разработки парными штреками может быть применена только при панельном

способе подготовки или на небольших шахтных полях с этажным способом подготовки. При значительных сроках службы штреков, пройденных по пластам с боковыми породами даже средней устойчивости, их повторное использование при отработке лав обратным ходом практически невозможно.

Области технически и экономически рационального применения каждый из трех основных систем разработки устанавливают методом сопоставления вариантов с учетом перечисленных природных и технических факторов по сумме эксплуатационных расходов на проходку выработок, их перекрепление и поддержание, транспорт по основным и участковым штрекам, заработную плату постоянного штата рабочих в лаве и прочие эксплуатационные затраты в пределах этажа или панели.

При отработке пласта длинными столбами общее подвигание очистной линии забоев на действующих шахтах примерно на 20 % выше, чем при сплошной системе. Эта разница в подвигании очистных забоев влияет не только на стоимость поддержания участковых штреков (сокращается время поддержания этих выработок) и на стоимость транспорта по участковым выработкам (возрастает величина грузопотоков), но и на число действующих очистных забоев по всей шахте в целом.

При прочих равных условиях при столбовой системе разработки потребуется на 20% меньшее число лав, чем при сплошной системе.

При системе разработки парными штреками подвигание лав, отрабатываемых прямым ходом, такое же, как и при сплошной системе, а подвигание лав, отрабатываемых обратным ходом, на 20% больше, чем при сплошной системе. Таким образом, подвигание всей очистной линии забоев при системе разработки парными штреками можно принять на 10 % больше, а число действующих очистных забоев по шахте на 10% меньше, чем при сплошной системе.

Приведенные выкладки верны, конечно, в том случае, когда длины очистных забоев в сравниваемых системах разработки приняты одинаковыми. В тех случаях,

когда сравнивают какие-то две системы разработки при общем числе лав, не превышающем двух-трех, разница в нагрузках на очистной забой не отражается прямо на числе лав.

Более точная оценка экономической эффективности увеличения нагрузок на очистной забой при проектном сравнении систем разработки с разными подвиганиями очистных забоев может быть произведена на основе анализа отдельных статей затрат, зависящих от нагрузки. При панельном способе подготовки шахтного поля такими статьями затрат являются поддержание ярусных штреков, транспорт по ярусным штрекам и зарплата постоянного штата рабочих в лаве. При этом добыча, получаемая с пласта, так же, как и средняя нагрузка на одну панель, при всех сравниваемых системах разработки должна приниматься одинаковой. Сроки отработки панелей и грузопотоки по основным горизонтальным штрекам в сравниваемых системах разработки остаются также неизменными [18-20].

При расчете расходов по поддержанию ярусных штреков следует учитывать не только различные сроки отработки ярусов, но и различные числа действующих лав и обслуживающих их штреков в сравниваемых системах разработки. Как те, так и другие различия обусловлены разными подвиганиями очистных забоев.

При панельном способе подготовки увеличение числа действующих очистных забоев в большинстве случаев может быть легко осуществлено без значительных изменений в подготовке шахтного поля. При этажном способе подготовки увеличение числа действующих лав в одном из сравниваемых вариантов отработки пласта может повлечь за собой увеличение высоты этажа, изменение конструкции этажа и выемочного поля или числа одновременно разрабатываемых этажей.

В тех случаях, когда особенностями технологического характера или экономическими расчетами обусловлены различные длины очистных забоев в разных системах разработки, единственным (при прочих равных условиях)

требованием сопоставимости этих систем остается равенство добычи, получаемой с пласта, и, если возможно, равенство средней по пласту добычи из панели, выемочного поля, этажа. При соблюдении этого основного требования каждый из сравниваемых вариантов должен быть поставлен в наиболее благоприятные технические условия. Для каждой из сравниваемых систем должны быть приняты оптимальные параметры и конструкции элементов подготовки шахтного поля и наивыгоднейший порядок отработки ярусов в панели и подэтажей в этаже.

В большинстве случаев достаточно точное сравнение систем разработки по эксплуатационным расходам может быть произведено при панельном способе подготовки в пределах одной панели, при этажном способе подготовки - в пределах крыла этажа, а иногда даже в пределах выемочного поля. В тех случаях, когда по условиям технологии работ или по экономическим соображениям каждой из рассматриваемых систем разработки соответствуют различные параметры подготовки (например, разное число одновременно разрабатываемых выемочных полей или панелей, разные высоты или число разрабатываемых этажей и т. п.), сравнение этих систем должно производиться с учетом всех зависящих эксплуатационных расходов в пределах всего шахтопласта на данном горизонте.

## **1.2. Первые сведения о взаимозависимости между системами разработок и проявлениями метана, и его взрывами**

Вопросы борьбы с метаном и предотвращением его взрывов издавна были связаны с системой разработки угольных пластов. Указания на это мы находим в ряде работ уже в XIX веке.

Вначале системы разработки рассматривались с позиций предупреждения возможности распространения взрыва газа по выработкам шахты. Так, Г. Теплов, побывав в шахтах Франции и Бельгии, в статье, опубликованной в 1842 г., отмечает что, Ньюкастельская метода, по коей разделяют всю каменноугольную копь на



несколько больших квадратов, из коих каждый в свою очередь разделяется на столбы, прилична для тех пластов, при добыче которых отделяется много горючего газа. При этой системе воспламенение газа или обрушения, происшедшие в одном квадрате, не могут распространяться в другие [21].

Система разработки длинными столбами была с успехом применена Г. Тепловым в Лисичанске. Аналогичные высказывания имеются в курсе горного искусства А. Узатиса [22]; кроме того, описывая взрывы газа, он говорит: «Избежать столь больших взрывов возможно, если поле шахты разделять толстыми столбами (целиками) угля».

Несколько позже в литературе была отмечена связь между длиной очистного забоя и размерами выделения газа. Так, в статье Г. Граматчикова, посвященной описанию систем разработок, применяемых в Бельгии [23], указывается, что забоям дают ширину от 6 до 9 сажен. Если от пласта отделяется много гремучего воздуха, то забой по необходимости уменьшают в ширину до 2 сажен и в высоту до 1 сажени с целью уменьшить обнаженную поверхность пласта, отделяющую газ. Описывая камерную систему разработок, он отмечает, что этот способ есть наилучший (хотя и не весьма выгодный) для пластов коротких, неправильных и изогнутых, особенно если отделяется много гремучего воздуха. Ширина забоя (камеры) зависит от многих местных обстоятельств, но вообще она пропорциональна крепости кровли и обратно - количеству скопляющегося гремучего воздуха.

К этому времени было известно также, что подготовительные выработки могут значительно дегазировать разрабатываемый угольный пласт. Так, давая обзор Всемирной горной выставке в Лондоне, устроенной в середине XIX века, В. Бек [24] указывает: «При разработке месторождений каменного угля, отделяющих много газов, всегда закладывают штреки прежде, чем приступят к добыче столбов, потому что таким расположением работ месторождение освобождается от газов и все

последующие работы могут быть совершаемы с большей безопасностью». Об этом же имеются указания у Г. Ауэрбаха [25], В. Иосса [26] и В. Бека [27].

В работе Г. Лотнера [8] имеется ряд указаний на значение газовыделений при выборе систем разработки. В отношении системы длинных столбов по простиранию отмечается, что необходимо иметь предохранительные целики угля у основного и вентиляционного штреков. При выемке отдельных бремсберговых или уклонных полей: «надлежит оставлять невынутыми предохранительные столбы для совершеннейшего уединения оставляемой старой выработки. Это становится необходимым в особенности при существовании удушливых газов и там, где оставляемый в старой разработке недобытый уголь склонен к самовозгоранию».

О необходимости уменьшать длину очистного забоя на газовых шахтах при потолкоуступной форме забоя на крутом падении пишет также Антипов [29].

Ж. Гаврез [30], описывая шахты Англии, отмечает, что выемка мощных пластов угля камерами без закладки приводит к накоплению больших масс газа в выработанных пространствах и создает опасность взрыва. Сплошная выемка с закладкой применяется при разработке пластов средней мощности и пологом залегании. При этой системе утечки воздуха меньше и скопления газа в выработанных пространствах ограничены.

Описывая шахты Саарского бассейна, К. Гривнако [31] указывает, что при отработке газоносных пластов нельзя применять систему забоев по восстанию, так как при этом они плохо проветриваются, что приводит к загазовыванию их. Лучшая система в этом случае - сплошная выемка с изолированными друг от друга забоями для предохранения от распространения взрывов. Интересно такое заключение автора: «Висячий бок этого пласта (пласта Макс) необыкновенно богат удушливыми газами, которые выделяются весьма сильно при оседании его на значительной площади. В этом случае никакая вентиляция не может отстранить взрыва...» Автор отмечает, что единственным средством отстранения взрыва оказался провод буровых скважин на небольших расстояниях друг от друга на 1 или

1,5 м глубиною в висячий бок - с тем, чтобы газы успели выйти перед оседанием его. Эти скважины оказывают особенно прекрасные услуги около трещин сбросов. Так как при сплошной выемке с изолированными забоями обнажается небольшая площадь висячего бока, то опасность взрывов при ней совсем исчезает. При столбовой выемке также не следует опасаться взрывов, так как при предварительном проводе выемочных штреков газы большей частью уже успевают выделиться. В своем отчете о заграничной командировке Сабанев и Шмидт [32] отмечают, что во Франции при выемке слоями мощных пластов углей, являющихся газоносными, выемку следующего слоя не начинают, не закончив полностью выемку и закладку первого, чтобы в случае взрыва газа действие его было бы по возможности ограничено.

Интересное замечание имеется в статье Н. Нестеровского [33] о том, что в одной из шахт Франции при выемке горизонтальных слоев в восходящем порядке наблюдалось образование пустот в угле, при отслаивании его или в закладке, при оседании последней. Эти пустоты благоприятствуют возникновению пожаров и скоплениям гремучего газа. Образования пустот не наблюдается при выемке слоев в нисходящем порядке.

В справочной книге Г. Дорошенко [34], вышедшей в 1880 г., указывается: «Выделение рудничного газа замечается в тем большей степени, чем быстрее подвигаются забои, так, что количество выделяющегося рудничного газа будет пропорционально не развитию подготовительных работ, а скорости подвигания плоскостей забоев и их величине, т.е. производительности рудника».

После первых взрывов газа в Донбассе вопрос о влиянии систем разработок на проявления метана для русских горных инженеров приобрел не только познавательный, но и чисто практический интерес. Обсуждая эффективные меры борьбы с метаном в шахтах Донбасса, проф. Н.Д. Коцовский [35] отмечает, что касается способа разработки короткими столбами с обрушением кровли, применяемого на юге России и несомненно вызванного характером

разрабатываемых месторождений, то я полагаю, что возможность его оставления на каменноугольных коях, богатых рудничными газами, должна быть тщательно проверена. Он отмечает, что первое неудобство рассматриваемой системы состоит в необходимости проводить значительное число восстающих штреков (на юге печек), а эта работа, как известно, представляется наиболее опасной в присутствии рудничных газов. Второе не менее существенное, неудобство кроется в необходимости (благодаря большому числу пересекающихся выработок) устраивать значительное число направляющих перегородок для установления правильной вентиляции подготовительных выработок. В силу вышеизложенного, он полагал, что на каменноугольных коях, богатых рудничными газами и имеющих почвою пласты породы прочные и не вспучивающиеся, выемка короткими столбами должна быть заменена выемкой длинными столбами.

Далее отмечается, что в случае невозможности применения последней системы надлежит обращать особое внимание на усиленную вентиляцию выработок.

В обзорной работе Е. Гомана [36] со ссылкой на работы Хоговского указывается, что проявления метана находятся в зависимости «... от приемов первых подготовительных работ (углубка шахт, проходка квершлагов и т.п.), общей распланировки выработок (провод основных и проветривающих штреков, распределение целиков и пр.) и способов ведения очистных работ».

В своем отчете Г. Хоговский подробно, излагает, как ведутся эти работы в Острowo-Карвинском округе, в зависимости от местных геологических условий, и предлагает средства к устранению опасностей появления гремучего газа. Относительно первых подготовительных работ он советует производить их заблаговременно, чтобы дать газу время выделиться, в возможно большем количестве еще до начала очистных работ, и вести главные и подготовительные штреки по возможности большего сечения (4-5 м<sup>2</sup>).

Описывая взрыв газа на одной из шахт этого бассейна, Стибер [37] указывает, что поле, предназначенное для очистной добычи, перерезалось таким количеством штреков, чтобы до момента выемки, т. е. приблизительно в 3-летний период, весь гремучий газ имел бы время выйти из угольных целиков. Этою мерою желали достигнуть безопасной по отношению к взрывам выработки этого мощною (3,80 м) пласта.

В монографии К. Ржонсницкого [38] о рудничном газе отмечается, что интенсивность газовыделения из свежесобранного забоя снижается во времени и угольный пласт дегазируется на некоторую глубину. В связи с этим в качестве меры борьбы с газом рекомендуется, наряду с деятельным проветриванием, остановка забоев для снижения выделения метана и дегазации угля. Указывается, что в выработанные пространства выделяется метан из оставляемых целиков угля и из вмещающих пород. При оседании или обрушении кровли газ может выталкиваться в выработки. Далее автор отмечает, что увеличение производительности шахт на длительный период времени приводит к росту их абсолютной метанообильности, а временные колебания в добыче угля практически не отражаются на общем дебите газа. При столбовой системе разработки угля с обрушением газовыделение в забоях меньше, так как часть газа выделяется при нарезке столбов, но зато в выработанных пространствах могут скапливаться большие количества газа. При сплошной системе выемки угольных пластов с закладкой выработанного пространства газовыделение в забоях будет более интенсивным и потребует более деятельного проветривания, но при тщательно выполненной закладке выработанного пространства последнее будет представлять меньшую опасность.

В горном справочнике Г. Гефера [39] указывается, что для газовых шахт подготовительные выработки должны вестись параллельными (сдвоенными) и высота этажа (длина лавы) уменьшается.

После поездки за границу Н.Д. Коцовский в своем отчете [40] указывает, что вполне доказано, что длина забоев и время, в течение которого производится

отбойка, сильно влияют на выделение газа, и чем длиннее поверхность обнажаемых забоев и дольше производится отбойка угля, тем выделение газа больше. Эти обстоятельства указывают на необходимость в пластах, очень богатых рудничными газами, ограничивать число действующих забоев и приступать к новой подбойке после известного промежутка времени, в течение которого уголь мог бы выделить газ, находящийся в нем под сильным давлением. Указывается также, что для снижения общего выделения газа и предупреждения внезапных выбросов угля и газа следует снижать скорость продвижения очистных забоев. Так, в Бельгии скорость продвижения забоев составляет 1,2-2,5 м в негазовых шахтах и вдвое меньше в газовых; в шахтах, где скорость подвигания очистных забоев снижена, горный надзор не разрешает ее повышать.

Из приведенных выше материалов следует, что еще в XIX веке горняками был установлен ряд закономерностей, связывающих системы разработок угольных месторождений с газовыделениями. Эти эмпирически установленные закономерности характеризовали качественную сторону явлений. Для вывода количественных связей требовалось проведение специальных исследований.

Важнейшим достижением было установление следующих положений:

1) отказ от систем разработок, при которых все действующие забои проветривались последовательно одной струей воздуха, что считалось обязательным по правилам горного искусства эпохи средневековья; этот отказ отражается и в современных горных законодательствах;

2) введение системы длинных столбов, проветриваемых параллельно и отделенных друг от друга целиками угля, что препятствовало распространению взрывов газа и пыли и облегчало изоляцию участков при возникновении пожаров;

3) установление дренирующего действия подготовительных выработок и использование этого явления для предварительной дегазации газоносных угольных пластов; при этом снижалась интенсивность выделения метана в призабойных пространствах по сравнению с выделением при сплошных системах;

4) переход на слоевых системах от отработки снизу-вверх к обратной, т. е. сверху вниз, во избежание больших выделений метана в выработанных пространствах и скоплений газа в пустотах при отслоении угля или боковых пород;

5) установление прямой пропорциональной связи между нормальной производительностью шахты и дебитом метана вне зависимости от скорости подвигания очистных забоев и отклонения от этой закономерности при кратковременных изменениях размеров добычи угля;

6) установление связи между рациональной длиной лавы и газоносностью угольного пласта, а также между последней и скоростью подвигания очистных забоев;

7) предупреждение интенсивного газовыделения или, внезапных выбросов угля и газа путем снижения скорости подвигания забоя;

8) прохождение парных подготовительных выработок в целях облегчения проветривания их забоев;

9) закладка выработанного пространства для ликвидации больших пустот, заполняющихся газами, и предупреждения возможности выделения метана из выработанных пространств в больших количествах при сдвигениях боковых пород;

10) бурение дегазационных шпуров в газоносных породах кровли в целях снижения выделения метана в выработанных пространствах.

Эмпирически установленные закономерности в какой-то мере позволяли воздействовать на перераспределение метана в горных выработках, облегчать борьбу с возможностью загазования рудничной атмосферы, предупреждать внезапные выбросы угля и газа или снижать их активность, препятствовать распространению взрыва газа по сети горных выработок.

Изучение газоносности угольных пластов, метанообильности выработок и причин взрывов газа в шахтах Донбасса, проводившееся в России до 1917 г., не выявило новых связей между проявлениями метана в шахтах и применяемыми

системами разработок. Некоторые исследования в этом направлении проводились в 20-30-х годах XX века МакНИИ и Всесоюзным угольным институтом (ВУГИ). Систематическое изучение газового баланса выработок угольных шахт и связи его с применяемыми системами разработки, стало проводиться ИГД АН СССР с 1938 г., где эти работы велись под руководством академика А. А. Скочинского.

В результате проведенных исследований изучена структура газового баланса многих шахт Донбасса, Кузбасса и Караганды. Аналогичные работы проводились в шахтах Воркуты ПечерНИИПроект-ом, в шахтах Грузии Грузинским политехническим институтом, в шахтах Караганды Карагандинским научно-исследовательским угольным институтом (КНИУИ) и ИГД АН Казахской ССР.

### **1.3. Анализ источников метана, как фактора взрыва в шахте**

Основными источниками метана, как фактора взрывов в шахтах являются разрабатываемые угольные пласты, неразрабатываемые пласты и пропластки угля и углистого сланца, породы, вмещающие разрабатываемые пласты, и, в редких случаях, полости природного происхождения, заполненные газом или образовавшиеся вследствие ведения горных работ (полости расслоения пород при смещении их над или под выработанным пространством – так называемые полости Вебера). Весьма редко некоторое количество метана может поступать из подземных застойных или погребенных вод [41-45].

В подавляющем числе случаев в шахтах с высокой относительной метанообильностью выработок (более 30-40 м<sup>3</sup>/т) основное количество метана поступает из сближенных угольных пластов рабочей мощности, вынимаемых с отставанием или из неразрабатываемых пластов и пропластков угля и углистого сланца, которые являются активными коллекторами газа, т.е. обладают сорбционной способностью и имеют метаноемкость, значительно большую, чем пассивные коллекторы газа, например пористые песчаники, известняки и другие



породы. Сближенными пластами и пропластками угля в дальнейшем изложении называются те из них, которые при подработке или надработке отдают содержащийся в них газ в выработанные пространства вынимаемого угольного пласта.

В весьма редких случаях основными источниками газа могут являться пассивные коллекторы; известны единичные случаи, когда основное количество метана поступало из трещин природного или эксплуатационного происхождения.

От характера основных источников метана зависят и способы управления газовыделением, т. е. способы изменения общего количества газа, поступающего в шахты; перераспределения выделения метана в пространстве (по сети выработок) и во времени; предупреждение или уменьшение активности необычных выделений газа.

Система разработки угольных пластов в определенных природных условиях оказывает решающее влияние на масштабы, характер и распределение газопроявлений в горных выработках. Это влияние тем, выше, чем больше удельный вес выделения метана из разрабатываемого угольного пласта в общем дебите этого газа по выработкам шахты или участка.

Поэтому в дальнейших рассуждениях о влиянии применяемой системы разработки на структуру газового баланса выработок, а в связи с этим и о возможности управления газовыделением изменением систем разработок или их отдельных элементов, мы будем иметь в виду только выделение метана из самого разрабатываемого угольного пласта; из обсуждений исключаются такие факторы, как способы выемки угля, методы управления кровлей, схемы проветривания участков и т.п., имеющие самостоятельное значение.

Частично эти вопросы затрагивались в работах И.М. Печука [46], более подробно они были освещены в монографии А.М. Ильштейна [47] и подвергнуты специальному рассмотрению в исследованиях [48 и 49].

От применяемой системы разработки в известных пределах зависит величина относительной метанообильности выработок и в значительно большей степени - структура газового баланса выработок, т. е. распределение выделения метана по подготовительным выработкам, призабойным и выработанным пространствам.

Рассмотрим факторы, определяющие размеры газовыделения в горные выработки.

Перераспределение выделения метана в зависимости от применяемой системы разработки угольных пластов во многом определяется сетью подготовительных выработок, которые предварительно дренируют угольный пласт.

Эффективность предварительного дренажа разрабатываемых угольных пластов зависит от протяженности подготовительных выработок, приходящейся на единицу вынимаемых запасов угля; времени их существования; порядка ведения подготовительных и очистных работ; известную роль при этом играют также и такие природные факторы как газопроницаемость, газоносность и прочность угольных пластов.

Это положение впервые с количественной стороны было освещено, М.Ф. Лепренс-Ренгэ [50], который отметил, что в бассейне Луары в шахте «Фонтэн» применялись системы разработки, не требовавшие значительной сети подготовительных выработок; при этом удельный вес газовыделения из очистных работ достигал 67%; на шахте «Шарль», где сеть подготовительных выработок была значительной, дебит метана из очистных работ составлял только 16% общего по шахте. В зависимости от природных и горнотехнических условий метановыделение из очистных забоев во французских шахтах изменяется от 37 до 85% общего дебита газа по шахтам.

Поскольку процесс дренажа угольного пласта подготовительной выработкой протекает длительное время, а именно, по данным различных наблюдателей, от 5 [51] до 9 [52] и даже 18 и более месяцев [53], то степень дренированности угольного массива зависит не только от протяженности подготовительных выработок, но и

продолжительности периода времени от момента прохождения подготовительной выработки в данном месте до момента выемки в нем угольного пласта очистным забоем. Вполне понятно, что время, превышающее период истощения угольного пласта данной выработкой, не оказывает влияния на извлечение газа. Таким образом, если при сплошной системе разработки, когда опережение откаточными штреками очистных забоев незначительно и их дренирующее действие мало, то оно становится значительно большим при столбовой системе разработки, когда подготовительные выработки существуют и дренируют пласт продолжительное время.

Переходя к роли природных факторов, следует указать в первую очередь, что при той же сети подготовительных выработок и прочих одинаковых условиях угольный пласт, обладающий более высокой газопроницаемостью, будет дренирован в большей мере, т.е. зона газового дренажа вокруг подготовительной выработки будет распространяться в массив угля на большую глубину.

Поскольку в уравнение фильтрации газа через пористую среду коэффициент газопроницаемости входит в качестве множителя в первой степени, то и количество газа, выделяющееся в подготовительные выработки, должно быть прямо пропорционально газопроницаемости угольных пластов. Однако при проведении подготовительной выработки вокруг нее образуется зона повышенного напряженного состояния горных пород вследствие перераспределения горного давления. Это перераспределение обусловлено тем, что вес столба пород над контуром выработки переносится в виде дополнительного опорного давления на окружающие породы, и в том числе на целики угля. Чем шире выработка, тем выше опорное давление и больше зона его влияния. Газопроницаемость каменных углей резко меняется в зависимости от внешнего давления на уголь [54] вследствие того, что при сжатии угля в первую очередь сокращается объем фильтрующих пор и трещин и это вызывает уменьшение коэффициента газопроницаемости.

Газоносность угольного пласта, а стало быть и величина природного газового давления в нем, также влияет на количество метана, выделяющегося в подготовительные выработки, причем эта зависимость может быть осложнена рядом факторов. При неизменной проницаемости угольного пласта величиной газового давления определяется глубина зоны газового дренажа. Таким образом, по мере повышения газоносности угольного пласта увеличивается и протяженность зоны газового дренажа; последним охватываются большие массивы угля вблизи подготовительной выработки. Как следствие, дебит метана выработки увеличивается в размерах, больших, чем определяемых прямой пропорциональной зависимостью его от газоносности пласта. С другой стороны, при равной, газоносности угольных пластов, но их различной метаноемкости, понимая под этим термином количество газа, которое может содержаться в каменном угле в заданных условиях, природное газовое давление будет различным, а именно, большим в пластах с меньшей газоемкостью. Следовательно, и зона газового дренажа в угольном пласте с меньшей метаноемкостью может оказаться большей.

Механические свойства каменного угля также, в известной мере, определяют газовый дренаж угольного пласта в зоне влияния подготовительной выработки. Действительно, распределение горного давления на массив угля зависит от его прочности: чем крепче уголь, тем меньше область предельного напряженного состояния. Естественно, что и зона трещиноватого нарушенного угля при слабом угле больше, чем при крепком. Учитывая это обстоятельство и то, что коэффициент газопроницаемости весьма сильно изменяется в зависимости от внешней нагрузки на уголь, следует полагать, что при прочих равных условиях дренаж менее прочных пластов будет осуществляться в большей мере, чем пластов с крепким углем. Вопрос этот не изучен, выдвинутое положение является предположительным и нуждается в специальных исследованиях.

В ряде случаев большое влияние на масштабы выделения метана в подготовительные выработки оказывают особые природные условия; в зонах

тектонических нарушений, где угольные пласты, а подчас и вмещающие их породы, разбиты густой сетью, сообщающихся между собой трещин, газовыделение в выработки может приобретать устойчивый характер и значительно большие размеры, чем это имеет место вне зон нарушений.

Из сказанного следует, что процесс газового дренажа угольных пластов подготовительными выработками определяется весьма сложным комплексом природных и горнотехнических факторов, кроме того изучен он недостаточно. Поэтому предложенные теоретические формулы расчетов выделения метана в выработки (Г.Д. Лидин [55], Р.М. Кричевский [56], С.А. Христианович [57], П.Я. Полубаринова-Кочина [58]) не полностью учитывают все факторы и являются упрощенными.

Определение необходимых для расчетов коэффициентов сложно и не доступно проектным, а тем более производственным организациям. Предложенные эмпирические уравнения В.Л. Божко [51] исходят из определения выделения метана в забое действующей выработки в данном пласте, что не дает возможности предварительного расчета метанообильности подготовительных выработок.

В конкретных условиях отдельно взятого угольного пласта общее выделение метана в систему подготовительных выработок за время отработки этажа, включая и период его подготовки, зависит от густоты их сети - чем больше последняя, тем меньше размеры нарезаемых к выемке целиков угля и тем полнее их предварительный газовый дренаж. Поскольку сеть подготовительных выработок предопределяется применяемой системой выработки, то от нее же зависит в значительной степени и структура газового баланса участка. В свете высказанных ранее положений эта зависимость проявляется тем больше, чем выше газоносность и газопроницаемость угольного пласта и меньше его прочность и метаноемкость.

При благоприятных условиях изменение систем разработок дает возможность влиять на перераспределение газовыделения в горных выработках.

Количество метана, поступающего в подготовительную выработку, определяется как сумма выделений метана из угля, добываемого непосредственно в забое выработки, и из поверхностей массива угля, обнаженных выработкой. Поскольку при проведении подготовительных выработок трещинообразование во вмещающих породах не получает глубокого развития, то выделение метана из пород вследствие их слабой газопроницаемости незначительно и не имеет практического значения. Естественно, что могут быть и исключения из этого правила.

В условиях маломощных пластов количество метана, выделяющегося из угля как до момента его выемки, так и в процессе его выемки и дальнейшего транспортирования, может быть определено по уравнению [59]:

$$Q_1^n = l \cdot m \cdot h \cdot \gamma (x_0 - x_1),$$

где  $Q_1^n$  - объем метана, выделившегося в подготовительную выработку из разрабатываемой пачки угля, м<sup>3</sup>;

$l$  – длина выработки, м;

$m$  – ширина забоя, м;

$h$  - мощность разрабатываемой пачки угольного пласта, м;

$\gamma$  – объемный вес добываемого угля, т/м<sup>3</sup>;

$x_0$  – природная метаноносность угольного пласта, м<sup>3</sup>/т;

$x_1$  – остаточное содержание метана в угле, выданном на поверхность, м<sup>3</sup>/т.

Если имеется пачка невынимаемого очистными работами угля, то при ее выемке подготовительными работами дополнительно выделится □ следующее количество метана:

$$Q_2^n = l \cdot m \cdot h_1 \cdot \gamma_1 \cdot \alpha_1 (x_0 - x_1),$$

где  $Q_2^n$  - объем метана, выделившегося из неразрабатываемой пачки угольного пласта, м<sup>3</sup>;

$h_1$  - мощность невынимаемой очистными работами пачки, м;

$\gamma_1$  - удельный вес угля, т/м<sup>3</sup>;

$\alpha_1$  - коэффициент, характеризующий метаноемкость невынимаемой пачки угля по отношению к углю вынимаемой (безразмерная величина).

Учитывая, что основная масса газа в угольных пластах находится в сорбированном состоянии, а сорбция газа каменным углем зависит от содержания горючей массы, для практических целей коэффициент  $\alpha_1$  может быть определен по уравнению:

$$\alpha_1 = \frac{100 - A_1}{100 - A},$$

где  $A_1$  - содержание золы в сухом угле невынимаемой пачки, %;

$A$  - содержание золы в сухом угле вынимаемой пачки, %.

Если же неразрабатываемая пачка угля не вынимается при прохождении подготовительной выработки, то дополнительное количество выделяющегося газа составит

$$Q_2^n = l \cdot m \cdot h_1 \cdot \gamma_1 \cdot \alpha_1 (x_0 - x_3),$$

где  $x_3$  - остаточное содержание метана в под- или надработанной части угольного пласта, м<sup>3</sup>/т.

Выделение метана из боковых стенок подготовительных выработок за время их существования зависит от ряда факторов, на которые указывалось выше. Как правило, оно зависит от глубины зоны газового дренажа, в значительной мере обусловленной расстоянием между плоскостью обнажения угольного пласта в стенке подготовительной выработки и областью опорного давления в массиве угля. В области опорного давления уголь находится под высоким всесторонним

давлением, в 1,5-1,7 раза превышающим нормальное для данной глубины залегания угольного пласта.

В этой области, фильтрующие газ каналы в угле значительно уменьшены в сечении и газопроницаемость угля понижена; эта область является как бы некоторым «газовым барьером» для движения метана в сторону подготовительной выработки. Как известно, горное давление нарастает по мере увеличения расстояния от плоскости обнажения в глубь угольного массива, достигает максимума в области опорного давления и затем вновь снижается до величин, соответствующих весу вышележающих пород (рисунок 1.4, кривая 1).

Таким образом, можно выделить три области: первая из них, в которой уголь раздавлен и трещиноват, характеризуется пониженным горным давлением; вторая - зона опорного давления - отличается высоким горным давлением и третья - давлением, нормальным для данной глубины.

Соответственно этому и газопроницаемость угля резко различна. В первой области газопроницаемость угля повышена, кроме того сам угольный пласт перерезан многочисленными трещинами и поэтому его фильтрующая способность весьма высока; практически эта область не представляет большого сопротивления движению газа. По мере возрастания плотности угольного пласта при переходе в область опорного давления уменьшается и газопроницаемость угольного массива и является минимальной в зоне максимума горного давления. Далее величина коэффициента газопроницаемости повышается в соответствии со снижением горного давления. Общий ход изменения коэффициента газопроницаемости угольного пласта виден из приводимого графика (рисунок 1.4, кривая 2).

Соответственно этому количество газа, перемещающегося в сторону подготовительной выработки, предопределяется «пропускной способностью» угля в зоне опорного давления и величиной газового давления в этой области.



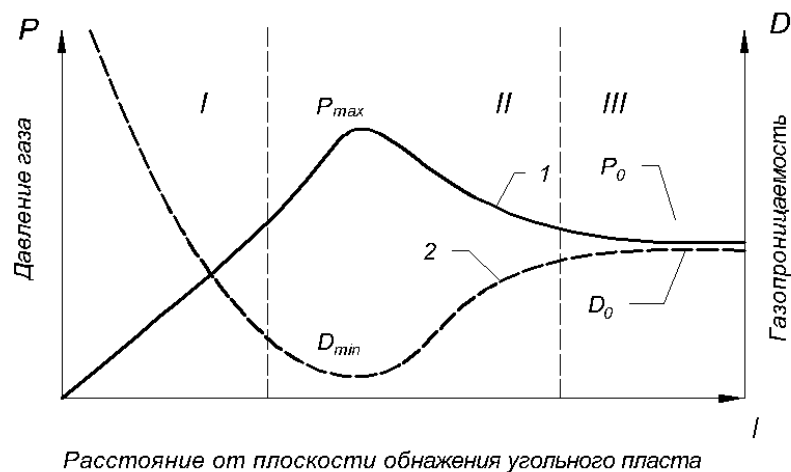


Рисунок 1.4 - Изменение горного давления на угольный пласт  $P$  и газопровоницаемости пласта  $D$  по мере удаления от плоскости обнажения угольного пласта в горной выработке:

I – зона раздавленного угля и пониженного напряженного состояния; II – зона опорного давления; III – зона нормальной для данной глубины давления пород

Газовое давление в угольном пласте по мере углубления в массив возрастает в соответствии с изменением его газопровоницаемости и изображается S-образной кривой (рисунок 1.5, кривые 2 и 3). Расчет подобной кривой теоретически возможен, но представляет большие трудности и для практических нужд неприменим.

Чем быстрее подвигается забой, тем меньше зона раздавленного угля в призабойной части угольного массива и тем меньше протяженность участка, на котором прирост газового давления мал. В этих случаях кривая давления из S-образной переходит в параболическую (рисунок 1.5, кривая 1). Если плоскость обнажения угольного пласта неподвижна (стенка подготовительной выработки), то образуется зона раздавленного угля значительного протяжения, и чем она больше, тем более вытягивается S-образная кривая горного давления, приближаясь к прямой линии.

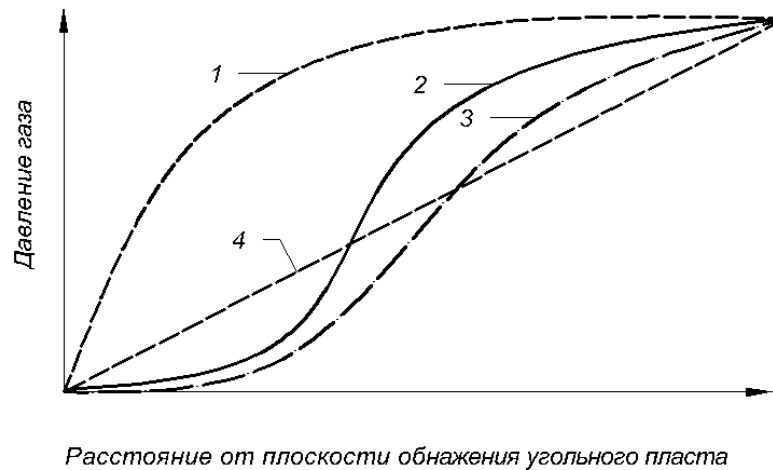


Рисунок 1.5 - Изменение давления газа в угольном пласте по мере удаления от плоскости обнажения угольного пласта в горной выработке:

1 - кривая давления при движущемся забое; 2 - S-образная кривая давления газа в угольном пласте при остановленном забое; 3 - то же, при более длительной остановке; 4 - принимаемая в расчетах прямолинейная зависимость давления газа от расстояния до плоскости обнажения

Изучение распределения газового давления впереди плоскости обнажения угольного пласта, проведенное А.Н. Щербанем и А.С. Цырульниковым [60], подтверждает в общих чертах высказанные положения о характере изменений газового давления в угольных пластах вблизи их обнажения в горных выработках. В ряде случаев впереди движущихся забоев газовое давление нарастало по параболической кривой, а в остановленных забоях на длительное время - по кривой, близкой к S-образной. Вследствие указанного для грубо приближенных расчетов, необходимых нам в дальнейших суждениях, мы принимаем, что газовое давление вглубь угольного массива в зоне дренажа растет прямо пропорционально расстоянию от плоскости обнажения до данной точки (см. рисунок 1.5, кривая 4). Остаточное содержание метана в угле в пределах зоны дренажа будет находиться в соответствии с метаноемкостью угля при данной температуре и может быть рассчитано по соответствующим изотермам метаноемкости угля [60].

Таким образом, на графике могут быть построены кривые остаточного содержания метана в угле, в пределах зоны дренажа, исходя из величин газового давления. Из приведенного графика (рисунок 1.6) видно, что получаемые кривые содержания метана, рассчитанные по давлению газа, согласно S-образной кривой 1, прямой 2, имеют относительно небольшие расхождения, заключающиеся в том, что по второму методу в сравнении с первым в области нарушенного угля получают завышенные данные и заниженные - в области за опорным горным давлением. Эти расхождения в известной мере компенсируют друг друга, а поскольку нас интересует, главным образом, общее остаточное содержание метана в угле в зоне дренажа, то принятое допущение о прямой пропорциональной зависимости между величиной газового давления в данной точке и расстоянием ее до плоскости обнажения пласта представляется приемлемым.

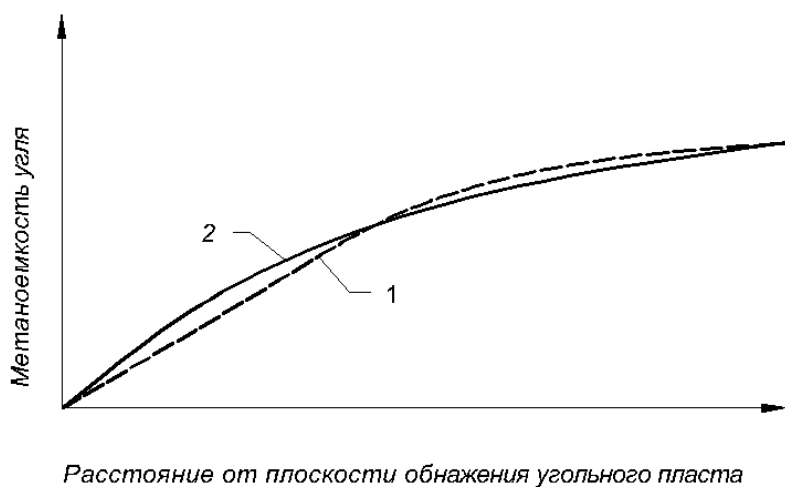


Рисунок 1.6 - Изменение остаточного содержания метана в угле в зоне дренажа, рассчитанное по изменению давления газа по S-образной кривой 1 и по прямолинейной зависимости 2

Если это так, то количество метана, выделившееся из угольного пласта в зоне дренажа, может быть легко определено по изотермам метаноемкости угля. Действительно, если на графике (рисунок 1.7) по оси абсцисс отложить

протяженность зоны дренажа в относительных величинах, задаться величиной природного газового давления в угольном пласте  $P_0$ , имеющегося на границе зоны дренажа, и провести прямую 1, отвечающую газовому давлению, то, зная величину последнего в любой точке, интересующей нас зоны, по изотерме метаноемкости можно определить остаточное содержание метана и построить соответствующую кривую 2.

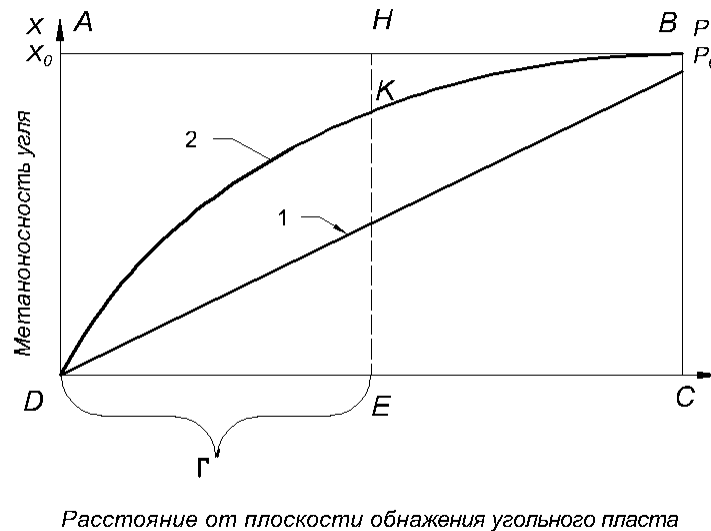


Рисунок 1.7 - Изменение остаточной метаносности угольного пласта в зоне дренажа его горной выработкой:  
1 – давление газа; 2 – содержание газа в угле

Проведя прямую  $x_0$ , параллельную оси абсцисс и отвечающую природной газоносности угольного пласта, будем иметь, что площадь ABCDA отвечает содержанию метана в зоне дренажа до проведения горной выработки, а площадь, ограниченная кривой 2, т. е. DBCD, - остаточному содержанию метана в этой зоне после проведения подготовительной выработки. Следовательно, количество выделившегося метана из зоны дренажа может быть определено как площадь ABDA; выражая количество выделившегося метана  $Q_{\text{выд}}$  из зоны дренажа в

величинах относительных к количеству газа, содержавшегося в этой зоне в природных условиях  $Q_{\text{прир}}$  будем иметь:

$$g = \frac{\text{Площадь } ABDA}{\text{Площадь } ADCDA} = \frac{Q_{\text{выд}}}{Q_{\text{прир}}},$$

где  $g$  – коэффициент относительной отдачи газа из зоны дренажа (безразмерная величина).

Как видно из приведенного графика (рисунок 1.7), коэффициент относительной газоотдачи постоянен для зон газового дренажа различной протяженности, но изменяется в зависимости от природной метаноносности угольного пласта и в некоторой мере от степени метаморфизма угля; поскольку изменения, обусловленные последней зависимостью, незначительны, то в практических расчетах ими можно пренебречь (таблица 1.1).

Таблица 1.1 - Средние значения коэффициента относительной газоотдачи угольным пластом в зоне дренажа ( $x_0$  - м<sup>3</sup>/т горючей массы)

| $x_0$ | $g$  | $x_0$ | $g$  | $x_0$ | $g$  |
|-------|------|-------|------|-------|------|
| 5     | 0,45 | 20    | 0,35 | 35    | 0,24 |
| 10    | 0,48 | 25    | 0,31 | 40    | 0,22 |
| 15    | 0,39 | 30    | 0,27 | 45    | 0,20 |

Ширина зоны газового дренажа, влияющая на абсолютные величины выделения метана, вызванного проведением подготовительной выработки, зависит, как мы указывали ранее, от ряда факторов: газопроницаемости угольного пласта, его газоносности и давления газа в нем. Распределение горного давления, определяющего изменение газопроницаемости пласта в свою очередь является функцией сложного комплекса факторов: физико-механических свойств как горных пород, вмещающих угольный пласт, так и самого пласта, мощности его,

ширины забоя выработки, расстояния между спаренными выработками и т.п. Наиболее часто в условиях современных глубин при ширине забоя подготовительной выработки порядка 3-5 м зона опорного давления располагается в 3-4 м от стенки выработки; она лишь незначительно расширяется (до 6-7 м), если производится выемка угольного массива с одной стороны выработки и величина опорного давления на массив с противоположной стороны возрастает.

Вопрос о ширине зоны газового дренажа в условиях весьма резко меняющейся газопроницаемости угольных пластов является малоизученным, но по исследованиям остаточной газоносности угольных пластов на кромке очистных забоев, изучению изменений прочности угля в забое, замерам газового давления при увеличении глубины скважин и т.п. можно считать, что зона дренажа подготовительными выработками, пройденными в целиках угля, достигает 5-6 м и может быть больше, а после выемки пласта угля с одной стороны выработки лавой расширяется с противоположной до 25-30 м.

Количество метана, которое может поступить в подготовительную выработку за время ее существования из дренируемой зоны разрабатываемой пачки угля, составит

$$Q_3^n = lh(z_1 + z_2)\gamma g x_0,$$

где  $z_1$  и  $z_2$  - ширина зоны дренажа в угольных целиках по ту и другую стороны выработки.

Помимо этого, некоторое количество газа будет поступать из зоны дренажа из невынимаемой пачки угля. Очевидно, по примеру предыдущего уравнения можно написать

$$Q_4^n = lh_1(z_1 + z_2)\gamma_1 \alpha_1 g x_0,$$

где  $Q_4^n$  - количество метана, поступающего в подготовительную выработку из невынимаемой пачки угля за счет ее дренажа.

Общее количество метана  $Q^n$ , выделяющегося в подготовительную, выработку, определится как сумма слагаемых отдельных источников газа:

$$Q^n = l\{x_0(h\gamma + h_1\gamma_1\alpha_1)[m + g(z_1 + z_2)] - m(h\gamma x_1 + h_1\gamma_1\alpha_1 x_3)\}$$

Метанообильность призабойных пространств очистных выработок обусловлена газовыделением из добываемого угля, из обнаженной поверхности угольного пласта, а также из неразрабатываемой пачки и пород, вмещающих пласт.

Поскольку выделение метана из боковых пород происходит главным образом при развитии трещиноватости в них вследствие сдвижений пород под или над выработанным пространством, то можно считать, что этот вид выделения метана практически не имеет места в пределах призабойного пространства.

Газовыделение из добываемого угля за время отработки выемочного участка

$$Q_1^o = LMh\gamma(x_0 - x_1)$$

где  $L$  - длина выемочного участка, м;

$M$  – длина очистного забоя, м.

Поскольку интенсивность выделения метана из угля, отторгнутого от массива во времени быстро снижается, то практически можно не учитывать количество метана, выделяющегося из угля за время его доставки от лавы до поверхности.

Принимая, что остаточная газоносность угля невынимаемой пачки, когда он попадает в пределы выработанного пространства, близка к содержанию метана в угле, выдаваемом на поверхность  $x_1$ , можем написать

$$Q_2^o = LMh_1\gamma_1\alpha_1(x_0 - x_1)$$

где  $Q_2^o$  - выделение метана, в пределах призабойного пространства из угля невынимаемой пачки, м<sup>3</sup>.

Два последние уравнения справедливы, если целик угля, вынимаемый очистным забоем, не дегазирован предварительно подготовительными выработками, т. е. очистной забой не захватывает дренированные зоны. Если же он их захватывает, то выделение газа окажется меньшим на объем уже выделившегося метана. Этот объем может быть определен следующим путем.

На графике (рисунок 1.7) распределения остаточной метаноносности угля в зоне дренажа область  $ABDA$  характеризует объем газа, потерянного углем. Если очистным забоем захватывается частично дренированный уголь на отрезке  $CE$ , а на отрезке  $ED$  оставляется угольный целик, то проведя через точку  $E$  линию  $EH$ , перпендикулярную оси абсцисс, разделим область, характеризующую количество выделившегося газа, на две части: левая ( $AHKDA$ ) отвечает объему метана, потерянного оставляемым целиком угля, а правая ( $HBKH$ ) - объему метана, потерянного частью массива, вынимаемого очистным забоем. От соотношения протяженности оставляемого целика ( $DE = z'$ ) к зоне дренажа ( $DC = z$ ) зависит и соотношение площадей  $AHKDA$  и  $HBKH$  к площади  $ABDA$ . Эти соотношения характеризуют объем метана, потерянного углем, оставляемым в целике, к общему объему метана, выделившегося из зоны дренажа, и объем метана, потерянного частью вынимаемого массива угля в зоне дренажа, к общему выделению газа из этой зоны.

Первое соотношение

$$\frac{\text{Площадь } AHKDA}{\text{Площадь } ABDA} = j,$$

а второе

$$\frac{\text{Площадь } HBKH}{\text{Площадь } ABDA} = j'.$$

Вычисленные значения коэффициентов  $j$  и  $j'$  для углей различных стадий метаморфизма несколько изменяются, но отклонения не превышают 5-6 % средней величины (таблица 1.2)



Таблица 1.2 - Значение коэффициента  $j$  и  $j'$  от соотношения протяженности оставляемых целиков  $z'$  к зоне дренажа  $z$  при  $z > z'$

| $\frac{z'}{z}$ | $j$  | $j'$ | $\frac{z'}{z}$ | $j$  | $j'$ | $\frac{z'}{z}$ | $j$  | $j'$ |
|----------------|------|------|----------------|------|------|----------------|------|------|
| 0,0            | 0,00 | 1,00 | 0,4            | 0,74 | 0,26 | 0,8            | 0,97 | 0,03 |
| 0,1            | 0,31 | 0,69 | 0,5            | 0,83 | 0,17 | 0,9            | 0,99 | 0,01 |
| 0,2            | 0,50 | 0,50 | 0,6            | 0,90 | 0,10 | 1,0            | 1,00 | 0,00 |
| 0,3            | 0,63 | 0,37 | 0,7            | 0,94 | 0,06 | -              | -    | -    |

Исходя из сказанного можно определить количество метана, потерянного углем, добываемым в зоне дренажа,

$$Q_3^o = L \cdot z \cdot h \cdot \gamma \cdot g \cdot j' \cdot x_0$$

и углем невынимаемой пачки пласта

$$Q_4^o = L \cdot z \cdot h_1 \cdot \gamma_1 \cdot \alpha_1 \cdot g \cdot j' \cdot x_0$$

Общее количество метана, поступающего в призабойное пространство очистной выработки,

$$Q^o = L(h\gamma + h_1\gamma_1\alpha_1)[M(x_0 - x_1) - zgj'x_0].$$

Выделение метана в пределах выработанного пространства также складывается из ряда источников.

Объем метана, поступающего из боковых пород, зависит от их газоносности, газопроницаемости и развития в них трещин при сдвигениях над и под выработанным пространством, что определяется механическими свойствами пород и методами управления горным давлением. В средних значениях оно может быть оценено по отношению к выделению метана из вынимаемой пачки угля в очистном забо

$$Q_1^B = nLMh\gamma(x_0 - x_1),$$

где  $Q_1^B$  – метановыделение из вмещающего массива, м<sup>3</sup>;

$n$  – коэффициент газоотдачи массива пород: 0,1 - при управлении кровлей закладкой выработанного пространства; 0,15 - при частичной закладке; 0,2 - при обрушении кровли.

Выделение метана из оставляемых целиков угля с учетом метана, потерянного углем в зоне дренажа, составит

$$Q_2^B = h\gamma \sum l[z'(x_0 - x_2) - zgjx_0],$$

где  $x_2$  - остаточная метаноносность угля вынимаемой пачки в целиках, м<sup>3</sup>/т.

Аналогично этому уравнению выделение метана из невынимаемой пачки угля над или под оставляемыми целиками может быть определено по выражению

$$Q_3^B = h_1\gamma_1\alpha_1 \sum l[z'(x_0 - x_2) - zgjx_0],$$

Некоторое дополнительное количество метана может поступить из невынимаемой пачки в выработанное пространство

$$Q_4^B = LMh_1\gamma_1\alpha_1(x_1 - x_3),$$

где  $x_3$  - содержание метана в угле, потерянном в завале, м<sup>3</sup>/т.

Наконец, если потери угля в завале значительны, то этот уголь также выделит метан в количестве

$$Q_5^B = LMh\gamma \frac{r}{1+r}(x_1 - x_3),$$

где  $r$  - коэффициент потерь угля (потери, отнесенные к добытому углю).

Общее выделение газа в выработанное пространство определится как сумма слагаемых, рассчитанных по приведенным уравнениям

$$Q^B = LM \left\{ h\gamma \left[ n(x_0 - x_1) + \frac{r}{1+r}(x_1 - x_3) \right] + h_1\gamma_1\alpha_1(x_1 - x_3) \right\} + (h\gamma + h_1\gamma_1\alpha_1) \sum l[z'(x_0 - x_2) - zgjx_0].$$

На основе приведенных материалов представляется возможным сделать следующие выводы.

При разработке угольных пластов с высокой метаноносностью система разработки оказывает заметное влияние на газовыделение из разрабатываемого угольного пласта.

Это влияние сказывается в меньшей мере на относительной метанообильности выработок, а именно последняя растет по мере увеличения потери угля в целиках, невынимаемых пачках и оставляемого в завале, так как теряемый уголь является дополнительным источником метана, если расчет ведется на тонну добываемого угля.

В большей мере выбор системы разработки предопределяет структуру газового баланса по выработкам участка, а именно чем более развита сеть подготовительных выработок и длительней период между их прохождением и очистной выемкой, тем значительней газовый дренаж целиков угля, подготовляемых к выемке, что ведет к снижению выделения из них метана в призабойные пространства лав и большей равномерности этого процесса. Структура газового баланса изменяется в сторону увеличения удельного веса подготовительных выработок в общем дебите газа по выемочному участку и снижения метанообильности призабойных пространств очистных забоев.

Роль выработанных пространств в газовом балансе растет по мере увеличения потерь угля в целиках и теряемого в завале за счет неполноты выемки, а также в зависимости от наличия невынимаемых пачек угля и запасов в них метана.

Особо следует отметить неравномерность относительной метанообильности выработок по лавам при комбинированной системе разработок парными штреками.

Поскольку в призабойных пространствах очистных выработок газовыделение не столь значительно и газоносность угольных пластов на современных глубинах не более 30-35 м<sup>3</sup>/т, то в случае разработки одиночных пластов вполне возможно применение разобранных выше систем; в случае необходимости следует прибегать

к вымыванию метана из выработанных пространств, минуя призабойные.

#### **1.4. Анализ пылевого фактора угольных шахт**

Наличие угольной пыли способствует распространению взрыва в сети горных выработок. Взрывы пылевоздушных смесей, как правило, приводят к значительным разрушениям выработок и большому количеству жертв при авариях.

Многочисленные отечественные и зарубежные исследования показали, что проветривание запыленных горных выработок в комплексе с нормализованным бурением, орошением и другими мероприятиями может быть весьма эффективным средством борьбы с пылью лишь при определенных условиях; несоблюдение их может превратить проветривание из фактора положительного, способствующего уменьшению запыленности, в фактор отрицательный, способствующий ее увеличению, что в свою очередь увеличивает риск взрыва пыли в сети горных выработок шахты. Изучение рациональных режимов проветривания запыленных горных выработок впервые было начато в СССР в 1948 г. в ИГД АН СССР под научным руководством акад. А.А. Скочинского и докт. техн. наук В.Н. Воронина.

Исследования были начаты с теоретического и экспериментального изучения пылединамических процессов, происходящих при проветривании подземных выработок [62-65].

В результате было установлено:

1. При наличии в выработке минимальной эффективной скорости, обеспечивающей турбулентный режим движения воздуха (7-11 см/сек), пыль крупностью менее  $7\mu$  находится во взвешенном состоянии, поэтому для исследования процесса проветривания запыленных камерообразных и штрекообразных выработок можно использовать методы, применяющиеся при исследовании проветривания этих выработок в отношении вредных газов и газов взрывчатых веществ.

2. Пыль, движущаяся во взвешенном состоянии в вентиляционных потоках, выпадает из них:

а) под действием силы тяжести эта пыль оседает главным образом на почве выработки и состоит из достаточно крупных частиц и групп частиц, образовавшихся вследствие коагуляции;

б) вследствие налипания пыли на стенках, кровле и почве выработки.

Отдельные пылинки под действием пульсационного поля турбулентных потоков делают до 100-300 колебаний в секунду в плоскости поперечного сечения выработки, в результате чего поверхность выработок подвергается непрерывной бомбардировке дисперсными частицами, движущимися в потоке; при ударе часть пылинок прилипает к ней под действием физико-химических сил.

3. При скорости вентиляционного потока у запыленной поверхности (стенки и кровля выработок, отбитое полезное ископаемое и пустые породы) более 0,4 м/сек наблюдается сдувание ранее осевшей пыли, происходящее главным образом под действием удара пылинок, находящихся в вентиляционных потоках, о запыленную поверхность.

4. При ведении горных работ могут быть периодические и непрерывные выделения пыли.

Периодические выделения пыли происходят при взрывных работах. В зависимости от минералогического состава полезного ископаемого и окружающих горных пород, и интенсивности взрывных работ количество пыли, выделяющееся в рудничную атмосферу при взрывных работах, может колебаться в весьма широких пределах.

Основная масса пыли, образующаяся при взрыве, является следствием дробящего действия ВВ. Однако, как показали исследования, некоторое количество пыли, поступающее в атмосферу, является следствием сдувания ее взрывной волной со стенок кровли и почвы выработки.

Непрерывные выделения пыли происходят при бурении, уборке, зарубке и транспортировании полезного ископаемого к стволу шахты. В рудниках наибольшее количество пыли образуется при бурении.

5. При проветривании очистных (камерообразных) и тупиковых подготовительных (штрекообразных) выработок могут встретиться три существенно отличных друг от друга пылевых режима:

а) когда не происходит сдувания пыли со стенок выработок и отбитого полезного ископаемого (пород) ни в проветриваемом объеме, ни по ходу исходящей струи;

б) когда имеет место сдувание пыли со стенок выработок и отбитого полезного ископаемого (пород) в проветриваемом объеме (зона смешения, камера), но оно не происходит по ходу исходящей струи;

в) когда сдувание пыли происходит со стенок выработок и отбитого полезного ископаемого (пород) как в проветриваемом объеме, так и по ходу исходящей струи.

Количество воздуха, необходимого и достаточного для эффективного проветривания очистных и глухих подготовительных выработок по пылевому фактору, должно определяться в зависимости от этих пылевых режимов.

**Проветривание тупиковых выработок при периодическом выделении пыли.**

Процессы проветривания тупиковой выработки в случае отсутствия сдувания пыли в зоне смешения и на всем протяжении ее и при наличии сдувания пыли в зоне смешения и отсутствии такового на всем протяжении весьма близки между собой; разница заключается в том, что в первом случае в уравнение процесса входит коэффициент турбулентной диффузии, а во втором - коэффициент процесса  $k_c$ , который определяется по формуле [65]:

$$k_c = k - \beta \frac{S_k}{adl} \lg 3 \frac{al}{d},$$

где  $k$  - зона турбулентной диффузии для зоны смешения;

$\beta$  – экспериментальная постоянная, зависящая от минералогического состава горных пород;

$S_k$  - поверхность, с которой происходит сдувание пыли,  $\text{м}^2$ ; в сухой и сильно запыленной выработке  $S_k$  равно боковой поверхности зоны смешения; в мокрой – поверхности отбитого угля (породы);

$a$  - коэффициент структуры круглой свободной струи;

$d$  - диаметр вентиляционного трубопровода, м;

$l$  - расстояние от конца вентиляционных труб до забоя, м.

Коэффициент процесса при условии орошения стенок выработки и отбитой породы или при скорости движения воздуха в зоне смешения ниже критической (максимальная скорость при которой еще не происходит сдувание пыли) переходят в коэффициент турбулентной диффузии.

Количество воздуха, необходимого и достаточного для снижения концентрации пыли в зоне смешения тупиковой выработки до допустимой концентрации  $n$  за время  $t$ , определяется по формулам:

1) при отсутствии сдувания пыли с отбитого ископаемого и стенок выработки при проветривании чистой вентиляционной струей

$$Q = \frac{V}{kt} \ln \frac{n_0}{n}, \text{ м}^3/\text{сек},$$

при проветривании частично запыленной струей

$$Q = \frac{V}{kt} \ln \frac{n_0 - n'_0}{n - n'_0}, \text{ м}^3/\text{сек},$$

2) при сдувании пыли с отбитого ископаемого и стенок выработки при проветривании чистой струей

$$Q = \frac{V}{k_c t} \ln \frac{n_0}{n}, \text{ м}^3/\text{сек},$$

при проветривании частично запыленной струей

$$Q = \frac{V}{k_c t} \ln \frac{n_0 - n'_0}{n - n'_0}, \text{ м}^3/\text{сек},$$

где  $V$  – объем зоны смешения,  $\text{м}^3$ ;

$k$  – коэффициент турбулентной диффузии;

$k_c$  – коэффициент процесс при наличии сдувания пыли (по имеющимся данным  $k_c = 0,2 - 0,3$ );

$n_0$  – начальная концентрация пыли в зоне смешения после взрывных работ;

$n'_0$  – начальная запыленность вентиляционной струи.

Количество воздуха, необходимого и достаточного для снижения концентрации пыли на всем протяжении выработки от  $n_0$  до  $n$  за время  $t$ , определяется по формулам:

1) при отсутствии сдувания пыли с отбитого ископаемого и стенок выработки при проветривании чистой струей

$$Q = \frac{S}{t} \cdot \sqrt[3]{\frac{l_2 L^2}{p_1^2} \cdot \frac{n_0}{n}}, \text{ м}^3/\text{сек};$$

при проветривании частично запыленной струей

$$Q = \frac{S}{t} \cdot \sqrt[3]{\frac{l_2 L^2}{p_1^2} \cdot \frac{n_0 - n'_0}{n - n'_0}}, \text{ м}^3/\text{сек};$$

2) при наличии сдувания пыли только в зоне смешения при проветривании чистой струей

$$Q = \frac{S}{t} \cdot \sqrt[3]{\frac{l_2 L^2}{p_1^2} \cdot \frac{k}{k_c} \cdot \frac{n_0}{n}}, \text{ м}^3/\text{сек};$$

при проветривании частично запыленной струей



$$Q = \frac{S}{t} \cdot \sqrt[3]{\frac{l_2 L^2}{p_1^2} \cdot \frac{k}{k_c} \cdot \frac{n_0 - n'_0}{n - n'_0}}, \text{ м}^3/\text{сек};$$

3) при наличии сдувания пыли в зоне смешения и на всем протяжении выработки при проветривании чистой струей

$$Q = 1,3 \frac{V_B}{t} \cdot \sqrt[3]{\frac{l_2}{p_1^2 \sqrt{S}} \cdot \frac{n_0}{n}}, \text{ м}^3/\text{сек};$$

при проветривании частично запыленной струей

$$Q = 1,3 \frac{V_B}{t} \cdot \sqrt[3]{\frac{l_2}{p_1^2 \sqrt{S}} \cdot \frac{n_0 - n'_0}{n - n'_0}}, \text{ м}^3/\text{сек};$$

где  $S$  – среднее поперечное сечение выработки,  $\text{м}^2$ ;

$l_2$  – расстояние от забоя до конца вентиляционного трубопровода,  $\text{м}$ ;

$L$  – длина проветриваемой выработки,  $\text{м}$ ;

$p_1$  – коэффициент утечек воздуха;

$k$  – коэффициент турбулентной диффузии;

$k_c$  – коэффициент процесса;

$V_B$  – объем выработки,  $\text{м}^3$ .

### **Проветривание тупиковых выработок при непрерывных выделениях пыли.**

При непрерывных выделениях пыли аэродинамические и пылединамические процессы являются установившимися, что обуславливается их относительным постоянством во времени и медленным изменением аэродинамического режима при подвигании забоя.

При непрерывных (бурение, погрузка) пылеобразованиях динамика проветривания тупиковых пыльных выработок значительно отличается от динамики проветривания тупиковых загазованных выработок.

Если нагнетательный трубопровод расположен в верхней части выработки, пыль из шпура при бурении поступает непосредственно в ядро постоянной массы и выносится им из призабойного пространства. Рециркуляция пыли в данном случае отсутствует, вследствие чего часть объема призабойного пространства не запыляется. Такое проветривание наиболее эффективно.

Но возможен и другой случай, когда только часть пыли из шпура подхватывается ядром постоянной массы, а часть попадает в свободную струю и захватывается присоединенными массами; они при своем движении не выходят из зоны призабойного пространства, вызывая рециркуляционное движение находящейся в них пыли.

Вынос пыли, попавшей в присоединенные массы свободной струи, производится также ядром постоянной массы, куда эта пыль попадает вследствие турбулентной диффузии.

Этот случай проветривания может иметь место, когда:

- свободная струя и ядро постоянной массы не направлены на источник пылеобразования;
- скорость движения воздуха весьма незначительная, вследствие чего у забоя нет устойчивого ядра постоянной массы;
- конец вентиляционного трубопровода имеет весьма малое поперечное сечение.

На практике наибольшее распространение имеет второй случай проветривания.

Для установившегося в зоне смешения аэродинамического процесса количество пыли, которое выносится ядром постоянной массы, должно равняться количеству пыли, поступающей в эту зону при бурении и вносимой воздухом, поступающим для проветривания забоя.

### **1.5. Анализ исследований эндогенных пожаров, как фактора взрыва метана и угольной пыли**

Исторически сложилось так, что эндогенными пожарами от самовозгорания угля начали заниматься не горняки, а химики. Естественно, они применили химические методы. С самого начала было очевидно, что самовозгорание есть результат окисления углей. Отсюда сделали вывод, что для оценки пожарной опасности надо определять химическую активность при окислении. Для этой цели было рекомендовано много методов, в которых предлагалось определять химическую активность углей в условиях, далеких от тех, при которых происходит самовозгорание в действительности. Уверенность в непогрешимости этого пути была так велика, что большинство авторов даже не пыталось проверить предлагаемый метод, сопоставляя его с действительной частотой пожаров. Таким путем не было получено удовлетворительных результатов [66-68].

Прогноз опасности самовозгорания в настоящее время основывается главным образом на учете возникновения пожаров на данном объекте или на сходных с ним других объектах. Но нередки случаи, когда пожары начинают возникать на объектах, на которых их раньше не было. Наблюдается и обратное. При этом обычно причина такого изменения пожарной опасности остается неизвестной.

Там, где пожаров много, относительную опасность самовозгорания можно оценить по числу пожаров на 1 млн. т добытого угля или по числу очистных забоев, при отработке которых возникали пожары, из общего числа забоев. Для этого можно использовать также срок от начала очистной выемки до момента возникновения пожара.

Недостаток таких показателей в том, что они не дают указаний, какие факторы в данном случае вызывали самовозгорание, и тем самым оставляют открытым вопрос о выборе профилактических мероприятий.

Сложнее с прогнозом опасности самовозгорания для таких объектов, на которых пожаров нет. Случайно это, или для них опасность самовозгорания действительно мала? Этот вопрос до сих пор не имеет полного решения.

До недавнего времени пожарную опасность пытались прогнозировать по химической активности угля. При этом химическую активность необоснованно называли склонностью к самовозгоранию. Такое словопотребление не соответствует современному уровню наших знаний, а нередко приводит к недоразумениям, так как самовозгорание зависит не только от химической активности, но и от внешних условий, в которых находится уголь. Больше того, даже в начале 50-х годов стали накапливаться фактические данные о том, что химическая активность угля имеет второстепенное значение для самовозгорания в горных выработках.

В связи с изложенным в ИГД им. А.А. Скочинского был разработан метод прогноза самовозгорания [68]. Сущность этого метода состоит в оценке совокупности факторов, обуславливающих возможность пожара. Большое число таких факторов чрезвычайно осложняет оценку пожарной опасности путем непосредственного визуального наблюдения. Кроме того, эти факторы не независимы друг от друга, а могут взаимодействовать - усиливать или ослаблять друг друга. Причем результат этого взаимодействия может быть установлен только эмпирическим путем для конкретных объектов и его нельзя предвидеть теоретически. Факторы опасности самовозгорания можно разделить на природные и горнотехнические. К природным относятся химическая активность угля и геологические особенности. К горнотехническим факторам принадлежат главным образом технологические схемы разработки.

Природные факторы создают пожарную опасность не сами по себе, а в результате ведения горных работ: для неразрабатываемых месторождений достоверных случаев самовозгорания не наблюдалось. Тем не менее выделение природных факторов полезно, так как их можно использовать для прогноза

самовозгорания на еще не разрабатываемых объектах, например, при геологической разведке и при проектировании горных работ для новых участков и горизонтов действующих шахт.

Научный подход к преодолению затруднений состоит в том, чтобы рассматривать самовозгорание как физико-химический процесс, протекающий в промышленной обстановке. Теоретически самовозгорание определяется тремя физическими причинами: химической активностью угля, притоком к нему воздуха и повышением температуры вследствие тепла, которое образуется в результате окисления угля. Никаких других физических условий самовозгорания угля не существует. Их не надо смешивать с геологическими и горнотехническими факторами, от которых зависит пожар в горных выработках. Факторов может быть неопределенно много.

Количественное значение физических условий можно оценить при помощи теплового баланса для скопления окисляющегося материала. Он выражает распределение тепла, которое генерируется при окислении, между статьями его расходования. Если генерируемое тепло не успевает рассеиваться в окружающее пространство, то уголь нагревается, и, если его температура повысится до критического значения, происходит возгорание.

Идеальной оценкой опасности самовозгорания было бы определение количественных значений трех физических причин для каждого конкретного случая. Но это практически невыполнимо, так как для этого необходимо большое число данных, получение которых требует много труда и времени. Поэтому приходится ориентироваться на такие показатели опасности самовозгорания, которые можно определить. При этом задача сводится к интерпретации наблюдаемых факторов с физической точки зрения.

При изучении обстановки возникновения пожаров во всех районах угольной промышленности был составлен перечень факторов, которые должны учитываться для оценки опасности самовозгорания. При этом из неопределенно большого числа

наблюдаемых факторов были выделены такие, которые имеют наибольшее значение. Далее для выбранных факторов были установлены показатели, которые фактически можно определить. Трудность состоит в том, что каждому из учтенных факторов надо приписать определенный относительный «вес». Это сделать было бы просто на основании статистических данных, если бы значимость факторов не изменялась от случая к случаю и, если бы они были независимы друг от друга. Ни статистика, ни теория вероятностей для этого недостаточны.

Схематически этот путь разделяется на две задачи. Во-первых, надо выделить и определить главные факторы, которые создают пожарную опасность в данном районе. Это можно назвать диагнозом. Он необходим и для прогноза, и для профилактики. Вторая задача состоит в прогнозе, т. е. в предсказании пожарной опасности.

Обычная, т. е. формальная, логика может применяться только к детерминированным событиям. Она должна исходить из признаков (факторов, показателей), которые или всегда предшествуют пожару или никогда не наблюдаются на пожарных участках.

Однако рудничные пожары не являются полностью детерминированными событиями: при одной и той же обстановке пожар может произойти или не произойти. К ним должно применяться вероятностное прогнозирование на основе понятия вероятности в широком смысле. Начинается с определения относительного «веса» признаков. При этом должна учитываться не только встречаемость признака на пожарных участках, но и встречаемость этого же признака в отсутствие пожара. Сам по себе факт, что данный признак встречается при 90% пожаров, еще ничего не значит. Его значимость будет велика, если в отсутствие пожаров он редко встречается, и его значимость мала, если в отсутствие пожаров он встречается часто. И, наоборот, значимость редкого признака велика, если он встречается только при пожарах или только при отсутствии пожаров.

Вследствие большого разнообразия в обстановке возникновения пожаров в разных районах общая система факторов и показателей для прогноза пожарной опасности, пригодная для всех месторождений в Советском Союзе, может содержать только перечень факторов, которые необходимо учитывать. А для практического применения в каждом бассейне или даже в каждом районе должна разрабатываться особая инструкция, учитывающая местные условия.

Предлагаемая система факторов и показателей опасности самовозгорания сводится к следующему.

Фактор 1 - химическая активность углей и сульфидов при окислении их на воздухе. По этому фактору угли разделяются на три группы антрациты - мало опасны; каменные угли - умеренно опасны и бурые угли - опасны.

Если же имеются лишь небольшие вариации в химической активности, как, например, в пределах группы каменных углей, то она имеет второстепенное значение и может быть существенным фактором только при большом однообразии геологических и горнотехнических условий.

Фактор 2 - угол падения угольного пласта или рудного тела. Он всегда имеет первостепенное значение: крутое падение всегда резко увеличивает пожарную опасность, а пологое - резко ее уменьшает. Фактические данные дают возможность установить следующие показатели: меньше  $20-30^{\circ}$  - мало опасно;  $30-50^{\circ}$  - умеренно опасно; больше  $50^{\circ}$  - опасно.

Угол повышенной опасности, очевидно, связан с углом «естественного откоса»; при превышении его начинается сползание почвы пласта после его выемки.

Фактор 3 - мощность пласта и рудного тела. По этому фактору устанавливаются три показателя: меньше 2 м - мало опасно; 2-3,3 м - умеренно опасно; больше 3,5 м, - опасно.

Если пласт мощностью больше 3,5 м отрабатывается без деления на слои, то опасность самовозгорания уменьшается.

Фактор 4 - характер обрушения горного массива при его подработке и залегание в нем углистых пород. В этом факторе возможно несколько частных случаев: сближенность рабочих пластов опасна, если образуется общая зона обрушения с лежащим выше отработанным пластом. При неустойчивости вмещающих пород и угольного пласта опасно образование «куполов» и завалов. Тектоническая нарушенность увеличивает неустойчивость горного массива. Опасны зависание и неуплотняемость в зоне обрушения.

Наличие в боковых породах нерабочих угольных пластов и углистых пород опасно, если они вовлекаются в зону обрушения.

Фактор 5 - горнотехнический, имеет очень много вариантов. Сущность же этого фактора в том, что горные работы создают приток воздуха через скопления разрыхленного угля. Опасность самовозгорания создают следующие элементы горных работ.

Наиболее опасными являются слоевые, камерные и щитовые системы разработки. Опасность этих систем связана в основном с характером и величиной зон обрушения в горном массиве, а также с расположением и размерами целиков, которые остаются в отработанной части.

Опасность самовозгорания увеличивается, если срок отработки подготовленного выемочного участка больше, чем инкубационный период самовозгорания. Приток воздуха через скопления разрыхленного угля зависит от схемы проветривания выемочного участка и от режима вентиляции. Наибольшую опасность создает схема проветривания при прямом ходе отработки выемочного поля. Изоляция отработанного пространства уменьшает опасность. Она облегчается при отработке отдельными участками и при полевой подготовке выемочного блока.

Очень опасны скопления измельченного угля - навалы после внезапных выбросов угля и газа, осыпи целиков - если через них просачивается воздух.

Опасна подработка старых выработок и зон обрушения. Для прогноза опасности самовозгорания по этой системе надо отобрать из общего перечня те



факторы, которые могут иметь значение для данного объекта, затем выяснить значимость отдельных факторов.

Большая трудность прогноза создается тем, что факторы могут усиливать или ослаблять друг друга. Например, повышенная химическая активность углей совершенно подавляется пологим залеганием и малой мощностью пластов. Только у бурых углей высокая химическая активность иногда создает опасность для пологих пластов малой мощности.

Значимость факторов в разных районах очень различна. При этом выяснилось важное обстоятельство: оказалось, что из общего довольно большого числа факторов в каждом районе решающее значение имеют только 2-3 фактора. Их определение составляет главную задачу прогноза и профилактики пожаров.

Профилактика основана на подавлении и устранении условий самовозгорания угля. Теория указывает, что для этого надо уничтожить по крайней мере одну из трех физических причин самовозгорания, а именно: или уменьшить химическую активность угля, или воспрепятствовать притоку к нему воздуха, или воспрепятствовать накоплению тепла.

Для профилактики применяется много разнообразных мероприятий, которые затрагивают почти все виды горных работ. Таким образом, профилактика стесняет производство. Очевидно также, что она требует затраты материальных средств. Все это отражается на производительности труда и, следовательно, требует достаточного обоснования.

Для уменьшения химической активности угля можно себе представить два пути: применение антипирогенов и дезактивация угля путем его медленного окисления. Однако многолетние попытки использовать эти возможности не дали положительных результатов.

Чтобы воспрепятствовать накоплению тепла, можно уменьшить количество окисляющихся материалов, рассредоточить их скопления и ускорить ведение горных работ. Наиболее популярны требования уменьшить потери угля,

неоставления пачек угля и углистых пород, уменьшения срока отработки участка. Особенно много внимания уделяется неоставлению целиков. Но в общем полученные по этому пути результаты мало удовлетворяют промышленность, так как требуются трудновыполнимые изменения применяемых способов ведения горных работ.

Чтобы воспрепятствовать притоку воздуха, имеются две возможности: изоляция выработанных пространств и скоплений разрыхленного угля и уменьшение около них разности давления воздуха. Именно эти возможности наиболее используются в промышленности.

Характерное отличие эндогенных пожаров от экзогенных в том, что самовозгорание требует для своего развития сравнительно много времени. Это время, необходимое для возникновения пожара, называется инкубационным периодом. Оно наиболее непосредственно зависит от накопления тепла. Длительность инкубационного периода имеет довольно определенную величину для данных условий эксплуатации.

Наибольшая пожарная опасность связана с очистной выемкой, так как она вызывает большие нарушения в горном массиве. Поэтому выбор способа выемки надо считать главным мероприятием.

Из всех систем разработки наиболее опасны камерные и слоевые, поэтому они могут применяться в случаях необходимости. Самые общие требования к очистной выемке сводятся к следующим четырем принципам:

- срок отработки подготовленного блока должен быть меньше длительности инкубационного периода самовозгорания;
- утечки воздуха через сосредоточенные скопления угля должны быть по возможности исключены;
- сосредоточенных скоплений углей в выработанном пространстве должно оставаться минимальное количество;

- изоляция участка после его отработки или в случае возникновения пожара должна быть обеспечена.

Для реализации этих принципов имеются следующие возможности. Чтобы сократить срок отработки блока, можно применить механизацию, ограничить размеры блока и устранить задержки в отработке. Чтобы предотвратить утечки воздуха через скопления угля, надо применить полевую подготовку блока и проветривать забой через передние квершлагги, шурфы и т. п. Применяются также закладка выработанного пространства, уменьшение разности давлений воздуха вблизи выработанного пространства, заиливание и другие изолирующие средства.

Чтобы удовлетворить требованию минимума скоплений угля в выработанном пространстве, надо исходить из того факта, что большинство пожаров связано с целиками. Они создают опасность самовозгорания не только потому, что из них образуются сосредоточения скопления угля, но и потому, что около них трудно уплотняется обрушение, вследствие чего вдоль них образуются каналы для движения воздуха.

## **Выводы**

1. Системы разработки угольных пластов влияют на степень опасности взрывов метана и угольной пыли.

При разработке угольных пластов с высокой метаноносностью система разработки оказывает заметное влияние на газовыделение из разрабатываемого угольного пласта. Это влияние сказывается в меньшей мере на относительной метанообильности выработок, а именно последняя растет по мере увеличения потери угля в целиках, невынимаемых пачках и оставляемого в завале, так как теряемый уголь является дополнительным источником метана, если расчет ведется на тонну добываемого угля.

2. Основными источниками метана, как фактора взрывов в шахтах являются разрабатываемые угольные пласты, неразрабатываемые пласты и пропластки угля и углистого сланца, породы, вмещающие разрабатываемые пласты, и, в редких случаях, полости природного происхождения, заполненные газом или образовавшиеся вследствие ведения горных работ (полости расслоения пород при смещении их над или под выработанным пространством – так называемые полости Вебера).

3. Угольная пыль является одним из основных факторов, способствующих распространению взрыва по сети горных выработок в угольной шахте. Многочисленные отечественные и зарубежные исследования показали, что проветривание запыленных горных выработок в комплексе с нормализованным бурением, орошением и другими мероприятиями может быть весьма эффективным средством борьбы с пылью лишь при определенных условиях; несоблюдение их может превратить проветривание из фактора положительного, способствующего уменьшению запыленности, в фактор отрицательный, способствующий ее увеличению, что в свою очередь увеличивает риск взрыва пыли в сети горных выработок шахты.

4. Эндогенные пожары являются одним из основных факторов, способствующих взрыву метана и угольной пыли. Из всех систем разработки наиболее опасны камерные и слоевые, поэтому они могут применяться в случаях необходимости. Самые общие требования к очистной выемке сводятся к следующим четырем принципам:

- срок отработки подготовленного блока должен быть меньше длительности инкубационного периода самовозгорания;
- утечки воздуха через сосредоточенные скопления угля должны быть по возможности исключены;
- сосредоточенных скоплений углей в выработанном пространстве должно оставаться минимальное количество;

- изоляция участка после его отработки или в случае возникновения пожара должна быть обеспечена.

5. Предотвращение аварий, связанных со взрывом метана и угольной пыли должно базироваться на оценке риска возможных аварий для различных систем разработки угольных пластов, в зависимости от различных горно-геологических, горнотехнических и организационных факторов.

### **1.6. Цель работы и основные задачи исследований**

**Целью работы** является разработка технологических решений по снижению вероятности взрывов метана и угольной пыли и обоснование эффективной области применения различных средств локализации взрывов.

#### **Основные задачи исследований:**

1. Анализ систем разработки угольных месторождений и основных факторов, способствующих взрыву в шахте: источников метана; источников угольной пыли и источников воспламенения метановоздушных смесей и др.

2. Исследование горно-геологических и горнотехнических факторов, влияющих на взрыв метана и угольной пыли на примере анализа крупных аварий на угольных шахтах России.

3. Разработка методических рекомендаций прогнозирования возникновения и распространения взрывов в угольных шахтах.

4. Риск-анализ аварий, связанных со взрывом в шахтах, для различных технологических схем разработки.

5. Разработка методических рекомендаций оценки влияния безопасности работ на эффективность горного производства.

6. Разработка технологических схем подготовки и отработки выемочных участков, снижающих опасность взрывов метана и угольной пыли в шахте.

7. Исследование влияния на эндогенную пожароопасность вентиляционных параметров выемочного участка с прямоточной схемой проветривания и с подсвежением вентиляционной струи, как фактора, провоцирующего взрыв метановоздушной смеси.

8. Определение технических и технологических требований к разработанной конструкции автоматической системы взрывоподавления-локализации взрывов.

## **ГЛАВА 2 ИССЛЕДОВАНИЕ ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ И ГОРНОТЕХНИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ВЗРЫВ МЕТАНА И УГОЛЬНОЙ ПЫЛИ В ШАХТАХ**

### **2.1. Исследование газодинамических явлений, влияющих на взрыв в сети горных выработок**

При разработке газоносных месторождений угля в шахтах выделяется метан, образующий с рудничным воздухом взрывчатую газовоздушную смесь и заполняющий выработки до такой степени, что содержание кислорода в рудничной атмосфере снижается до опасных концентраций. Характер выделения метана из различных его источников в шахтах неодинаков. В одних случаях газовыделение носит интенсивный характер, а в других – происходит спокойно без динамичных процессов.

В зависимости от интенсивности газовыделения называют обычными и необычными. Обычные газовыделения происходят при технологических процессах добычи угля постоянно и сравнительно монотонно, их локализация осуществляется за счет вентиляции. К непредвиденным выделениям метана относятся суфляры, прорывы метана из разломов пород и внезапные выбросы, которые принято называть газодинамическими явлениями [69-70].

Проведем анализ аварийных ситуаций, связанных с газодинамическими явлениями. Анализ аварийных ситуаций, связанных с ГДЯ проведем на примере аварий, произошедших при разработке Воркутского месторождения угля.

На Воркутском месторождении в отложениях пакета N рудницкой подсвиты нижней перми залегают четыре угольных пласта – «Мощный», «Тройной», «Четвертый» и «Пятый».

Разрабатываемые шахтопласты весьма метанообильны (от 33,5 до 70 м<sup>3</sup>/т).

Многие шахтопласты, в зависимости от глубины залегания, являются угрожаемыми или опасными по горным ударам.

Проведенный анализ схем проявлений ГДЯ [71] в условиях шахт Воркутского месторождения позволил выявить несколько единых признаков. Прежде всего то, что разгрузка напряжений происходила на больших площадях, с существенным увеличением интенсивности и объема метановыделения более чем в 5 раз, что позволяло отнести эти ГДЯ к горным ударам комбинированного типа.

Профессор Борисов А.А. к динамическим явлениям предлагал относить не только удары и выбросы, но и мгновенное разрушение зависающих в выработанном пространстве пород кровли пласта. При вторичных (последующих) осадках опорное давление снижается до минимума. При подвигании лавы опорное давление возрастает, достигая определенного максимума [71].

Анализ ГДЯ показал, что механизм этих проявлений включал три стадии.

Первая стадия состояла в зависании основной кровли, так как она труднообрушаемая.

Во второй стадии возникало повышение концентрации напряжений в краевой его части пласта «Мощный».

На третьей стадии происходило обрушение тяжелой кровли с изменением напряженного состояния горного массива впереди механизированной крепи. Не закрепленная полоса по ширине призабойного пространства лавы и определяет, как правило, место и направление ГДЯ со стороны пород почвы в направлении выработанного пространства очистного забоя.

Типичная схема разрушения массива при ГДЯ в средней части лавы представлена на рисунке 2.1 [71].

Наличие пластов с труднообрушаемыми породами кровли является осложняющим фактором.



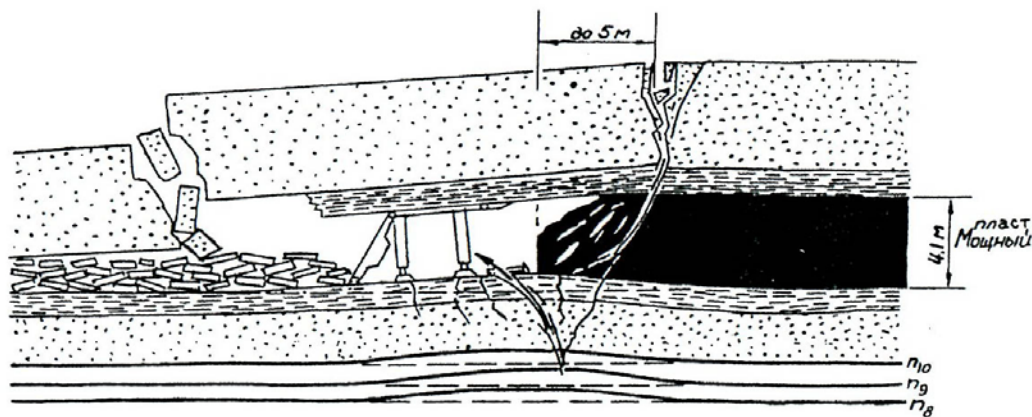


Рисунок 2.1 - Схема разрушения горного массива в средней части лавы.

( ← - выделение газа) [71]

Напряжения в краевой части массива по длине лавы распределяются неравномерно. Протяженность зон повышенных напряжений по длине лавы ( $L$ ) со стороны выработки, поддерживаемой вдоль выработанного пространства, равна  $(0,3 \dots 0,4)L$ , а со стороны неотработанного угольного массива -  $(0,2 \dots 0,3)L$  (рис. 2.2 а). Максимальные величины напряжений впереди забоя на участках длиной  $(0,05 \dots 0,1)L$  и  $(0,2 \dots 0,3)L$  располагаются в глубине массива и соответствуют местам расположения очагов реализации упругой потенциальной энергии массива в краевой части очистного забоя (рис. 2.2 б). Между максимальными величинами напряжений располагается зона более низких напряжений, величина которой зависит от многих факторов, а в определенные моменты может отсутствовать [71].

Проведение мероприятий по разупрочнению основной кровли способствует повышению устойчивости вмещающих пород в лаве путем снижения концентрации напряжений в краевой части горного массива [71].

Наблюдениями, проведенными в шахтах, установлено, что движение (выжимание) угля в целике в сторону забоя отмечалось уже на расстоянии до 10 м от поверхности забоя; интенсивность его увеличивается при приближении к забою и достигает наибольших величин вблизи последнего.

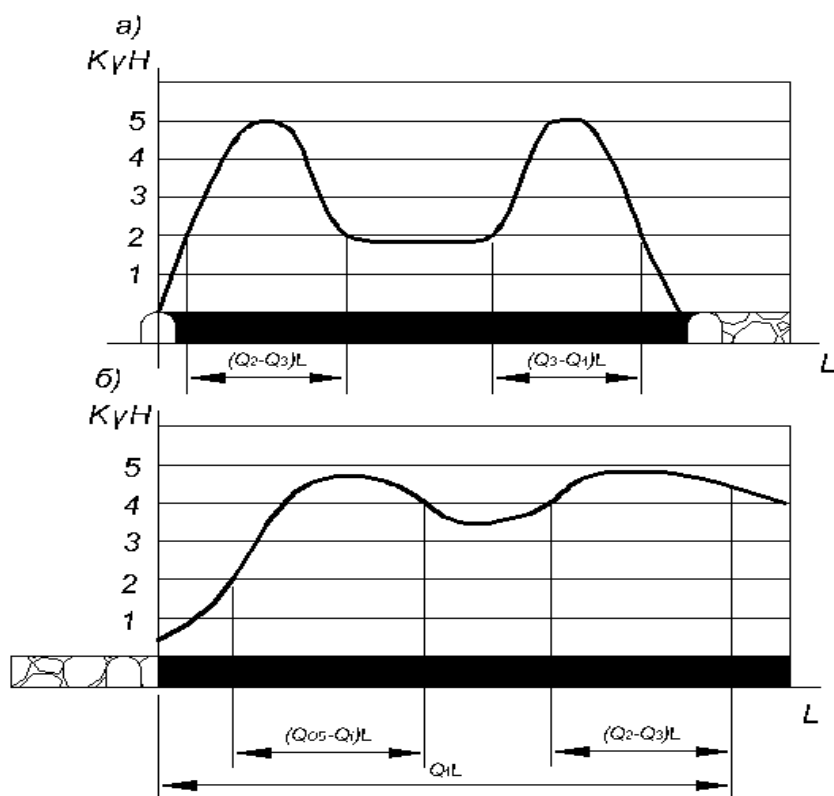


Рисунок 2.2 - Распределение зон повышенных напряжений в краевой части очистного забоя:

а - по длине очистного забоя; б - впереди очистного забоя

(зона разгрузки  $\lambda_p$  условно не показана)

Общее выдвигание массива угля в призабойное пространство обычно составляет 0,2 - 0,3 м и более. Уголь в пласте движется неодинаково: средняя часть пласта движется быстрее, чем верхняя, а верхняя быстрее, чем нижняя. Вообще же большая скорость движения наблюдается в пачках с меньшей прочностью угля, и она нарастает по мере увеличения давления пород кровли на призабойную часть целика угля. Вследствие этого целик разрушается, что сопровождается и ростом газовыделения, однако последнее не носит бурного характера, так как обычно процесс отжима развивается в течение нескольких часов.

К ГДЯ, а точнее к микроударам, относятся внезапные отжимы угля. Внезапный отжим угольного пласта характеризуется мгновенным разряжением

напряженного состояния угольного пласта или вмещающих пород и может сопровождаться не только выдвиганием массива угля, но и отбросом его, приближаясь к типу «горного выстрела» [72].

В лавах пологих пластов внезапные отжимы угля обычно происходят при работе врубовых машин или комбайнов. В этих случаях протяженность отжимаемого массива угля может составить несколько метров и выдвигаться на 1 м и более из забоя. Количества выделяющегося метана обычно невелики и удаляются вентиляционной струей. При прогнозе возможностей внезапных отжимов угля с попутным газовыделением следует руководствоваться тем, что породы, вмещающие пласт угля, должны характеризоваться повышенными упругими свойствами и прочностью, а угольные пласты содержать пачки слабого угля [72].

В работе [71] описаны многократные случаи внезапных отжимов угля. В частности, на шахте «Юр-Шор» при работе лавы 1113-з по пласту «Мощный» произошло 18 случаев отжимов угля. Длина участков отжима забоя изменялась от 6 до 40 м, при этом отжималось от 10 до 220 тонн угля. Неоднократно внезапный отжим угля приводил к деформации горно-шахтного оборудования, в частности, очистных комбайнов; так, при отработке запасов угля пласта «Мощный» в лаве 334-з шахты «Юр-Шор» внезапным отжимом угля комбайн КШ-3М был разрушен [71].

Проанализируем аварию, связанную с ГДЯ, которая привела к взрыву метана и угольной пыли на примере аварии произошедшей 25.02.2016 г. На шахте «Северная» АО «Воркутауголь».

Следует отметить, что на аварийном участке лавы 412-з пласта «Мощный» в почве и кровле залегают прочные песчаники, а в почве пласта залегают угольные пропластки  $n_{10}$ ,  $n_9$ ,  $n_8$ . Угольный пропласток  $n_{10}$  мощностью 0,4 м залегает в почве пласта «Мощный» всего в 4 метрах от него, при этом он угрожаемый по ударам и внезапным выбросам. В породах непосредственной кровли пласта «Мощный» отмечается трещиноватость. Основная система кливажа ориентирована по падению

(т.е. вдоль выемочного столба) с углами падения трещин  $85-90^\circ$  (перпендикулярно к наложению). Предел прочности пород непосредственной кровли на сжатие  $\sigma_{сж} = 27 - 56$  МПа, на растяжение  $\sigma_p = 1,9 - 4,3$  МПа.

Непосредственная кровля относится в основном к средней по устойчивости с переходами до легко обрушающейся.

Непосредственно в почве пласта залегает маломощный прослой аргиллита мощностью 0,1-0,4 м. Ниже залегает песчаник мелкозернистый мощностью от 6 м в верхней части выемочного столба лавы до 3 м в средней части. В нижней части лавы песчаник мелкозернистый постепенно переходит в алевролит мелкозернистый и аргиллит.

В лаве 412-з по пласту  $n_{14+13+12+11}$  («Мощный») использована механизированная крепь типа 2КМ1000В с рабочим сопротивлением  $1035 \text{ кН/м}^2$  и крепь Fazos 23/46 с рабочим сопротивлением  $1108 \text{ кН/м}^2$ . Добычной комбайн – SL-300. В выемочном столбе лавы 412-з пласта «Мощный» согласно выполненным геологоразведочным работам труднообрушаемая кровля подтипа 3Б<sub>3</sub> находится только на участке, прилегающему к МК 412-з.

Учитывая, что разупрочнение кровли при наличии осложняющих факторов предусмотрено для типа кровли 3Б<sub>3</sub>, имеющегося в поле лавы 412-з пласта «Мощный» на шаге первичной посадки кровли, и не предусмотрено для типа кровли 3Б<sub>4</sub>, имевшегося на остальном протяжении выемочного поля лавы, то разупрочнение кровли в лаве 412-з пласта «Мощный» необходимо было выполнять на участке ее первичной посадки. Разупрочнение кровли лавы 412-з пласта «Мощный» на участке ее первичной посадки не производилось.

На выемочном участке лавы 412-з на всем протяжении отработки пласта «Мощный» постоянно происходили микроудары.

Анализируя случаи произошедших микроударов и отжимов угля в лаве 412-з пласта «Мощный» можно констатировать, что произошедшие газодинамические явления следует отнести к 1-му типу ГДЯ: внезапный отжим забоя по длине лавы

участками, месторасположение которых совпадает с зонами влияния вторичных осадок основной кровли, с повышенным газовыделением, к 3-му типу: микроудар в верхней части лавы с проявлением его влияния в опорной зоне вентиляционного штрека, а также к 4-му типу: микроудар в нижней части лавы с проявлением его влияния в опорной зоне вентиляционного и конвейерного штреков.

В процессе газодинамического явления в лаве 412-з пласта «Мощный» происходило поднятие угольной пыли с образованием пылевоздушного облака высокой плотности, ощущались толчки со стороны пород почвы, при этом иногда работников сбивало с ног, а также фиксировалось усиление газовыделения. Вышеперечисленные признаки относятся к признакам микроудара.

Несмотря на указанные выше факты, достоверно свидетельствующие о происходящих в феврале 2016 года микроударах в лаве 412-з пласта «Мощный», эти случаи в СП «Шахта Северная» в указанный период не регистрировались и не расследовались.

Наличие микроударов при отработке пласта «Мощный», а также отжимов угля в очистном забое лавы 412-з указывает на повышенное напряженное состояние горного массива, образовавшееся вследствие зависания основной кровли пласта «Мощный», которое необходимо было снимать посредством активного воздействия на породы вмещающего горного массива, т.е. породы почвы пласта или кровли, в том числе методами гидромикроторпедирования (ГМТ), направленного гидроразрыва или иными способами, предусмотренными нормативным документом [73]. Однако никаких профилактических мероприятий перед аварией на участке по добыче угля № 12 в лаве 412-з пласта «Мощный» не проводилось.

Повышенное напряженное состояние (горное давление) горного массива привело к тому, что оконтуривающие (подготовительные) горные выработки подверглись существенным деформациям и, прежде всего, ВБ 42-з пласта «Мощный».

В данной выработке также происходило пучение почвы. В ВБ 42-з пл. «Мощный» выкладывали «костры» из деревянных брусьев для ее поддержания. Фактически прохода по этой выработке не было, сечение свободного прохода и самого штрека сужалось практически до нулевых значений.

Подработка нижележащим пластом допускается как один из способов разупрочнения труднообрушаемой кровли и предусмотрена инструкцией ВНИМИ [73].

При рассмотрении указанного вопроса изучались мощность непосредственной кровли, несущая способность секций крепи, применяемых в лаве, также принималось во внимание проведение мероприятий по разупрочнению в виде подработки пластом «Пятый». Кроме того, геологом было дано заключение по свойствам вмещающих пород, согласно которому основная кровля уже была трещиноватая, что подтверждало эффективность подработки пласта «Мощный» пластом «Пятый».

Изложенное давало основания признать отсутствие необходимости проведения специальных мероприятий по разупрочнению основной кровли.

Условия по разупрочнению кровли были выполнены путем подработки нижележащим пластом».

В лаве 412-з пласта «Мощный» условия по разупрочнению кровли путем подработки пласта «Мощный» нижележащим пластом «Пятый» в полном объеме выполнены не были.

В соответствии с [73], при вынимаемой мощности подрабатываемого пласта «Пятый» ( $m_b = 1,0$  м) максимальная мощность междупластья не должна превышать 42 м, чтобы обеспечить эффективную подработку с целью разупрочнения основной кровли пласта «Мощный», что противоречит данным исследований ВНИМИ [60], в которых отмечается, что зона расслоения пород не превышает  $30 \div 35 m_b$ , т.е. при вынимаемой мощности пласта  $m_b = 1,0$  м, зона расслоения не более 35 м. Возникает вопрос – что является истиной: 42 м, 35 м или 30 м.

К объективности данных, приведенных в нормативе [73], возникают вопросы откуда они взялись. Следует отметить, что пласты мощностью 0,5 м по сей день нигде в мире не отрабатываются. Пласт «Пятый», мощностью 1 м, в качестве защитного стал отрабатываться с 1992 года. Никаких объективных исследований, проведенных на шахтах СССР и России по оценке эффективности подработки, как способа разупрочнения тяжелых кровель нет.

В шахте «Северная» от пласта «Пятый» до слоев труднообрушаемых пород основной кровли (песчаников) лавы 412-з пласта «Мощный» в месте ее установленного зависания было: 32 м (междупластье) + 4 м (мощность пл. «Мощный») +  $14 \div 22$  м (мощность непосредственной кровли) = 50 (58) м. При данных условиях основная кровля лавы 412-з пласта «Мощный» на участке ее зависания никак не могла быть разупрочнена в результате защитной подработки пластом «Пятый».

Нарушение заключается в том, что подрабатываемый пласт «Мощный» в выемочном поле лавы 412-з подрабатывался пластом «Пятый» лавами 412-з и 512-з с оставлением между лавами пласта «Пятый» целиков шириной до 6,0 м, мероприятия по разупрочнению данных целиков не выполнялись.

Выемочное поле лавы 412-з пласта «Мощный» было расположено как в области, где имелось разупрочнение от подработки пластом «Пятый», а также в районе, где разупрочнения не было (зоны влияния целиков пласта «Пятый»).

Специалистами СП «Шахта Северная» и Ростехнадзора не учитывался факт, что кровля принимается неразупрочненной в зонах ПГД от целиков, оставленных на пласте «Пятый».

Размер зон разупрочнения по лаве 412-з пласта «Мощный» при его подработке пластом «Пятый» ни в одном проекте не определялся. Проведем его самостоятельно. Построение разупрочненной зоны на подрабатываемом пласте «Мощный» представлено на рисунке 2.3, из которого видно, что в кровле пласта «Мощный» имелись две зоны неразупрочненной кровли размером до 50 м.

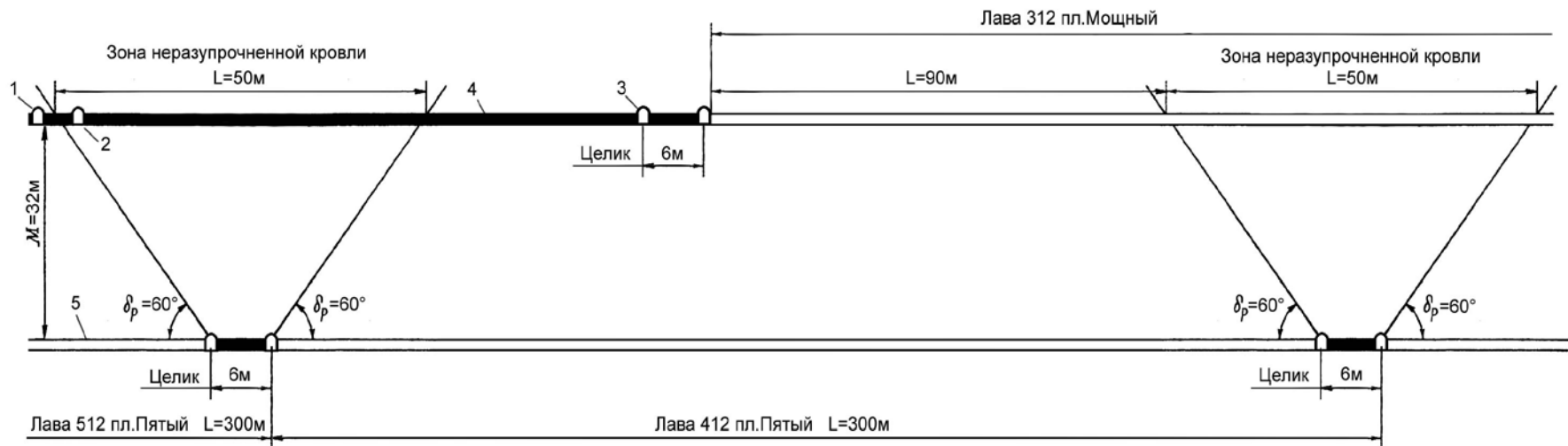


Рисунок 2.3 - Построение разупрочненной зоны на подрабатываемом пласте «Мощный»

- 1 – Вентиляционный бремсберг 52-з пл. «Мощный»;
- 2 – Конвейерный бремсберг 42-з пл. «Мощный»;
- 3 – Вентиляционный бремсберг 42-з пл. «Мощный»;
- 4 – Пласт «Мощный»;
- 5 – Пласт «Пятый»



Одна зона находилась внизу лавы 412-з пласта «Мощный». Это способствовало повышению напряженного состояния горного давления, что в конечном итоге провоцировало газодинамические явления в виде динамического отжима пласта. Вторая зона находилась в районе выработанного пространства ранее отработанной лавы 312-з пласта «Мощный» на расстоянии 90-100 м от ВБ 42-з пл. «Мощный». В этом промежутке основная кровля была защемлена с двух сторон: со стороны краевой части пласта «Мощный» и со стороны зоны неразупрочненной кровли в выработанном пространстве лавы 312-з пласта «Мощный». Образовавшаяся консоль основной кровли длиной 90 м в процессе ее обрушения в этом районе давила на крепь горной выработки ВБ 42-з пласта «Мощный» и приводила к значительной ее деформации. Необходимо было обрезать эту консоль одним из способов, приведенных в Инструкции [73].

Имеющиеся зоны неразупрочнения негативно влияли, прежде всего, на устойчивость подготовительных выработок КБ 42-з пласта «Мощный» и ВБ 42-з пласта «Мощный» из-за повышения горного давления вследствие повышения напряженного состояния горного массива, что приводило к значительным деформациям горной крепи и потери сечения этих выработок.

Зоны ПГД от целиков на пласте «Пятый» не были исключены из зоны разупрочнения кровли пласта «Мощный», что негативно сказалось на общей геомеханической обстановке в лаве 412-з пласта «Мощный», прежде всего, связанной с потерей сечения ВБ 42-з пласта «Мощный» (выработка полностью завалена) и постоянном проявлении газодинамических явлений в лаве в виде динамических отжимов угля до 2-3 м.

В СП «Шахта Северная» в качестве способов прогноза степени удароопасности и контроля эффективности профилактических мероприятий по предотвращению горных ударов предусматривалось бурение шпуров диаметром 43 мм с поинтервальным замером выхода буровой мелочи. В ВБ 52-з пласта «Мощный» допускалось проведение комбинированного прогноза удароопасности

шпуровым методом в сочетании с методом регистрации электромагнитной эмиссии (ЕЭМИ) при помощи аппаратуры ЕГ-20 «Ангел».

Метод основан на регистрации параметров отклика углей в краевой части пласта на повышенные напряжения в зоне опорного давления в виде хрупкого разрушения с генерацией трещинами импульсного электромагнитного излучения. По различию отклика на опасных и неопасных участках ведется оценка удароопасности. Прогноз удароопасности с помощью аппаратуры ЕГ-20 «Ангел» выполняются путем дистанционного приема датчиком (выносной антенной) в замерных пунктах выработки сигналов от электромагнитных импульсов, генерируемых в горном массиве.

В СП «Шахта Северная» и СП «Шахта Комсомольская» АО «Воркутауголь» функционируют системы сейсмического мониторинга GITS (Geo Info Trans System) АО «ВНИМИ».

Фиксация сейсмособытий производилась с помощью программы WINGITS (версия - 81.2016), разработанной в АО «ВНИМИ». Аналогичная программа работает на сейсмостанции СП «Шахта Северная» с 2006 года.

Программа WINGITS работает на сейсмостанции шахты «Комсомольская» с 2006 года, на сейсмостанции шахты «Северная» с 2008 года. Программа регистрирует сейсмические события при нарушении сплошности массива горных пород в результате горного давления, т.е. образования трещин, когда массив разрушается под действием напряжений и деформаций. Также сейсмической сетью фиксируются сейсмические события, происходящие при подвижках структурных породных блоков. При разрушении массива и подвижках структурных породных блоков выделяется энергия. Часть общей энергии переходит в сейсмическую, и распространяется в виде упругих сейсмических волн, которые и регистрируются датчиками. При регистрации сейсмических волн от одного события 5-ю и более датчиками определяются координаты сейсмического события, и оценивается его энергия.

Энергия сейсмических событий зависит от размера нарушения сплошности массива горных пород. Чем больше трещина при разрушении массива, тем больше выделяемая энергия сейсмического события. Аналогично, чем больше блок и скорость подвижки, тем больше энергия сейсмического события. Также сейсмостанция может регистрировать обрушения горного массива. При этом при падении блоков на почву в упругие сейсмические волны преобразуется только порядка 10% от общей энергии падающей массы (при нарушении сплошности массива до 60% выделяемой энергии), в виду чего для выделения большой сейсмической энергии при падении блоков требуется падение блока большой массы с большой высоты (порядка 50 тонн для фиксации минимальной энергии).

Зафиксированные программой WINGITS сейсмические события записываются в базу данных «SQL-сервер». Оператор сейсмостанции при помощи программы WINGITS, согласно алгоритмов, разработанных АО «ВНИМИ», определяет координаты и энергию зафиксированных сейсмических событий, и полученные данные записываются в соответствующую ячейку базы данных «SQL-сервер». Эти данные могут быть конвертированы в формат \*.xls программы EXCEL в виде каталога сейсмических событий за любой выбранный период наблюдения.

Программа WINGITS фиксирует сейсмические события в пределах чувствительности сейсмической сети шахты - сейсмодатчики, расставленные в скважины по всему шахтному полю. Минимальная энергия, регистрируемая сейсмостанцией, зависит от плотности сейсмической сети. Сеть сейсмостанции шахты «Северная» насчитывала 9 сейсмодатчиков (по проекту 12 сейсмодатчиков), и начинала регистрацию событий в шахтном поле шахты «Северная» с энергии порядка 50 Дж. Сеть сейсмостанции рядом расположенной шахты «Комсомольская» насчитывает 7 сейсмодатчиков, и начинает регистрацию событий в шахтном поле шахты «Комсомольская» с энергии порядка 50 Дж.

Таблица 2.1 - Классификация сейсмоактивности по параметру удароопасности «F» и энергии единичного сейсмического события «E» ш. «Комсомольская» (ГИТС-1), ш. «Северная» (ГИТС-2) (Региональный прогноз)

|   |      |   |
|---|------|---|
| 0 | 10   | <b>Уровень 0</b> (фоновый уровень) – за 15 дней в блоке не произошло крупных сейсмических событий, $F < 10$ .   |
| 1 | 100  | <b>Уровень 1</b> – значение $F < 100$ у.е. или внутри блока зарегистрировано событие с энергией $E > 1000$ Дж.  |
| 2 | 200  | <b>Уровень 2</b> – Значение $F$ находится в диапазоне от 100 до 200 у.е. или внутри блока зарегистрировано событие с энергией $E > 5000$ Дж. («напряженно, но не опасно»).  |
| 3 | 400  | <b>Уровень 3</b> – Значение $F$ находится в диапазоне от 200 до 400 у.е. или внутри блока зарегистрировано событие с энергией $E > 10\,000$ Дж. («напряженно, но не опасно»).   |
| 4 | 800  | <b>Уровень 4</b> – Значение $F$ находится в диапазоне от 400 до 800 у.е. или, если зарегистрировано событие с энергией $E > 15000$ Дж - категория «опасно» («оранжевый» уровень).<br><b>Категория «опасно» («оранжевый» уровень) принимается при регистрации единичного события с энергией <math>E &gt; 15000</math> Дж, если данное событие находится в границах зоны, оконтуренной радиусом его влияния.</b>        |
| 5 | 1000 | <b>Уровень 5</b> – Значение $F$ находится в диапазоне от 800 до 1000 у.е. или, если зарегистрировано единичное событие с энергией $E > 30000$ Дж - категория «опасно» («красный» уровень).<br><b>Категория «опасно» («красный» уровень) принимается при регистрации единичного события с энергией <math>E &gt; 30000</math> Дж, если данное событие находится в границах зоны, оконтуренной радиусом его влияния.</b> |

Учитывая, что между полями шахт «Северная» и «Комсомольская» расстояние порядка 5 км, сейсмостанция шахты «Комсомольская» может регистрировать крупные сейсмособытия в поле шахты «Северная».

При этом анализ составленных в ходе осмотра предметов от 22-30.03.2017 карт сейсмособытий, зафиксированных сейсмостанциями шахты «Северная» и шахты «Комсомольская» в поле шахты «Северная» за период с 01.08.2014 по

05.03.2016 (см. рисунки 2.4 и 2.5), свидетельствует, что сейсмостанция шахты «Комсомольская» регистрировала в поле пласта «Мощный» шахты «Северная» единичные сейсмособытия, в основном мощностью в диапазоне 4000-11000 Дж, тогда как в тот же период сейсмостанция шахты «Северная» регистрировала по пласту «Мощный» множественные сейсмособытия мощностью от 50 Дж (см. Приложение 1).

Проведем сверку фиксации сейсмостанцией шахты «Комсомольская» в поле пласта «Мощный» сейсмособытий мощностью более 2000 Дж, зафиксированных сейсмостанцией шахты «Северная» в поле пласта «Мощный» шахты «Северная» (Приложение 2). Проведенный анализ показал, что из 575 сейсмособытий, зарегистрированных сейсмостанцией шахты «Северная», сейсмостанцией шахты «Комсомольская» были зарегистрированы только 103 сейсмособытия, причем при фиксации сейсмособытий имеет место большая погрешность по определению местоположения сейсмособытия (часто сейсмособытия вынесены за пределы пласта «Мощный», в сторону шахтного поля СП «Шахта Комсомольская», по глубине данные сейсмостанции шахты «Комсомольская» часто глубже, чем по данным сейсмостанции шахты «Северная»), так и по его мощности, причем мощность сейсмособытий зафиксированных сейсмостанцией шахты «Комсомольская», была как меньше, так и больше мощности, зафиксированной сейсмостанцией шахты «Северная». Очевидных закономерностей между мощностью сейсмособытия в пласте «Мощный» СП «Шахта Северная» и точностью определения его местоположения сейсмостанцией шахты «Комсомольская» не прослеживается. При этом все сейсмособытия мощностью более 10000 Дж были зафиксированы, а часть довольно мощных сейсмособытий (с мощностью от 5048 Дж до 9782 Дж) не зафиксированы сейсмостанцией шахты «Комсомольская». Практически все сейсмособытия с мощностью менее 3500 Дж сейсмостанцией шахты «Комсомольская» не зафиксированы.

Карта количества (плотности) сейсмособытий, зарегистрированных сейсмостанцией шахты "Северная" в поле шахты "Северная" по пласту Мощному, с изолиниями мощности непосредственной кровли

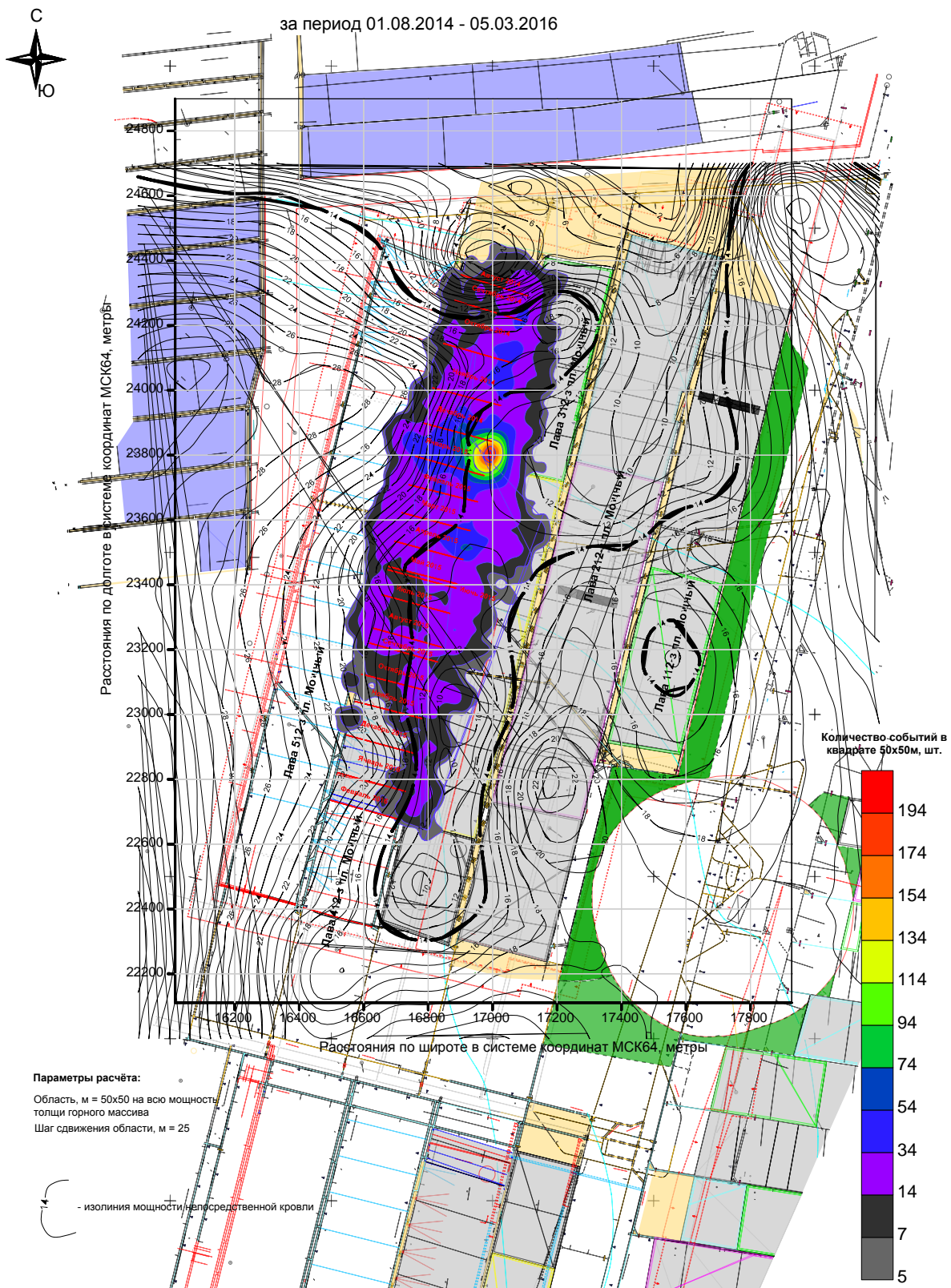


Рисунок 2.4 – Карта плотности сейсмособытий

за период 01.08.2015 - 05.03.2016

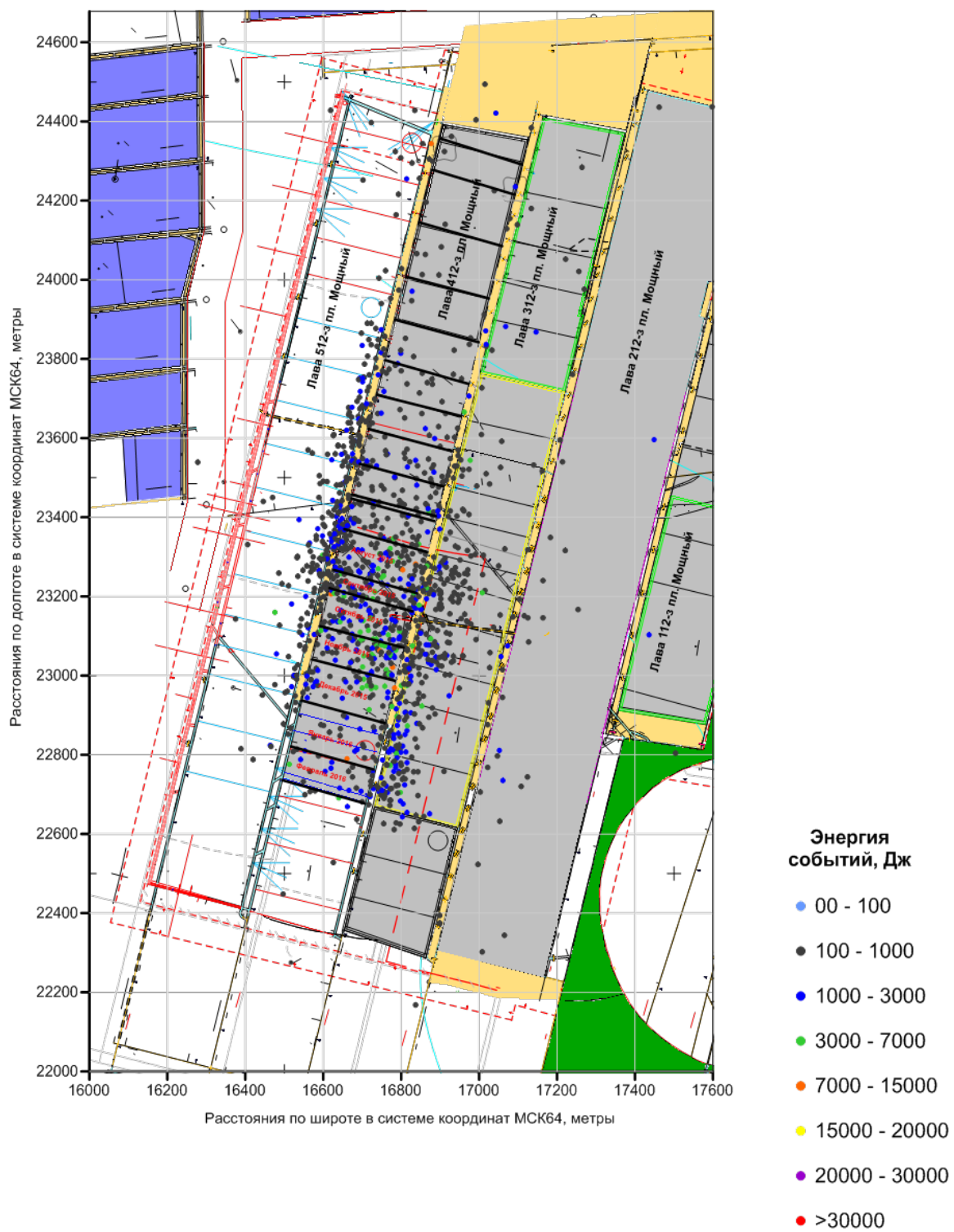


Рисунок 2.5 – Карта сейсмособытий



Согласно каталогам сейсмических событий, зарегистрированных в феврале 2016 года сеймостанциями шахты «Северная» (до 19.02.2016) и шахты «Комсомольская», сейсмических событий с энергией, свидетельствующей о горных ударах, в шахтном поле шахты «Северная», не зафиксировано.

Учитывая данные загазирования в КБ 42-з пласта «Мощный», произошедшие в ноябре 2014 года - январе 2015 года, можно утверждать, что на участке с пикета 160 по пикет 170 КБ 42-з пласта «Мощный» (рисунок 2.6) происходили выделения метана техногенного происхождения с концентрацией  $CH_4 > 5\%$ .

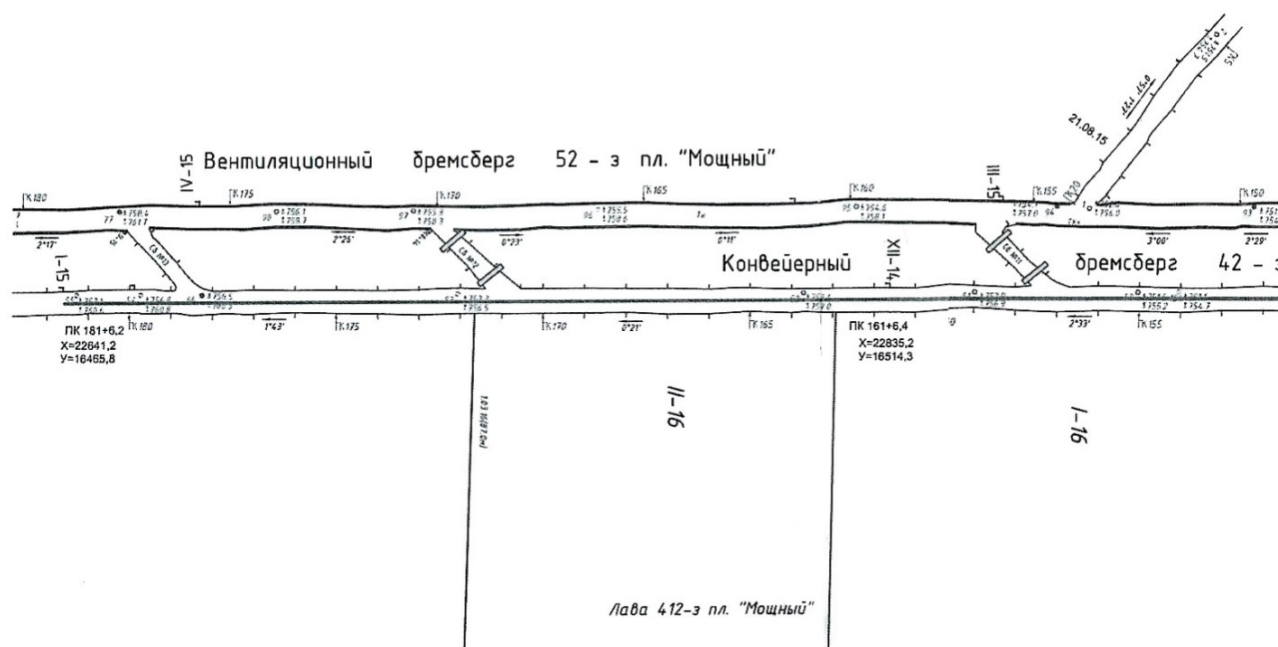


Рисунок 2.6 - Выкопировка с плана горных выработок с нанесением месячного подвигания проходческого забоя СП «Шахта Северная» по КБ 42-з пласта «Мощный», с координатами, привязкой к пикетам, за ноябрь и декабрь 2014 г.

При наличии многократных загазирования в тупиковом забое КБ 42-з пласта «Мощный» (см. Приложение 3) руководством СП «Шахта Северная» не были проведены расследования причин загазирования. Ни один случай загазирования не был признан аварийным, хотя стационарными датчиками регистрировались слоевые скопления метана.



Все загазирования, не относящиеся к технологическим, являются аварийными.

Отраженные в журналах загазирования СП «Шахта Северная» причины загазирования в КБ 42-з пласта «Мощный», которые фактически являлись аварийными, всегда признавались работниками шахты, как технологические. Подтверждением того, что в 2014 году загазирования в проходческом забое КБ 42-з «Мощный» были аварийными, являются показания свидетелей, что загазованность как внезапно появилась в КБ 42-з пласта «Мощный», так и пропала. Показания свидетелей подтверждаются показаниями стационарных датчиков в забое. Обращает внимание то, что большая часть зафиксированных стационарными датчиками концентраций метана от 5% до 94% ни в каких журналах не отражалась, данные факты не расследовались, хотя на лицо имелись признаки слоевых скоплений метана в забое.

В феврале 2016 года лава 412-з пласта «Мощный» вошла в зону отработки пласта, где в ноябре 2014 года-январе 2015 года при проведении КБ 42-з «Мощный» происходили интенсивные выделения метана.

При этом согласно данным газоанализаторов М02-01 и показаний работников участка по добыче угля № 12 СП «Шахта Северная» следует, что, начиная с 21.02.2016 по 1 смену 25.02.2016 в лаве 412-з пласта «Мощный» каждую смену происходили загазирования с концентрацией метана более 2%. Согласно Книге замеров метана и учета загазирования СП «Шахта Северная» (начата 27.12.2015) 23 и 24 февраля 2016 г. работающими датчиками системы «Микон-1Р» фиксировались загазирования лавы 412-з пласта «Мощный», с концентрацией метана более 2,0 %.

В Приложении 4 приведены все случаи загазирования по лаве 412-з пласта «Мощный», зафиксированные за период отработки лавы в журналах загазирования и книге замеров метана и учета загазирования СП «Шахта Северная».

На шахте «Северная» не производился расчет объема метана, выделившегося при газодинамическом явлении.

Было установлено, что в районе 130-146 секции забоя лавы 412-з пласта «Мощный» (20-30 м) перед аварией был источник газовыделения метана в выработанном пространстве лавы. Возникает вопрос – что спровоцировало внезапные выделения метана.

Следует отметить, что в Заключении отчета о научно-исследовательской работе «Геомеханический мониторинг отработки лавы 512-з пл. «Пятый» и лав 412-з и 512-з пл. «Мощный» в северном блоке шахты «Северная» и разработка рекомендаций по безопасной доработке пласта «Мощный» в пределах выемочных полей 412-з и 512-з», выполненной АО «ВНИМИ» [62] указано, что:

- при отсутствии разупрочнения труднообрушаемой кровли и применении крепей с рабочим сопротивлением несоответствующим нагрузочным свойствам пород кровли горно-геологические условия на участке подвигания очистного забоя 412-з до первичной посадки основной кровли, будут дублировать фактические условия отработки пласта лавой 312-з и события, происшедшие на аналогичном участке;

- давление зависающих над бремсбергами и в выработанном пространстве консолей труднообрушаемой кровли будет приводить к систематическим разрушениям всех видов крепи и продавливанию «верхняков» до почвы бремсбергов. Этот факт подтверждает отсутствие эффекта защитной подработки пласта «Мощный» очистными работами по пласту «Пятый» из-за более сильного негативного влияния труднообрушаемой кровли на уменьшение шага ее посадки и на процессы разгрузки массива.

Таким образом, наличие защитной подработки участка выемочного столба 412-з протяженностью от монтажной камеры до первичной посадки труднообрушаемой кровли не может быть основанием отказа от мероприятий по ее разупрочнению.

При обрушении упомянутых консолей в выработанное пространство в результате сотрясения массива большие количества угольной пыли и метана из

выработанного пространства будут вытеснены в призабойное пространство, создавая аварийную ситуацию, что является очень опасным осложняющим фактором.

В том числе отмечалось, что при проведении монтажной камеры 312-з и конвейерной сбойки 312-з пласта «Мощный» прогнозным бурением шпуров выявлялась категория «опасно» по горным ударам как на участке, подработанном более 5 лет назад, так и на участке, подработанном менее 5 лет назад:

- в монтажной камере - 9 раз за период с 22.08.11 по 03.10.11;
- в конвейерной сбойке, расположенной вне зоны первичного обрушения пород основной кровли - 6 раз за период с 23.07.11 по 23.01.12.

Бурение прогнозных шпуров сопровождалось интенсивным выходом буровой мелочи, образованием шламовых пробок, захватами бурового инструмента, толчками и ударами в пласте.

По этой причине шпуров не достигали проектной глубины (9,0 м), равной ширине защитной зоны пласта «Мощный».

Анализ данных прогнозного бурения шпуров показал, что эффективность защитного действия подработки выемочного столба 312-з пласта «Мощный» не сохранилась, в массиве восстановились опасные напряжения, а краевые части пласта находятся в удароопасном состоянии.

В соответствии с горно-геологическим прогнозом на отработку лавы 412-з пласта «Мощный» в районе вентсбойки №12, где находилась лава в момент аварии, междупластье составляло 32 м при вынимаемой мощности пласта «Пятого»  $m = 1,0$  м.

Размер зоны расслоений по данным АО «ВНИМИ» [74] ограничивается 30-35-кратной мощностью пласта для трещин, ориентированных по нормали к напластованию, и значительно меньше для трещин, параллельных напластованию.

Наблюдениями установлено, что высота зоны расслоений не всегда пропорциональна мощности пласта. Вынимаемая мощность пласта оказывает

влияние на высоту зоны расслоений, но не непосредственно, а через расстояние, на котором оседающие слои пород получают опору позади движущегося забоя. Можно считать, что высота зоны расслоений равна расстоянию, на котором подработанные слои опираются на уплотняющуюся часть зоны обрушения.

Граничная линия зоны опорного давления является геометрическим местом точек перехода пород от деформации сжатия к деформации растяжения. Она начинается вблизи забоя и наклонена в нижней части массива в сторону завала под определенным углом.

Для наших условий зона расслоения ( $h_p$ ) составляла:

$$h_p = 30 \div 35 m_{пл} = (30 \div 35) \cdot 1,0 = 30 \div 35 \text{ м}$$

Т.е. величина не расслоившихся пород ( $h_{н.р}$ ) при подработке пласта «Мощный» составила для минимального расстояния  $h_{н.р} = 32 - 30 = 2 \text{ м}$ .

Для максимального значения 35,  $m_b = 35 \text{ м}$  породы междупластья между пластом «Пятый» и пластом «Мощный» должны были быть расслоены, и выполнить свою функцию по снижению напряженного состояния пласта «Мощный», т.е. выполнить функцию «защитного» пласта от ГДЯ.

Как уже отмечено, для нашего случая междупластье составляло 32 м.

Для нашего случая аварийного участка очистного забоя лавы 412-з пласта «Мощный» в момент проведения КБ 42-з в декабре 2014 г. выработка проводилась в зоне ПГД, т.к. нижняя часть лавы (20 м) не была еще подработана лавой 512-з пласта «Пятый», что спровоцировало интенсивное (суфлярное) выделение метана в этой выработке.

Следует отметить, что непосредственно в почве пласта «Мощный» залегает мелкозернистый песчаник мощностью 4-5 м, однако в районе аварийной остановки лавы песчаник выклинивается и полностью замещается менее прочным аргиллитом мощностью до 5,0 м. При этом под этим аргиллитом находится высокогазоносный угольный пропласток  $n_{10}$  мощностью 0,4 м, который в соответствии с совместными

приказами ОАО «Воркутауголь» и Печорского управления Ростехнадзора в пределах шахты «Северная» отнесен к угрожаемым по горным ударам с отметки - 610 м и ниже, а также угрожаемым по выбросам.

Вышеизложенное является провоцирующим фактором внезапного выделения метана суфлярного типа как в выработанное пространство очистного забоя, так и в призабойное пространство лавы 412-з пласта «Мощный» из-за разрушения почвы пласта при обрушении зависшей основной кровли пласта «Мощный».

Анализируя горно-геологические и горнотехнические условия защитной отработки выемочного столба лавы 412-з пласта «Мощный» очистными работами по пласту «Пятый» можно выделить следующие моменты:

1. Восточная часть лавы 412-з пласта «Мощный» ( $L = 200$  м) подработана лавой 412-з пласта «Пятый» в период с декабря 2009 г. по февраль 2012 г., следовательно, срок защиты на начальный период составляет 4 года 8 месяцев, на момент окончания 4 года. Срок защитной подработки менее 5-ти лет.

Западная часть лавы 412-з пл. «Мощный» ( $L = 20$  м) подработана лавой 512-з пласта «Пятый» в период с июня 2012 г. по октябрь 2012 г., следовательно, срок защиты на начальный период составляет 2 года 2 месяца, на момент окончания 1 год 4 месяца. Срок защитной подработки значительно меньше 5-ти лет.

2. При отработке пласта «Пятый» между выработками КБ 42-з и ВБ 52-з оставлен целик шириной 6 м, который мог дать зону повышенного горного давления (ПГД) на пласте «Мощный».

Опыт отработки предыдущей лавы 312-з пласта «Мощный», показал неэффективность подработки пласта «Мощный» пластом «Пятый» даже при сроке менее 5 лет, и не исключается возможность формирования зон ПГД при отработке лавы 412-з пласта «Мощный».

Следовательно, повышенное горное давление и возникающие повышенные напряжения в междупластье пласта «Мощный» и пласта «Пятый» спровоцировали образование коллектора повышенной трещиноватости.

Обобщая вышеизложенное можно сделать следующие выводы:

1. Основная кровля пласта «Мощный» по лаве 412-з представлена песчаниками мелкозернистыми слоистыми, постепенно переходящими в нижней части в алевролиты крупнозернистые. Общая мощность выделяемой пачки основной кровли составляет 21-26 м, местами уменьшаясь до 9-13,5 м. С учетом того, что средне взвешенный предел прочности пород основной кровли более 80 МПа, основная кровля отнесена к труднообрушаемой, к типу 3Б.

Несмотря на наличие тяжелой труднообрушаемой кровли пласта «Мощный», ее разупрочнение и принудительное обрушение на выемочном участке лавы 412-з не проводилось, что привело к зависанию основной кровли на площади 62700 м<sup>3</sup> и ее обрушению 25.02.2016 около 14 часов 09 минут перед аварией.

2. Зависание с декабря 2015 года основной кровли на выемочном участке лавы 412-з пласта «Мощный» приводило к повышению напряженного состояния массива, в результате чего на выемочном участке оконтуривающие горные выработки подверглись существенным деформациям и, прежде всего, ВБ 42-з пласта «Мощный», который находился в аварийном состоянии с февраля 2015 г., вследствие чего в выработке стали возводить «костры» из круглого леса и бруса.

Перед аварией, произошедшей 25.02.2016, сечение выработки не превышало 0,5-1 м<sup>2</sup>, что является нарушением Паспорта проведения и крепления ВБ 42-з пласта «Мощный», согласно которому сечение ВБ 42-з пласта должно составлять 14,4 м<sup>2</sup>.

3. Установлено, что в период с декабря 2015 года по февраль 2016 года большая часть мероприятий по прогнозу степени удароопасности пласта «Мощный» в очистном забое лавы 412-з, КБ 42-з и ВБ 52-з пласта «Мощный», которые указаны в книге нарядов и соответствующих журналах, не проводились. При этом горные мастера, фактически не выполняя наряд по прогнозу удароопасности в лаве 412-з пласта «Мощный», делали в соответствующих журналах и книге нарядов отметки о выполнении наряда в лаве 412-з пласта «Мощный». Согласно данных системы позиционирования СП «Шахта Северная»

и информации о работе добычного комбайна в лаве 412-з пласта «Мощный», наиболее вероятно, последний раз перед аварией прогноз удароопасности в лаве 412-з пласта «Мощный» был выполнен 09.02.2016 в 1 смену.

4. Многочисленные случаи микроударов и отжимов угля пласта «Мощный» на глубину более 2 м, имевшие место в лаве 412-з пласта «Мощный» в течение всего периода отработки лавы, не расследовались.

5. Пласт «Мощный» подработан защитным пластом «Пятый» с оставлением целика шириной порядка 6 м. При этом никаких дополнительных мер безопасности разработано не было. Более того, не учтена рекомендация ОАО «ВНИМИ», который отмечал, что на выемочном участке лавы 412-з пласта «Мощный» подработка будет неэффективна. Необходимо учесть тот факт, что подработка верхней части лавы (200 м) и нижней части лавы (20 м) проведена с интервалом времени более 2 лет, такие условия подработки не учтены ни одним нормативным документом, при этом расстояние между защитным пластом «Пятый» и защищаемым пластом «Мощный» превышало 30 м и составляло 32 м. Вышеперечисленные обстоятельства являются нарушением нормативных документов.

6. Многократные загазирования КБ 42-з пласта «Мощный» в ноябре-декабре 2014 г. и очистного забоя лавы 412-з пласта «Мощный» в феврале 2016 г. не расследовались и уровень метановыделения в этих горных выработках не определялся, хотя все признаки наличия выделений ( $\text{CH}_4$ ) техногенного происхождения, связанных с газодинамическими явлениями, присутствовали. Это привело к аварии, связанной со взрывом метанопылевоздушной смеси.

## **2.2. Исследование эндогенных пожаров как фактора взрыва метана и угольной пыли**

Рациональная технология ведения горных работ на мощных самовозгорающихся и газообильных пологих и наклонных пластах в сложных

горно-геологических условиях по условиям безопасности и исключения взрыва метана должна обеспечивать: сокращение до минимума эксплуатационных потерь угля в недрах; управляемое проветривание выработанного пространства, исключающего опасные скопления в нем метана; надежную изоляцию выработанного пространства от действующих выработок и в случае возникновения эндогенного пожара, возможность его локализации и исключения из общей сети проветриваемых выработок.

При панельном и этажном способах отработки угольных пластов, опасных по эндогенным пожарам, подготовку, как правило, необходимо осуществлять односторонними панелями (выемочными полями) при проведении бремсбергов (уклонов) и фланговых ходков по пласту.

Подготовка двухсторонними панелями (выемочными полями) допускается при оставлении между сторонами панели (выемочного поля) непрорезаемого целика угля, исключающего возможность аэродинамической связи между ними в течение всего срока отработки панели.

Перед аварией на шахте «Распадская», 10.05.2010, нагрузки на очистные забои составляли 6000-12000 т/сут при метанообильности участков больше 5 м<sup>3</sup>/мин.

Дополнением к проекту предусматривался нисходящий порядок отработки пластов 10, 7-7а и 6-ба в двухсторонних и односторонних панелях.

При этом предусматривалась выемка надштрековых целиков угля у вентиляционных штреков одновременно (по одной линии) с отработкой лавы нижележащего столба при отсутствии оконтуривающих штреков (просеков), а также отвод воздуха из очистных выработок через завалы и обрушения. При этом длина неподдерживаемой выработки (выработанного пространства с обрушенными породами) не ограничивалась.



В результате исследований [76, 77] на шахтах Карагандинского бассейна и шахтах Германии установлено, что депрессия воздуха в поддерживаемой за лавой выработке не должна превышать 40 Па на 600-800 м ее длины.

В этой связи целесообразно остановиться на результатах исследований [78], проведенных на трех выемочных участках шахты «Распадская» (рисунок 2.7).

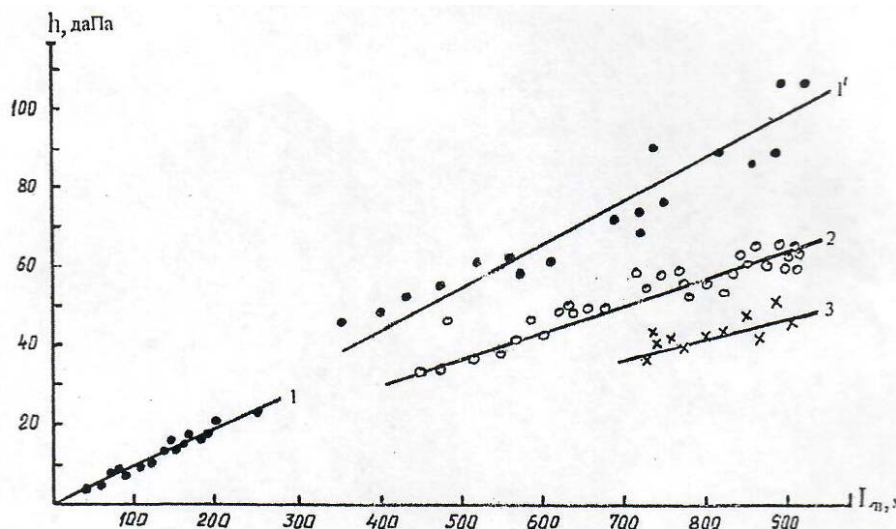


Рисунок 2.7 - Изменение перепада давления воздуха в дренажных выработках обусловленное расстоянием от ВМЦГ-7 до линии очистного забоя:

1-лавы 5-6-4; 2-лавы 4-7-21; 3-лавы 5-6-10

Опасность по подземным пожарам от самовозгорания угля определяли, прежде всего:

- наличие концентрированных потерь угля в выработанном пространстве;
- контакт разрыхленных потерь угля с кислородом воздуха в течение времени, значительно превышающего продолжительность инкубационного периода самовозгорания угля отработываемых шахтопластов;

- невозможность обнаружения очагов самовозгорания в угольных скоплениях в выработанном пространстве выемочного участка на ранних стадиях вследствие сильного разжижения пожарных индикаторных газов при производительности газоотсасывающего поверхностного вентилятора 1200-1400 м<sup>3</sup>/мин.

Анализируя вышеизложенное, можно констатировать, что отработка пластов в пределах крыла блока в нисходящем порядке без оставления барьерных целиков между лавами являлась опасной по подземным пожарам от самовозгорания угля.

Результаты исследований РосНИИГД по склонности к самовозгоранию углей шахтопластов 6-6а, 7-7а, 9 и 10 в условиях шахты «Распадская» представлены в таблице 2.2.

Таблица 2.2 - Склонность пластов к самовозгоранию

| <b>№ п/п</b> | <b>Пласт, блок</b>    | <b>Группа склонности к самовозгоранию</b> | <b>Инкубационный период, сутки</b> |
|--------------|-----------------------|---|------------------------------------|
| 1            | пласт 6-6а, блок № 4  | весьма склонный к самовозгоранию          | 47                                 |
| 2            | пласт 6-6а, блок № 5а | весьма склонный к самовозгоранию          | 45                                 |
| 3            | пласт 6-6а, блок № 5  | весьма склонный к самовозгоранию          | 44                                 |
| 4            | пласт 7-7а, блок № 5а | весьма склонный к самовозгоранию          | 52                                 |
| 5            | пласт 9, блок № 4     | склонный к самовозгоранию                 | 55                                 |
| 6            | пласт 10, блок № 4    | склонный к самовозгоранию                 | 53                                 |
| 7            | пласт 10, блок № 5а   | склонный к самовозгоранию                 | 53                                 |

Как видно из таблицы 2.2, угольные пласты 9 и 10 склонны к самовозгоранию с инкубационным периодом от 53 до 55 суток, а пласты 6-6а и 7-7а весьма склонны к самовозгоранию с инкубационным периодом от 44 до 52 суток.

Обобщая вышеизложенное, можно констатировать, что контроль за возможными очагами самонагрева и обнаружения эндогенных пожаров на основе анализа результатов замеров концентрации пожарных индикаторных газов на выходе газоотсасывающих установок и изменения влагосодержания атмосферы в выработанном пространстве не обеспечил надежность прогноза.

Невозможность обнаружения очагов самовозгорания в угольных скоплениях в выработанном пространстве выемочного участка на ранних стадиях была обусловлена, прежде всего, сильным разжижением пожарных индикаторных газов при производительности газоотсасывающего поверхностного вентилятора 1200-1400 м<sup>3</sup>/мин.

За весь период эксплуатации шахты «Распадская» на ней было зарегистрировано 7 эндогенных пожаров и один экзогенный пожар, возникших на пластах 6-ба, 7-7а и 9 (таблица 2.3), и одно незарегистрированное самонагревание в выработанном пространстве лавы 5а-6-16 (по данным поверхностных радоновых съемок 10.11.2006).

Таблица 2.3 - Список эндогенных пожаров в ОАО «Распадская»

| <b>Место возникновения пожара</b>      | <b>Дата его возникновения</b> | <b>Дата его списания</b> | <b>Номер пожара</b> |
|--|-------------------------------|--------------------------|---------------------|
| выработанное пространство лавы 4-10-9  | 31.12.1983                    | 08.05.1984               | 33                  |
| выработанное пространство лавы 5-9-6   | 08.02.1984                    | 23.09.1984               | 34                  |
| выработанное пространство лавы 5-9-8   | 08.06.1990                    | 01.11.1991               | 43                  |
| выработанное пространство лавы 5-9-8   | 08.05.1992                    | 10.02.1993               | 43 Р                |
| выработанное пространство лавы 5-9-8   | 17.05.1994                    | 24.07.1998               | 43 2Р               |
| выработанное пространство лавы 5-6-4   | 27.09.1996                    | 24.01.2000               | 54                  |
| выработанное пространство лавы 5а-7-2б | 14.03.2008                    | 17.09.2008               | б/н                 |

В соответствии с актом на списание подземного пожара № 62 экз в категорию потушенных по ОАО «Распадская» от 03.07.2006, данный экзогенный пожар зарегистрированный 17.06.2005 на пласте 6-ба западного крыла выемочного поля лавы 4-6-31, был потушен 29.06.2006.

Что касается взаимосвязи упомянутых пожаров, самонагревания и «возможности аэродинамического сообщения между горными выработками (лавами) и пластами ...» необходимо указать следующее.

Участок в районе лавы 5а-6-18 был надработан лавами 5а-7-22, 5а-7-24, 5а-7-26 пласта 7-7а, который залегает выше пласта 6-6а на 56-60 м. Следует подчеркнуть, что в выработанном пространстве лавы 5а-7-26 имел место эндогенный пожар. Подробнее остановимся на этом пожаре.

В соответствии с Актом обнаружения в выработанном пространстве лавы 5а-7-26 самонагрева угля признаком самонагрева угля было превышение концентрации окиси углерода в трех пробах воздуха, последовательно отобранных в исходящей струе из скважины Ø0,8 м через сутки при неизменном вентиляционном режиме. При этом в течение трех суток эти показания составляли 0,0024-0,0035% СО.

Анализ данных о составе рудничной атмосферы в период, соответствующий обнаружению и ликвидации последствий зарегистрированного случая, показал следующие данные.

Извещения контрольно-испытательной лаборатории 4 взвода НОВГСО филиала ОАО «ВГСЧ» о результатах измерений концентраций газов в пробах воздуха по шахте за период с 17.03.2008 по 19.03.2008 из выработанного пространства лавы 5а-7-26 (скважина Ø0,8 м) показали стабильно высокую концентрацию окиси углерода от 0,011 % 17.03.2008 до 0,017 % 19.03.2008, на фоне концентраций водорода от 0,0034 до 0,0044%, этилена 0,00009 до 0,00012%, пропилена до 0,00004%. В последующие дни, вплоть до окончания измерений на этой скважине, концентрация оксида углерода (СО) была стабильно высокой, достигая максимума 0,03% 04.04.2008 на фоне выделения водорода, этилена и пропилена.

В таблице 2.4 приведены результаты замеров состава рудничной атмосферы в лаве 5а-7-26. По состоянию на 08.09.2008 в нижнем кутке лавы, в секции 160, и на сопряжении лавы с вентиляционным штреком 5а-7-26 было зафиксировано наличие этилена в концентрации 0,00001 % на фоне высокого содержания метана (до 18,5%) и углекислого газа (в среднем 2,5%).

Таблица 2.4 - Результаты замеров состава рудничной атмосферы в лаве 5а-7-26

| Место, дата  | Время                              | Состав рудничной атмосферы, % об. |                |       |                |                 |         |          |
|--|------------------------------------|-----------------------------------|----------------|-------|----------------|-----------------|---------|----------|
|  |                                    | CO <sub>2</sub>                   | O <sub>2</sub> | CO    | H <sub>2</sub> | CH <sub>4</sub> | этилен  | пропилен |
| Конвейерный штрек между перемиками 2469-2469бис, 08.09.2008        | 12 <sup>00</sup> -12 <sup>15</sup> | 1,2                               | 15,2           | 0     | 0              | 24              | -       | -        |
|  | 11 <sup>45</sup> -13 <sup>00</sup> | 1                                 | 15,2           | 0     | 0              | 23,5            | -       | -        |
| У перемики 2469, 09.09.2008  | 12 <sup>00</sup> -12 <sup>15</sup> | 1,4                               | 15,2           | 0     | 0              | 25,5            | -       | -        |
| Лавы 5-7-26 верхний куток, 08.09.2008                              | 11 <sup>45</sup> -13 <sup>00</sup> | 3,8                               | 7,2            | 0     | 0              | 7,4             | -       | -        |
| Лавы 5-7-26 нижний куток, 08.09.2008                               | -                                  | 2,4                               | 12,7           | 0     | 0              | 18,5            | 0,00001 | -        |
| Лавы 5-7-26 секция 40, 08.09.2008                                  | 11 <sup>45</sup> -13 <sup>00</sup> | 3,5                               | 7,4            | 0     | 0              | 11              | 0       | -        |
| Лавы 5-7-26 секция 160, 08.09.2008                                 | 11 <sup>45</sup> -13 <sup>00</sup> | 2,1                               | 11,6           | 0     | 0              | 15,5            | 0,00001 | -        |
| Лавы 5-7-26 сопряжение с вентиляционным штреком 5-7-26, 08.09.2008 | 11 <sup>45</sup> -13 <sup>00</sup> | 2,6                               | 12,1           | 0     | 0              | 16              | 0,00001 | -        |
| Лавы 5-7-26 из скважины в угольный массив, 28.10.2008              | 10 <sup>00</sup>                   | 1                                 | 14,5           | 0,005 | 0              | 17,5            | 0,00004 | 0,00001  |

Уже после списания аварии, 28.10.2008, замеры состава рудничной атмосферы в лаве 5а-7-26 из скважины в угольный массив показали превышение содержания окиси углерода (0,005%), наличие этилена (0,00004%), пропилена (0,00001%) и метана (17,5%).

После списания пожара в составе газов из выработанного пространства лавы 5а-7-26 были обнаружены:

- по скважине № 1: водород (от 0,001 до 0,0082%), этилен до 0,00006% и пропилен до 0,00001 % на фоне высокого содержания метана вплоть до 22.09.2008;
- по скважине № 4: водород (до 0,000011 %) и единично этилен до 20.09.2008;
- по скважине № 6: с 14.07.2008 по 29.12.2008 стабильно высокое содержание водорода (до 0,023% 17.10.2008) с единичными появлениями этилена и пропилена;

- по скважине № 6 (на глубине 307 м от устья) в период с 26.01.2009 по 20.04.2009 содержание водорода составляло от 0,0021 до 0,0066%.

Вышеприведенное указывает, что даже после списания пожара в выработанном пространстве лавы 5а-7-26, его «следы» оставались, и в любой момент он мог снова развиваться. Вероятным источником высокой температуры в выработанном пространстве лавы 5а-6-18 являлся «перепущенный» (переориентированный) пожар из выработанного пространства лавы 5а-7-26 или выработанного пространства лавы 5а-6-16 (рисунок 2.8), где по данным поверхностных радоновых съемок 10.11.2006 г. регистрировалось самонагревание угля.

Атмосфера в подземных выработках, в которых начинается или начался и идет пожар, испытывает специфические изменения состава. Изменения эти в основном состоят в том, что в воздухе, заполняющем выработки, охваченные пожаром (то есть в очаге пожара и в выработках, сообщающихся с ним непосредственно или через трещины), падает содержание кислорода (иногда почти до полного исчезновения его), и появляются газо- и парообразные продукты пожарного процесса, так называемые пожарные газы, частью ядовитые, частью взрывчатые. Это обстоятельство, а также то, что состав пожарных газов и их концентрации в рудничных выработках зависят от рода и фазы подземного пожара и делают весьма важным практически и теоретически знание того, каков бывает при различных условиях состав атмосферы в выработках, охваченных пожаром.

При анализах проб воздуха из пожарных участков часто ограничиваются количественным определением кислорода и углекислоты и только качественным определением оксида углерода, причем анализы производят в рудничных лабораториях со сравнительно небольшой точностью и недостаточно надежными методами, что еще более снижает достоверность и сравнимость данных о составе пожарных газов.

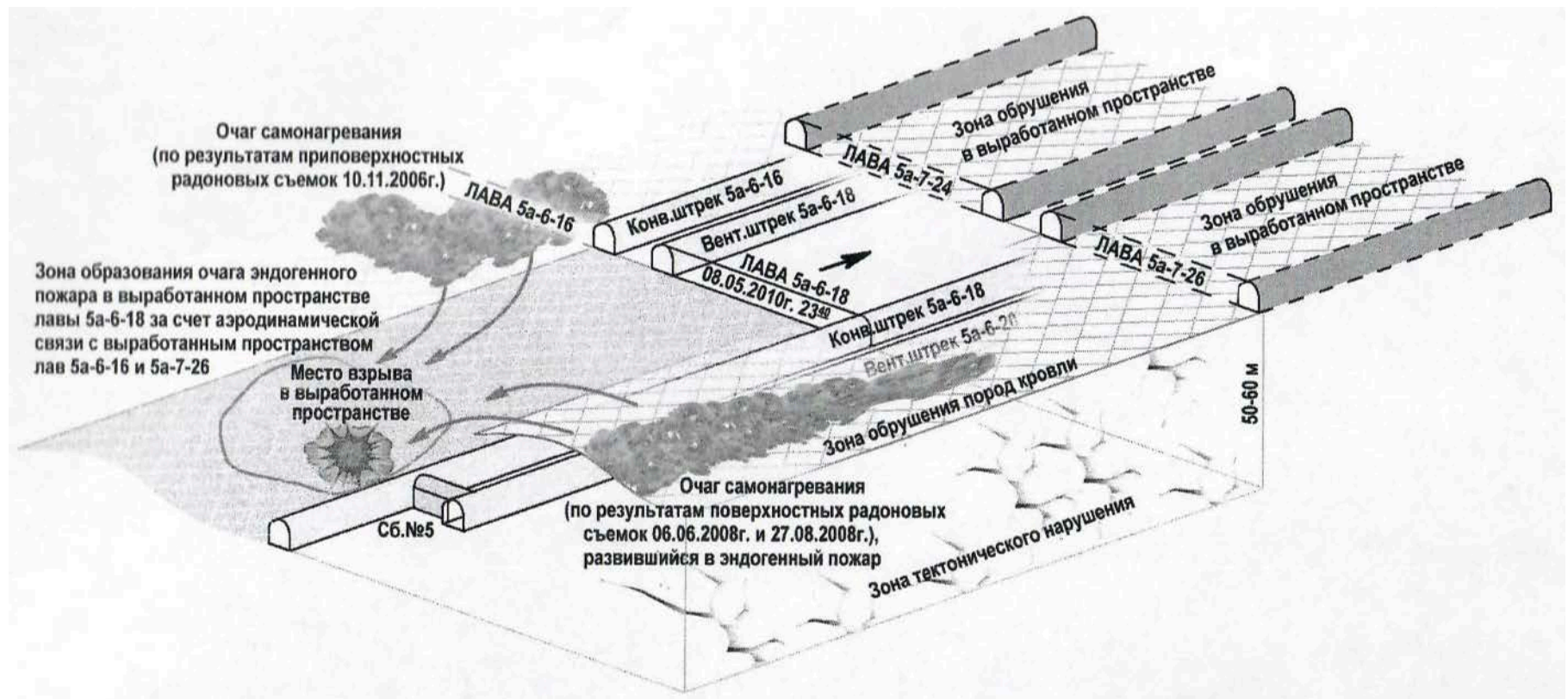


Рисунок 2.8 – Схема аварийного участка

В большинстве проб, взятых на пожарных участках различных шахт, были обнаружены следующие газы: кислород, диоксид углерода (углекислота), оксид углерода, водород, метан, ацетилен, этилен и азот.

Возможность наличия горючих газов ( $\text{CO} + \text{CH}_4 + \text{H}_2 + \text{углеводороды}$ ) в количестве до 10-20% и выше подтверждается неоднократно происходившими в шахтах взрывами и воспламенением газов в участках, где протекал пожар, даже в таких, в которых выделение метана до пожара не наблюдалось.

Следовательно, пожарные газы скапливаясь в изолированном пространстве, могут давать смеси, способные взрываться при совокупности определенных условий (как-то: состав и соотношение этих газов с воздухом температура, давление и др.).

Известно, что взрывчатыми свойствами газы обладают только внутри так называемых пределов взрываемости.

Это минимальное содержание газа в воздухе называется нижним пределом взрываемости (далее - НПВ). Точно также смесь становится невзрывоопасной, когда содержание газа в ней превышает некоторый максимум, который носит название верхнего предела взрываемости (далее - ВПВ) данного газа; между обоими пределами находится область, внутри которой газовоздушная смесь, будучи воспламененной, взрывается.

Пределы взрываемости газовых смесей зависят от интенсивности искры, температуры газовой смеси и давления.

Повышение температуры и давления действует в сторону расширения пределов, и, наоборот, с понижением давления и температуры эти пределы сближаются.

Пределы взрываемости горючих газовоздушных смесей могут быть вычислены по формуле Ле Шателье, получившей дальнейшее развитие в трудах Коуарда (Coward) и Джонса (Jones).



$$C_c = \frac{100}{\frac{C_1}{N_1} + \frac{C_2}{N_2} + \dots + \frac{C_m}{N_m}},$$

где  $C_c$  – НПВ смеси горючих газов, %;

$C_1, C_2, \dots, C_m$  – содержание каждого из газов в горючей смеси, %,  $(\sum_{i=1}^m C_i = 100\%)$ ;

$N_1, N_2, \dots, N_m$  – НПВ каждого из горючих газов, %.

Если в воздухе присутствуют метан и угольная пыль, то взрыв может произойти при концентрациях меньших НПВ каждого из этих компонентов. Принято говорить, что метан уменьшает НПВ угольной пыли, но это влияние взаимное. Связь между НПВ взвешенной угольной пыли и содержанием метана в воздухе выражается формулой:

$$\delta_m = \delta \exp(-0,69 C_{мп})$$

где  $\delta_m$  – НПВ взвешенной угольной пыли при наличии метана, г/м<sup>3</sup>;

$\delta \exp$  – НПВ взвешенной угольной пыли без метана, г/м<sup>3</sup>;

$C_{мп}$  – концентрация метана, %.

При известной концентрации взвешенной угольной пыли и ее НПВ, НПВ метана в метанопылевоздушной смеси равен

$$C_{мп} = 1,45(\ln \delta - \ln \delta_m)$$

Формулы можно применять при условии  $0 < C_{мп} < 6\%$ .

Смесь метана с воздухом может быть воспламенена путем нагревания всего объема смеси до некоторой температуры, которая называется температурой самовоспламенения, или же путем зажигания в точке источником высокой температуры (пламенем, нагретым телом, искрой и т.п.). Температура самовоспламенения метана составляет 537,8°C [78].

Температура, которую должен иметь источник зажигания для воспламенения смеси, зависит от концентрации метана, температуры и давления смеси, ее подвижности, физико-химических свойств источника зажигания. Минимальная температура, при которой воспламеняется метан, составляет 565°C при адиабатическом сжатии и 650°C при контакте с нагретыми поверхностями.

При соприкосновении метановоздушной смеси с источником тепла воспламенение происходит не сразу, а спустя некоторое время, называемое периодом индукции. Это вызвано тем, что диссоциация и горение метана начинаются лишь после поглощения определенного количества тепла (92,5 кДж/моль). Продолжительность периода индукции при воспламенении метана зависит от температуры источника зажигания и резко сокращается с ростом температуры.

Анализируя вышеизложенное, можно констатировать, что при горении или самовозгорании угольных пластов (угля) в горных выработках или в выработанных пространствах шахты «Распадская» возможен был взрыв не только метановоздушной смеси, но и взрыв смеси пожарных газов.

Исследование состава рудничной атмосферы позволило установить, что в период с 01.01.2009 до 01.03.2010 в выработанных пространствах лав 5а-6-16 и 5а-6-18 наблюдались повышенные концентрации углекислого газа, которые могли быть обусловлены наличием в выработанных пространствах лав 5а-6-16 и 5а-6-18 очагов самонагрева или самовозгорания углей. Также обнаружены признаки аномалий, указывающих на наличие очагов самонагрева в выработанном пространстве лавы 5а-7-26 по данным поверхностных радоновых съемок в 2008 году, а также лавы 5а-7-28 по показаниям датчиков АГК в период с 25.03.2010 по 31.03.2010, показавшим наличие оксида углерода ( $CO$ ) в пределах 50-185 ppm, кроме этого, в сети горных выработок выемочного участка лавы 5а-6-18 датчики АГК 05.04.2010 в период с 10 час 00 мин до 13 час 00 мин зарегистрировали повышение содержания оксида углерода ( $CO$ ) на уровне 40-165 ppm.

Перечисленные данные говорят о том, что по состоянию на 08.05.2010 в выработанных пространствах лав 5а-7-26, 5а-6-16 и 5а-6-18 имели место эндогенные пожары. Если к таким очагам поступает взрывоопасная концентрация метановоздушной смеси, происходит ее возгорание и взрыв.

### **Выводы**

1. При разработке газоносных месторождений угля в шахтах выделяется метан, образующий с рудничным воздухом взрывчатую газовоздушную смесь и заполняющий выработки до такой степени, что содержание кислорода в рудничной атмосфере снижается до опасных концентраций. Характер выделения метана из различных его источников в шахтах неодинаков. В одних случаях газовыделение носит интенсивный характер, а в других – происходит спокойно без динамичных процессов. В зависимости от интенсивности газовыделения называют обычными и необычными. Обычные газовыделения происходят при технологических процессах добычи угля постоянно и сравнительно монотонно, их локализация осуществляется за счет вентиляции. К непредвиденным выделениям метана относятся прорывы метана из разломов пород и внезапные выбросы, которые принято называть газодинамическими явлениями.

2. Газодинамическое явление, в виде внезапного выделения метана техногенного типа, как в выработанном пространстве очистного забоя, так и в призабойное пространство лавы 412-з пласта «Мощный» СП «Шахта Северная» АО «Воркутауголь», из-за разрушения почвы пласта при обрушении зависшей основной кровли, привело к аварии, связанной со взрывом метана и угольной пыли.

3. Эндогенный пожар является опасным фактором, провоцирующим взрыв метановоздушной смеси, особенно в выработанном пространстве очистного забоя, что подтверждается проведенными исследованиями аварии, произошедшей на шахте «Распадская» 10.05.2010 года, в лаве 5а-6-18. Вероятным источником

высокой температуры в выработанном пространстве лавы 5а-6-18 являлся переориентированный пожар из выработанного пространства лавы 5а-7-26 или выработанного пространства лавы 5а-6-16, где по данным поверхностных радоновых съемок 10.11.2006 г. регистрировалось самонагревание угля.

4. Рациональная технология ведения горных работ на мощных самовозгорающихся и газообильных пологих и наклонных пластах в сложных горно-геологических условиях по условиям безопасности и исключения взрыва метана должна обеспечивать: сокращение до минимума эксплуатационных потерь угля в недрах; управляемое проветривание выработанного пространства, исключающего опасные скопления в нем метана; надежную изоляцию выработанного пространства от действующих выработок и в случае возникновения эндогенного пожара, возможность его локализации и исключения из общей сети проветриваемых выработок.

5. При панельном и этажном способах отработки угольных пластов, опасных по эндогенным пожарам, подготовку, как правило, необходимо осуществлять односторонними панелями (выемочными полями) при проведении бремсбергов (уклонов) и фланговых ходков по пласту. Подготовка двухсторонними панелями (выемочными полями) допускается при оставлении между сторонами панели (выемочного поля) непрорезаемого целика угля, исключающего возможность аэродинамической связи между ними в течение всего срока отработки панели.

### ГЛАВА 3 ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВОЗНИКНОВЕНИЯ И РАСПРОСТРАНЕНИЯ ВЗРЫВОВ В УГОЛЬНЫХ ШАХТАХ И УПРАВЛЕНИЯ РИСКОМ ЭТИХ АВАРИЙ

#### 3.1. Разработка методических рекомендаций прогнозирования возникновения и распространения взрывов в угольных шахтах

Наибольшую опасность из всех видов аварий в шахтах представляют вспышки (взрывы) газов и пыли. Хотя их удельный вес в общей аварийности отрасли на протяжении последних 20 лет не превышает 3%.

Вероятность воспламенения метана в забое выработки определяется по зависимости [79]:

$$P_B = 0,003 \cdot \left( \frac{C^2}{Fr} \right)^{0,9}, \quad (3.1)$$

где  $P_B$  - вероятность воспламенения метана в забое;

$C$  - концентрация метана в исходящей струе;

$Fr$  - условный критерий Фруда.

$$Fr = \rho_B (V_B)^2 / [g(\rho_B - \rho_M)\sqrt{S}], \quad (3.2)$$

где  $V_B$  - средняя скорость воздуха, м/с;

$g$  - ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>;

$\rho_B$  и  $\rho_M$  - плотности соответственно воздуха и метана, кг/м<sup>3</sup>;

$S$  - площадь поперечного сечения шахтных выработок, м<sup>2</sup>.

Недостатком зависимости (3.2) является то, что в ней не учитываются параметры источника воспламенения и пылеобразования, однако сам подход к оценке потенциальной опасности взрывов на основе учета управляемых технологических параметров, безусловно, представляется перспективным.

Исходными данными оценки вероятности взрыва являются данные о горногеологических и горнотехнических факторах, свойственных данной шахте:

- метанообильность;
- качество проветривания горных выработок;
- свойства угольной пыли по параметру ее способности взорваться;
- величина (количество) пыли в выработке;
- мощность источника воспламенения.

Вероятность аварии подчиняется гамма-распределению, а травматизм – логарифмически-нормальному распределению.

При гамма-распределении –

$$f(x) = \frac{\beta^\alpha}{\Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} \exp(-\beta x), \quad (3.3)$$

$$\bar{x} = \frac{\alpha}{\beta}, \alpha = \left(\frac{\bar{x}}{\sigma}\right)^2, \beta = \frac{\bar{x}}{\sigma^2}, \quad (3.4)$$

$$\bar{x} = \frac{\alpha}{\beta}, \quad (3.5)$$

$$\bar{x} = \frac{\alpha - 1}{\beta}, \quad (3.6)$$

где значение  $\alpha$  и  $\beta$  - параметры гамма-распределения;  $\Gamma(\alpha)$  - гамма-функция.

При логарифмически-нормальном распределении –

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(\ln x - \ln a)^2}{2\sigma^2}\right], \quad (3.7)$$

$$a = \bar{x} \exp\left(-\frac{\sigma^2}{2}\right), \sigma^2 = \frac{1}{n-1} (\ln x - \ln \bar{x})^2, \quad (3.8)$$

$$\bar{x} = a \exp\left(\frac{\sigma^2}{2}\right), \quad (3.9)$$

$$x = a(-\sigma^2), \quad (3.10)$$

где  $\alpha$  и  $\sigma$  - параметры логарифмически-нормального распределения.

По формулам (3.4) и (3.8) определены параметры распределения аварийности за 10 лет.

Получены следующие зависимости:

$$\alpha = 0,0309t + 0,47; \quad (3.11)$$

$$\beta = 0,59 \cdot 10^{-4}t^2 - 4,33t + 26. \quad (3.12)$$

Подставив значения параметров распределения в формулу (3.5) была получена зависимость числа аварий в функции от времени.

$$N_a = \frac{309t + 4740}{0,59t^2 - 4,33t + 26}, \quad (3.13)$$

где  $t$  – число лет от первого года анализа.

Зависимость (3.13) была принята для прогноза аварии.

Аналогичным образом были получены зависимости числа травмированных в функции от времени:

общего травматизма –

$$N_{от} = (143,61 + 0,37x^3 - 7,23x^2 - 32,31x) \exp \frac{0,524 - 0,00816t}{2}; \quad (3.14)$$

смертельного травматизма –

$$N_{ст} = \frac{152,4 - 4,72t^2 - 33,6t}{81,02 - 2,44t^2 - 17,81t}. \quad (3.15)$$

Характер изменения числа травмированных соответствует характеру изменения числа аварий.

С вероятностью 0,95-0,99, между аварийностью и травматизмом имеется корреляционная связь, которая описана зависимостями:

$$N_{от} = 3,791 + 2,573N_a, \quad (3.16)$$

$$N_{ст} = 0,00028 + 0,0293N_a, \quad (3.17)$$

где  $N_{от}$ ,  $N_{ст}$  - число травмированных: общее и смертельное;

$N_a$  - число аварий.

Результаты исследований представлены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 - Вероятность возникновения аварий от действия различных факторов

| Исследуемый фактор                        | Параметры распределения аварий |         | Гамма-функции $\Gamma(\alpha)$ | Средне-вероятностное значение аварии ( $x$ ) | Вероятность аварии ( $f$ ) |
|---|--------------------------------|---------|--------------------------------|--|----------------------------|
|   | $\alpha$                       | $\beta$ |                                |  |                            |
| Число очистных забоев с инд. механизацией | 2,19                           | 0,77    | 1,177                          | 1,545  | 0,482                      |
| Число нарушений ПБ                        | 2,08                           | 0,87    | 1,075                          | 1,241  | 0,364                      |
| Выход летучих                             | 2,35                           | 0,94    | 1,324                          | 1,441  | 0,306                      |
| Абсолютная газообильность                 | 1,59                           | 0,97    | 0,969                          | 0,609  | 0,263                      |
| Мощность пласта                           | 1,76                           | 0,85    | 0,962                          | 0,894  | 0,186                      |
| Число работников                          | 2,10                           | 1,07    | 0,997                          | 1,028  | 0,137                      |
| Протяженность выработок                   | 2,42                           | 1,17    | 1,390                          | 0,703  | 0,073                      |
| Глубина работ                             | 2,82                           | 0,98    | 1,592                          | 1,855  | 0,062                      |

Совершенствование техники и технологии ведения горных работ - путь к снижению вероятности аварий и травматизма. Однако он является дорогостоящим и требует длительного периода разработки, изготовления и внедрения новой техники. Вместе с тем, анализ причин аварий 1-ой категории, взрывы метана и угольной пыли, свидетельствует о том, что в 96-98% случаев, причины субъективны и связаны с организацией работ.

Нами исследовано влияние организационных причин на аварийность и травматизм. Рассчитанные значения коэффициента ранговой корреляции приведены в таблице 3.2.



Таблица 3.2 - Коэффициенты ранговой корреляции между числом нарушений ПБ и аварий

| Виды нарушений                          | Коэф.<br>корреляции | Ошибка | Критерий достоверности |                                    |       | Достоверность<br>коэффициента<br>корреляции |
|---|---------------------|--------|------------------------|------------------------------------|-------|---|
|   |                     |        | Расчетный              | Табличный при<br>уровне значимости |       |   |
|   |                     |        |                        | 0,05                               | 0,01  |   |
| Все нарушения                           | 0,717               | 0,094  | 7,627                  | 2,056                              | 2,779 | Достоверен                                  |
| Паспортов<br>крепления                  | 0,624               | 0,118  | 5,288                  | 2,056                              | 2,779 | То же                                       |
| Эксплуатации<br>машин и<br>механизмов   | 0,803               | 0,068  | 11,809                 | 2,056                              | 2,779 | -“-   |
| Пылегазового<br>режима                  | 0,388               | 0,163  | 2,380                  | 2,056                              | 2,779 | Достоверен при<br>значимости 0,05           |
| Предупреждения<br>ГДЯ                   | 0,951               | 0,053  | 17,943                 | 2,056                              | 2,779 | Достоверен                                  |
| Ведения<br>взрывных работ               | 0,509               | 0,143  | 3,556                  | 2,056                              | 2,779 | То же                                       |
| Эксплуатации<br>транспорта и<br>подъема | 0,549               | 0,131  | 4,097                  | 2,056                              | 2,779 | -“-   |
| Эксплуатации<br>оборудования            | 0,475               | 0,149  | 3,209                  | 2,056                              | 2,779 | -“-   |
| Противопожарной<br>защиты               | 0,423               | 0,158  | 2,677                  | 2,056                              | 2,779 | Достоверен при<br>значимости 0,05           |

Анализ таблицы 3.2 показывает, что с вероятностью 99% можно утверждать о наличии корреляционной связи между общим числом аварий и числом нарушений ПБ.

С вероятностью 95% установлена корреляционная связь между числом нарушений требований ПБ и числом аварий, вызванных взрывами газа и пыли, подземными пожарами.

Рассчитан коэффициент корреляции между числом нарушений ПБ и числом травмированных, результаты приведены в таблице 3.3.

Таблица 3.3 - Коэффициент ранговой корреляции между числом нарушений ПБ и числом травмированных

| Вид травматизма | Коэф. корреляции | Ошибка | Критерий достоверности |                                 |      | Достоверность коэффициента корреляции |
|-----------------|------------------|--------|------------------------|---------------------------------|------|---------------------------------------|
|                 |                  |        | Расчетный              | Табличный при уровне значимости |      |                                       |
|                 |                  |        |                        | 0,05                            | 0,01 |                                       |
| Общий           | 0,82             | 0,06   | 13,00                  | 2,06                            | 2,78 | Достоверен                            |
| Смертельный     | 0,67             | 0,10   | 6,41                   | 2,06                            | 2,78 | То же                                 |

Выполненные исследования показали, что для исключения аварий, наряду с совершенствованием технологии разработки угольных пластов, должны совершенствоваться организационные мероприятия с изменением нормативно-правовых актов.

### **3.2. Риск-анализ аварий, связанных со взрывом в шахтах для различных технологических схем разработки**

Риск возникновения аварии, связанной со взрывом метановоздушной смеси и угольной пыли в сети горных выработок угольной шахты зависит от многочисленных факторов, к которым можно отнести горно-геологические условия, горнотехнические условия разработки месторождения и организационно-субъективные факторы в определенном месте шахты и в определенный промежуток времени.

Вероятность возникновения аварии устанавливается безотносительно к переменным, определяющим соответствующие корректировки технологических схем разработки и изменения технических параметров различных систем разработки угольных месторождений.

Соответствующий прогноз аварий, связанных со взрывом, т.е. определение характерной величины потенциальной опасности позволит выполнить

соответствующие профилактические мероприятия и тем самым снизить материальные потери и человеческие жертвы при взрыве в шахте.

Большинство отечественных и зарубежных специалистов рассматривают риск, как произведение вероятности наступления аварии ( $P_k$ ) на математическое ожидание ущерба ( $M_o$ ) от аварии, т.е. [80]:

$$R = P_k \cdot M_o.$$

При этом, под вероятностью понимают частотную характеристику наступления аварии, при этом она является безразмерной величиной.

Учитывая то, что объективно определить ущерб от возможной аварии, а также спрогнозировать, т.е. установить вероятность аварии того или иного рода практически невозможно, многие специалисты используют экспертные оценки, статистические данные об авариях и ущербе и выражают их в балльных оценках, и по их численному значению классифицируют уровень риска того или иного производственного фактора.

При разработке методики оценки риска аварии нами учитывались следующие допущения (положения):

- риск аварии сохраняется даже при соблюдении требований безопасности рабочим персоналом;
- риск материального ущерба и наличия жертв при аварии имеет место быть;
- для оценки риска аварии исследовалась интенсивность проявления основных опасных факторов, прежде всего аэрологического риска, связанного с газообильностью выемочного участка и пылевзрывоопасностью пласта;
- общая степень риска аварии должна определяться из реальных величин риска по каждому опасному техническому или технологическому фактору;
- риском аварии можно управлять, т.е. необходимо понижать или устранять все негативные факторы, которые могут привести к взрыву в шахте.

Оценка риска аварии ( $R_a$ ) базируется на трех параметрах: интенсивности проявления опасного производственного фактора ( $\alpha$ ); вероятностного критерия аварии ( $P_k$ ) и ожидаемого ущерба ( $M_o$ ).

Каждый параметр оценивается величиной от 1 до 10 баллов, на основании статистических данных об авариях в угольных шахтах при использовании различных систем разработки, экспертных оценок специалистов и шахтных исследований негативных, прежде все аэрологических факторов.

На основании вышеизложенного, риск аварии можно определить по зависимости:

$$R_a = \alpha \cdot P_k \cdot M_o,$$

где  $\alpha = 2,5 \cdot (k_r + k_{\Pi} + k_B + k_3)$

$k_r$  – критерий (показатель) опасности в зависимости от газообильности выемочного участка:

$$k_r = \frac{M_i}{M_{max}};$$

$M_i$  – код группы выемочных участков по относительной газообильности;

$i$  – переменная ( $i = 1 \div 4$ ) представлены в таблице 3.4.

Таблица 3.4 - Критерий (показатель) опасности по метанообильности

| Степень опасности | Значение показателя опасности (относительная метанообильность, м <sup>3</sup> /т) | Код ( $M_i$ ) | Критерий (показатель) опасности, $k_r$ |
|-------------------|---|---------------|--|
| I                 | до 5  | 1             | 0,25                                   |
| II                | от 5 до 10  | 2             | 0,5                                    |
| III               | от 10 до 15   | 3             | 0,75                                   |
| Сверхкатегорная   | более 15  | 4             | 1,0                                    |

$k_{\Pi}$  – критерий (показатель) опасности по удельному пылевыведению пласта:

$$k_{\Pi} = \frac{\Pi_i}{\Pi_{\max}};$$

$\Pi_i$  – код группы пылеобразующей способности пласта;

$i$  – переменная ( $i = 1 \div 8$ ) представлены в таблице 3.5.

Таблица 3.5 - Критерий (показатель) опасности по удельному пылевыведению пласта

| Степень опасности угольного пласта | Значение показателя опасности (удельное пылевыведение пласта, м <sup>3</sup> /т) | Код ( $\Pi_i$ ) | Критерий (показатель) опасности, $k_{\Pi}$ |
|------------------------------------|--|-----------------|--|
| Малопыльные                        | до 50 (I)  | 1               | 0,125                                      |
|                                    | 50-100 (II)  | 2               | 0,25                                       |
| Средней пыльности                  | 100-150 (III)  | 3               | 0,375                                      |
|                                    | 150-250 (IV)   | 4               | 0,5  |
| Пыльные                            | 250-400 (V)  | 5               | 0,625                                      |
|                                    | 400-700 (VI)   | 6               | 0,75                                       |
| Весьма пыльные                     | 700-1200 (VII)   | 7               | 0,875                                      |
|                                    | более 1200 (VIII)  | 8               | 1,0  |

$k_{\text{в}}$  – критерий (показатель) опасности в зависимости от наличия опасности внезапных выбросов угля и газа, при наличии этой опасности  $k_{\text{в}} = 1$ ;

$k_{\text{э}}$  – критерий (показатель) опасности в зависимости от наличия опасности по эндогенным пожарам, при наличии этой опасности  $k_{\text{э}} = 1$ .

Вероятность возникновения аварийных ситуаций, связанных со вспышками (взрывами) газа и пыли по сети горных выработок шахт (см. Приложение 5) составляет от  $11,2 \cdot 10^{-4}$  до  $523,9 \cdot 10^{-4}$ . При оценке вероятности взрыва по десятибалльной системе можно воспользоваться данными приведенными в таблице 3.6.

Таблица 3.6 - Вероятностный критерий взрыва по десятибалльной системе

| Вероятность взрыва, как безразмерная величина, $P$ | Вероятность взрыва, как относительная величина по десятибалльной шкале, $P_k$ |
|--|---|
| менее $10 \cdot 10^{-4}$                           | 1   |
| от 10 до $50 \cdot 10^{-4}$                        | 2   |
| от 50 до $150 \cdot 10^{-4}$                       | 3   |
| от 150 до $200 \cdot 10^{-4}$                      | 4   |
| от 200 до $250 \cdot 10^{-4}$                      | 5   |
| от 250 до $300 \cdot 10^{-4}$                      | 6   |
| от 300 до $350 \cdot 10^{-4}$                      | 7   |
| от 350 до $400 \cdot 10^{-4}$                      | 8   |
| от 400 до $500 \cdot 10^{-4}$                      | 9   |
| более $500 \cdot 10^{-4}$                          | 10  |

Ожидаемый ущерб по десятибалльной системе можно определить в зависимости от стадии развития взрыва, в зависимости от избыточного давления на фронте ударно-воздушной волны, и скорости распространения фронта пламени, который представлен в таблице 3.7.

Таблица 3.7 - Ожидаемый ущерб по десятибалльной системе в зависимости от стадии взрыва

| Избыточное давление на фронте ударно-воздушной волны, МПа | Скорость распространения фронта пламени, м/с | Ожидаемый ущерб по десятибалльной шкале, $M_0$ |
|---|--|--|
| менее 0,01  | менее 1,0                                    | 1  |
| 0,01 – 0,02   | 1,0 – 40                                     | 2  |
| 0,02 – 0,06   | 40 – 100                                     | 3  |
| 0,06 – 0,15   | 100 – 250                                    | 4  |
| 0,15 – 0,3  | 250 – 340                                    | 5  |
| 0,3 – 0,65  | 340 – 660                                    | 6  |
| 0,65 – 1,0  | 660 – 1000                                   | 7  |
| 1,0 – 1,5   | 1000 – 1500                                  | 8  |
| 1,5 – 1,7   | 1500 – 2000                                  | 9  |
| более 1,7   | 2000 – 2500                                  | 10   |

Максимальное количество баллов, при классификации уровней риска аварий в шахте, составит 1000 баллов. В зависимости от количества баллов можно классифицировать уровни риска аварий, которые представлены в таблице 3.8.

Таблица 3.8 - Классификация уровней риска аварий, связанных со взрывом метана и угольной пыли

| Класс риска аварий | Уровень риска аварий | Численные значения риска, баллы |
|--------------------|----------------------|---------------------------------|
| 1                  | - незначительный     | менее 25                        |
| 2                  | - умеренный          | 25 – 100                        |
| 3                  | - существенный       | 100 – 400                       |
| 4                  | - высокий            | 400 – 650                       |
| 5                  | - предельно высокий  | 650 – 1000                      |

В соответствии с разработанной методикой была проведена оценка риска аварии, связанной со взрывом метана и угольной пыли для различных технологических схем разработки угольных месторождений и определением наиболее опасных мест, т.е. очагов взрыва, которые представлены в Приложении 6.

### **3.3. Методические рекомендации оценки влияния безопасности работ на эффективность горного производства**

Анализ экономических показателей работы угольных шахт свидетельствует о существенном влиянии на экономические результаты их хозяйственной деятельности человеческого фактора – социального уровня производства, среди показателей которого важнейшими являются условия и безопасность труда.

К примеру, модель технико-экономического уровня шахты, сочетающего в себе оценку различных состояний технического, технологического, организационного и социально-экономического уровней, имеет вид

$$K_{тэу} = 0,4K_T + 0,25K_c + 0,2K_o + 0,15K_r, \quad (3.18)$$

где  $K_{тэу}$  – коэффициент, оценивающий количественно технико-экономический уровень шахты, относительно его эталонного (нормативного) значения, доли ед.;

$K_T, K_c, K_o, K_r$  – коэффициенты, оценивающие частные уровни процесса добычи угля шахты соответственно технико-технологический, социальный, организационный, горно-геологический (природный), доли, ед.

Числовые значения входящих в формулу (3.18) величин характеризуют весомость различных уровней в формировании показателя эффективности производства.

Анализ диапазона изменения отдельных факторов производства и формируемых ими численных значений частных уровней процесса добычи угля в условиях конкретной шахты показал, что степень управляемости и возможности регулирования ими различны. Величина этого диапазона может быть рассчитана по формуле:

$$\Delta K_{тэу} = \frac{(a_i k_{i, max} - a_i k_{i, min}) \cdot 100}{\overline{K_{тэу}}}, \quad (3.19)$$

где  $\Delta K_{тэу}$  – возможный диапазон изменения показателя технико-экономического уровня шахты, обусловленный степенью управляемости производственных факторов, формирующих показатель  $i$ -го частного уровня, %;

$a_i$  – коэффициент регрессии;

$k_{i, max}, k_{i, min}$  – максимальные и минимальные значения коэффициента  $i$ -го частного уровня, доли единицы;

$\overline{K_{тэу}}$  – нормативное значение коэффициента технико-экономического уровня шахты.



Расчеты показали, что для пологих шахт Кузбасса диапазоны управляемости частных уровней находятся в следующих пределах: технико-технологического 23-24%, социального 24-26%, организационного 25-27%, горно-геологического 25-26%.

Практическое использование зависимостей, аналогичных выраженной формуле (3.18), возможно только при наличии статистических моделей, формализующих взаимосвязь производственных факторов, социальных и организационных обстоятельств и условий производства с оценочным показателем соответствующего частного уровня. При конструировании таких зависимостей обязательным требованием является отражение в них не качественных параметров, описываемых формулой «хуже-лучше» а количественных, выражаемых формулой «меньше-больше».

Для решения поставленных задач применены методы канонического анализа и главных компонент. Первый – для отбора факторов, влияющих на экономические показатели производства и оценки их вклада в показатель эффективности производства, второй – для установления диапазона регулирования и управляемости факторов [81].

В результате получены зависимости, позволяющие получить количественную оценку частных уровней, которые описываются следующими уравнениями:

технико-технологический уровень

$$K_T = (\gamma_o \cdot \gamma_{\Pi} \cdot \gamma_{c.p.} \cdot \gamma_{c.п.})^{0,25}, \quad (3.20)$$

где  $\gamma_o$  – удельный вес добычи угля из лав, оснащенных прогрессивной технологией, доли ед.;

$\gamma_{\Pi}$  – удельный вес выработок, проводимых с применением прогрессивной технологии, доли ед.;

$\gamma_{с.р.}$  – удельный вес добычи угля из лав, отрабатываемых по прогрессивным системам разработки, доли ед.;

$\gamma_{с.п.}$  – удельный вес добычи угля из лав, отрабатываемых по прогрессивным схемам подготовки, доли ед.;

горно-геологический уровень

$$K_r = [(0,85 + 0,75H^{-1})(0,8 + 4q^{-1})(0,9 + \alpha^{-1})(0,45 + 0,17m)]^{0,25}, \quad (3.21)$$

где  $H$  – глубина разработки, м;

$q$  – газообильность шахты, м<sup>3</sup>/т;

$\alpha$  – средний угол падения разрабатываемых пластов, град.;

$m$  – среднединамическая мощность разрабатываемых пластов, м;

организационный уровень

$$K_o = (\gamma_m \cdot \gamma_p \cdot \gamma_b \cdot \gamma_k)^{0,25}, \quad (3.22)$$

где  $\gamma_m$  – доля машинного времени в продолжительности производственного цикла;

$\gamma_p$  – показатель режима работы, определяемый как отношение количества рабочих смен к календарному их числу в сутках;

$\gamma_b$  – удельный вес бригад основных процессов, где применяются прогрессивные формы организации труда, от общего их количества, доли ед.;

$\gamma_k$  – коэффициент, оценивающий квалификационный состав бригады, определяемый как отношение среднего разряда квалификации рабочих к среднему квалификационному разряду выполняемых ими работ, доли ед.;

социально-экономический

$$K_o = (\gamma_z \cdot \gamma_j \cdot \gamma_{т.д.} \cdot \gamma_{у.б.})^{0,25}, \quad (3.23)$$

где  $\gamma_3$  – доля рабочих основных процессов, среднемесячная заработная плата которых превышает заработок, исчисленный по тарифу;

$\gamma_{\text{ж}}$  – доля рабочих основных процессов, не нуждающихся в улучшении жилищных условий;

$\gamma_{\text{т.д.}}$  – показатель дисциплины труда, определяемый как отношение количества рабочих, не имеющих нарушений трудовой дисциплины за анализируемый период, к общему их числу;

$\gamma_{\text{у.б.}}$  – коэффициент, характеризующий уровень безопасности основных производственных процессов.

Оценка уровня безопасных условий труда является одним из сложных и важных вопросов в определении показателей технико-экономического уровня предприятия и его эффективности. Методические рекомендации для определения уровня этого показателя отличаются как методологическими подходами, так и номенклатурой учитываемых факторов, что обусловлено многофакторностью производственной среды.

Для оценки состояния техники безопасности разработана методика, учитывающая возможность сочетания всех вариантов технологических операций в рабочем процессе конкретной технологической схемы, поскольку технологические схемы имеют значительные различия по составу и количеству технологических процессов и операций, характеру и состоянию безопасных условий труда.

Исходя из этого, представляется возможным предложить в качестве критериального показателя безопасности труда любого технологического процесса добычи угля (очистные работы, подготовительные работы, транспорт угля и горной массы) соотношение необходимых затрат труда, определяемое как доля трудоемкости работ, выполняемых в зоне влияния опасных производственных факторов, способных привести к крупным авариям, к ее общей величине.

Количественное значение такого показателя может быть определено по зависимости:

$$\gamma_{y.б.} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^N \overline{\varphi}_i \overline{T}_j \left( \sum_{j=1}^{N_1} T_j \right)^{-1} \prod_{i=1}^{n_1} (1 \pm \Delta x_i), \quad (3.24)$$

где  $\overline{\varphi}_i$  - показатель значимости  $i$ -го опасного производственного фактора при выполнении  $j$ -ой рабочей операции в базовом (эталонном) варианте технологии, исчисленный по статистическим данным или на основе экспертных оценок, доли ед.;

$\overline{T}_j$  - трудоемкость  $j$ -ой операции в базовом варианте технологии, чел/мин/ед. работы;

$T_j$  - трудоемкость  $j$ -ой операции в проектируемом варианте технологии, чел/мин/ед. работы;

$n, n_1$  - количество опасных производственных факторов, наблюдаемых при выполнении рабочих операций в базовом и проектируемом вариантах технологии;

$N, N_1$  - количество рабочих операций при базовом и проектируемом вариантах технологии данного рабочего процесса;

$\Delta x_i$  - поправочные коэффициенты, учитывающие особенности проектируемой технологии при оценке показателя уровня безопасности, доли ед. Числовые значения этих коэффициентов определяются по процессным корреляционным зависимостям, установленным по фактическим данным, или методами, применяемыми в планировании эксперимента.

Предлагаемый показатель в соответствии с зависимостью (3.24), на мой взгляд, может быть применен для оценки уровня безопасности рабочего процесса, технологической схемы, оценки влияния уровня безопасности работ на фактическую трудоемкость и стоимость производственного процесса при его техническом перевооружении.

## Выводы

1. Наибольшую опасность из всех видов аварий в шахтах представляют вспышки (взрывы) газов и пыли, хотя их удельный вес в общей аварийности отрасли на протяжении последних 20 лет не превышает 3%.

2. Разработаны методические рекомендации прогнозирования возникновения и распространения взрывов в угольных шахтах.

3. Исходными данными оценки вероятности взрыва являются данные о горногеологических и горнотехнических факторах, свойственных данной шахте:

- метанообильность;
- качество проветривания горных выработок;
- свойства угольной пыли по параметру ее способности взорваться;
- величина (количество) пыли в выработке;
- мощность источника воспламенения.

4. Выполненные исследования показали, что для исключения аварий, наряду с совершенствованием технологии разработки угольных пластов, должны совершенствоваться организационные мероприятия с изменением нормативно-правовых актов.

5. Проведен риск-анализ аварий, связанных со взрывом в шахтах, для различных технологических схем разработки. Риск возникновения аварии, связанной со взрывом метановоздушной смеси и угольной пыли в сети горных выработок угольной шахты зависит от: горно-геологических условий, горнотехнических условий и организационно-субъективных факторов. Вероятность возникновения аварии устанавливается безотносительно к переменным, определяющим соответствующие корректировки технологических схем разработки и изменения технических параметров различных систем разработки угольных месторождений.

6. Получена зависимость оценки риска аварии ( $R_a$ ), которая базируется на трех параметрах: интенсивности проявления опасного фактора ( $\alpha$ ), вероятности аварии ( $P_a$ ) и ожидаемого ущерба ( $M_o$ ). Интенсивность проявления опасного фактора определяется с учетом четырех критериев (показателей) опасности: критерия опасности в зависимости от газообильности выемочного участка; критерия опасности по удельному пылевыведению пласта; критерия опасности в зависимости от наличия опасности внезапных выбросов угля и газа; критерия опасности в зависимости от наличия опасности по эндогенным пожарам.

7. Разработаны методические рекомендации оценки влияния безопасности работ на эффективность горного производства. Оценка уровня безопасных условий труда является одним из сложных и важных вопросов в определении показателей технико-экономического уровня предприятия и его эффективности. Методические рекомендации для определения уровня этого показателя отличаются как методологическими подходами, так и номенклатурой учитываемых факторов, что обусловлено многофакторностью производственной среды. Для оценки состояния техники безопасности разработана методика, учитывающая возможность сочетания всех вариантов технологических операций в рабочем процессе конкретной технологической схемы, поскольку технологические схемы имеют значительные различия по составу и количеству технологических процессов и операций, характеру и состоянию безопасных условий труда.

8. Предложена зависимость в качестве критериального показателя безопасности труда любого технологического процесса добычи угля, в виде соотношения необходимых затрат труда, определяемое как доля трудоемкости работ, выполняемых в зоне влияния опасных производственных факторов, способных привести к крупным авариям, к ее общей величине.

## **ГЛАВА 4 ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ И ТЕХНИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ, СПОСОБНЫХ СНИЗИТЬ ВЕРОЯТНОСТЬ ВЗРЫВОВ В ШАХТЕ, А ТАКЖЕ ПОДАВИТЬ И ЛОКАЛИЗОВАТЬ ВОЗНИКШИЙ ВЗРЫВ МЕТАНА И УГОЛЬНОЙ ПЫЛИ**

### **4.1. Технологические схемы подготовки и проветривания выемочных участков, устраняющих опасность распространения поражающих факторов взрывов метана и пыли по сети горных выработок**

Анализ взрывов метана и угольной пыли за период с 1990 по 2020 гг. показывает, что вентиляционные сооружения, обеспечивающие распределение воздуха на выемочном участке, в большинстве случаев (65%) разрушаются ударной волной вследствие их низкой механической прочности [82].

При разрушении шлюзов и изменении направления (опрокидывании) вентиляционных струй в выработках продукты взрыва попадают в выработки со свежими струями воздуха. В ряде случаев поражающие факторы взрыва (ядовитые газы и пламя) попадают в тупиковые выработки подготавливаемого горизонта.

В литературе имеются предложения по схемам подготовки, снижающим опасность распространения поражающих факторов взрывов. Однако из-за сложности рекомендованных технических решений, основные схемы не нашли применения в шахтах.

Проведем анализ особенностей разрушения вентиляционных сооружений при взрывах и разработки с учетом этих особенностей схем подготовки и проветривания, устраняющих опасность распространения пламени и ударной волны по сети горных выработок.

Задаваясь объемом метана, принявшего участие во взрыве, можно ориентировочно определить масштабы разрушения вентиляционных сооружений.

Известно, что шлакоблочные и бетонные перемычки разрушаются при

избыточном давлении взрыва 0,03-0,04 МПа, а дощатые при – 0,01 МПа [82].

Для тупиковой выработки сечением 10 м<sup>2</sup> можно рассчитать избыточное давление взрыва (по отношению объемов продуктов взрыва к объему выработки).

Результаты расчетов приведены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 - Результаты расчетов избыточного давления взрыва метана

| <b>Объем<br/>взорвавшегося<br/>метана, м<sup>3</sup></b> | <b>Избыточное давление взрыва, МПа, при расстоянии от<br/>места взрыва, м</b> |       |       |       |       |       |       |       |
|--|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|  | 100   | 200   | 300   | 400   | 500   | 1000  | 1500  | 2000  |
| 1  | 0,007   |       |       |       |       |       |       |       |
| 5  | 0,036   | 0,018 |       |       |       |       |       |       |
| 10   | 0,072   | 0,036 | 0,024 |       |       |       |       |       |
| 20   | 0,143   | 0,072 | 0,048 | 0,036 | 0,029 |       |       |       |
| 50   | 0,358   | 0,179 | 0,119 | 0,089 | 0,072 | 0,036 | 0,024 |       |
| 100  | 0,715   | 0,358 | 0,238 | 0,179 | 0,143 | 0,072 | 0,048 | 0,036 |

Из таблицы 4.1 следует, что при взрыве в выработке 10 м<sup>3</sup> метана будут разрушены перемычки на расстоянии 200–300 м от места взрыва, при взрыве 20 м<sup>3</sup> метана - на расстоянии 500 м, а при взрыве 50 м<sup>3</sup> – на расстоянии более 1000 м.

При участии во взрыве угольной пыли такие разрушения могут быть и при меньшем объеме взорвавшегося метана.

Чтобы предотвратить проникновение продуктов взрыва из тупиковой выработки в другие выработки вентиляционной сети, перемычки, изолирующие выработки, должны быть взрывоустойчивыми и выдерживать давление до 0,2 - 0,3 МПа.

На вентиляционных участках целесообразно использовать опыт сооружения динамически устойчивых перемычек. Отличительной особенностью перемычек этого типа является анкерование и тампонаж горных пород в местах их возведения. Динамически устойчивые изолирующие сооружения могут быть выполнены из бетона или железобетона. Лучшими являются последние.

Арматуру монтируют из арматурной стали диаметром не менее 5 мм.



Толщину динамической перемычки можно определить исходя из условия ее работы на срез по формуле:

$$\Delta = \frac{P \cdot a \cdot b}{2(b + a)\tau}, \quad (4.1)$$

где  $\Delta$  – толщина перемычки, м;

$P$  – давление на перемычку, кПа;

$a$  – высота выработки, м;

$b$  – ширина выработки, м;

$\tau$  – допустимое напряжение бетона на срез, кН/м<sup>2</sup>.

$$\tau = 0,15R_{сж}, \quad (4.2)$$

где  $R_{сж}$  – сопротивление бетона на сжатие, кН/м<sup>2</sup>.

Например, при  $a = 3,2$  м,  $b = 5,2$  м,  $R_{сж} = 12000$  кН/м<sup>2</sup> и  $P = 0,5$  МПа = 500 кПа, по формуле (4.2) получим  $\tau = 0,15 \cdot 12000 = 1800$  кН/м<sup>2</sup>, а по формуле (4.1)  $\Delta = 0,28$  м.

Полагая, что потенциально опасными по фактору «взрыв» являются очистные и подготовительные выработки (включая выработанное пространство), перемычки, сооружаемые в пределах вентиляционного участка, разделяем на две группы: динамически устойчивые (т. е. перемычки, повышенной стойкости) и бетона обыкновенные. Перемычки первой группы должны изготавливаться из бетона или железобетона и выдерживать избыточное давление до 0,4 - 0,5 МПа. Эти перемычки следует устанавливать в тех местах, где наиболее вероятно воздействие ударной волны при взрыве. В более удаленных местах допускается сооружение перемычек по принятой ныне технологии из бетонитов, кирпича и т.п., усиленных арматурой. В этом случае эти перемычки разрушаются при избыточном давлении 0,2 - 0,3 МПа.

В отдельных случаях при более сложных условиях подготовки пласта могут быть применены перемычки с взрывоустойчивыми вентиляционными дверями. Такие вентиляционные сооружения известны.

На основании ранее выполненных исследований можно сформулировать следующие принципы разработки схем подготовки и проветривания выемочных участков:

1. Все крупные взрывы (с разрушением выработок на большом протяжении) происходили в тупиковых выработках с участием угольной пыли. Взрывы произошли на платах с выходом летучих веществ более 28%. Из этого следует, что тупиковые выработки, проводимые по пластам с выходом летучих веществ более 28%, необходимо оснащать устройствами (вентиляционными сооружениями), предотвращающим распространение ударной волны и продуктов взрыва на соседние выработки.

2. Все случаи крупных взрывов угольной пыли произошли в выработках с конвейерным транспортом. Большая протяженность зоны распространения ударной волны обусловлена отсутствием технологических разрывов в конвейерных линиях, которые бы предотвращали распространение поражающих факторов взрыва.

Это обстоятельство дает основание считать, что конвейерная линия тупиковой выработки в схеме подготовки должна отсоединяться от магистральной конвейерной линии гезенком (аккумулирующим бункером).

3. Крупные аварии на выемочных участках происходили при высокой концентрации горных работ. Исходя из этого, в схемах подготовки необходимо предусматривать следующие технические решения:

- в панели, блоке должна, как правило, отрабатываться только одна лава.
- подготовительные выработки должны отстоять от очистных на расстояние, не меньшее высоты этажа.
- конвейерная выработка выемочного участка должна отделяться от магистральной конвейерной выработки гезенком (аккумулирующим бункером).
- вентиляционные сооружения на выемочных участках, разрушение которых может привести к попаданию продуктов взрыва в выработки других

участков, должны быть взрывоустойчивыми.

С учетом перечисленных технических решений рекомендуется шесть схем подготовки и проветривания выемочных участков: четыре схемы при панельном способе подготовки и две - погоризонтном.

Схема подготовки и проветривания № 1 представлена на рисунке 4.1.

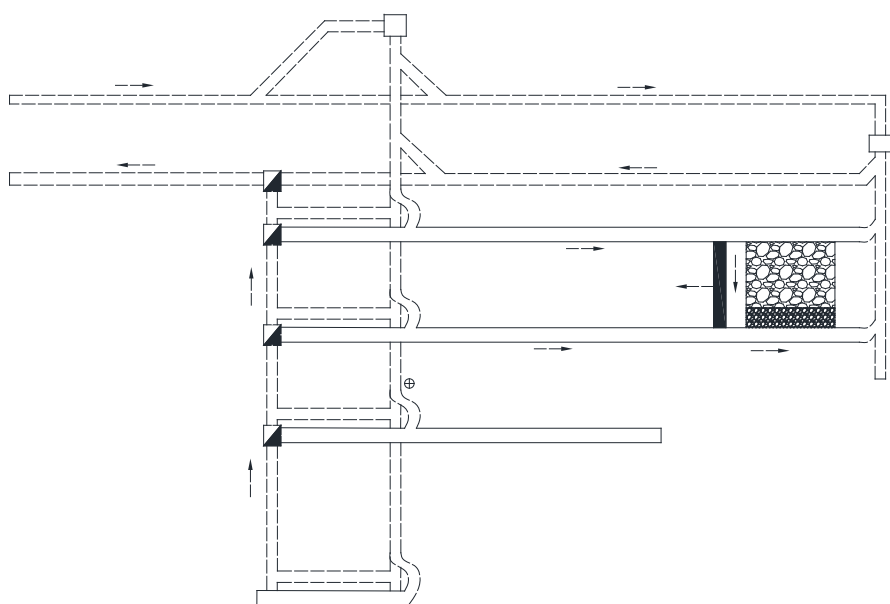


Рисунок 4.1 - Схема подготовки и проветривания выемочного участка № 1

Соответствует панельному способу подготовки и прямоточной схеме проветривания с подсвежением исходящей вентиляционной струи со стороны массива угля и отводом исходящей вентиляционной струи на фланговую выработку.

В панели отрабатывается одна лава и проходится одна тупиковая выработка в одном и том же крыле.

В выработке с подсвежающей вентиляционной струей выемочного участка устанавливается шлюз-регулятор расхода воздуха повышенной устойчивости.

В заезде на тупиковую выработку устанавливается перемычка повышенной устойчивости с открытыми дверями. Сопряжение заезда уклона со штреком

разворачивается в сторону уклонов для уменьшения воздействия ударной волны.

Схема подготовки и проветривания № 2 аналогична схеме № 1 и предназначена для бремсберговой части шахтного поля.

Схема подготовки и проветривания № 3 представлена на рисунке 4.2.

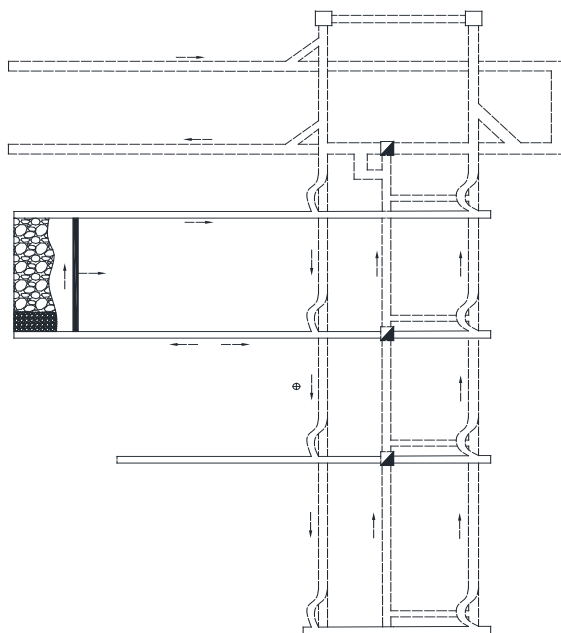


Рисунок 4.2 - Схема подготовки и проветривания выемочного участка № 3

Соответствует панельному способу подготовки и возвратноточной схеме проветривания выемочного участка.

В панели отрабатывается одна лава и проходится одна тупиковая выработка в одном и том же крыле.

В заезде на тупиковую выработку устанавливается перемычка повышенной устойчивости с открытыми дверями. Сопряжение заезда уклона со штреком разворачивается в сторону уклонов для уменьшения воздействия ударной волны.

Схема подготовки и проветривания № 4 аналогична схеме № 3 и применяется при проведении тупиковых выработок в другом крыле шахтного поля, чем очистные выработки.

Схема подготовки и проветривания № 5 представлена на рисунке 4.3.

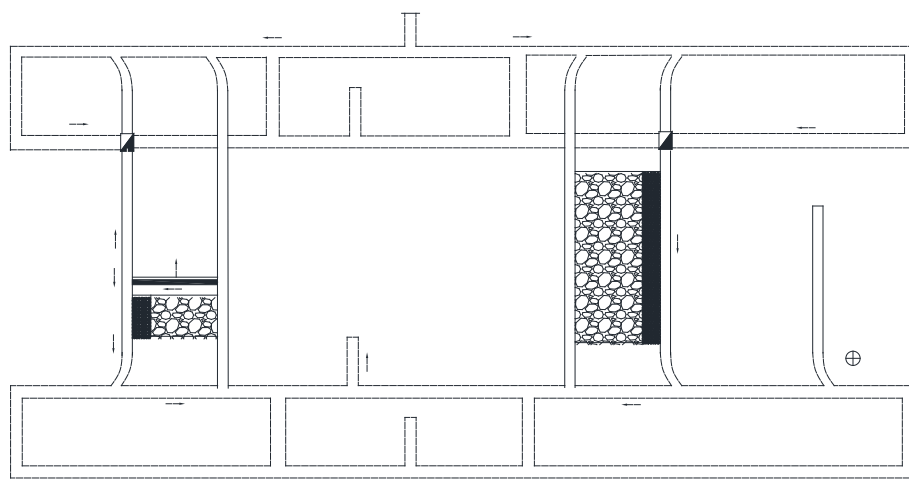


Рисунок 4.3 - Схема подготовки и проветривания выемочного участка № 5

Соответствует погоризонтному способу подготовки и прямоточной схеме проветривания выемочного участка.

В блоке в разных крыльях шахтного поля отрабатывается одна лава и проходится одна тупиковая выработка.

Для уменьшения воздействия ударной волны устье тупиковой выработки разворачивается в сторону, противоположную лавам.

Разновидностью этой схемы является схема № 6, которая характеризуется тем, что отрабатывается две лавы в разных крыльях шахтного поля.

Анализируя вышеизложенное, можно отметить:

1. Тупиковые выработки, проводимые по пластам с выходом летучих веществ более 28%, необходимо оснащать устройствами, предотвращающими распространение ударной волны и продуктов взрыва на соседние выработки.

2. Все случаи крупных взрывов метана с участием угольной пыли произошли в выработках с конвейерным транспортом. При этом в выработках отсутствовали технологические разрывы в конвейерных линиях.

3. Крупные аварии на выемочных участках происходили при высокой концентрации горных работ.

4. Разработанные схемы подготовки и проветривания выемочных участков

учитывают особенности распространения поражающих факторов взрывов по сети горных выработок и могут быть использованы проектными организациями и шахтами. Применение разработанных схем на шахтах будет способствовать снижению травматизма от взрывов метана и угольной пыли и сокращению объемов разрушения горных выработок.

#### **4.2. Исследование влияния технологических факторов на удельные объемы проведения выработок, как фактора, способствующего распространению взрыва**

Удельный объем проведения выработок является одним из основных показателей технического уровня горных работ. При сбалансированных объемах добычи угля и проведения подготовительных выработок для воспроизводства фронта очистных забоев технический уровень горных работ на шахте тем выше, чем ниже указанный показатель. Снижение удельного объема проведения выработок обеспечивает, помимо прямого экономического эффекта, упрощение планировочных решений в пределах шахтных и выемочных полей, благодаря чему сокращается объем проведения подземных транспортных и энергетических коммуникаций, а также улучшаются условия проветривания выработок, что особенно важно для газообильных шахт, чтобы снизить вероятность распространения взрыва метановоздушных смесей и пыли.

Статистическая обработка фактических данных за последние годы по шахтам основных угольных бассейнов показала, что наибольшее влияние на удельное проведение выработок оказывают такие технологические факторы, как способ подготовки шахтного поля, система разработки пласта, лавы и длина выемочного поля. При прочих равных условиях наименьший удельный объем проведения выработок достигается при погоризонтном способе подготовки шахтного поля и отработке пласта лавами по восстанию или падению.

Исследованиями, проведенными в ИГД им. А.А. Скочинского, ДонУГИ, КНИУИ, ПечорНИИпроекте, установлено, что при погоризонтном способе достигается существенное уменьшение по сравнению с панельным и этажным способами объемов работ по проведению как основных, так и выемочных (т.е. примыкающих к очистному забою) выработок.

Погоризонтный способ подготовки не требует трудоемкого и отнимающего много времени проведения комплекса основных наклонных выработок (уклонов, бремсбергов) с большим числом сложных по конструкции приемных площадок, благодаря чему объем этих выработок снижается более чем в 3,5 раза. С учетом несколько большей протяженности главных штреков, проводимых, как правило, полевыми, общая длина основных подготовительных выработок при погоризонтной подготовке примерно на 10% меньше, чем при панельной.

Суммарная длина выработок, примыкающих к очистному забою, при погоризонтной подготовке также меньше, чем при других способах. Это можно показать следующими расчетами для части ступени шахтного поля наклонной высотой  $H_{\text{п}}$  и длиной по простиранию  $S_{\text{п}}$ . Суммарная длина выработок, примыкающих к очистному забою, в рассматриваемой части шахтного поля составит:

при панельной подготовке (ярусные штреки) –

$$L_{\text{я.ш}} = S_{\text{п}} \left( \frac{H_{\text{п}}}{l_{\text{л}}} + 1 \right) = \frac{S_{\text{п}} H_{\text{п}}}{l_{\text{л}}} + S_{\text{п}}; \quad (4.3)$$

при погоризонтной подготовке (ходки) –

$$L_{\text{х}} = H_{\text{п}} \left( \frac{S_{\text{п}}}{l_{\text{л}}} + 1 \right) = \frac{S_{\text{п}} H_{\text{п}}}{l_{\text{л}}} + H_{\text{п}}, \quad (4.4)$$

где  $l_{\text{л}}$  - длина лавы, м.

В случае одинаковой длины лавы

$$L_{\text{я.ш}} - L_{\text{х}} = S_{\text{п}} - H_{\text{п}}.$$

На практике обычно  $S_{\Pi} > H_{\Pi}$ , следовательно, приведенная разница значений длины всегда положительна. Для наиболее характерного случая, когда  $H_{\Pi} = \frac{1}{2}S_{\Pi}$  (длина выемочного столба при обоих способах подготовки шахтного поля одинакова), получим:

$$L_{\text{я.ш}} - L_{\text{х}} = \frac{1}{2}S_{\Pi}.$$

При длине шахтного поля по простиранию  $S_{\text{ш}}$  суммарная длина ходков в пределах одной ступени при погоризонтной подготовке будет меньше суммарной длины ярусных штреков при панельной подготовке на величину, равную

$$\sum (L_{\text{я.ш}} - L_{\text{х}}) = \frac{S_{\text{ш}}}{S_{\Pi}} \frac{1}{2} S_{\Pi} = \frac{1}{2} S_{\text{ш}}.$$

В таблице 4.2. приведены расчетные удельные объемы проведения выработок при различных вариантах панельной и погоризонтной подготовки в уклонной части ступени шахтного поля.

Как видно, в случае прямоточного проветривания при погоризонтной подготовке эти объемы в 1,23 раза меньше, чем при панельной. Следует, однако, отметить, что область применения погоризонтного способа ограничивается углом падения пласта (не более 10-12°), водообильностью очистного забоя (при работе по падению не более 5 м³/ч) и мощностью пласта (при работе по восстанию не более 1,8-2,0 м).

Существенное влияние на удельные объемы проведения выработок оказывает система разработки, особенно мощных крутых и наклонных пластов. Применяемые в настоящее время варианты комбинированных систем разработки с гибким перекрытием (КГП), поперечно-наклонными слоями, подэтажными штреками с обрушением и др. характеризуются весьма большим объемом выработок и в связи с низким техническим уровнем не перспективны.



Таблица 4.2 – Удельный объем проведения выработок для различных способов подготовки шахтного поля

| <b>Способ подготовки шахтного поля</b>       | <b>Способ подготовки выемочных столбов</b> | <b>Порядок отработки столбов в панели или шахтном поле</b> | <b>Схема проветривания выемочного участка</b> | <b>Число лав в крыле шахтного поля</b> | <b>Удельный объем проведения выработок, м/1000 т</b> |
|--|--|--|---|--|--|
| Панельный                                    | Повторно используемыми штреками            | Последовательный сверху вниз                               | Прямоточная                                   | 2                                      | 6,90   |
| То же  | Присечными штреками                        | То же  | Возвратноточная                               | 2                                      | 9,12   |
| Погоризонтный при работе лавами по восстанию | Повторно используемыми ходками             | Последовательный от центра шахтного поля                   | Прямоточная                                   | 1                                      | 5,62   |
| То же  | То же                                      | Последовательный от середины крыла шахтного поля           | То же   | 2                                      | 5,55   |
| «»   | Присечными ходками                         | Последовательный от центра шахтного поля                   | Возвратноточная                               | 1                                      | 8,89   |
| «»   | То же                                      | Через два столба   | То же   | 2                                      | 8,96   |

Что касается технологии выемки пологих пластов, то здесь преобладает система разработки длинными столбами, определяющая примерно одинаковый в сопоставимых условиях удельный объем проведения выработок, зависящий в основном от способа подготовки выемочных столбов. Наиболее предпочтительными являются варианты системы разработки длинными столбами по простиранию или по восстанию (падению), предусматривающие подготовку выемочных столбов с помощью повторно используемых выработок, при которых объем проведения ярусных штреков или ходков сокращается более чем в 1,5 раза. В настоящее время данная технология широко применяется при разработке тонких и средней мощности пластов с породами кровли не ниже средней устойчивости.

Как показал анализ, длина очистного забоя является одним из наиболее важных технологических факторов, влияющих на удельный объем проведения выработок. С увеличением длины лавы пропорционально снижается удельный объем проведения выемочных выработок – ярусных и промежуточных штреков, ходков. Наивыгоднейшей является длина лавы, при которой достигается минимум зависящих от нее эксплуатационных затрат, хотя это значение длины лавы и не соответствует минимуму удельного объема проведения выработок.

#### **4.3. Исследование влияния прямоточных схем проветривания на эндогенную пожароопасность выемочных участков**

При разработке высокогазоносных пластов Кузнецкого бассейна наблюдается тенденция к переходу в очистных забоях на прямоточную схему проветривания с подсвежением исходящей струи. Применение такой схемы связано с необходимостью поддержания вентиляционной выработки в выработанном пространстве. Это приводит к усилению фильтрации воздуха в зонах выработанного пространства, примыкающего к очистному забою и вентиляционной выработке. Указанный факт усугубляет эндогенную

пожароопасность выемочных участков. Поэтому исследование влияния на эндогенную пожароопасность вентиляционных параметров выемочного участка с прямоточной схемой проветривания и с подсвежением вентиляционной струи представляет значительный интерес, как фактора, провоцирующего взрыв метановоздушной смеси.

Наряду с анализом ранее выполненных шахтных экспериментов проведено математическое моделирование процессов фильтрации воздуха в выработанном пространстве при прямоточной схеме проветривания выемочных участков. Результаты моделирования были сопоставлены с фактическими данными, полученными при непосредственных замерах в шахтах. При этом наблюдается хорошая сходимость (расхождение данных из модели не превышает 15% от фактических).

Ниже рассматривается решение задачи о фильтрации воздуха в выработанном пространстве с прямоточной схемой проветривания. Использование данных задачи, а также фактических замеров в шахтах позволило установить пожароопасные зоны выработанного пространства в зависимости от распределения удельного аэродинамического сопротивления обрушенных пород при фиксированных значениях основных горнотехнических параметров выемочного участка.

При некоторых упрощающих предположениях стационарный процесс фильтрации воздуха в выработанном пространстве с двусторонним примыканием вентиляционной струи (рисунок 4.4) может быть описан уравнением Лапласа:

$$\frac{\partial^2 P}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 P}{\partial y^2} = 0 \quad (0 < x < D; \quad 0 < y < L) \quad (4.5)$$

с граничными условиями

$$\begin{aligned} P|_{x=0} &= P_1 - \beta_1 y & (0 \leq y \leq L), \\ P|_{y=0} &= P_2 - \beta_2 x & (0 \leq x \leq D), \\ \frac{\partial P}{\partial y} \Big|_{y=0} &= 0 & (0 \leq x \leq D), \end{aligned} \quad (4.6)$$

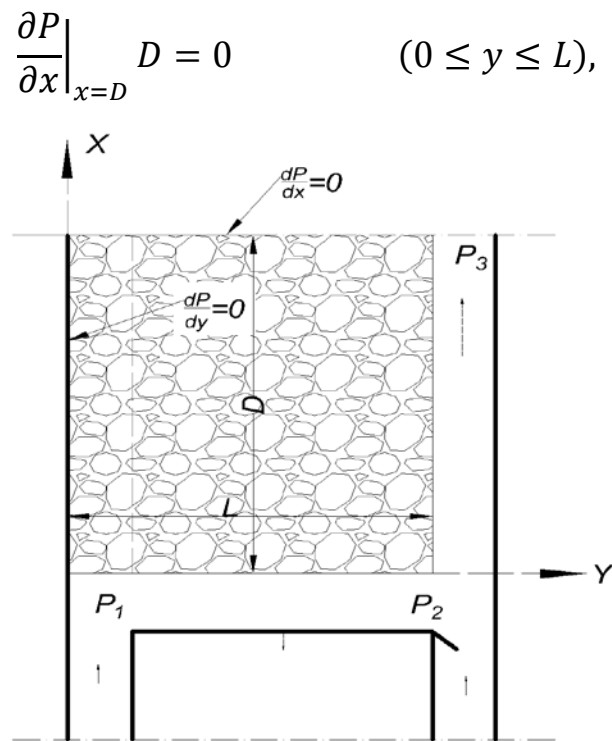


Рисунок 4.4. - Расчетная схема к задаче (1) – (2)

где  $P$  - давление воздуха, Па;  $L$  – длина лавы, м;

$x$  и  $y$  – координаты, отсчитываемые соответственно вдоль лавы по направлению вентиляционной струи и в глубь выработанного пространства, м;

$D$  – глубина воздухопроницаемой зоны выработанного пространства, м;

$P_1, P_2$  – давление воздуха на сопряжении лавы с воздухоподающей и вентиляционной выработками соответственно, Па;

$\beta_1, \beta_2$  – градиенты давления воздуха вдоль лавы и вентиляционной выработки соответственно, Па/м,

$$\beta_1 = \frac{P_1 - P_2}{L} = \alpha_{\text{л}} \frac{\Pi_{\text{л}}}{S_{\text{л}}^3} Q_{\text{л}}^2; \quad \beta_2 = \frac{P_2 - P_3}{D} = \alpha_{\text{в}} \frac{\Pi_{\text{в}}}{S_{\text{в}}^2} (Q_{\text{л}} - Q_{\text{п}})^2, \quad (4.7)$$

$P_3$  – давление воздуха на вентиляционном штреке на расстоянии  $D$  от забоя лавы, Па;  $Q_{\text{л}}$  – количество воздуха, поступающего в лаву, м<sup>3</sup>/с;

$Q_{\text{п}}$  – количество подсвежающего воздуха, м<sup>3</sup>/с;

$\alpha$  – коэффициент аэродинамического сопротивления,  $\text{Н} \cdot \text{с}^2/\text{м}^4$ ;

$\Pi$  – периметр, м;  $S$  – сечение,  $\text{м}^2$ ;

индексы «л» и «в» означают, что соответствующие величины относятся к лаве и вентиляционной выработке соответственно.

$$\begin{cases} \frac{\partial^2 u_1}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u_1}{\partial y^2} = 0 \\ u_1|_{x=0} = P_1 - \beta_1 y; \quad u_1|_{y=L} = P_2; \quad \frac{\partial u_1}{\partial y}\Big|_{y=0} = \frac{\partial u_1}{\partial x}\Big|_{x=D} = 0 \end{cases} \quad (4.8)$$

$$\begin{cases} \frac{\partial^2 u_2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u_2}{\partial y^2} = 0 \\ u_2|_{x=0} = 0; \quad u_2|_{y=L} = -\beta_2 x; \quad \frac{\partial u_2}{\partial y}\Big|_{y=0} = \frac{\partial u_2}{\partial x}\Big|_{x=D} = 0 \end{cases} \quad (4.9)$$

Методом разделения переменных Фурье получены решения задач (4.8) и (4.9):

$$\begin{aligned} u_1 = P_2 + \frac{4\beta_1}{\pi^2} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(2L+1)^n \pi (2n+1) (L-y)}{(2n+1)^2 \left[ 1 + \exp\left(-\pi(2n+1)\frac{D}{L}\right) \right]} \cdot \left[ \exp\left(-\frac{\pi}{2L}(2n+1)x\right) + \right. \\ \left. + \exp\left(-\frac{\pi}{2L}(2n+1)(2D-x)\right) \cos \frac{\pi}{2L}(2n+1)y \right]; \end{aligned} \quad (4.10)$$

$$u_2 = \frac{8\beta_2 D}{\pi} \sum_{n=0}^{\infty} (-1)^{n+1} \frac{\operatorname{ch} \frac{\pi}{2D}(2n+1)y \cdot \sin \frac{\pi}{2D}(2n+1)x}{(2n+1)^2 \cdot \operatorname{ch} \frac{\pi}{2D}(2n+1)L}. \quad (4.11)$$

Суммируя функции (4.10) и (4.11), получаем решение  $P(x, y)$  исходной задачи (4.5) – (4.6). Составляющие скорости фильтрации получим на основании закона Дарси, умножив производные  $\frac{\partial P}{\partial x}$  и  $\frac{\partial P}{\partial y}$  на отношение  $\frac{k_{\Pi}}{\mu}$ , где  $k_{\Pi}$  – коэффициент проницаемости,  $\text{м}^2$ ;  $\mu$  – вязкость воздуха,  $\text{Н} \cdot \text{с}/\text{м}^2$ . Однако почленное дифференцирование рядов (4.10) и (4.11) приводит к медленно сходящимся рядам, практически непригодным для вычислений. Поэтому с учетом формул (4.10) и (4.11) строились непосредственно изобары

$$P(x, y) = u_1(x, y) + u_2(x, y) = const, \quad (4.12)$$

по которым вычислялись градиенты давления, а по ним – составляющие скорости фильтрации

$$v_x = -\frac{k_{\Pi}}{\mu} \cdot \frac{\Delta P}{\Delta x}; \quad v_y = -\frac{k_{\Pi}}{\mu} \cdot \frac{\Delta P}{\Delta y}, \quad (4.13)$$

где  $v_x$  и  $v_y$  - составляющие скорости фильтрации воздуха по осям координат, м/с;

$\frac{\Delta P}{\Delta y}$  – градиент давления, Па/м.

При этом в соответствии с работой [83] учитывалось изменение удельного аэродинамического сопротивления  $r = \frac{\mu}{k_{\Pi}}$  обрушенной горной массы по мере удаления в глубь выработанного пространства по закону

$$r = r_0 e^{\beta x^2}, \quad (4.14)$$

где  $r$  - удельное аэродинамическое сопротивление обрушенной горной массы, Н · с/м<sup>4</sup>;

$r_0$  - удельное аэродинамическое сопротивление свежесобрушенной горной массы, Н · с/м<sup>4</sup>;

$x$  - расстояние в глубь выработанного пространства, м.

Значения параметров эмпирической зависимости (4.14) взяты в соответствии с результатами натурных измерений [84], проводившихся на шахтах Кузнецкого бассейна:  $r = 11,8$  Н · с/м<sup>4</sup> - при первичной подработке пород кровли (выемка верхнего слоя) и  $r_0 = 39,2$  Н · с/м<sup>4</sup> - при вторичной подработке (выемка нижнего слоя). Величина  $\beta$  определяется по формуле:

$$\beta = \frac{0,0008}{v_{\Pi}^2} \text{ м}^{-2}, \quad (4.15)$$

где  $v_{\Pi}$  - скорость подвигания линии очистного забоя, м/сут.

На рисунке 4.5 показано, как изменяется положение изобар, проведенных через каждые 10 Па, в зависимости от величины подсвежения струи применительно

к типичным для Кузнецкого бассейна условиям:  $L = 120$  м;  $v_{\Pi} = 60$  м/мес.;  $Q_{\Pi} = 15$  м<sup>3</sup>/с. Глубина проницаемой зоны  $D$  принята равной 180 м применительно к экспериментально исследуемому участку, где лава отошла от начала выемочного столба примерно на величину трехмесячного подвигания.

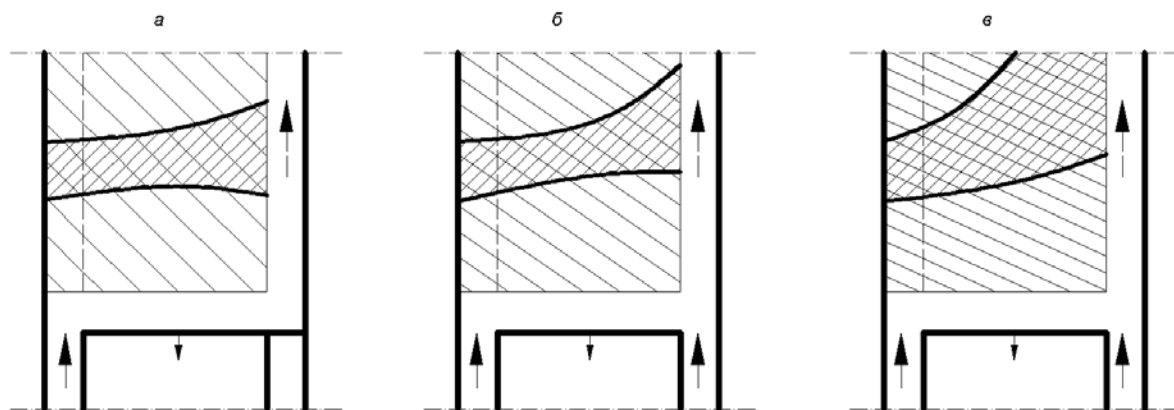


Рисунок 4.5 - Положение и размеры пожароопасных зон при различной интенсивности подсвеживания:

а)  $Q_n = 0$ ; б)  $Q_n = 0,5Q_{\text{л}}$ ; в)  $Q_n = Q_{\text{л}}$

Вычисление составляющих скоростей фильтрации согласно формуле (4.13) позволяет определить пожароопасную зону выработанного пространства. Если исходить, например, из пределов пожароопасных скоростей фильтрации, установленных в работе [85]:

$$0,0017 \text{ м/с} \leq v_{\text{пож}} \leq 0,015 \text{ м/с},$$

то границы пожароопасных зон при различной интенсивности подсвеживания приобретают очертания, показанные на рисунке 4.5 штриховкой. Как видно из рисунка, увеличение подсвеживания струи ведет к расширению пожароопасной зоны и смещению ее в глубь выработанного пространства (см. рисунок 2, а, б, в).

Полученные результаты позволяют также вычислить величину утечек воздуха через выработанное пространство:

$$Q_{\text{ут}} = m \int_0^D v_y(x, L) dx, \quad (4.16)$$

где  $Q_{\text{ут}}$  – величина утечек воздуха через выработанное пространство на вентиляционном штреке, м<sup>3</sup>/с;

$m$  – высота вентиляционной выработки, м.

Расчеты показывают, что значение утечек возрастает линейно с величиной коэффициента подсвежения:

$$k = \frac{(Q_{\text{л}} + Q_{\text{п}})^2}{Q_{\text{л}}^2},$$

где  $k$  – коэффициент подсвежения.

Это значит, что приращение величины утечек воздуха через выработанное пространство при изменении интенсивности подсвежения пропорционально приращению коэффициента  $k$ .

Характер распределения удельного аэродинамического сопротивления обрушенного выработанного пространства многими авторами в основном определяется в зависимости от расстояния точек выработанного пространства до забоя лавы.

За последние годы в Кузнецком бассейне проведены исследования, позволяющие определить изменение удельного аэродинамического сопротивления во времени и с учетом скорости подвигания очистного забоя. Однако в этих работах нет прямых указаний на то, как изменяется удельное аэродинамическое сопротивление в направлении от транспортного штрека к вентиляционному и в случаях, когда вентиляционные выработки поддерживаются в отработанном пространстве. На рисунке 4.6а приведен один из вариантов распределения удельного аэродинамического сопротивления выработанного пространства, на основе которого определены пожароопасные зоны для скоростей подвигания забоя 40 и 60 м/мес. При этом принято, что удельное аэродинамическое сопротивление изменяется только с удалением от забоя, оставаясь на данной глубине постоянным вдоль лавы.



Изменение формы и положения пожароопасных зон в зависимости от различного распределения удельного аэродинамического сопротивления в направлении от транспортного штрека к вентиляционному представлено на рисунках 4.6 б, в. При этом максимальное значение удельного аэродинамического сопротивления принято в средней части обрушенного выработанного пространства и вычислено по формуле (4.14). От середины в направлении к поддерживаемой вентиляционной выработке принято снижение удельного аэродинамического сопротивления до 60 % (рисунок 4.6 б) и до 40% (рисунок 4.6 в); в направлении к погашенному транспортному штреку - до 80 % (рисунок 4.6 б) и до 60 % (рисунок 4.6 в).

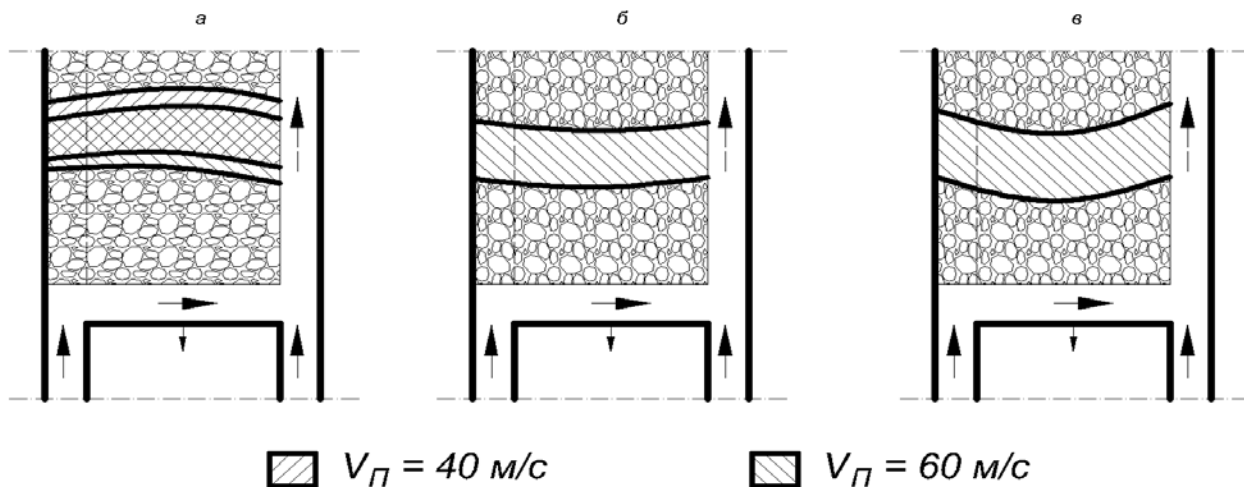


Рисунок 4.6 - Положение и размеры пожароопасных зон в зависимости от скорости подвигания

Рассмотренные ситуации показывают, что распределение удельного аэродинамического сопротивления в выработанном пространстве как по глубине его, так и в направлении от транспортного к вентиляционному штреку оказывает влияние на положение, форму и размеры пожароопасных зон (см. рисунки 4.6 а, б, в). Причем наиболее существенным будет влияние распределения удельного аэродинамического сопротивления вдоль длины лавы для пород средней устойчивости и труднообрушаемых. Исследование влияния распределения удельного аэродинамического сопротивления на пожароопасность выработанного

пространства представляет практический интерес при создании зон с наибольшим сопротивлением для предотвращения утечек воздуха в выработанное пространство и тем самым для снижения эндогенной пожароопасности выемочных участков с прямоточной схемой проветривания, что исключает вероятность взрыва метана в выработанном пространстве очистного забоя.

#### **4.4. Разработка и научное обоснование критериев и технологических требований для создания автоматических систем локализации взрывов**

Главной целью локализации взрывов метана и угольной пыли является максимальное ограничение области распространения фронта пламени (ФП) по сети горных выработок. Эта цель достигается на основе применения в угольных шахтах пассивных сланцевых или водяных заслонов, а также автоматических систем локализации взрывов.

Сланцевые заслоны имеют длину не менее 20 м и состоят из специальных полок, монтируемых поперек выработки, на которых помещается инертная пыль из расчета 400 кг на 1 м<sup>2</sup> сечения выработки в свету. Они устанавливаются в выработках с углом наклона до 18°.

Водяные заслоны имеют длину также не менее 20 м и состоят из специальных полок, монтируемых поперек выработки, на которых в специальных жестких пластиковых сосудах емкостью не более 80 л помещается жидкость из расчета 440 л на 1 м<sup>2</sup> сечения выработки в свету [86].

Автоматические системы локализации взрывов устанавливаются под кровлей выработки и снаряжаются специальными огнетушащими порошками («Виксан», «Оберег», «П-АГС» и др.), с массой не менее 25 кг и инерционностью срабатывания не более 50 мс.

В таблице 4.3 приведена область применения взрыволокализирующих заслонов, в зависимости от стадии развития взрыва.

Таблица 4.3 - Область применения взрыволокализирующих заслонов по стадиям развития взрыва

|   | Стадии развития взрыва пылегазовоздушных смесей в горных выработках угольных шахт |   |                                     |  |                                      |   |                                     |   |
|---|---|---|-------------------------------------|--|--------------------------------------|---|-------------------------------------|---|
|   | Горение   | Вспышка   | Балансирующие взрывы                | Слабые взрывы в начальной стадии их развития | Слабые взрывы                        | Сильные взрывы в начальной стадии их развития | Сильные взрывы                      | Детонационный взрыв                                 |
| Характер протекания                                       | Свободное горение в ограниченном объеме   | Медленное распространение в ограниченном объеме | Вялое распространение с остановками | Распространение со скачками скорости         | Распространение со скачками скорости | Бурное распространение                        | Бурное распространение с ускорением | Очень бурное распространение с предельной скоростью |
| Избыточное давление на фронте ударно-воздушной волны, МПа | < 0,01  | 0,01–0,02                                       | 0,02–0,06                           | 0,06–0,15                                    | 0,15–0,3                             | 0,3–0,65                                      | 0,65–1,70                           | > 1,70  |
| Скорость распространения ударно-воздушной волны, м/с      | 0   | < 367   | < 416                               | 416–500                                      | 500–635                              | 635–1000                                      | 1000–1500                           | 1500–2500   |
| Скорость распространения фронта пламени, м/с              | < 1   | 1–40  | 40–100                              | 100–250                                      | 250–340                              | 340–660                                       | 660–1000                            | 1000–2500   |
| Область применения взрыволокализирующих заслонов          |   |   |                                     |  |                                      |   |                                     |   |
| Сланцевые заслоны   |   |   |                                     |  |                                      |   |                                     |   |
| Водяные заслоны   |   |   |                                     |  |                                      |   |                                     |   |
| АСВП-ЛВ   |   |   |                                     |  |                                      |   |                                     |   |

На угольных шахтах России с 2004 г. применялись автоматические системы локализации взрывов типа АСВП-ЛВ (производитель ЗАО «Межведомственная комиссия по взрывному делу» при АГН).

После аварий на шахте «Ульяновская» и шахте «Юбилейная» в 2007 г. применение автоматических систем АСВП-ЛВ было запрещено РОСТЕХНАДЗОРОМ РФ, так как в бункере этих систем после срабатывания оставалась часть порошка (см. рис. 4.7).

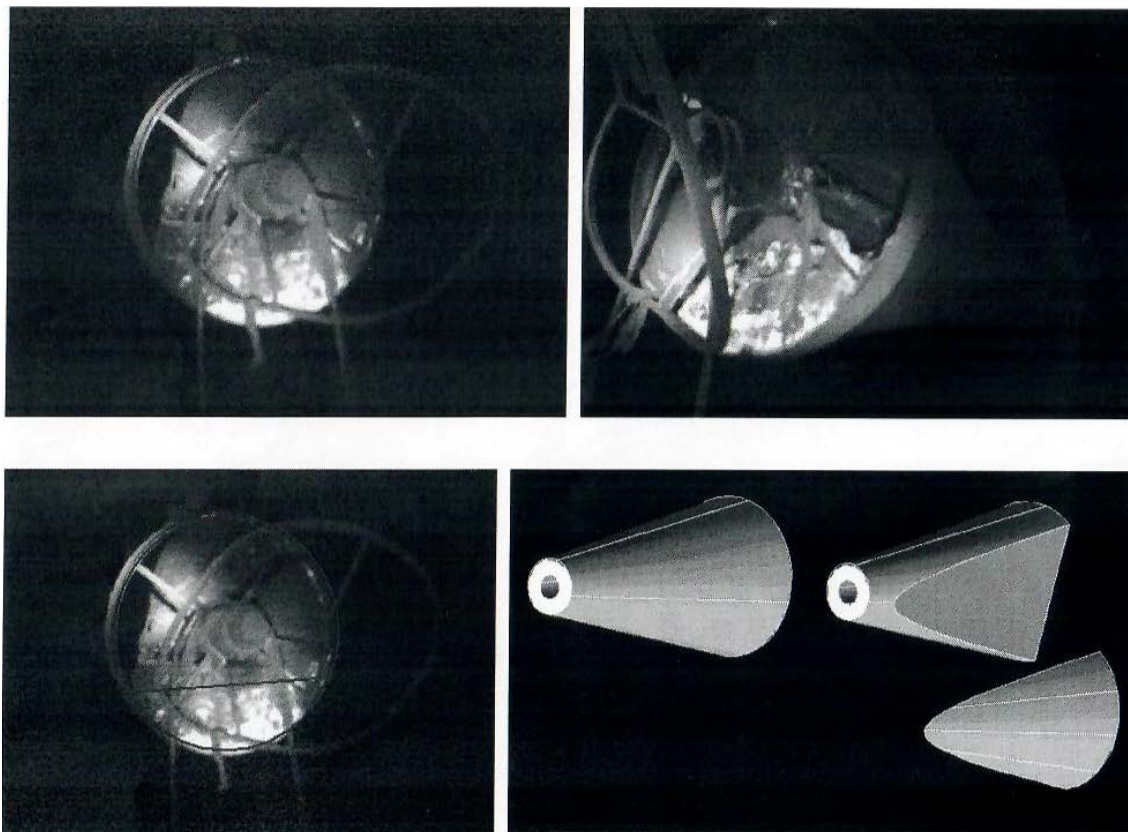


Рисунок 4.7 – Сработавшая АСВП-ЛВ (ш. Юбилейная)

Остаток порошка – 5 кг; распылено порошка – 25 кг

После модернизации автоматических систем, на шахты стали поставляться системы типа АСВП-ЛВ.1М. В ходе проведения испытаний этих систем в экспериментальной штольне ГосНИИ «Кристалл» (г. Дзержинск) было установлено, что инерционность срабатывания этой системы не превышала 20 м/с (см. рис. 4.8 и рис. 4.9), однако преодолеть то, что в бункере системы АСВП-ЛВ.1М (рис. 4.10) остается часть порошка не удалось.

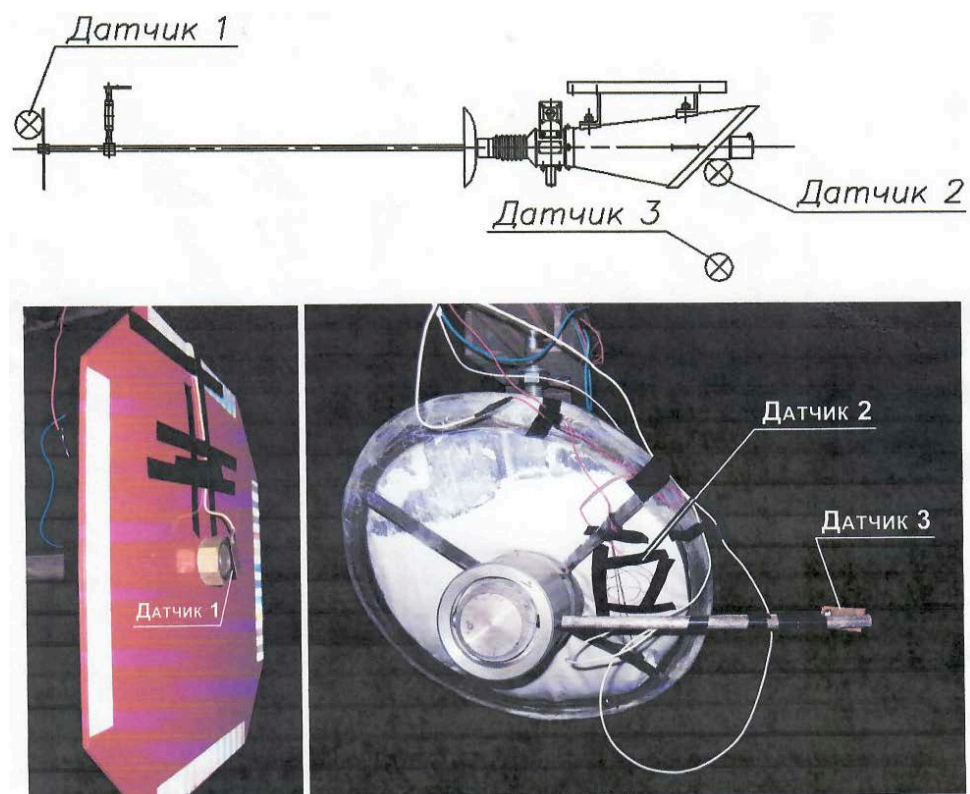


Рисунок 4.8 – Расположение датчиков на системе АСВП-ЛВ.1М

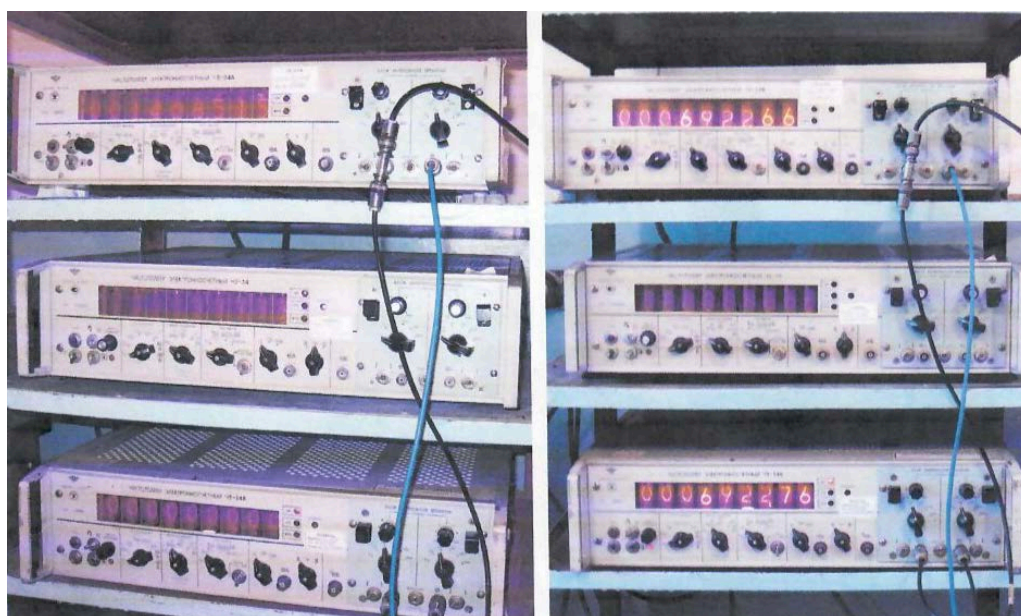
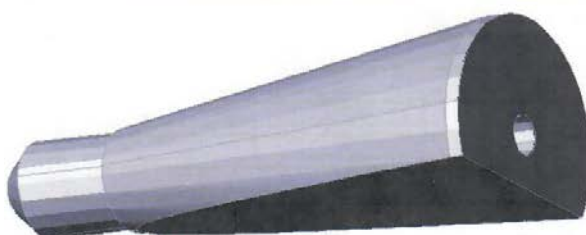


Рисунок 4.9 – Измеренные промежутки времени: до прихода у.в.в. – 6,9 мс;  
до выброса порошка системой АСВП-ЛВ.1М – 14 мс.





Согласно фотографии  
объем оставшегося в  
бункере огнетушаще-  
го порошка составля-  
ет не более 16%

Рисунок 4.10 – Оставшийся порошок в бункере УЛВ.1М системы АСВП-ЛВ.1М укомплектованной бункером УЛВ.1М в виде прямого конуса (серийный номер изделия - №07-725)

Вследствие того, что в бункере системы остается порошок, нами, совместно с ООО «Геотехнология-Взрывозащита», было принято решение об изменении конструкции бункера и камеры высокого давления. Бункер был усечен по 45°, а камера высокого давления была разделена на две равные части перфорированной мембраной. После испытаний новых систем АСВП-ЛВ.1М(ПГИ) (см. Приложение 7) было установлено, что внесенные изменения в конструкцию позволили избежать ситуации, когда огнетушащий порошок остается в бункере системы после ее срабатывания.

Испытания по определению времени срабатывания системы проводились на стенде АО КФ «ВНИМИ» (см. Приложение 8). Было установлено, что время срабатывания системы составляет 23 мс.

Нами в работе [87] разработаны методические рекомендации определения параметров взрыва угольной пыли для оценки эффективности применения систем локализации взрывов.

Анализ многочисленных исследований показал, что распространение фронта пламени происходит в режиме пульсаций.

Выделим две зоны взрыва: первая длиной до 40 м, в которой заметно влияние источника воспламенения метана, а вторая зона – это участок распространения взрыва длиной до 300 м.

Скорость фронта пламени определяется по зависимости [87]:

$$dV = V_0 \frac{dk}{k_0}, \quad (4.17)$$

где  $V$  – скорость фронта пламени, м/с;

$V_0$  – скорость ФП, когда взрыв еще возможен, м/с;

$k$  – концентрация пыли, г/м<sup>3</sup>;

$k_0$  – минимальная концентрация пыли способная взрываться, г/м<sup>3</sup> ( $k_0 = 30$  г/м<sup>3</sup>).

Интегрирование уравнения (4.17) дает зависимость определения скорости распространения ФП:

$$V = V_0 \ln(k/k_0) \quad (4.18)$$

Зависимость (4.18) можно записать для средней скорости распространения пламени в зоне I.

$$V_{CP} = V_0 \ln(k_3/k_0) \quad (4.19)$$

где  $k_3$  – концентрация пыли при эксперименте.

При выборе схем расстановки автоматических средств локализации взрывов следует основываться на максимально возможных значениях скорости ФП в зоне I

$$V_{MAX(I)} = 2V_{CP} - V_0 \quad (4.20)$$

Для горной выработки сечением  $S_B = 15 \text{ м}^2$ :

$$V_{MAX(I)} = 2 \cdot 163 - 57,6 = 268 \text{ м/с}$$

Зависимость для определения максимальной скорости распространения ФП во II -й зоне [86]:

$$V_{MAX(II)} = V_{MAX(I)} + \left( \frac{L}{L_{II}} - 1 \right) \frac{V_0}{2} \quad (4.21)$$

где  $L$  – расстояние от места взрыва, м ( $L = nL_{II}$ ;  $n = 1, 2, 3, \dots$ ).

Для горной выработки сечением  $S_B = 15 \text{ м}^2$  на расстоянии  $L = 180 \text{ м}$ :

$$V_{MAX(II)} = 268 + \left( \frac{180}{30} - 1 \right) \frac{57,6}{2} = 412 \text{ м/с}$$

Следовательно, при выборе системы АСВП-ЛВ.1М(ПГИ) она должна подавлять взрыв распространяющийся со скоростью ФП не менее 412 м/с.

Поэтому, зная концентрацию отложившейся угольной пыли в шахте, возможно установить вероятную скорость распространения ФП в горной выработке и, таким образом, выявить эффективную область применения АСВП-ЛВ.1М(ПГИ).



Технологические схемы расстановки различных систем локализации взрывов представлены в Приложении 9.

### **Выводы**

1. Разработано шесть технологических схем подготовки выемочных участков, устраняющих опасность взрывов: четыре схемы при панельном способе подготовки и две – погоризонтном.

2. Удельный объем проведения выработок является одним из основных показателей технического уровня горных работ. При сбалансированных объемах добычи угля и проведения подготовительных выработок для воспроизводства фронта очистных забоев технический уровень горных работ на шахте тем выше, чем ниже указанный показатель. Снижение удельного объема проведения выработок обеспечивает, помимо прямого экономического эффекта, упрощение планировочных решений в пределах шахтных и выемочных полей, благодаря чему сокращается объем проведения подземных транспортных и энергетических коммуникаций, а также улучшаются условия проветривания выработок, что особенно важно для газообильных шахт, чтобы снизить вероятность распространения взрыва метановоздушных смесей и пыли.

3. Проведены исследования влияния прямоточных схем проветривания на эндогенную пожароопасность выемочных участков. При разработке высокогазоносных пластов Кузнецкого бассейна наблюдается тенденция к переходу в очистных забоях на прямоточную схему проветривания с подсвежением исходящей струи. Применение такой схемы связано с необходимостью поддержания вентиляционной выработки в выработанном пространстве. Это приводит к усилению фильтрации воздуха в зонах выработанного пространства, примыкающего к очистному забою и вентиляционной выработке. Указанный факт усугубляет эндогенную пожароопасность выемочных участков. Поэтому исследование влияния на эндогенную пожароопасность вентиляционных параметров выемочного участка

с прямоточной схемой проветривания и с подсвежением вентиляционной струи представляет значительный интерес, как фактора, провоцирующего взрыв метановоздушной смеси.

4. Распределение удельного аэродинамического сопротивления в выработанном пространстве как по глубине его, так и в направлении от транспортного к вентиляционному штреку оказывает влияние на положение, форму и размеры пожароопасных зон. Причем наиболее существенным будет влияние распределения удельного аэродинамического сопротивления вдоль длины лавы для пород средней устойчивости и труднообрушаемых. Исследование влияния распределения удельного аэродинамического сопротивления на пожароопасность выработанного пространства представляет практический интерес при создании зон с наибольшим сопротивлением для предотвращения утечек воздуха в выработанное пространство и тем самым для снижения эндогенной пожароопасности выемочных участков с прямоточной схемой проветривания, что исключает вероятность взрыва метана в выработанном пространстве очистного забоя.

5. Главной целью локализации взрывов метана и угольной пыли является максимальное ограничение области распространения фронта пламени (ФП) по сети горных выработок. Эта цель достигается на основе применения в угольных шахтах пассивных сланцевых или водяных заслонов, а также автоматических систем локализации взрывов.

6. Предложена конструкция автоматической системы локализации взрывов типа АСВП-ЛВ.1М(ПГИ) и проведены ее испытания на стендах ВостНИИ и КФ ВНИМИ, которые показали ее эффективность подавлять взрывы в угольных шахтах.

7. Разработаны технологические схемы расстановки средств локализации взрывов, в том числе для АСВП-ЛВ.1М(ПГИ) на основе расчета скорости распространения фронта пламени с учетом параметров пылевзрывоопасности выработок по результатам автоматического контроля интенсивности отложения угольной пыли по сети горных выработок.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертации, являющейся научно-квалификационной работой, на основании выполненных автором исследований решена актуальная научно-практическая задача обоснования технологических решений по снижению вероятности взрывов метана и угольной пыли и обоснована эффективная область применения пассивных (сланцевых и водяных) заслонов, а также автоматических систем локализации взрывов типа АСВП-ЛВ.1М(ПГИ) и технологических схем их расстановки по сети горных выработок шахты.

Основные научные и практические результаты работы заключаются в следующем:

1. Системы разработки угольных пластов влияют на степень опасности взрывов метана и угольной пыли.

Основными источниками метана, как фактора взрывов в шахтах, являются разрабатываемые угольные пласты и их спутники, а также вмещающий массив горных пород, в частности, полости расслоения массива пород при смещении их над или под выработанным пространством - так называемые полости Вебера.

Наличие угольной пыли способствует распространению взрыва в сети горных выработок. Взрывы пылевоздушных смесей, как правило, приводят к значительным разрушениям выработок и большому количеству жертв при авариях.

2. Исследование горно-геологических и горнотехнических факторов, влияющих на взрыв в шахте, на основе анализа крупных аварий, произошедших на шахтах России (ш. «Северная» АО «Воркутауголь» и ш. «Распадская») показали, что наиболее опасным являются газодинамические явления, прежде всего выбросы угля и газа, а также эндогенные пожары в выработанном пространстве выемочных участков.

3. Разработаны методические рекомендации прогнозирования возникновения и распространения взрывов в угольных шахтах.

4. Проведен риск-анализ аварий, связанных со взрывом в шахтах, для различных технологических схем разработки угольных месторождений и предложена расчетная зависимость оценки риска аварий.

Риск возникновения аварии, связанной со взрывом метановоздушной смеси и угольной пыли в сети горных выработок угольной шахты зависит от: горно-геологических условий, горнотехнических условий и организационно-субъективных факторов. Вероятность возникновения аварии устанавливается безотносительно к переменным, определяющим соответствующие корректировки технологических схем разработки и изменения технических параметров различных систем разработки угольных месторождений.

5. Разработаны методические рекомендации оценки влияния безопасности работ на эффективность горного производства. Оценка уровня безопасных условий труда является одним из сложных и важных вопросов в определении показателей технико-экономического уровня предприятия и его эффективности. Методические рекомендации для определения уровня этого показателя отличаются как методологическими подходами, так и номенклатурой учитываемых факторов, что обусловлено многофакторностью производственной среды. Для оценки состояния техники безопасности разработана методика, учитывающая возможность сочетания всех вариантов технологических операций в рабочем процессе конкретной технологической схемы, поскольку технологические схемы имеют значительные различия по составу и количеству технологических процессов и операций, характеру и состоянию безопасных условий труда.

6. Разработано шесть технологических схем подготовки и проветривания выемочных участков, устраняющих опасность распространения поражающих факторов взрывов метана и пыли по сети горных выработок: четыре схемы при панельном способе подготовки и две – погоризонтном.

7. Удельное проведение выработок является одним из основных показателей технического уровня горных работ. При сбалансированных объемах добычи угля и проведения подготовительных выработок для воспроизводства

фронта очистных забоев технический уровень горных работ на шахте тем выше, чем ниже указанный показатель. Снижение удельного проведения выработок обеспечивает, помимо прямого экономического эффекта, упрощение планировочных решений в пределах шахтных и выемочных полей, благодаря чему сокращается объем проведения подземных транспортных и энергетических коммуникаций, а также улучшаются условия проветривания выработок, что особенно важно для газообильных шахт, чтобы снизить вероятность распространения взрыва метановоздушных смесей и угольной пыли.

8. Проведены исследования влияния прямоточных схем проветривания на эндогенную пожароопасность выемочных участков. Применение такой схемы связано с необходимостью поддержания вентиляционной выработки в выработанном пространстве. Это приводит к усилению фильтрации воздуха в зонах выработанного пространства, примыкающего к очистному забою и вентиляционной выработке. Указанный факт усугубляет эндогенную пожароопасность выемочных участков. Установлено, что распределение удельного аэродинамического сопротивления в выработанном пространстве как по глубине его, так и в направлении от транспортного к вентиляционному штреку оказывает влияние на положение, форму и размеры пожароопасных зон. Причем наиболее существенным будет влияние распределения удельного аэродинамического сопротивления вдоль длины лавы для пород средней устойчивости и труднообрушаемых.

9. Предложена конструкция автоматической системы локализации взрывов типа АСВП-ЛВ.1М(ПГИ) и технологические схемы их расстановки на основе расчета скорости распространения фронта пламени с учетом параметров пылевзрывоопасности горных выработок, а также проведены ее испытания на стендах ВостНИИ и КФ ВНИМИ, которые показали ее эффективность подавлять сильные взрывы в начальной стадии их развития, скорость распространения фронта пламени которых составляет 340-660 м/с.

## Список литературы

1. Технологические схемы разработки пластов на угольных шахтах: в 2-х ч. / В.Е. Зендерварг и др. – ИГД им. А.А. Скочинского. – Люберцы, 1991.
2. Бурчаков А.С. и др. Оптимизация систем разработки на угольных шахтах. – М.: Недра, 1977. – 198 с.
3. Современные методы проектирования угольных шахт / П.З. Звягин и др. - М.: Недра, 1971. – 200 с.
4. Оптимизация основных параметров разработки сложных угольных месторождений с применением ЭВМ / Ф.Ф. Кузюков и др. – М.: Недра, 1972. – 173 с.
5. Курносов А.М. и др. Научные основы проектирования угольных шахт для разработки пологих пластов. – М.: Наука, 1964. – 318 с.
6. Курносов А.М. Общие принципы экономико-математического моделирования в решении проектных задач. – М.: изд. ИГД им. А.А. Скочинского, 1966. – 272 с.
7. Курносов А.М. Основные принципы и методы оптимального проектирования угольных шахт: Автореф. ... д-ра техн. наук. - М.: ИФЗ им. О.Ю. Шмидта АН СССР, 1968. – 31 с.
8. Курносов А.М. и др. Экономико-математическое моделирование в проектировании угольных шахт. – М.: Наука, 1969. – 263 с.
9. Курносов А.М. и др. Методика оценки надежности технологических систем при выборе оптимального способа подготовки шахтного поля. – М.: изд. ИГД им. А.А. Скочинского, 1972. – 76 с.
10. Методы оптимального проектирования угольных шахт / А.М. Курносов и др. – М.: Недра, 1974. – 346 с.
11. Капустин Н.Г. и др. Основы проектирования шахт. – М.: Недра, 1964. – 117 с.
12. Липкович С.М. Основы проектирования угольных шахт. – Донецк: изд. ДПИ, 1960.

13. Методы оптимального проектирования угольных шахт / А.М. Курносов и др.- М.: Недра, 1974. - 368 с.
14. Бурчаков А.С. и др. К вопросу методологии поэтапного проектирования угольных шахт методом динамического программирования с применением теории графов. – В кн.: Экономические исследования в горной промышленности. М.: Недра, 1966, с. 121-129.
15. Малкин А.С. Разработка методов поэтапного проектирования оптимизации параметров и интегральной оценки проектов угольных шахт: Автореф. ... д-ра техн. наук. – М.: МГИ, 1972. – 28 с.
16. Гойзман Э.М. Методы моделирования и оптимизации производственного процесса в лавах: Автореф. ... д-ра техн. наук. – М.: ИГД им. А.А. Скочинского, 1972. – 32 с.
17. Математические модели для расчета оптимальных параметров шахт и оперативного управления производством / А.С. Бурчаков и др. – М., 1965. – 320 с.
18. Рогов Е.И. Теория и методы математического моделирования производственных процессов в горном поле. – Алма-Ата: Наука, КазССР, 1973. – 141 с.
19. Покрасс В.Л. и др. Методика оценки надежности оптимальных решений при экономико-математическом моделировании в горном деле. - Донецк: изд. ДонУГИ, 1971. - 83 с.
20. Рогов Е.И. Системный анализ в горном деле. - Алма-Ата: Наука, КазССР, 1976. – 207 с.
21. Теплов Г. Описание разработки угля по системе Монской и углубление шахт в Анзене. «Горный журнал», 1842, № 12, с. 363-387.
22. Узатис А. Курс горного искусства. СПб, 1843.
23. Граматчиков Г. Способы добычи каменного угля в Бельгии, «Горный журнал», 1850, № 6, с. 399-421.

24. Бек. Обзор горнозаводских продуктов, бывших на Лондонской всемирной выставке. «Горный журнал», 1852, № 4, с. 143-173; 1858, № 1, с. 124-159.

25. Ауэрбах Г.И. Извлечение из донесения следственной комиссии по поводу взрыва, произошедшего 2-го августа 1869 года в каменноугольном руднике Бургк в Плаунской долине в Саксонии. «Горный журнал», 1870, № 12, с. 504-543.

26. Иосс В.А. Каменноугольные копи Рейнской Пруссии в отношении проветривания. «Горный журнал», 1883, № 8, с. 177-252.

27. Бек В.В. О взрывах гремучего воздуха в каменноугольных копиях. «Горный журнал», 1885, № 7, с. 140-181.

28. Лотнер Г. О правилах, коими надлежит руководствоваться при разработке каменноугольных флецов в Вестфалии, с критическим обсуждением способов, употребляемых в Бельгии, Франции и Англии. «Горный журнал», 1860, № 10, с. 33-37; № 11, с. 314-353.

29. Антипов 2-ой. Ценность добычи каменного угля в Бельгии и Франции и предложение разрабатывать каменноугольные слои, лежащие на глубине не меньше 1000 м. «Горный журнал», 1862, № 2, с. 213-237.

30. Гаврез Ж. О состоянии каменноугольных рудников в Англии. «Горный журнал», 1870, № 3, с. 457-483; № 4, с. 115-144.

31. Гривнако К. Критический обзор методов разработки каменноугольных месторождений в Европе. «Горный журнал», 1875, № 12, с. 253-329; 1876, № 10, с. 1-51; № 11-12, с. 133-165; 1878, № 3, с. 293-335.

32. Сабанеев и Шмидт. Современные способы разработки месторождений каменного угля. СПб, 1877, с. 51.

33. Нестеровский Н. Способы разработки мощных каменноугольных пластов во Франции и Верхней Силезии, с указанием средств предупреждения и тушения пожаров в каменноугольных копиях. «Горный журнал», 1879, № 1, с. 55-119.



34. Дорошенко Г. Справочная книга для горных инженеров и техников по горной части. Т. II - Горное искусство. СПб, 1880.
35. Коцовский Н.Д. К вопросу о взрывах на каменноугольных коях. «Горнозаводской листок», 1891, № 5, с. 897-889.
36. Гоман Е. К вопросу о рудничном гремучем газе. «Горный журнал», 1891, № 7, с. 1-22.
37. Стибер. Взрыв гремучего газа в шахте Дрефальтичкейт в Острау. «Горный журнал», 1892, № 3, с. 524-533.
38. Ржонсницкий К. Рудничный газ и каменноугольная пыль. Бюро исследований почвы, СПб, 1898, с. 66.
39. Гефер Г. Горное дело. СПб, вып. I – 1899; вып. II – 1900; вып. III – 1901.
40. Коцовский Н.Д. Отчет по заграничной командировке для изучения вопросов о предупреждении взрывов рудничных газов. «Горный журнал», 1900, № 5, с. 191-235; № 6, с. 359-410.
41. Мурашев В.И. и др. Эффективность применения комбинированной схемы проветривания выемочных участков на шахтах Кузбасса // Уголь, 1990, № 7. -С. 51-53.
42. Проект скорректированного "Руководства по снижению газообильности выемочных участков угольных шахт поверхностными и подземными газоотсасывающими вентиляторами" / Составитель Г.Г. Стекольников / Кемерово: ВостНИИ, 1995. - 50 с.
43. Руководство по проектированию вентиляции угольных шахт. – Макеевка – Донбасс: МакНИИ, 1989. – 319 с.
44. Временные рекомендации по снижению газообильности выемочных участков шахт Кузбасса поверхностными газоотсасывающими вентиляторами, установленными на устьях вентиляционных скважин / Составители В.И. Мурашев и др. / Кемерово: ВостНИИ, 1988. - 30 с.
45. Пузырев В.Н. и др. Управление газовыделением в шахтах: Учебное пособие/ КузПИ. - Кемерово, 1990. - 96 с.

46. Печук И.М. Итоги изучения газовыделения в Донбассе. «Уголь», 1938, № 5.
47. Ильштейн А.М. Системы разработки сильногазовых пластов в Донбассе. Углетехиздат, 1947.
48. Лидин Г.Д. Газовыделения в угольных шахтах и меры борьбы с ними. Углетехиздат, 1952.
49. Лидин Г.Д. Курс лекций по рудничному газу. Академия угольной промышленности (литографированное издание), 1954.
50. Leprince-Ringnet M.F. Recherches recentes sur le degagement du grisou et des autres gaz naturels dans les mines. Revue de l'Industrie Minerale, 1936, № 363.
51. Божко В.Л. Упрощенный расчет ожидаемого метановыделения в подготовительные выработки. МакНИИ, Бюллетень № 3, 1957.
52. Печук И.М. Вентиляция и борьба с газом в шахтах Кузбасса. Углетехиздат, 1946.
53. Скочинский А.А. и др. Метан в угольных пластах. Углетехиздат, 1958.
54. Абрамов Ф.А. Рудничная аэрогазодинамика. – М., Недра, 1972.
55. Лидин Г.Д. Газовый баланс шахт, прогноз их газообильности и способы управления газовыделением. «Горное дело». Энциклопедический справочник, т. IV. Углетехиздат, 1959.
56. Кричевский Р.М. О выделении метана из угольного массива в подготовительные выработки. МакНИИ, Бюллетень № 16, 1947.
57. Христианович С.А. Распределение давления газа вблизи движущейся свободной поверхности угля. О волне выброса. О волне дробления. «Изв. АН СССР, ОТН», 1953, № 12.
58. Полубаринова-Кочина П.Я. О неустановившейся фильтрации газа в угольном пласте. «Прикл. мат. и мех.», 1953, т. XVII, вып. 6.
59. Скочинский А.А. и др. Временная инструкция по определению ожидаемой метанообильности угольных шахт (проект). ИГД АН СССР и МУП СССР (литографированное издание), 1956.

60. Щербань А.Н. и др. Газопроницаемость угольных пластов. Изд-во АН УССР, Киев, 1958.

61. Аэродинамический режим выработанного пространства при разработке угольных пластов длинными столбами по простиранию / А.А. Мясников и др. М., ЦНИИЭуголь, 1972.

62. Ищук И.Г. Влияние способов разрушения массива и аэродинамических условий на формирование полидисперсных пылевых аэрозолей в угольных шахтах // Рудничная аэрология и промышленная безопасность // Научные сообщения ННЦ ГП ИГД им. А.А. Скочинского. – 2002. – Вып. 321. – с. 140-157.

63. Ищук И.Г. Совершенствование технологии борьбы с пылью для высокопроизводительной и безопасной выемки пыльных и весьма пыльных пластов // Рудничная аэрология и промышленная безопасность // Научные сообщения ННЦ ГП ИГД им. А.А. Скочинского. - 2002. - Вып. 321. - С. 168-181.

64. Трубицын А.А. и др. Адаптация методов мезомеханики к исследованию процессов деформации и разрушения угля. – Кузбасс - ЦОТ. - Кемерово - 2002. - 115 с.

65. Трубицын Н.В. и др. Разработка системы управления пылевой безопасностью на предприятиях угольной промышленности // Безопасность угольных предприятий. Сб. науч. тр. НЦ ВостНИИ. - Кемерово, 2001. - С. 42-50.

66. Физические основы самовозгорания угля и руд / В.С. Веселовский и др. М., Наука, 1972.

67. Физические условия самонагревания угля в шахтах / В.А. Александров и др. Фрунзе, Кыргызстан, 1973.

68. Кузьминский С.П. Научные основы профилактики эндогенных пожаров на угольных шахтах Средней Азии. Фрунзе, Илим, 1977.

69. Милетич А. Ф. Утечки воздуха и их расчет при проветривании шахт. М., Недра, 1968.

70. Бич Я.А. Горные удары и методы их прогноза. – М.: ЦНИИЭуголь, 1972. – 100 с.

71. Региональные меры предотвращения горных ударов / Сб. научных трудов ВНИМИ. - Л., 1983. - 75 с.
72. Филинков А.А. и др. Локальные мероприятия по предотвращению горных ударов // Уголь. – 1994. - №7. – с. 21-22.
73. Петухов И.М. и др. Теория защитных пластов. - М.: Недра, 1976. – 223 с.
74. Указания по управлению горным давлением в очистных забоях под (над) целиками и краевыми частями при разработке свиты угольных пластов мощностью до 3,5 м с углом падения до 35°. - Л.: ВНИМИ, 1984.
75. Технологические схемы разработки пластов, опасных по внезапным выбросам угля и газа. – М.: ИГД им. А.А. Скочинского, 1982.
76. Ушаков К.З. Аналитические методы расчета утечек воздуха через выработанное пространство. - ФТПРПИ, 1971, № 1, с. 136-140.
77. Устинов Д.И. и др. Переходные газодинамические процессы в очистных забоях. - Безопасность труда в промышленности, 1983, № 5, с. 51-53.
78. Устинов А.М. и др. Закономерности распределения утечек воздуха в выработанном пространстве лав при возвратноточной через целик схеме проветривания. - В кн.: Аэрогазодинамика и проветривание угольных шахт, т. XIX. - Кемерово, ВостНИИ, 1973, с. 94-100.
79. Колмогоров А.Н. Вероятность БСЭ. Изд. 2-е т. 7, М., 1951.
80. Осипов С.Н. Взрывчатые свойства и нейтрализация парогазопылевых смесей. Киев, Техника, 1971.
81. Гнеденко Б.В. Беседы о математической статистике. Изд. «Знание», М., 1968.
82. Лавцевич В.П. Исследование и оценка метановзрывоопасности шахтных технологических схем. Автореф. докт. дис., Новосибирск, ИГД СО АН СССР, 1974.
83. Бессолицина Г.Г. Изменение эндогенной пожароопасности с переходом на глубокие горизонты. - Безопасность труда в промышленности, 1973, № 7, с. 41-42.

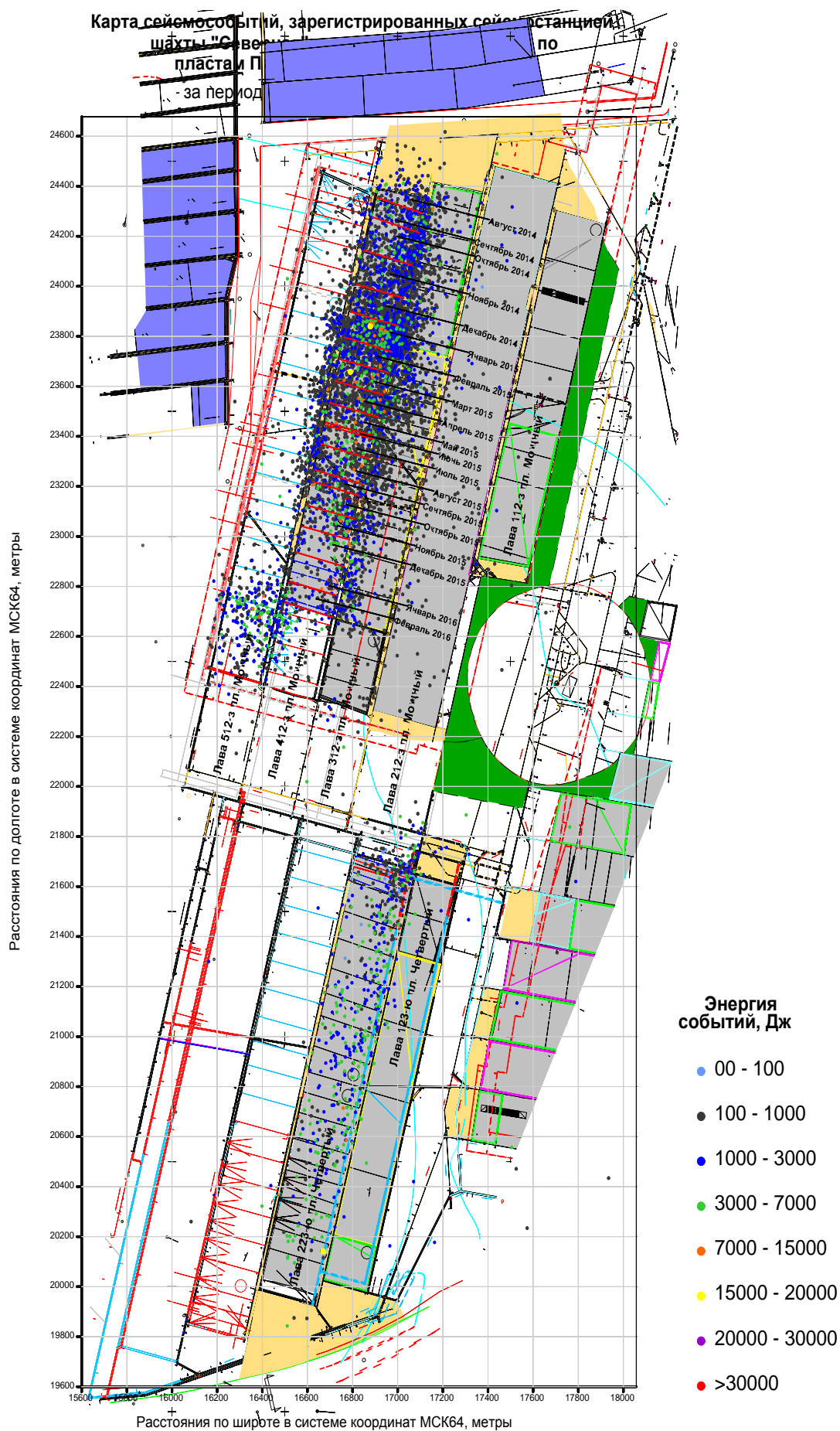
84. Глузберг Е.И. Теоретические основы прогноза и профилактики шахтных эндогенных пожаров. М., Недра, 1986.

85. Глузберг Е.И. и др. Аналитическое и экспериментальное исследования самонагревания угольных целиков - Изв. АН КиргССР, 1974, № 1, с. 18-24.

86. Мясников А.А. Предупреждение взрывов газа в угольных шахтах. М., ЦНИИЭуголь, 1972.

87. Джигрин А.В., Разумняк Н.Л., Харченко В.Ф., Горностаев В.С. Автоматическая система взрывоподавления-локализации взрывов многофункциональная. Безопасность труда в промышленности, № 1, 2020. – с 37-41.

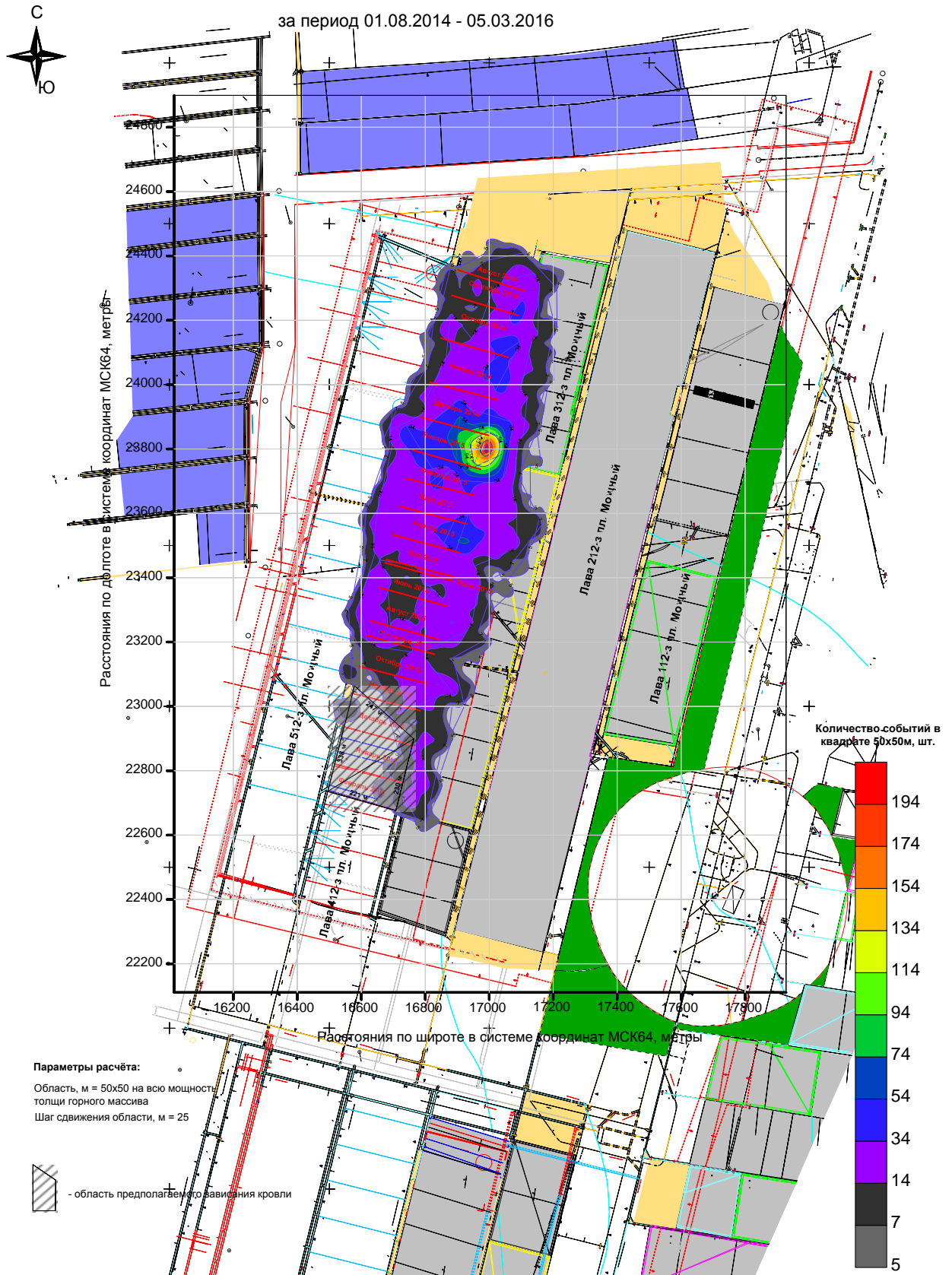
**Карты сейсмособытий, зарегистрированных сеймостанцией  
шахты «Серверная»**



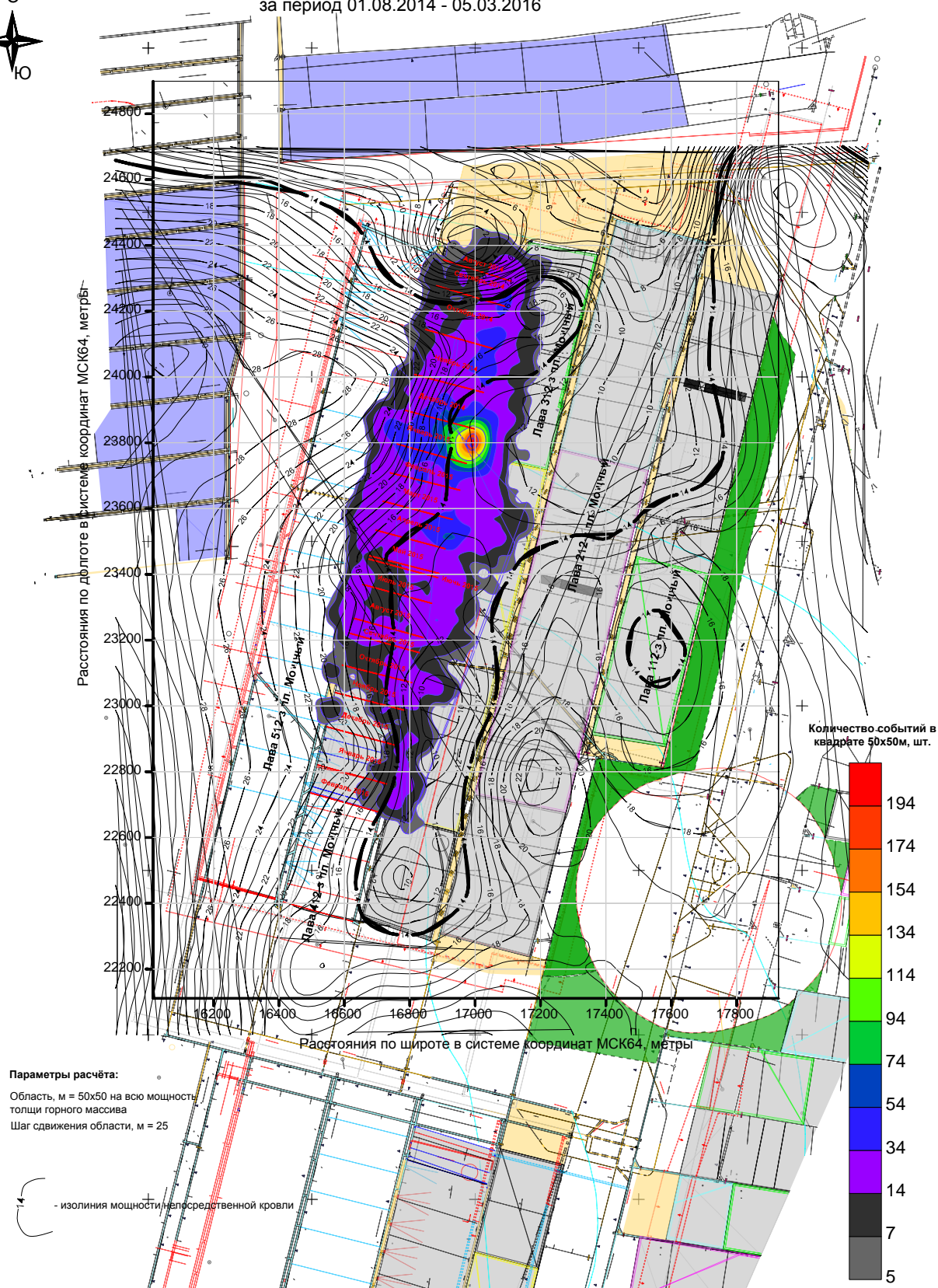
Расстояния по долготе в системе координат МСК64, метры

Расстояния по широте в системе координат МСК64, метры

**Карта количества (плотности) сейсмособытий, зарегистрированных сеймостанцией  
шахты "Северная" в поле шахты "Северная" по  
пласту Мощному**



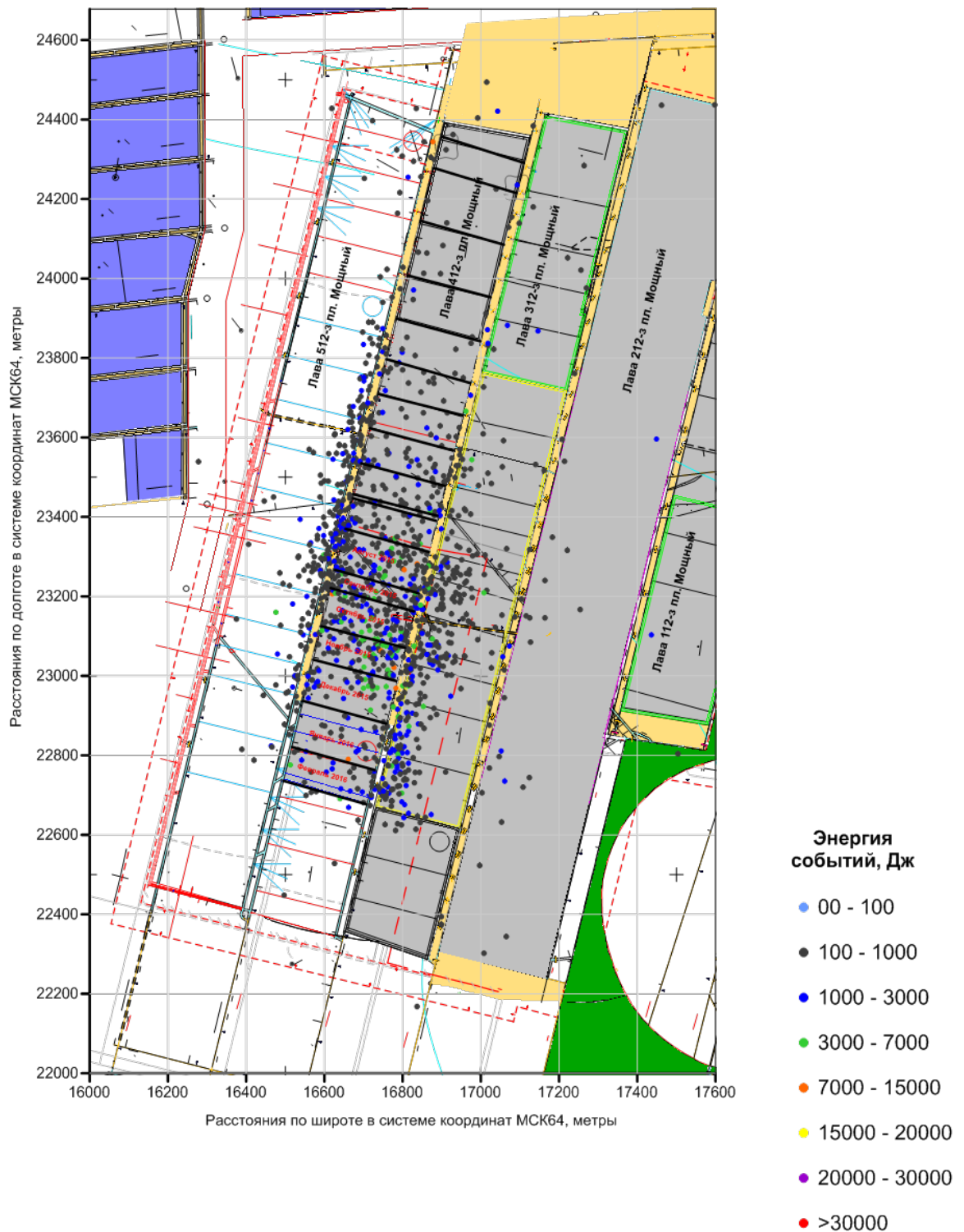






**Карта сейсмособытий, зарегистрированных сейсмостанцией  
шахты "Северная" в поле шахты "Северная" по  
пласту Мощному.**

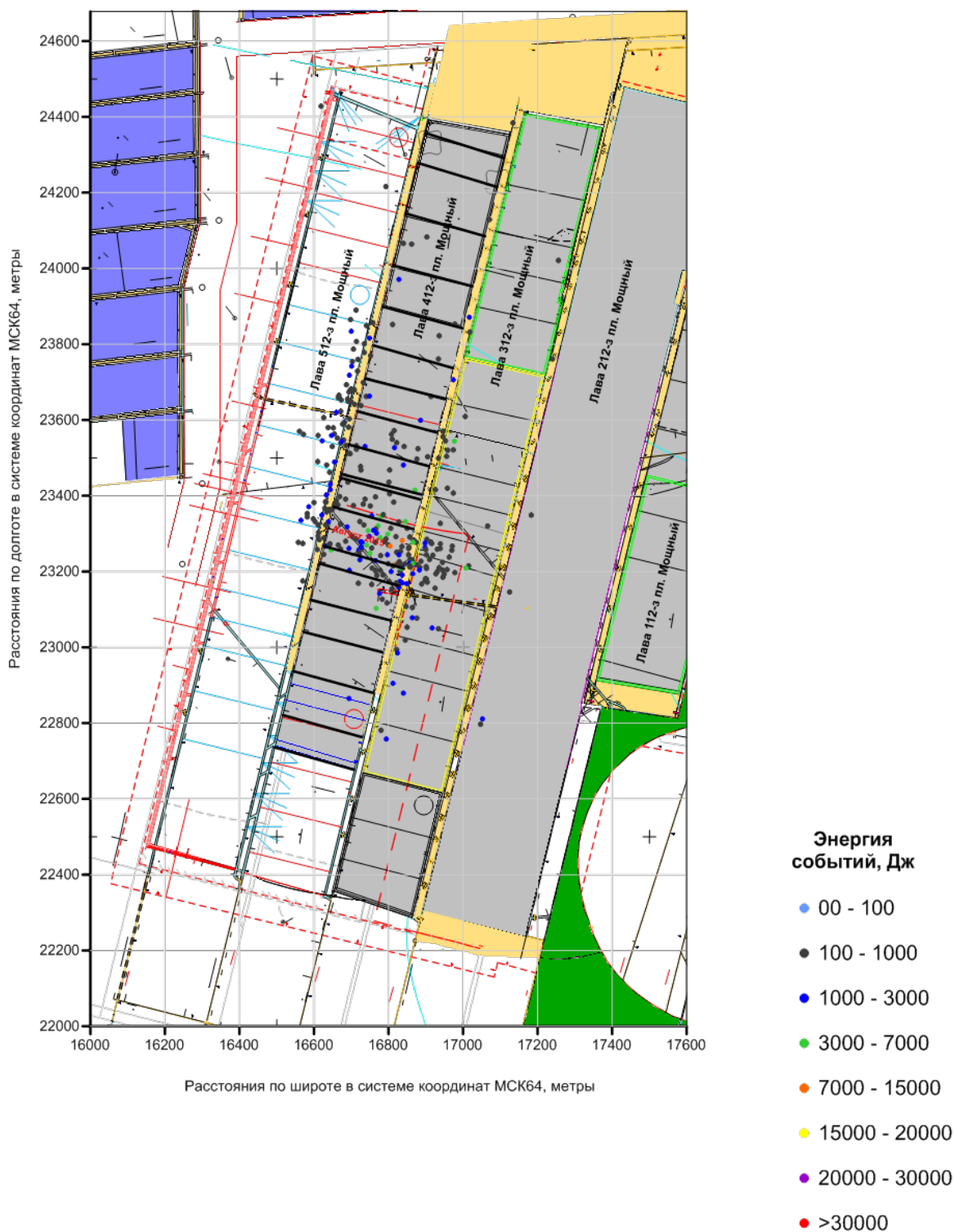
за период 01.08.2015 - 05.03.2016





**Карта сейсмособытий, зарегистрированных сейсмостанцией  
шахты "Северная" в поле шахты "Северная" по  
пласту Мощному.**

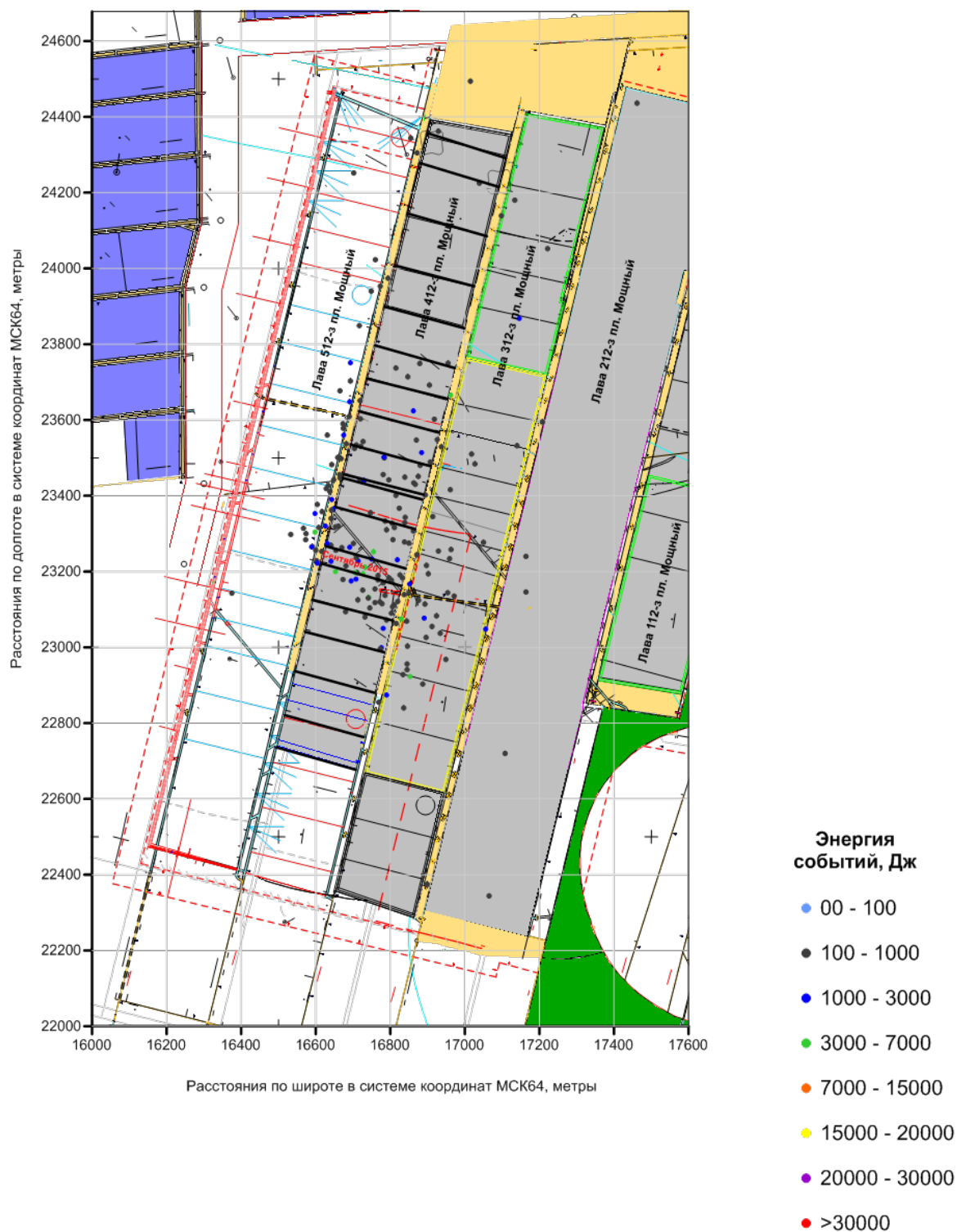
за период 01.08.2015 - 31.08.2015



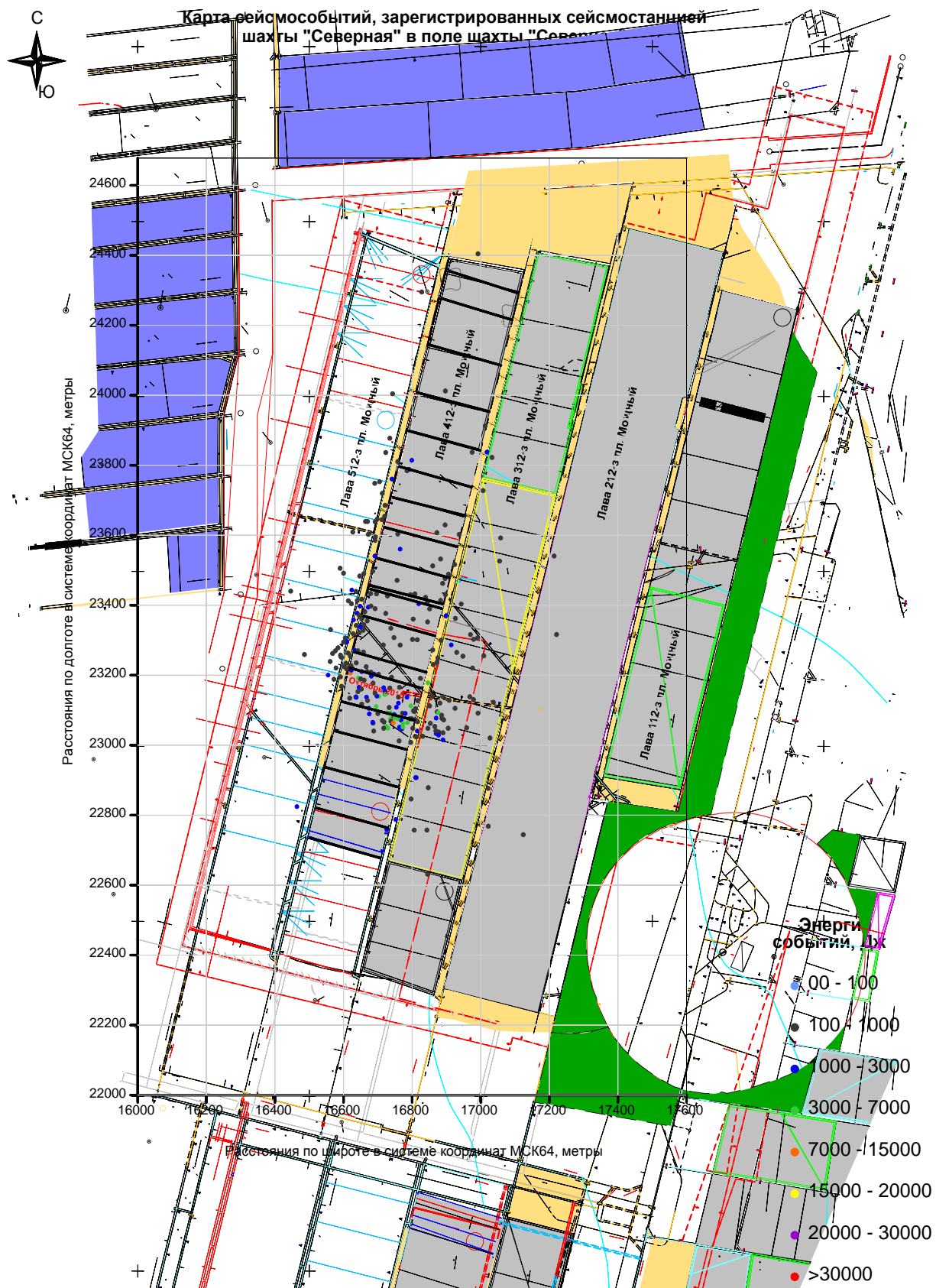


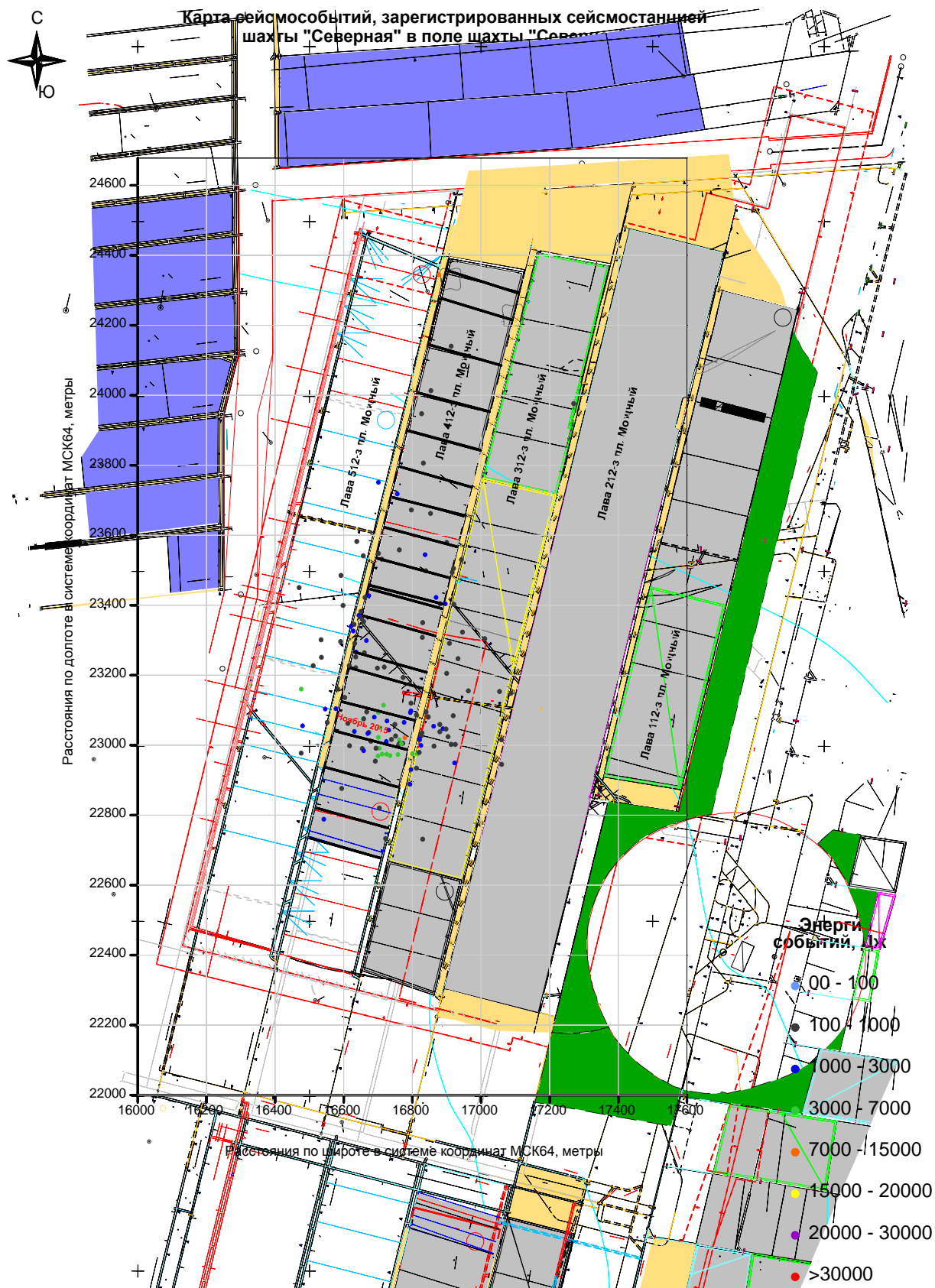
**Карта сейсмособытий, зарегистрированных сейсмостанцией  
шахты "Северная" в поле шахты "Северная" по  
пласту Мощному.**

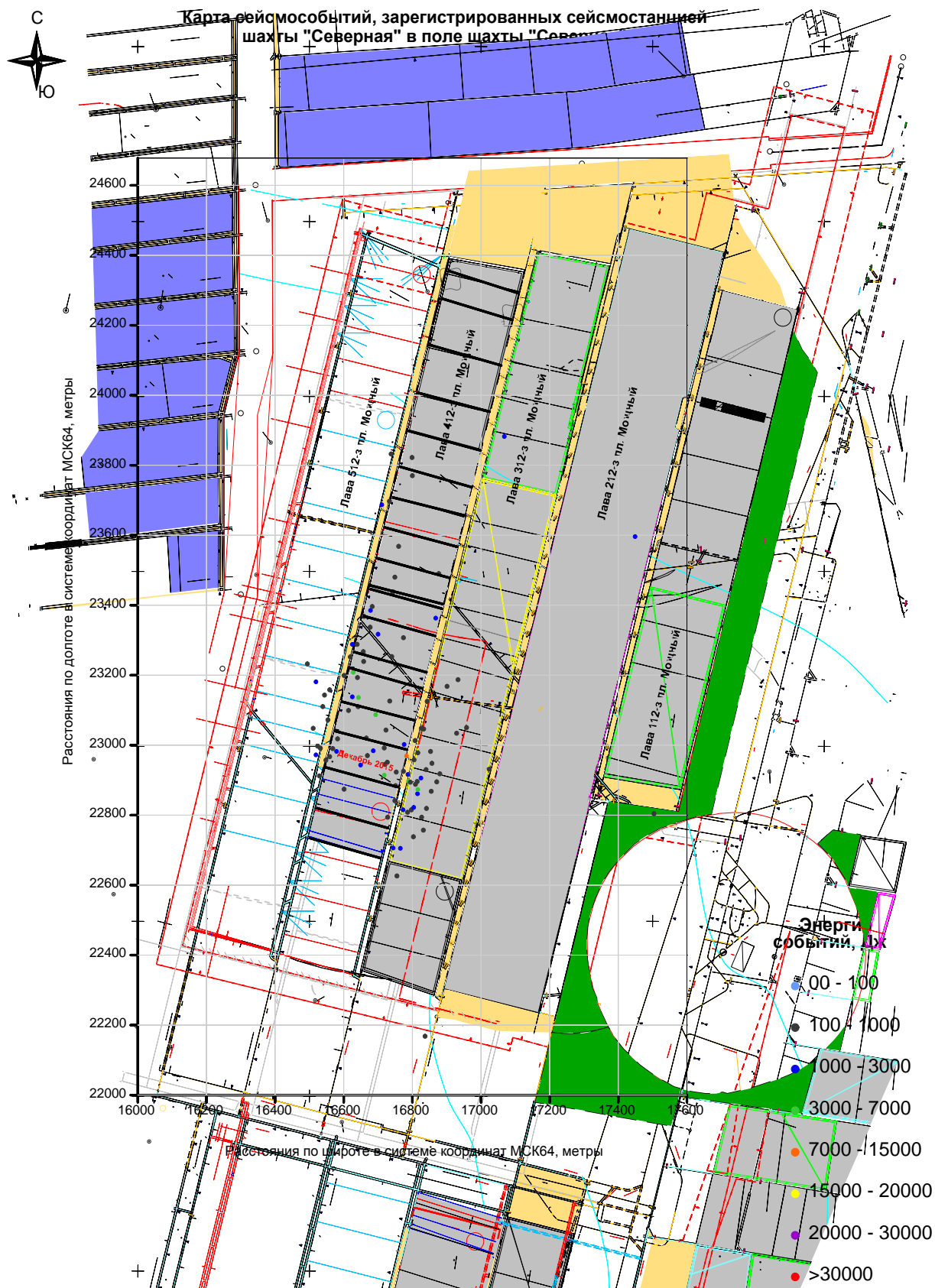
за период 01.09.2015 - 30.09.2015

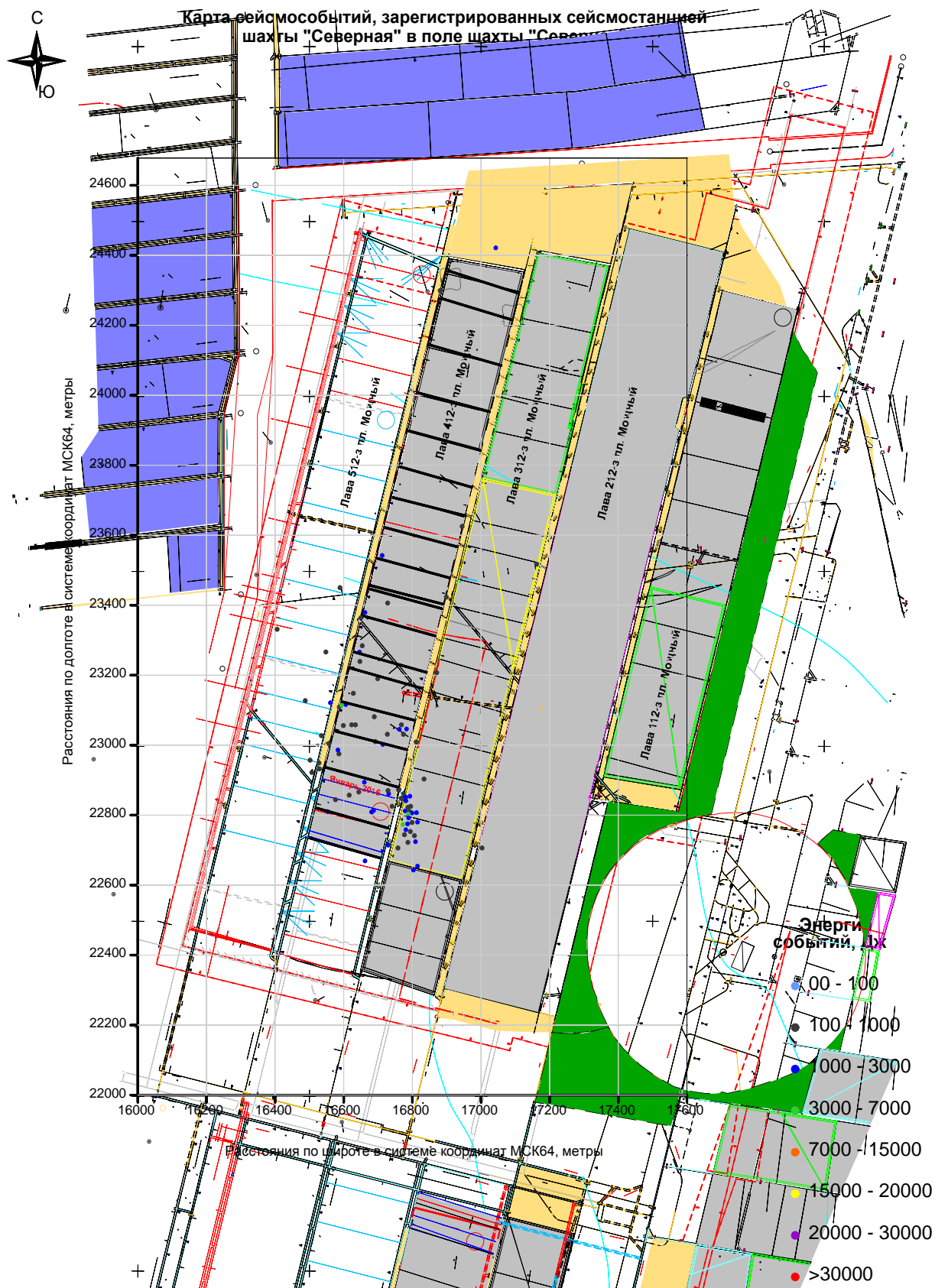




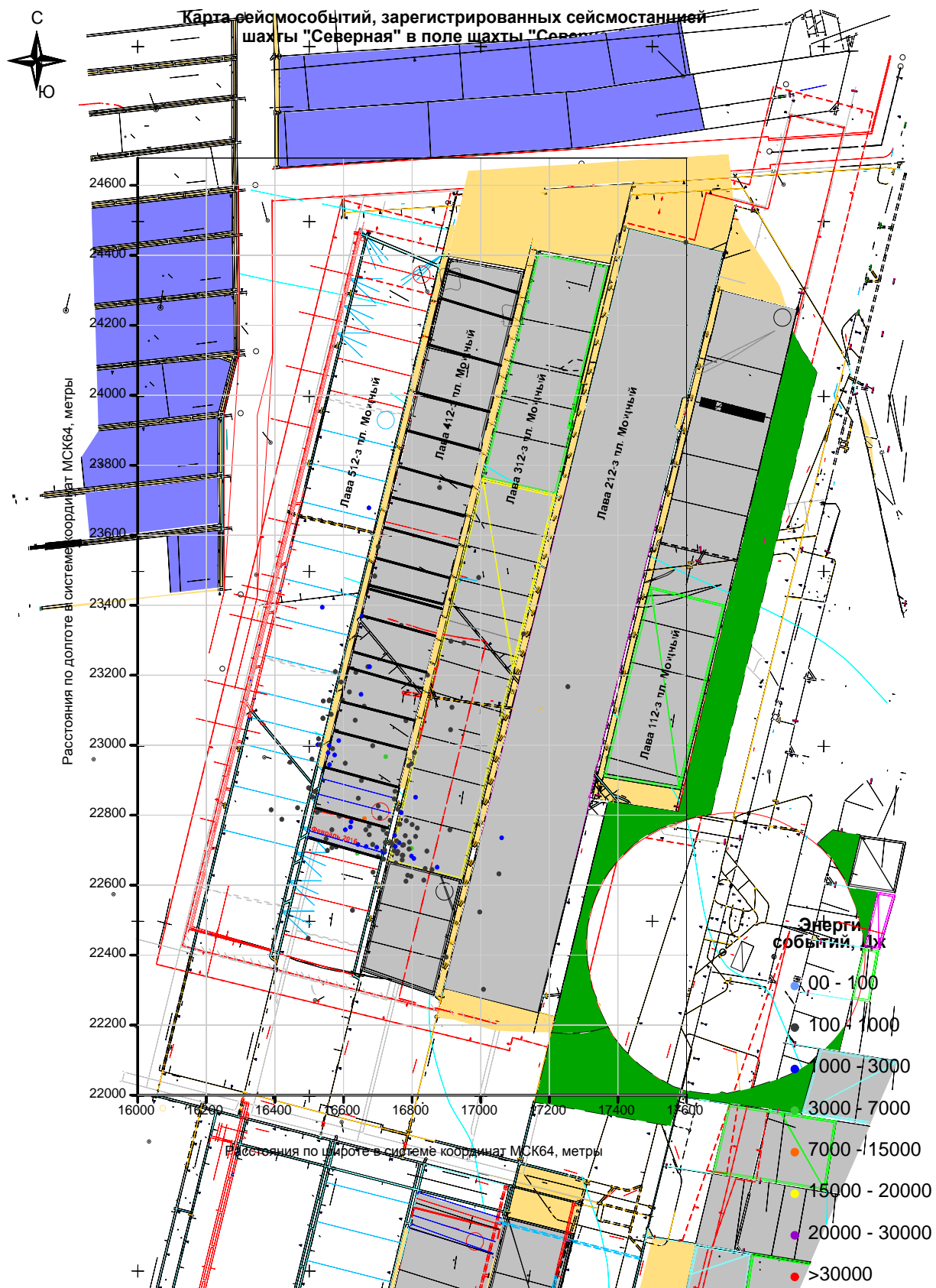


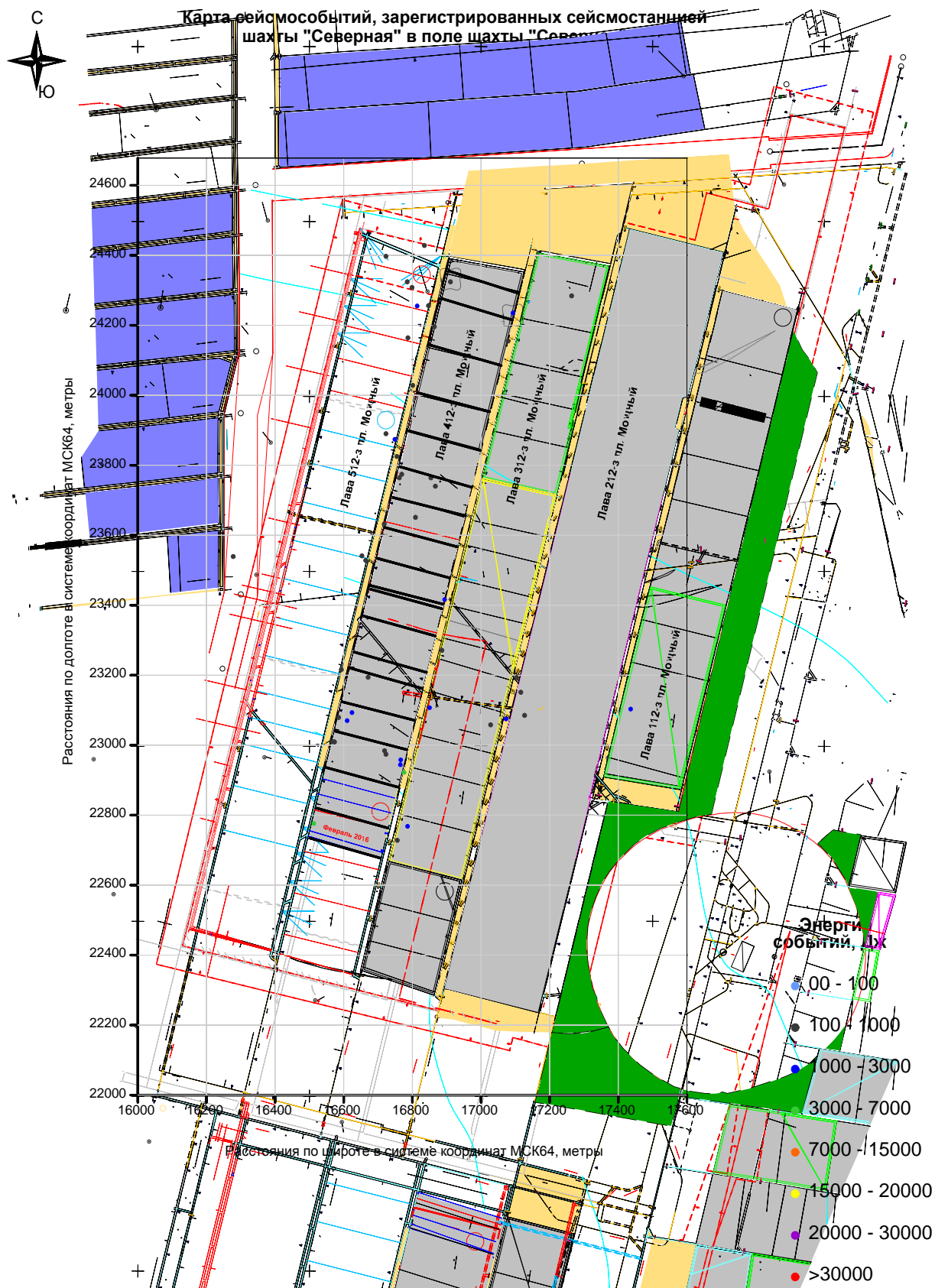












**Показания сейсмостанций шахт «Северная» и «Комсомольская»**

## Сейсмостанция шахты «Северной»

| Дата, время         | Координаты |       |      | Энергия, Дж<br>(по<br>уменьшению) |
|---------------------|------------|-------|------|-----------------------------------|
|                     | X          | Y     | Z    |                                   |
| 23.08.2015 1:24:50  | 23220      | 16821 | -728 | 27696                             |
| 24.01.2015 17:37:49 | 23840      | 16876 | -701 | 18929                             |
| 21.02.2015 15:31:57 | 23658      | 16788 | -711 | 17806                             |
| 16.07.2015 18:03:18 | 23376      | 16812 | -724 | 13113                             |
| 27.02.2015 12:37:00 | 23579      | 16939 | -711 | 12632                             |
| 03.02.2016 21:37:05 | 22790      | 16661 | -756 | 9963                              |
| 26.02.2015 15:31:48 | 23611      | 16931 | -708 | 9782                              |
| 30.03.2015 17:00:12 | 23617      | 16812 | -714 | 9705                              |
| 26.02.2015 4:36:41  | 23637      | 16885 | -708 | 9700                              |
| 17.02.2015 3:17:23  | 23902      | 16827 | -702 | 9691                              |
| 05.05.2015 15:47:13 | 23456      | 16810 | -720 | 9552                              |
| 08.04.2015 3:54:27  | 23552      | 16824 | -710 | 9550                              |
| 02.08.2015 23:37:53 | 23282      | 16837 | -725 | 9439                              |
| 28.10.2015 3:48:42  | 23063      | 16745 | -739 | 9296                              |
| 16.04.2015 16:46:31 | 23588      | 16688 | -715 | 9212                              |
| 12.02.2015 5:42:14  | 23844      | 16875 | -708 | 9148                              |
| 09.12.2015 7:10:40  | 22969      | 16783 | -741 | 9118                              |
| 05.12.2014 10:26:27 | 23830      | 16928 | -695 | 9091                              |
| 07.03.2015 3:53:56  | 23647      | 16909 | -705 | 8971                              |
| 25.01.2015 14:27:45 | 23843      | 16886 | -701 | 8911                              |
| 06.11.2015 18:21:06 | 23021      | 16778 | -739 | 8865                              |
| 20.03.2015 12:23:18 | 23499      | 16937 | -714 | 8549                              |
| 07.02.2015 11:50:36 | 23855      | 16887 | -703 | 8347                              |
| 01.11.2015 1:36:02  | 24344      | 16877 | -662 | 8308                              |
| 09.04.2015 17:30:00 | 23544      | 16845 | -713 | 8011                              |
| 06.03.2015 6:07:50  | 23683      | 16920 | -705 | 7956                              |
| 12.08.2015 21:52:50 | 23267      | 16804 | -724 | 7921                              |
| 03.04.2015 4:33:45  | 23522      | 16893 | -716 | 7881                              |
| 09.01.2015 6:21:20  | 23802      | 16895 | -691 | 7783                              |

## Сейсмостанция шахты «Комсомольской»

| Дата, время         | Координаты |       |      | Энергия, Дж |
|---------------------|------------|-------|------|-------------|
|                     | X          | Y     | Z    |             |
| 23.08.2015 1:24:45  | 23060      | 16152 | -856 | 26754       |
| 24.01.2015 17:37:48 | 22459      | 16094 | -808 | 16769       |
| 21.02.2015 15:31:56 | 22453      | 15595 | -853 | 12004       |
| 16.07.2015 18:03:18 | 22398      | 15802 | -847 | 9506        |
| 27.02.2015 12:36:58 | 23007      | 15978 | -856 | 8929        |
| 03.02.2016 21:37:04 | 22721      | 16650 | -735 | 8935        |
| не зарегистрировано |            |       |      |             |
| 30.03.2015 17:00:08 | 21042      | 14342 | -834 | 8342        |
| 26.02.2015 4:36:39  | 21353      | 14814 | -733 | 3401        |
| 17.02.2015 3:17:22  | 23219      | 16764 | -724 | 5219        |
| 05.05.2015 15:47:11 | 21992      | 15674 | -725 | 6042        |
| 08.04.2015 3:54:27  | 23006      | 16274 | -874 | 4773        |
| 02.08.2015 23:37:52 | 23367      | 16349 | -846 | 11316       |
| 02.08.2015 23:37:52 | 23373      | 17330 | -732 | 11266       |
| 28.10.2015 3:48:41  | 22664      | 16493 | -749 | 7626        |
| не зарегистрировано |            |       |      |             |
| 12.02.2015 5:42:14  | 22141      | 15865 | -808 | 11277       |
| не зарегистрировано |            |       |      |             |
| 05.12.2014 10:26:28 | 22364      | 15507 | -876 | 5145        |
| не зарегистрировано |            |       |      |             |
| 25.01.2015 14:27:45 | 23604      | 16631 | -703 | 6341        |
| не зарегистрировано |            |       |      |             |
| не зарегистрировано |            |       |      |             |
| не зарегистрировано |            |       |      |             |
| не зарегистрировано |            |       |      |             |
| не зарегистрировано |            |       |      |             |
| не зарегистрировано |            |       |      |             |
| 09.01.2015 6:21:20  | 19945      | 14233 | -749 | 6902        |

|                     |       |       |      |      |
|---------------------|-------|-------|------|------|
| 09.03.2015 17:29:08 | 23624 | 16760 | -707 | 7678 |
| 10.12.2014 4:19:56  | 23775 | 16856 | -706 | 7550 |
| 05.01.2015 4:19:07  | 23830 | 16921 | -692 | 7542 |
| 28.11.2014 20:28:33 | 23962 | 16969 | -686 | 7477 |
| 03.12.2014 15:33:52 | 23822 | 16942 | -707 | 7470 |
| 15.03.2015 11:27:15 | 23546 | 16921 | -709 | 7412 |
| 30.04.2015 6:44:50  | 23454 | 16724 | -716 | 7297 |
| 13.11.2014 8:44:54  | 24310 | 17153 | -661 | 7268 |
| 22.12.2014 4:53:39  | 23788 | 16930 | -699 | 7256 |
| 19.01.2015 4:55:29  | 23850 | 16874 | -700 | 7123 |
| 08.10.2015 6:58:51  | 23206 | 16620 | -733 | 7081 |
| 01.12.2014 22:50:00 | 23908 | 16914 | -692 | 6981 |
| 07.03.2015 22:53:57 | 23594 | 16874 | -711 | 6967 |
| 02.12.2014 17:02:58 | 23945 | 16936 | -686 | 6867 |
| 26.08.2014 23:03:43 | 24379 | 16903 | -660 | 6833 |
| 06.09.2015 20:30:48 | 23132 | 16742 | -733 | 6649 |
| 18.08.2015 0:26:28  | 23209 | 16832 | -732 | 6627 |
| 03.01.2015 0:56:36  | 24277 | 17108 | -665 | 6620 |
| 11.12.2014 2:20:41  | 23822 | 16967 | -694 | 6543 |
| 30.09.2015 6:03:15  | 23075 | 16829 | -737 | 6419 |
| 13.08.2015 2:52:12  | 23308 | 16745 | -726 | 6384 |
| 05.11.2015 4:56:37  | 23015 | 16762 | -738 | 6382 |
| 08.12.2014 23:17:46 | 23938 | 16876 | -695 | 6346 |
| 31.12.2014 15:14:25 | 23824 | 16919 | -697 | 6219 |
| 19.03.2015 16:58:37 | 23541 | 16884 | -712 | 6177 |
| 26.11.2014 0:56:28  | 24007 | 16926 | -685 | 6125 |
| 15.10.2015 20:21:07 | 23075 | 16758 | -740 | 6122 |
| 24.10.2015 22:22:02 | 23075 | 16737 | -738 | 6013 |
| 08.08.2015 22:53:14 | 23277 | 16866 | -725 | 5992 |
| 26.02.2015 15:37:51 | 23668 | 16821 | -709 | 5976 |
| 21.03.2015 14:42:26 | 23546 | 16894 | -713 | 5907 |
| 07.02.2015 11:50:40 | 23863 | 16899 | -703 | 5825 |
| 18.08.2015 0:45:19  | 23289 | 16778 | -728 | 5791 |
| 17.12.2014 2:52:06  | 23875 | 16924 | -695 | 5639 |
| 13.01.2015 5:49:09  | 23804 | 16919 | -700 | 5612 |
| 29.10.2015 23:34:15 | 23051 | 16773 | -735 | 5570 |

|                     |       |       |      |      |
|---------------------|-------|-------|------|------|
| не зарегистрировано |       |       |      |      |
| не зарегистрировано |       |       |      |      |
| 05.01.2015 4:19:07  | 20396 | 14776 | -905 | 9509 |
| 28.11.2014 20:28:33 | 22105 | 15790 | -700 | 7970 |
| 03.12.2014 15:33:50 | 23316 | 16318 | -708 | 7089 |
| не зарегистрировано |       |       |      |      |
| не зарегистрировано |       |       |      |      |
| не зарегистрировано |       |       |      |      |
| 22.12.2014 4:53:41  | 21904 | 15429 | -735 | 423  |
| не зарегистрировано |       |       |      |      |
| не зарегистрировано |       |       |      |      |
| 01.12.2014 22:50:01 | 20480 | 14410 | -836 | 4928 |
| не зарегистрировано |       |       |      |      |
| 02.12.2014 17:02:57 | 22200 | 15478 | -797 | 7782 |
| не зарегистрировано |       |       |      |      |
| 06.09.2015 20:30:47 | 22443 | 16544 | -840 | 9127 |
| 18.08.2015 0:26:27  | 21508 | 14868 | -848 | 8149 |
| не зарегистрировано |       |       |      |      |
| 11.12.2014 2:20:36  | 21692 | 14602 | -832 | 8955 |
| не зарегистрировано |       |       |      |      |
| не зарегистрировано |       |       |      |      |
| не зарегистрировано |       |       |      |      |
| 08.12.2014 23:17:47 | 22811 | 16049 | -849 | 6213 |
| не зарегистрировано |       |       |      |      |
| не зарегистрировано |       |       |      |      |
| не зарегистрировано |       |       |      |      |
| не зарегистрировано |       |       |      |      |
| не зарегистрировано |       |       |      |      |
| 08.08.2015 22:53:13 | 22526 | 16092 | -800 | 8535 |
| не зарегистрировано |       |       |      |      |
| не зарегистрировано |       |       |      |      |
| не зарегистрировано |       |       |      |      |
| не зарегистрировано |       |       |      |      |
| 17.12.2014 2:52:07  | 23591 | 16646 | -810 | 7858 |
| 13.01.2015 5:49:07  | 23700 | 16784 | -790 | 7291 |
| 29.10.2015 23:34:15 | 22676 | 15740 | -866 | 7896 |

|                     |       |       |      |      |
|---------------------|-------|-------|------|------|
| 01.11.2014 21:29:00 | 24105 | 16929 | -675 | 5558 |
| 06.04.2015 18:04:26 | 23516 | 16836 | -713 | 5451 |
| 19.12.2014 14:22:53 | 23774 | 16943 | -697 | 5268 |
| 09.04.2015 17:48:06 | 23541 | 16838 | -711 | 5256 |
| 07.09.2015 16:07:15 | 23212 | 16732 | -735 | 5255 |
| 16.12.2014 6:23:21  | 23844 | 16957 | -696 | 5240 |
| 25.12.2014 3:26:48  | 23810 | 16957 | -693 | 5172 |
| 30.01.2015 3:56:47  | 23827 | 16851 | -705 | 5091 |
| 10.09.2014 15:23:38 | 22875 | 16740 | -738 | 5048 |
| 18.10.2014 17:43:59 | 24142 | 16926 | -675 | 4968 |
| 21.02.2015 14:02:01 | 23625 | 16961 | -702 | 4961 |
| 13.12.2014 8:20:15  | 23867 | 16928 | -695 | 4942 |
| 10.02.2015 18:26:11 | 23787 | 16845 | -719 | 4936 |
| 27.01.2015 16:12:01 | 23797 | 16834 | -700 | 4935 |
| 26.11.2014 10:39:34 | 23882 | 17113 | -679 | 4932 |
| 19.02.2015 3:15:43  | 24289 | 16881 | -660 | 4914 |
| 26.01.2016 16:39:24 | 23114 | 16594 | -749 | 4912 |
| 26.01.2015 12:24:14 | 23758 | 16939 | -703 | 4910 |
| 12.05.2015 18:59:20 | 23436 | 16809 | -718 | 4910 |
| 21.08.2014 17:46:49 | 24408 | 16947 | -659 | 4902 |
| 24.02.2015 14:00:33 | 23653 | 16851 | -706 | 4892 |
| 31.01.2015 6:06:12  | 23801 | 16819 | -703 | 4886 |
| 08.10.2015 22:08:13 | 23139 | 16703 | -735 | 4886 |
| 15.09.2015 18:33:26 | 23194 | 16727 | -733 | 4885 |
| 04.02.2015 11:47:20 | 23865 | 16901 | -703 | 4881 |
| 19.10.2015 8:47:54  | 23110 | 16695 | -736 | 4875 |
| 05.04.2015 13:21:43 | 23569 | 16776 | -714 | 4872 |
| 13.11.2014 6:21:34  | 24050 | 16930 | -676 | 4867 |
| 26.11.2014 0:54:14  | 23832 | 16923 | -684 | 4867 |
| 10.03.2015 16:42:30 | 23558 | 16986 | -710 | 4867 |
| 24.01.2016 17:35:08 | 22773 | 16772 | -750 | 4863 |
| 14.01.2015 23:37:26 | 23757 | 16956 | -699 | 4858 |
| 22.10.2015 17:23:37 | 23061 | 16773 | -736 | 4857 |
| 20.12.2014 9:08:27  | 23815 | 16947 | -700 | 4855 |
| 18.01.2015 5:49:23  | 23839 | 16807 | -699 | 4854 |
| 29.12.2014 14:56:02 | 23815 | 16936 | -701 | 4845 |

|                     |       |       |      |      |
|---------------------|-------|-------|------|------|
| 01.11.2014 21:28:59 | 21242 | 14448 | -853 | 4924 |
| не зарегистрировано |       |       |      |      |
| 19.12.2014 14:22:51 | 23003 | 16025 | -852 | 8011 |
| не зарегистрировано |       |       |      |      |
| 07.09.2015 16:07:14 | 22659 | 15726 | -815 | 6233 |
| 16.12.2014 6:23:21  | 22918 | 16080 | -794 | 6067 |
| 25.12.2014 3:26:45  | 23085 | 16278 | -803 | 6949 |
| 30.01.2015 3:56:45  | 22193 | 15161 | -816 | 3799 |
| не зарегистрировано |       |       |      |      |
| 18.10.2014 17:43:58 | 21814 | 14910 | -837 | 8675 |
| 21.02.2015 14:01:59 | 22189 | 14918 | -832 | 3622 |
| 13.12.2014 8:20:13  | 21609 | 14622 | -834 | 7418 |
| не зарегистрировано |       |       |      |      |
| не зарегистрировано |       |       |      |      |
| не зарегистрировано |       |       |      |      |
| не зарегистрировано |       |       |      |      |
| не зарегистрировано |       |       |      |      |
| не зарегистрировано |       |       |      |      |
| 12.05.2015 18:59:19 | 20619 | 14122 | -820 | 6915 |
| не зарегистрировано |       |       |      |      |
| не зарегистрировано |       |       |      |      |
| 31.01.2015 6:06:12  | 22455 | 16095 | -833 | 9639 |
| не зарегистрировано |       |       |      |      |
| не зарегистрировано |       |       |      |      |
| не зарегистрировано |       |       |      |      |
| не зарегистрировано |       |       |      |      |
| не зарегистрировано |       |       |      |      |
| 13.11.2014 6:21:33  | 22853 | 15885 | -854 | 6289 |
| не зарегистрировано |       |       |      |      |
| не зарегистрировано |       |       |      |      |
| не зарегистрировано |       |       |      |      |
| 14.01.2015 23:37:24 | 22535 | 15532 | -895 | 2841 |
| не зарегистрировано |       |       |      |      |
| не зарегистрировано |       |       |      |      |
| не зарегистрировано |       |       |      |      |
| 29.12.2014 14:56:01 | 21786 | 14821 | -842 | 9289 |

|                     |       |       |      |      |
|---------------------|-------|-------|------|------|
| 12.12.2014 5:42:24  | 23815 | 16953 | -696 | 4844 |
| 20.05.2015 12:37:37 | 23499 | 16666 | -717 | 4835 |
| 03.11.2015 3:30:21  | 22991 | 16704 | -742 | 4829 |
| 18.02.2015 14:12:39 | 23904 | 16824 | -704 | 4827 |
| 10.08.2015 15:46:54 | 23257 | 16646 | -729 | 4821 |
| 22.07.2015 23:48:45 | 23319 | 16825 | -725 | 4813 |
| 14.03.2015 17:04:51 | 23621 | 16884 | -704 | 4810 |
| 09.10.2014 13:22:12 | 22629 | 16662 | -733 | 4808 |
| 18.05.2015 15:38:41 | 23371 | 16906 | -726 | 4804 |
| 03.02.2015 2:49:00  | 23759 | 16930 | -707 | 4795 |
| 20.01.2015 5:50:12  | 23772 | 16940 | -702 | 4793 |
| 15.11.2014 15:50:45 | 23873 | 17043 | -675 | 4792 |
| 14.10.2015 17:20:32 | 23092 | 16728 | -736 | 4784 |
| 12.12.2014 19:51:01 | 23856 | 17002 | -692 | 4783 |
| 25.07.2015 4:31:33  | 23402 | 16638 | -727 | 4774 |
| 10.09.2015 11:35:38 | 23666 | 16962 | -721 | 4772 |
| 28.08.2014 21:32:47 | 24342 | 16909 | -663 | 4767 |
| 02.04.2015 5:35:05  | 23515 | 16895 | -714 | 4763 |
| 01.11.2015 21:15:43 | 23050 | 16704 | -741 | 4753 |
| 17.02.2015 15:27:43 | 23947 | 16818 | -708 | 4735 |
| 10.02.2016 16:10:54 | 22691 | 16640 | -755 | 4734 |
| 05.01.2015 15:05:05 | 23861 | 16894 | -702 | 4728 |
| 04.08.2015 13:22:14 | 23103 | 16767 | -728 | 4726 |
| 12.03.2015 1:19:04  | 23729 | 16781 | -707 | 4720 |
| 08.01.2015 19:15:02 | 23843 | 16842 | -710 | 4715 |
| 25.09.2014 14:05:33 | 24034 | 17049 | -674 | 4712 |
| 28.04.2015 14:07:32 | 23765 | 16755 | -715 | 4698 |
| 18.01.2015 9:49:16  | 23709 | 16976 | -701 | 4691 |
| 22.01.2015 16:12:37 | 23812 | 16871 | -704 | 4691 |
| 07.11.2015 21:47:38 | 23022 | 16701 | -736 | 4672 |
| 10.01.2015 7:45:28  | 23807 | 16918 | -702 | 4661 |
| 08.05.2015 19:34:49 | 23459 | 16769 | -719 | 4650 |
| 20.11.2015 1:50:54  | 22973 | 16758 | -740 | 4648 |
| 16.03.2015 9:16:53  | 23642 | 16838 | -710 | 4644 |
| 14.03.2015 16:56:02 | 23725 | 16716 | -713 | 4639 |
| 10.04.2015 17:43:15 | 23496 | 16870 | -714 | 4635 |

|                     |       |       |      |      |
|---------------------|-------|-------|------|------|
| не зарегистрировано |       |       |      |      |
| не зарегистрировано |       |       |      |      |
| не зарегистрировано |       |       |      |      |
| не зарегистрировано |       |       |      |      |
| не зарегистрировано |       |       |      |      |
| 22.07.2015 23:48:44 | 21728 | 15390 | -835 | 8004 |
| не зарегистрировано |       |       |      |      |
| не зарегистрировано |       |       |      |      |
| не зарегистрировано |       |       |      |      |
| 03.02.2015 2:48:58  | 23208 | 16263 | -794 | 9550 |
| 20.01.2015 5:50:09  | 22853 | 16275 | -741 | 8435 |
| 15.11.2014 15:50:44 | 21906 | 14731 | -859 | 8746 |
| не зарегистрировано |       |       |      |      |
| 12.12.2014 19:51:00 | 21251 | 14559 | -803 | 4818 |
| 25.07.2015 4:31:29  | 21058 | 14394 | -843 | 6441 |
| 10.09.2015 11:35:34 | 22674 | 15906 | -898 | 6330 |
| не зарегистрировано |       |       |      |      |
| 02.04.2015 5:35:05  | 21373 | 14546 | -834 | 4399 |
| 01.11.2015 21:15:44 | 19880 | 14164 | -835 | 5613 |
| не зарегистрировано |       |       |      |      |
| не зарегистрировано |       |       |      |      |
| не зарегистрировано |       |       |      |      |
| не зарегистрировано |       |       |      |      |
| не зарегистрировано |       |       |      |      |
| 08.01.2015 19:15:03 | 23157 | 13862 | -840 | 2862 |
| не зарегистрировано |       |       |      |      |
| не зарегистрировано |       |       |      |      |
| не зарегистрировано |       |       |      |      |
| 22.01.2015 16:12:38 | 21526 | 15059 | -953 | 5386 |
| не зарегистрировано |       |       |      |      |
| не зарегистрировано |       |       |      |      |
| 08.05.2015 19:34:44 | 21333 | 14934 | -718 | 8746 |
| 20.11.2015 1:50:53  | 22100 | 16095 | -738 | 4213 |
| не зарегистрировано |       |       |      |      |
| не зарегистрировано |       |       |      |      |
| не зарегистрировано |       |       |      |      |

|                     |       |       |      |      |
|---------------------|-------|-------|------|------|
| 17.11.2014 5:54:24  | 24135 | 16984 | -687 | 4633 |
| 19.02.2015 10:30:49 | 23672 | 16957 | -707 | 4623 |
| 04.10.2015 14:21:45 | 23178 | 16846 | -735 | 4617 |
| 30.06.2015 8:23:39  | 23421 | 16783 | -727 | 4588 |
| 14.11.2015 5:31:31  | 22969 | 16700 | -740 | 4577 |
| 04.02.2015 2:42:48  | 24089 | 17186 | -704 | 4574 |
| 12.09.2015 21:15:16 | 23252 | 16755 | -734 | 4574 |
| 26.10.2015 18:49:52 | 23048 | 16729 | -737 | 4567 |
| 23.12.2014 19:17:24 | 23801 | 16954 | -698 | 4566 |
| 03.03.2015 15:46:42 | 23618 | 16823 | -707 | 4556 |
| 28.03.2015 4:01:35  | 23589 | 16882 | -712 | 4550 |
| 14.02.2015 3:30:56  | 23716 | 16941 | -708 | 4548 |
| 23.12.2014 4:27:35  | 23879 | 16880 | -699 | 4545 |
| 21.08.2015 3:01:27  | 23248 | 16750 | -730 | 4540 |
| 12.04.2015 6:31:58  | 23492 | 16829 | -714 | 4536 |
| 16.11.2015 22:30:05 | 22975 | 16815 | -738 | 4528 |
| 16.02.2015 2:21:07  | 23780 | 16807 | -702 | 4520 |
| 14.12.2014 8:21:04  | 23825 | 17024 | -698 | 4507 |
| 02.02.2015 2:29:49  | 23881 | 16843 | -704 | 4506 |
| 12.03.2015 22:44:38 | 23705 | 16858 | -710 | 4505 |
| 11.11.2014 12:01:56 | 23943 | 17046 | -689 | 4503 |
| 22.08.2015 22:41:57 | 23221 | 16865 | -729 | 4486 |
| 01.12.2014 1:21:53  | 23688 | 17029 | -706 | 4483 |
| 09.03.2015 16:42:43 | 23649 | 16890 | -705 | 4482 |
| 19.02.2015 17:55:03 | 23774 | 16838 | -702 | 4480 |
| 21.04.2015 5:53:16  | 23461 | 16934 | -713 | 4477 |
| 25.02.2015 5:05:28  | 23622 | 16943 | -703 | 4476 |
| 10.12.2014 4:19:06  | 23756 | 16877 | -695 | 4470 |
| 09.04.2015 1:44:41  | 23500 | 16908 | -715 | 4469 |
| 17.12.2015 12:31:52 | 22914 | 16718 | -748 | 4469 |
| 24.08.2014 14:06:31 | 24277 | 16971 | -657 | 4467 |
| 30.12.2014 18:26:35 | 23799 | 17004 | -697 | 4466 |
| 09.01.2015 6:03:27  | 23858 | 16858 | -701 | 4460 |
| 14.03.2015 4:00:33  | 23613 | 16938 | -707 | 4457 |
| 09.11.2015 5:47:15  | 22975 | 16800 | -738 | 4452 |
| 17.01.2015 5:07:55  | 23835 | 16901 | -702 | 4447 |

[illegible]



|                     |       |       |      |      |
|---------------------|-------|-------|------|------|
| 18.09.2014 3:16:59  | 24116 | 17006 | -668 | 4443 |
| 11.01.2015 6:41:17  | 23836 | 16929 | -701 | 4440 |
| 19.10.2015 22:07:36 | 23112 | 16796 | -737 | 4434 |
| 12.10.2015 23:31:06 | 23092 | 16736 | -735 | 4433 |
| 20.11.2015 17:18:32 | 23004 | 16768 | -739 | 4420 |
| 20.09.2014 4:25:10  | 24149 | 17135 | -662 | 4411 |
| 06.10.2014 9:18:26  | 23692 | 16961 | -705 | 4410 |
| 10.12.2014 10:15:49 | 23863 | 17006 | -692 | 4386 |
| 09.02.2015 8:49:31  | 23857 | 16845 | -707 | 4383 |
| 10.02.2015 3:42:12  | 23677 | 16920 | -705 | 4383 |
| 01.08.2015 14:54:10 | 23415 | 16871 | -723 | 4350 |
| 08.12.2014 20:01:55 | 23785 | 16991 | -696 | 4346 |
| 23.12.2014 0:33:06  | 23747 | 16928 | -697 | 4317 |
| 17.10.2014 22:39:38 | 23939 | 17098 | -675 | 4305 |
| 23.01.2015 16:43:35 | 23766 | 16917 | -702 | 4304 |
| 23.05.2015 12:33:39 | 23405 | 16798 | -720 | 4286 |
| 14.09.2015 10:31:20 | 23197 | 16706 | -732 | 4265 |
| 06.08.2015 0:12:22  | 23332 | 16845 | -726 | 4254 |
| 04.08.2015 15:11:52 | 23346 | 16780 | -726 | 4234 |
| 31.10.2015 16:15:23 | 23077 | 16750 | -738 | 4233 |
| 30.10.2014 4:59:52  | 24119 | 16833 | -672 | 4203 |
| 24.10.2015 3:46:30  | 23053 | 16725 | -737 | 4200 |
| 03.02.2015 14:44:22 | 23862 | 16876 | -713 | 4190 |
| 30.12.2014 13:59:31 | 23837 | 16936 | -698 | 4168 |
| 26.11.2014 16:03:30 | 23667 | 17047 | -688 | 4158 |
| 12.03.2015 12:51:36 | 24030 | 16509 | -759 | 4158 |
| 10.08.2015 1:54:19  | 23270 | 16741 | -727 | 4155 |
| 25.04.2015 8:05:50  | 23634 | 16669 | -718 | 4151 |
| 27.09.2015 5:06:47  | 23200 | 16653 | -732 | 4136 |
| 31.07.2015 16:48:15 | 23381 | 16794 | -723 | 4131 |
| 12.07.2015 23:07:20 | 23406 | 16899 | -722 | 4098 |
| 13.12.2014 9:25:10  | 23863 | 16966 | -694 | 4095 |
| 23.11.2015 3:33:13  | 22974 | 16725 | -746 | 4090 |
| 15.02.2015 13:38:48 | 23751 | 16741 | -701 | 4080 |
| 29.01.2015 2:32:15  | 23783 | 16874 | -703 | 4069 |
| 28.07.2015 6:51:25  | 23300 | 16854 | -725 | 4037 |

|                     |       |       |      |      |
|---------------------|-------|-------|------|------|
| не зарегистрировано |       |       |      |      |
| не зарегистрировано |       |       |      |      |
| не зарегистрировано |       |       |      |      |
| не зарегистрировано |       |       |      |      |
| 20.11.2015 17:18:28 | 21989 | 15493 | -743 | 4396 |
| не зарегистрировано |       |       |      |      |
| не зарегистрировано |       |       |      |      |
| не зарегистрировано |       |       |      |      |
| не зарегистрировано |       |       |      |      |
| 01.08.2015 14:54:09 | 23042 | 15507 | -802 | 5564 |
| не зарегистрировано |       |       |      |      |
| не зарегистрировано |       |       |      |      |
| не зарегистрировано |       |       |      |      |
| не зарегистрировано |       |       |      |      |
| не зарегистрировано |       |       |      |      |
| 06.08.2015 0:12:18  | 22254 | 15243 | -843 | 5741 |
| не зарегистрировано |       |       |      |      |
| 31.10.2015 16:15:24 | 20158 | 14533 | -895 | 4096 |
| 30.10.2014 4:59:51  | 23851 | 16861 | -789 | 3755 |
| не зарегистрировано |       |       |      |      |
| не зарегистрировано |       |       |      |      |
| 30.12.2014 13:59:30 | 22649 | 15253 | -856 | 7198 |
| не зарегистрировано |       |       |      |      |
| не зарегистрировано |       |       |      |      |
| 10.08.2015 1:54:21  | 20147 | 14267 | -834 | 7685 |
| не зарегистрировано |       |       |      |      |
| не зарегистрировано |       |       |      |      |
| 31.07.2015 16:48:11 | 21023 | 14130 | -833 | 8566 |
| не зарегистрировано |       |       |      |      |
| 13.12.2014 9:25:12  | 21526 | 14610 | -836 | 5839 |
| 23.11.2015 3:33:12  | 22862 | 16828 | -654 | 7392 |
| не зарегистрировано |       |       |      |      |
| 29.01.2015 2:32:13  | 22755 | 15535 | -850 | 5915 |
| 28.07.2015 6:51:25  | 21104 | 14773 | -822 | 6200 |

|                     |       |       |      |      |
|---------------------|-------|-------|------|------|
| 15.04.2015 16:41:01 | 23507 | 16873 | -714 | 4030 |
| 04.04.2015 6:10:37  | 23550 | 16834 | -712 | 4025 |
| 02.11.2014 0:50:25  | 24530 | 17437 | -728 | 4022 |
| 22.07.2015 16:44:23 | 23362 | 16754 | -727 | 4013 |
| 02.08.2015 18:02:44 | 23321 | 16772 | -724 | 4008 |
| 07.12.2014 8:17:03  | 23777 | 16978 | -695 | 4002 |
| 20.02.2015 17:13:23 | 23593 | 16993 | -700 | 3992 |
| 31.12.2014 4:31:22  | 23781 | 16907 | -698 | 3988 |
| 02.10.2015 15:36:58 | 23192 | 16643 | -735 | 3986 |
| 06.02.2015 14:43:24 | 23741 | 16948 | -698 | 3983 |
| 01.02.2015 2:48:09  | 23721 | 16939 | -704 | 3980 |
| 08.05.2015 16:14:24 | 23463 | 16685 | -716 | 3964 |
| 16.07.2015 21:27:54 | 23382 | 16729 | -728 | 3951 |
| 14.09.2014 9:02:51  | 24411 | 17022 | -662 | 3946 |
| 27.11.2014 7:58:53  | 23838 | 16996 | -682 | 3945 |
| 14.12.2014 23:34:15 | 23913 | 16926 | -692 | 3943 |
| 12.12.2015 4:48:18  | 22897 | 16789 | -742 | 3943 |
| 27.08.2014 22:30:12 | 24133 | 16981 | -662 | 3932 |
| 22.08.2014 5:59:47  | 24284 | 16958 | -662 | 3924 |
| 06.09.2014 15:08:09 | 24251 | 17123 | -659 | 3907 |
| 08.01.2015 10:12:51 | 23828 | 17009 | -695 | 3896 |
| 12.05.2015 7:24:50  | 23383 | 16951 | -724 | 3891 |
| 23.11.2014 3:28:39  | 24155 | 16961 | -688 | 3866 |
| 13.03.2015 15:32:39 | 23674 | 16749 | -712 | 3851 |
| 28.12.2014 18:11:42 | 23822 | 16922 | -699 | 3826 |
| 15.01.2015 17:33:59 | 23829 | 16992 | -702 | 3823 |
| 15.02.2015 23:37:01 | 23495 | 16923 | -701 | 3821 |
| 15.01.2015 15:25:54 | 23770 | 16926 | -700 | 3813 |
| 27.07.2015 18:28:46 | 23344 | 16727 | -727 | 3813 |
| 25.07.2015 0:51:26  | 23382 | 16771 | -727 | 3810 |
| 28.02.2016 1:22:25  | 22922 | 16776 | -747 | 3807 |
| 26.07.2015 0:37:50  | 23369 | 16679 | -727 | 3799 |
| 05.02.2015 5:02:13  | 23804 | 16860 | -704 | 3790 |
| 10.01.2015 18:49:06 | 23869 | 16901 | -700 | 3776 |
| 25.03.2015 17:55:31 | 23532 | 16949 | -714 | 3765 |
| 06.07.2015 22:02:19 | 23382 | 16890 | -724 | 3735 |

|                     |       |       |      |      |
|---------------------|-------|-------|------|------|
| не зарегистрировано |       |       |      |      |
| не зарегистрировано |       |       |      |      |
| не зарегистрировано |       |       |      |      |
| 22.07.2015 16:44:22 | 21550 | 14679 | -847 | 7321 |
| 02.08.2015 18:02:40 | 22381 | 15047 | -802 | 5665 |
| не зарегистрировано |       |       |      |      |
| не зарегистрировано |       |       |      |      |
| 31.12.2014 4:31:23  | 20990 | 14865 | -840 | 6700 |
| не зарегистрировано |       |       |      |      |
| не зарегистрировано |       |       |      |      |
| не зарегистрировано |       |       |      |      |
| не зарегистрировано |       |       |      |      |
| 16.07.2015 21:27:53 | 23107 | 16454 | -734 | 6335 |
| не зарегистрировано |       |       |      |      |
| не зарегистрировано |       |       |      |      |
| 14.12.2014 23:34:17 | 21523 | 14554 | -834 | 4480 |
| не зарегистрировано |       |       |      |      |
| не зарегистрировано |       |       |      |      |
| не зарегистрировано |       |       |      |      |
| не зарегистрировано |       |       |      |      |
| не зарегистрировано |       |       |      |      |
| 12.05.2015 7:24:47  | 23177 | 16298 | -804 | 6691 |
| не зарегистрировано |       |       |      |      |
| не зарегистрировано |       |       |      |      |
| 28.12.2014 18:11:41 | 21855 | 14967 | -830 | 6110 |
| не зарегистрировано |       |       |      |      |
| не зарегистрировано |       |       |      |      |
| не зарегистрировано |       |       |      |      |
| не зарегистрировано |       |       |      |      |
| не зарегистрировано |       |       |      |      |
| не зарегистрировано |       |       |      |      |
| 05.02.2015 5:02:11  | 21027 | 14311 | -834 | 9528 |
| не зарегистрировано |       |       |      |      |
| не зарегистрировано |       |       |      |      |
| не зарегистрировано |       |       |      |      |

|                     |       |       |      |      |
|---------------------|-------|-------|------|------|
| 18.04.2015 6:10:05  | 23518 | 16780 | -713 | 3734 |
| 31.05.2015 4:32:32  | 23441 | 16762 | -723 | 3734 |
| 06.09.2014 12:37:30 | 24304 | 17153 | -659 | 3726 |
| 21.10.2015 23:39:07 | 23064 | 16786 | -736 | 3718 |
| 21.01.2015 6:33:33  | 23777 | 16906 | -700 | 3706 |
| 18.03.2015 0:57:04  | 23607 | 16820 | -706 | 3706 |
| 10.12.2015 20:37:04 | 23208 | 16628 | -741 | 3706 |
| 23.03.2015 18:05:50 | 23597 | 16830 | -714 | 3704 |
| 19.11.2015 12:15:17 | 22970 | 16735 | -739 | 3686 |
| 02.10.2014 5:35:58  | 24124 | 17071 | -661 | 3682 |
| 03.01.2015 18:17:45 | 23839 | 16925 | -699 | 3664 |
| 12.01.2015 2:02:26  | 23776 | 16942 | -701 | 3649 |
| 23.08.2014 17:28:35 | 24280 | 17069 | -658 | 3648 |
| 24.12.2014 12:33:44 | 23793 | 16949 | -701 | 3635 |
| 13.02.2015 5:50:14  | 23806 | 16801 | -704 | 3635 |
| 29.07.2015 16:18:23 | 23375 | 16775 | -723 | 3600 |
| 24.10.2015 22:22:26 | 23093 | 16876 | -730 | 3587 |
| 11.12.2014 18:00:18 | 23842 | 16909 | -692 | 3568 |
| 13.11.2015 20:17:24 | 23093 | 16701 | -737 | 3561 |
| 22.01.2015 0:52:56  | 23720 | 16933 | -704 | 3559 |
| 16.01.2015 17:28:07 | 23812 | 16932 | -704 | 3557 |
| 05.10.2014 21:46:07 | 24176 | 17076 | -664 | 3542 |
| 01.02.2016 11:07:31 | 22705 | 16798 | -739 | 3542 |
| 07.01.2015 8:20:48  | 23768 | 17006 | -701 | 3540 |
| 25.03.2015 5:03:38  | 23545 | 16871 | -711 | 3506 |
| 07.02.2015 21:19:27 | 24029 | 17123 | -703 | 3490 |
| 17.04.2015 13:06:23 | 23688 | 16753 | -714 | 3478 |
| 18.10.2014 18:16:34 | 24145 | 17019 | -674 | 3473 |

|                     |       |       |      |      |
|---------------------|-------|-------|------|------|
| не зарегистрировано |       |       |      |      |
| не зарегистрировано |       |       |      |      |
| не зарегистрировано |       |       |      |      |
| не зарегистрировано |       |       |      |      |
| не зарегистрировано |       |       |      |      |
| не зарегистрировано |       |       |      |      |
| не зарегистрировано |       |       |      |      |
| не зарегистрировано |       |       |      |      |
| не зарегистрировано |       |       |      |      |
| не зарегистрировано |       |       |      |      |
| 03.01.2015 18:17:44 | 21666 | 15568 | -924 | 5578 |
| не зарегистрировано |       |       |      |      |
| не зарегистрировано |       |       |      |      |
| 24.12.2014 12:33:44 | 23078 | 16317 | -789 | 6356 |
| 13.02.2015 5:50:12  | 21909 | 15564 | -820 | 7728 |
| 29.07.2015 16:18:23 | 23104 | 16742 | -734 | 4812 |
| не зарегистрировано |       |       |      |      |
| не зарегистрировано |       |       |      |      |
| не зарегистрировано |       |       |      |      |
| не зарегистрировано |       |       |      |      |
| не зарегистрировано |       |       |      |      |
| 05.10.2014 21:46:07 | 21816 | 14751 | -836 | 6378 |
| не зарегистрировано |       |       |      |      |
| не зарегистрировано |       |       |      |      |
| не зарегистрировано |       |       |      |      |
| не зарегистрировано |       |       |      |      |
| не зарегистрировано |       |       |      |      |

**Случаи загазирования в КБ 42-з пласта «Мощный» согласно Журнала  
загазирования (начат 28.06.2014, окончен 15.02.2015)**

| Дата       | Место установки датчика          | Макс. концентрация CH <sub>4</sub> , % | Время загазирования |           | Вероятная причина                                    |
|------------|----------------------------------|--|---------------------|-----------|--|
|            |                                  |  | Начало              | Окончание |  |
| 1          | 2                                | 3                                      | 4                   | 5         | 6  |
| 14.11.2014 | КБ 42-з<br>ДМС забой             | 2,15                                   | 10-44               | 10-57     | Плановая остановка ВМП                               |
| 14.11.2014 | КБ 42-з<br>ДМС ТС                | 1,56                                   | 10-57               | 11-17     | Плановая остановка ВМП                               |
| 14.11.2014 | КБ 42-з ДМС<br>исходящая забоя   | 1,56                                   | 10-58               | 11-17     | Плановая остановка ВМП                               |
| 19.11.2014 | КБ 42-з ДМС<br>исходящая забоя   | 1,14                                   | 09-18               | 09-29     | Плановая остановка ВМП                               |
| 26.11.2014 | КБ 42-з<br>ДМС забой             | 2,80                                   | 10-40               | 10-58     | Плановая остановка ВМП                               |
| 26.11.2014 | КБ 42-з<br>АГЗ ТС                | 1,37                                   | 11-06               | 11-12     | Плановая остановка ВМП                               |
| 26.11.2014 | КБ 42-з ДМС<br>исходящая забоя   | 1,06                                   | 11-16               | 11-20     | Плановая остановка ВМП                               |
| 05.12.2014 | КБ 42-з<br>ДМС забой             | 2,90                                   | 09-23               | 10-17     | Плановая остановка ВМП (перенос СДСВ)                |
| 09.12.2014 | КБ 42-з<br>ДМС ТС-1301           | 1,33                                   | 11-40               | 11-59     | Не указано   |
| 09.12.2014 | КБ 42-з ДМС<br>исходящая забоя   | 1,13                                   | 11-56               | 12-06     | Не указано   |
| 14.12.2014 | КБ 42-з<br>ДМС забой             | 5,00                                   | 08-28               | 14-06     | Реверсия   |
| 14.12.2014 | КБ 42-з ДМС<br>слоевые скопления | 5,00                                   | 08-30               | 14-06     | Реверсия   |
| 14.12.2014 | КБ 42-з<br>ДМС ТС                | 1,14                                   | 08-50               | 08-55     | Реверсия   |
| 14.12.2014 | КБ 42-з<br>ДМС ТС                | 3,71                                   | 09-20               | 14-57     | Реверсия   |
| 15.12.2014 | КБ 42-з<br>ДМС ТС 1301           | 1,06                                   | 06-39               | 07-11     | Не указано   |
| 16.12.2014 | КБ 42-з<br>ДМС забой             | 5,00                                   | 10-26               | 10-53     | Плановая остановка ВМП, замена венттрубы, уплотнение |
| 16.12.2014 | КБ 42-з<br>ДМС забой             | 4,02                                   | 10-58               | 11-03     | Плановая остановка ВМП, замена                       |

|            |                                     |       |       |       |                              |
|------------|-------------------------------------|-------|-------|-------|------------------------------|
|            |                                     |       |       |       | венттрубы,<br>уплотнение     |
| 17.12.2014 | КБ 42-з<br>ДМС забой                | >5%   | 08-51 | 09-37 | Плановая<br>остановка<br>ВМП |
| 17.12.2014 | КБ 42-з<br>ДМС слоевые<br>скопления | 3,80% | 09-02 | 09-43 | Не указано                   |
| 17.12.2014 | КБ 42-з<br>ДМС ТС 1301              | 1,41% | 09-22 | 10-08 | Не указано                   |
| 17.12.2014 | КБ 42-з<br>ДМС исходящая<br>забоя   | 1,37% | 09-47 | 10-23 | Не указано                   |
| 18.12.2014 | КБ 42-з<br>ДМС ТС-1301              | 1,04% | 07-26 | 07-30 | Не указано                   |
| 18.12.2014 | КБ 42-з<br>ДМС ТС-1301              | 1,06% | 07-39 | 07-57 | Не указано                   |
| 21.12.2014 | КБ 42-з<br>ДМС ТС 1301              | 1,29% | 10-05 | 10-24 | Не указано                   |
| 21.12.2014 | КБ 42-з ДМС<br>слоевые скопления    | >5%   | 09-50 | 10-32 | Не указано                   |
| 21.12.2014 | КБ 42-з ДМС<br>исходящая забоя      | 1,54% | 10-47 | 11-22 | Не указано                   |
| 21.12.2014 | КБ 42-з ДМС<br>слоевые скопления    | 2,19% | 12-36 | 14-13 | Не указано                   |
| 22.12.2014 | КБ 42-з<br>ДМС забой                | 5%    | 12-03 | 12-51 | Не указано                   |
| 22.12.2014 | КБ 42-з ДМС<br>исходящая забоя      | 1,25% | 13-02 | 13-32 | Не указано                   |
| 22.12.2014 | КБ 42-з<br>ДМС ТС 1301              | 1,07% | 12-25 | 12-34 | Не указано                   |
| 23.12.2014 | КБ 42-з ДМС<br>слоевые скопления    | 2,37% | 04-57 | 05-43 | Не указано                   |
| 23.12.2014 | КБ 42-з<br>ДМС забой                | 5,00% | 11-19 | 12-25 | Плановая<br>остановка<br>ВМП |
| 23.12.2014 | КБ 42-з ДМС<br>слоевые скопления    | 5,00% | 10-45 | 12-26 | Плановая<br>остановка<br>ВМП |
| 23.12.2014 | КБ 42-з ДМС<br>исходящая забоя      | 1,94% | 11-57 | 13-19 | Плановая<br>остановка<br>ВМП |
| 25.12.2014 | КБ 42-з<br>ДМС забой                | 2,80% | 03-18 | 04-35 | Не указано                   |
| 25.12.2014 | КБ 42-з<br>ДМС забой                | 2,98% | 07-14 | 07-21 | Не указано                   |
| 25.12.2014 | КБ 42-з<br>ДМС забой                | 5,00% | 09-52 | 10-53 | Не указано                   |
| 25.12.2014 | КБ 42-з ДМС<br>слоевые скопления    | 3,00% | 10-08 | 10-23 | Не указано                   |

|            |                                  |       |       |       |  |
|------------|----------------------------------|-------|-------|-------|--|
| 27.12.2014 | КБ 42-з<br>ДМС забой             | 5,00% | 11-29 | 12-11 | Плановая<br>остановка<br>ВМП                 |
| 27.12.2014 | КБ 42-з ДМС<br>слоевые скопления | 3,08% | 11-35 | 12-20 | Плановая<br>остановка<br>ВМП                 |
| 27.12.2014 | КБ 42-з<br>ДМС ТС 1301           | 1,31% | 11-43 | 12-08 | Плановая<br>остановка<br>ВМП                 |
| 28.12.2014 | КБ 42-з ДМС<br>исходящая забоя   | 1,18% | 13-41 | 14-02 | Плановая<br>остановка<br>ВМП                 |
| 28.12.2014 | КБ 42-з<br>ДМС ТС 1301           | 1,66% | 11-33 | 13-15 | Плановая<br>остановка<br>ВМП                 |
| 29.12.2014 | КБ 42-з ДМС<br>исходящая забоя   | 1,64% | 15-33 | 15-40 | ДМС<br>неисправен                            |
| 05.01.2015 | КБ 42-з<br>ДМС забой             | 4,68% | 08-59 | 09-39 | Не указано                                   |
| 05.01.2015 | КБ 42-з<br>ДМС ТС 1301           | 1,76% | 09-19 | 10-17 | Не указано                                   |
| 05.01.2015 | КБ 42-з ДМС<br>исходящая забоя   | 1,99% | 10-07 | 10-23 | Не указано                                   |
| 13.01.2015 | КБ 42-з<br>ДМС забой             | 3,35% | 12-30 | 12-35 | Отключение<br>э/э по шахте                   |
| 13.01.2015 | КБ 42-з<br>ДМС ТС 1301           | 1,23% | 12-36 | 13-05 | Отключение<br>э/э по шахте                   |
| 20.01.2015 | КБ 42-з<br>ДМС забой             | 3,45% | 01-35 | 01-45 | Не указано                                   |
| 20.01.2015 | КБ 42-з<br>ДМС забой             | 3,00% | 11-18 | 11-43 | Плановая<br>замена ДМС                       |
| 23.01.2015 | КБ 42-з<br>ДМС АГЗ ТС            | 1,50% | 12-15 | 12-30 | Плановая<br>остановка<br>ВМП, перенос<br>ДМС |

**Случаи загазирования в лаве 412-з пласта «Мощный»**



| Дата       | Место                     | Мах.<br>концентрация<br>СН <sub>4</sub> , % | Время загазирования |           | Вероятная<br>причина         |
|------------|---------------------------|---|---------------------|-----------|------------------------------|
|            |                           |   | Начало              | Окончание |                              |
| 22.09.2014 | ДМС подсвеж.              | 0,52  | 03-14               | 03-15     | Не указано                   |
|            | ДМС подсвеж.              | 0,58  | 03-18               | 03-18     | Не указано                   |
| 25.09.2014 | ДМС поступающая<br>в лаву | 0,65  | 17-29               | 18-18     | Не указано                   |
| 26.09.2014 | ДМС поступающая<br>в лаву | 1,27  | 11-45               | 11-50     | Не указано                   |
|            | Тупик (верх)              | 4,30  | 11-45               | 12-00     | Не указано                   |
|            | Исходящая лавы            | 1,15  | 12-00               | 12-06     | Не указано                   |
| 27.09.2014 | Пост. на участок          | 0,68  | 00-04               | 00-07     | Неисправность<br>датчика ДМС |
|            | Пост. на участок          | 5,00  | 00-22               | 00-26     | Неисправность<br>датчика ДМС |
|            | Пост. на участок          | 5,00  | 00-30               | 00-39     | Неисправность<br>датчика ДМС |
|            | ДМС подств. участка       | 1,02  | 00-04               | 00-07     | Неисправность<br>датчика ДМС |
|            | ДМС подств.<br>Участка    | 5,00  | 00-22               | 00-25     | Неисправность<br>датчика ДМС |
|            | Подсвеж.                  | 5,00  | 00-30               | 00-39     | Неисправность<br>датчика ДМС |
| 28.09.2014 | ДМС пост. в лаву          | 0,72  | 08-34               | 10-13     | Реверсия                     |
|            | ДМС пост. на<br>участок   | 0,51  | 09-17               | 09-24     | Реверсия                     |
|            | ДМС пост. в лаву          | 0,55  | 10-54               | 11-45     | Реверсия                     |
|            | ДМС пост. в лаву          | 1,06  | 11-54               | 13-32     | Реверсия                     |
|            | ДМС пост. на<br>участок   | 0,78  | 12-03               | 13-03     | Реверсия                     |
|            | ДМС подсвеж.              | 0,69  | 12-08               | 13-29     | Реверсия                     |
|            | ДМС бур. станок           | 1,1   | 12-30               | 13-29     | Реверсия                     |
|            | ДМС исх. лавы             | 1,12  | 18-09               | 18-11     | Реверсия                     |
| 06.10.2014 | ДМС исходящая<br>лавы     | 1,07  | 02-12               | 02-13     | Не указано                   |
| 16.10.2014 | ДМС пост. на<br>участок   | 0,51  | 02-52               | 02-53     | Не указано                   |
|            | ДМС пост. на<br>участок   | 0,88  | 02-58               | 04-10     | Не указано                   |
| 28.10.2014 | ДМС подсвеж.              | 0,71  | 11-20               | 11-33     | Не указано                   |
| 14.11.2014 | ДМС подсвеж.              | 0,80  | 10-59               | 11-19     | Плановая остановка           |
| 14.12.2014 | ДМС пост. в лаву          | 1,18  | 12-28               | 13-29     | Реверсия                     |
|            | Исходящая лавы            | 1,16  | 12-52               | 13-16     | Реверсия                     |
|            | Исходящая участка         | 1,53  | 12-57               | 13-52     | Реверсия                     |
| 07.02.2015 | ДМС исх. Участка          | 1,09  | 05-29               | 05-33     | Не указано                   |
|            | ДМС исх. Участка          | 1,16  | 12-56               | 12-58     | Не указано                   |
|            | ДМС исх. Участка          | 1,16  | 13-00               | 13-03     | Не указано                   |
|            | ДМС исх. Участка          | 1,20  | 15-28               | 15-35     | Не указано                   |
|            | ДМС исх. Участка          | 1,10  | 16-01               | 16-06     | Не указано                   |
|            | ДМС исх. Участка          | 1,14  | 16-31               | 16-33     | Не указано                   |

|            |                             |      |       |       |  |
|------------|-----------------------------|------|-------|-------|--|
| 11.02.2015 | Исх. Участка                | 1,12 | 05-18 | 05-20 | Не указано   |
| 27.02.2015 | ДМС исх. лавы               | 1,33 | 22-13 | 22-45 | Не указано   |
| 28.02.2015 | ДМС исх. лавы               | 1,06 | 03-38 | 03-40 | Не указано   |
|            | ДМС тупик низ               | 3,49 | 03-33 | 03-43 | Не указано   |
|            | ДМС исх. участка            | 4,78 | 03-34 | 03-48 | Не указано   |
|            | Исх. участка                | 1,13 | 04-21 | 04-24 | Не указано   |
|            | Исх. лавы                   | 2,33 | 09-37 | 11-29 | Не указано   |
|            | ДМС исх. участка            | 4,14 | 11-20 | 11-31 | Не указано   |
|            | ДМС тупик (низ)             | 2,98 | 11-20 | 11-27 | Не указано   |
| 05.03.2015 | ДМС исх. лавы               | 1,47 | 10-30 | 10-55 | Порыв вен/трубы                                    |
|            | ДМС исх. участка            | 1,51 | 10-40 | 11-00 | Порыв вен/трубы                                    |
|            | ДМС исх. лавы               | 1,25 | 20-22 | 20-51 | Порыв вен/трубы                                    |
| 06.03.2015 | ДМС исх. лавы               | 1,49 | 12-42 | 14-29 | Не указано   |
|            | ДМС тупик (верх)            | 2,55 | 17-15 | 18-58 | Не указано   |
|            | ДМС исх. лавы               | 1,65 | 18-00 | 19-21 | Не указано   |
| 07.06.2015 | ДМС исх. участка (контроль) | 1,08 | 12-31 | 12-38 | Не указано   |
| 14.06.2015 | ДМС пост. в лаву            | 0,82 | 08-38 | 08-44 | Реверсия   |
|            | ДМС поступ. на участок      | 0,86 | 08-38 | 09-41 | Реверсия   |
|            | ДМС подсвеж.                | 0,86 | 08-38 | 08-46 | Реверсия   |
|            | ДМС пост. на участок        | 0,86 | 08-38 | 08-48 | Реверсия   |
|            | ДМС пост. на участок        | 0,74 | 08-53 | 09-38 | Реверсия   |
|            | ДМС подсвеж.                | 0,74 | 08-56 | 09-35 | Реверсия   |
|            | ДМС пост. на участок        | 0,55 | 12-46 | 13-04 | Реверсия   |
|            | ДМС подсвеж.                | 0,57 | 12-46 | 13-01 | Реверсия   |
|            | ДМС исх. участка            | 1,92 | 12-54 | 14-24 | Реверсия   |
| 16.06.2015 | ДМС исх. участка            | 1,35 | 10-02 | 10-23 | Не указано   |
| 30.06.2015 | ДМС исх. лавы               | 1,08 | 07-05 | 07-54 | Не указано   |
| 13.07.2015 | ДМС пост. в лаву            | 0,55 | 22-18 | 22-29 | Не указано   |
| 16.07.2015 | ДМС пост. в лаву            | 0,60 | 21-30 | 21-41 | Не указано   |
| 26.07.2015 | ДМС исх. лавы               | 1,23 | 20-24 | 20-30 | Не указано   |
|            | ДМС исх. лавы               | 1,04 | 23-43 | 23-47 | Не указано   |
| 27.07.2015 | ДМС исх. лавы               | 1,14 | 06-54 | 06-56 | Не указано   |
|            | ДМС исх. участка            | 1,64 | 11-45 | 11-51 | Не указано   |
|            | ДМС исх. участка            | 1,23 | 11-53 | 11-54 | Не указано   |
|            | ДМС исх. Участка            | 1,14 | 11-58 | 12-00 | Не указано   |
|            | ДМС исх. участка            | 1,37 | 12-08 | 12-18 | Не указано   |
|            | ДМС исх. лавы               | 1,30 | 22-04 | 22-10 | Не указано   |
| 28.07.2015 | ДМС исх. лавы               | 1,06 | 06-26 | 06-30 | Не указано   |
| 06.08.2015 | ДМС исходящая лавы          | 1,13 | 18-26 | 18-28 | Не указано   |
| 07.08.2015 | Исх. лавы                   | 1,17 | 16-02 | 16-03 | Обрушение пород кровли в выработанном пространстве |
| 13.08.2015 | ДМС исх. лавы               | 1,20 | 05-40 | 05-58 | Не указано   |

|            |                        |      |       |       |   |
|------------|------------------------|------|-------|-------|---|
| 14.08.2015 | Бур. станок            | 2,9  | 11-37 | 12-13 | Не указано  |
|            | ДМС пост. на участок   | 1,56 | 13-11 | 13-25 | Не указано  |
|            | ДМС бур. станок        | 2,9  | 12-26 | 12-33 | Не указано  |
|            | ДМС бур. станок        | >5   | 12-50 | 14-03 | Не указано  |
|            | ДМС исх. лавы          | 1,54 | 14-00 | 14-58 | Не указано  |
| 17.08.2015 | ДМС под свеж.          | 0,53 | 11-58 | 12-06 | Не указано  |
| 18.08.2015 | ДМС исх. лавы          | 1,06 | 23-49 | 23-52 | Не указано  |
| 19.08.2015 | ДМС исх. лавы          | 1,18 | 00-29 | 00-36 | Не указано  |
|            | ДМС бур. станок (верх) | 3,92 | 00-59 | 01-14 | Не указано  |
|            | ДМС исх. лавы          | 1,31 | 02-10 | 02-19 | Не указано  |
|            | ДМС исх. участка       | 1,18 | 02-15 | 02-23 | Не указано  |
|            | ДМС исх. лавы          | 1,51 | 02-25 | 02-32 | Не указано  |
|            | ДМС исх. участка       | 1,29 | 02-32 | 02-37 | Не указано  |
|            | ДМС исх. лавы          | 1,33 | 02-36 | 02-42 | Не указано  |
|            | ДМС исх. участка       | 1,12 | 02-43 | 02-49 | Не указано  |
|            | ДМС исх. лавы          | 1,45 | 03-26 | 03-45 | Не указано  |
|            | ДМС исх. участка       | 1,45 | 03-32 | 04-21 | Не указано  |
|            | ДМС исх. участка       | 1,12 | 04-35 | 04-42 | Не указано  |
|            | ДМС пост. на участок   | 5    | 09-10 | 11-20 | Увеличение метановыделения с выработанного пространства лавы через изолирующие перемычки и предохранительный целик на ВБ 42-з пл. «М», при переезде очистного забоя конв. сбойки пл. «М». |
|            | ДМС бур. станок        | 5    | 08-40 | 12-30 |   |
|            | ДМС пост. на участок   | 1,2  | 11-40 | 11-55 |   |
|            | ДМС исх. лавы          | 1,7  | 12-05 | 12-30 |   |
|            | ДМС исх. участка       | 1,6  | 12-10 | 12-50 |   |
|            | ДМС исх. лавы          | 1,2  | 13-25 | 14-02 |   |
|            | ДМС исх. участка       | 1,1  | 13-30 | 13-50 |   |
|            | ДМС исх. лавы          | 1,3  | 14-58 | 15-07 | Не указано  |
|            | ДМС исх. участка       | 1,2  | 15-04 | 15-11 | Не указано  |
|            | Бур. станок            | 5,0  | 16-40 | 17-10 | Не указано  |
|            | Пост. на участок       | 0,59 | 16-47 | 16-54 | Не указано  |
|            | Исх. участка           | 1,12 | 17-29 | 17-34 | Не указано  |
|            | Пост. на участок       | 1,04 | 17-43 | 17-57 | Не указано  |
|            | Бур. станок            | 5,0  | 17-42 | 18-00 | Не указано  |
|            | Исх. лавы              | 1,27 | 18-11 | 18-40 | Не указано  |
|            | ДМС исх. участка       | 1,2  | 18-30 | 18-40 | Не указано  |
|            | ДМС исх. лавы          | 1,1  | 19-16 | 19-19 | Не указано  |
| 20.08.2015 | ДМС пост. на участок   | 0,55 | 01-11 | 01-17 | Не указано  |
|            | ДМС пост. на участок   | 0,51 | 01-53 | 01-55 | Не указано  |
|            | ДМС пост. на участок   | 0,98 | 02-25 | 02-42 | Не указано  |
|            | ДМС бур. станок        | 2,92 | 20-51 | 21-20 | Не указано  |
|            | ДМС бур. станок        | >5   | 01-20 | 02-44 | Не указано  |
|            | ДМС бур. станок        | 4,98 | 03-10 | 05-05 | Не указано  |

|            |                        |      |       |       |   |
|------------|------------------------|------|-------|-------|---|
|            | ДМС исх. лавы          | 1,21 | 05-33 | 05-43 | Не указано  |
|            | ДМС исх. участка       | 1,06 | 05-44 | 05-47 | Не указано  |
|            | ДМС бур. станок        | 5,00 | 07-19 | 09-56 | Не указано  |
|            | Пост. на участок       | 0,72 | 08-19 | 08-31 | Не указано  |
|            | ДМС пост. на участок   | 0,51 | 08-51 | 08-52 | Не указано  |
|            | ДМС пост. на участок   | 0,78 | 09-47 | 09-55 | Не указано  |
| 21.08.2015 | ДМС пост. на участок   | 0,76 | 00-18 | 00-21 | Не указано  |
|            | ДМС исх. Лавы          | 1,08 | 17-28 | 17-33 | Не указано  |
|            | ДМС бур. станок (верх) | 5,0  | 18-45 | 19-59 | Не указано  |
|            | ДМС пост. на участок   | 0,88 | 20-32 | 20-35 | Не указано  |
|            | ДМС пост. на участок   | 0,55 | 20-48 | 20-52 | Не указано  |
|            | ДМС пост. на участок   | 0,60 | 21-01 | 21-01 | Не указано  |
|            | ДМС пост. на участок   | 1,08 | 21-40 | 21-46 | Не указано  |
|            | ДМС пост. на участок   | 0,94 | 22-42 | 22-45 | Не указано  |
|            | Исх. лавы              | 1,10 | 23-17 | 23-17 | Не указано  |
|            | Исх. лавы              | 1,10 | 23-26 | 23-32 | Не указано  |
|            | Исх. лавы              | 1,02 | 23-39 | 23-42 | Не указано  |
| 22.08.2015 | Исх. лавы              | 1,23 | 00-00 | 00-24 | Не указано  |
|            | Исх. лавы              | 1,21 | 00-29 | 00-45 | Не указано  |
|            | Исх. лавы              | 1,29 | 08-03 | 08-08 | Не указано  |
| 23.08.2015 | Исх. лавы              | 1,6  | 15-52 | 16-18 | Не указано  |
|            | Подсвеж.               | 0,59 | 18-00 | 18-10 | Не указано  |
|            | ДМС исх. лавы          | 1,19 | 21-51 | 22-07 | Не указано  |
| 24.08.2015 | ДМС пост. на участок   | 0,55 | 02-09 | 02-12 | Не указано  |
|            | ДМС пост. на участок   | 0,55 | 04-03 | 04-07 | Не указано  |
|            | ДМС пост. на участок   | 0,6  | 07-21 | 07-22 | Не указано  |
|            | ДМС подсвеж.           | 0,53 | 13-07 | 13-33 | Не указано  |
| 25.08.2015 | ДМС подсвеж.           | 0,66 | 01-00 | 02-43 | Не указано  |
|            | Бур. станок            | 5,0  | 07-18 | 09-40 | Не указано  |
|            | ДМС пост. на участок   | 1,57 | 07-50 | 08-21 | Не указано  |
|            | ДМС бур. станок        | 2,2  | 10-08 | 10-15 | Не указано  |
| 26.08.2015 | ДМС бур. станок        | 4,10 | 04-16 | 04-54 | Не указано  |
|            | Бур. станок            | 3,33 | 05-15 | 05-22 | Изменение направления в/струи по ВБ 42-з пл. «Мощный», повышенное метановыделение с |
|            | Бур. станок            | 5,00 | 05-33 | 11-08 |   |
|            | Пост. на участок       | 0,72 | 05-13 | 05-18 |   |
|            | Пост. на участок       | 0,65 | 05-19 | 05-21 |   |
|            | Пост. на участок       | 0,55 | 05-25 | 05-28 |   |
|            | Пост. на участок       | 2,06 | 05-30 | 06-40 |   |

|            |                      |      |       |       |  |
|------------|----------------------|------|-------|-------|--|
|            |                      |      |       |       | выработанного пространства на ВБ 42-з пл. «Мощный» по причине неисправности в/шлюза на квершлага 22-з на пл. «Пятый» |
|            | Пост. на участок     | 1,13 | 07-16 | 08-55 | Неисправность в/шлюза на квершлага 22-з на пл. «Пятый»   |
| 27.08.2015 | Подсвеж.             | 0,53 | 10-42 | 10-47 | Не указано   |
| 28.08.2015 | Подсвеж. участка     | 0,55 | 10-06 | 10-38 | Не указано   |
| 31.08.2015 | Пост. на участок     | 1,10 | 21-09 | 21-23 | Неисправность ДМС  |
| 01.09.2015 | ДМС исходящая лавы   | 1,25 | 20-05 | 20-21 | Не указано   |
|            | ДМС пост. на участок | 0,58 | 23-26 | 00-00 | Не указано   |
| 02.09.2015 | ДМС пост. на участок | 0,58 | 02-53 | 02-56 | Не указано   |
|            | ДМС пост. на участок | 0,58 | 15-55 | 15-59 | Не указано   |
|            | ДМС пост. на участок | 0,52 | 16-06 | 16-08 | Не указано   |
|            | ДМС пост. на участок | 0,52 | 17-08 | 17-09 | Не указано   |
|            | ДМС пост. на участок | 0,72 | 18-22 | 18-40 | Не указано   |
|            | ДМС пост. на участок | 0,54 | 23-23 | 23-25 | Не указано   |
| 03.09.2015 | ДМС пост. на участок | 0,66 | 03-14 | 03-24 | Не указано   |
|            | ДМС подсвеж.         | 0,51 | 03-25 | 03-29 | Не указано   |
|            | ДМС подсвеж. участка | 0,52 | 04-14 | 05-33 | Не указано   |
|            | ДМС пост. на участок | 0,53 | 05-31 | 05-35 | Не указано   |
| 08.09.2015 | ДМС тупик (верх)     | 3,41 | 19-43 | 20-15 | Не указано   |
|            | ДМС исх. лавы        | 2,20 | 19-46 | 20-34 | Не указано   |
|            | ДМС исх. участка     | 1,61 | 19-55 | 20-43 | Не указано   |
| 09.09.2015 | Исх. лавы            | 1,06 | 00-46 | 01-00 | Не указано   |
|            | Исх. лавы            | 1,06 | 02-28 | 03-11 | Не указано   |
|            | Исх. лавы            | 1,06 | 04-14 | 04-24 | Не указано   |
| 14.09.2015 | ДМС подсвеж. участка | 0,76 | 10-13 | 10-27 | Не указано   |
|            | ДМС исх. лавы        | 1,31 | 11-07 | 12-30 | Не указано   |
|            | ДМС исх. Лавы        | 1,06 | 15-48 | 16-56 | Не указано   |
| 17.09.2015 | ДМС подсвеж.         | 0,51 | 14-54 | 14-55 | Не указано   |
|            | ДМС подсвеж.         | 0,51 | 14-58 | 14-59 | Не указано   |

|            |                      |       |       |       |  |
|------------|----------------------|-------|-------|-------|--|
|            | Тупик (низ)          | 2,1   | 22-33 | 22-47 | Не указано   |
| 18.09.2015 | ДМС подсвеж.         | 0,51  | 01-43 | 01-46 | Не указано   |
|            | ДМС подсвеж. участка | 0,66  | 15-09 | 15-15 | Не указано   |
|            | ДМС подсвеж. участка | 0,54  | 15-31 | 15-33 | Не указано   |
|            | ДМС подсвеж. участка | 0,51  | 17-56 | 17-56 | Не указано   |
| 19.09.2015 | Подсвеж.             | 0,63  | 00-39 | 00-42 | Аварийное отключение электроэнергии по шахте                                   |
|            | ДМС подсвеж. участка | 0,63  | 10-21 | 10-30 | Не указано   |
| 22.09.2015 | ДМС тупик (верх)     | 2,82  | 08-27 | 08-33 | Посадка тупика   |
|            | ДМС тупик (верх)     | 2,60  | 08-35 | 08-58 |  |
| 13.10.2015 | ДМС исх. лавы        | 1,039 | 23-25 | 23-29 | Не указано   |
| 15.10.2015 | ДМС исх. лавы        | 1,03  | 00-56 | 01-01 | Не указано   |
| 21.10.2015 | Исх. лавы            | 1,25  | 11-58 | 12-05 | Неисправность ДМС  |
|            | Исх. участка         | 1,20  | 11-58 | 12-05 |  |
| 26.10.2015 | ДМС исх. лавы        | 1,06  | 21-57 | 22-00 | Не указано   |
| 05.11.2015 | ДМС исх. лавы        | 1,06  | 23-10 | 23-15 | Не указано   |
|            | ДМС исх. участка     | 1,02  | 23-10 | 23-15 | Не указано   |
| 19.12.2015 | ДМС пост. на участок | 1,25  | 10-29 | 13-24 | Реверсия   |
|            | ДМС подсвеж.         | 1,25  | 10-29 | 13-23 |  |
|            | ДМС пост. в лаву     | 0,7   | 12-47 | 13-50 |  |
| 25.01.2016 | ДМС исх. лавы        | 1,24  | 17-28 | 17-38 | Обрушение пород кровли в выработанном пространстве лавы. Посадка тупика (верх) |
| 09.02.2016 | ДМС тупик (низ)      | 2,52  | 16-41 | 16-55 | Обрушение пород кровли в выработанном пространстве. Посадка тупика             |
| 20.02.2016 | ДМС тупик (верх)     | 2,80  | 17-49 | 18-34 | Посадка тупика, обрушение пород кровли в выработанном пространстве             |
| 23.02.2016 | ДМС исх. участка     | 2,07  | 14-13 | 14-17 | Обрушение пород кровли в выработанном пространстве                             |
| 24.02.2016 | ДМС тупик (верх)     | 2,68  | 13-23 | 13-24 | Обрушение пород кровли, посадка верхнего тупика                                |

**Вероятности возникновения аварийных ситуаций в потенциальных очагах  
вспышек (взрывов) газа и пыли по сети горных выработок шахты**

| №<br>п/п  | Тип горной<br>выработки                                     | Потенциальный<br>очаг вспышки<br>(взрывы)                             | Возможные источники воспламенения взрывной<br>среды в очаге вспышки (взрыва)   | Вероятность<br>возникновения<br>аварийной<br>ситуации,<br>$P \cdot 10^{-4}$ |
|---|---|---|--|---|
| 1   | 2   | 3   | 4  | 5   |
| <b>а. Система разработки длинными столбами по простиранию</b> |   |   |  |   |
| 1.  | Вентиляционный<br>штрек                                     | Распредпункт  | Загорание пускорегулирующей аппаратуры, кабелей, кабельных вводов, осветительной арматуры, электрическая искра (дуга) при вскрытии электрооборудования под напряжением   | 105,0   |
| 2.  | Сопряжение<br>вентиляционного<br>штрека с лавой             | Совокупность<br>механизмов и<br>оборудования<br>верхней части<br>лавы | Загорание электродвигателей, кабелей, кабельных вводов, приводы и турбомуфты скребкового конвейера, электроосветительной арматуры, пожар на насосах и лебедке, электрическая искра (дуга) при вскрытии электрооборудования под напряжением | 97,5  |
| 3.  | Сопряжение<br>конвейерного<br>откаточного<br>штрека с лавой | Совокупность<br>механизмов и<br>оборудования<br>нижней части<br>лавы  | Загорание электродвигателей, кабелей, кабельных вводов, приводы и турбомуфты скребкового конвейера, электроосветительной арматуры, пожар на насосах, электрическая искра (дуга) при вскрытии электрооборудования под напряжением           | 89,9  |



| 1  | 2  | 3   | 4   | 5     |
|----|--|---|---|-------|
| 4. | Конвейерный откаточный штрек                   | Распредпункт лавы                             | Загорание пускорегулирующей аппаратуры, кабелей, кабельных вводов, осветительной аппаратуры, электрическая искра (дуга) при вскрытии электрооборудования под напряжением, загорание конвейерной ленты                       | 248,0 |
|    | Конвейерный откаточный штрек                   | Привод перегружателя или ленточного конвейера | Загорание электродвигателей, кабелей, кабельных вводов, привода, турбомуфты и ленты конвейера, электроосветительной аппаратуры, электрическая искра (дуга) при вскрытии электрооборудования под напряжением                 | 53,7  |
| 5. | Конвейерная выработка                          | Распредпункт привода конвейера                | Загорание пускорегулирующей аппаратуры, кабелей, кабельных вводов, электроосветительной аппаратуры, электрическая искра (дуга) при вскрытии электрооборудования под напряжением □   | 97,8  |
| 6. | Конвейерная выработка                          | Обычный участок выработки                     | Загорание кабельной соединительной муфты, кабелей, электрическая искра (дуга) при вскрытии электрооборудования под напряжением  | 29,3  |
| 7. | Призабойный участок подготовительной выработки | Распредпункт подготовительного забоя          | Загорание пускорегулирующей аппаратуры, кабелей, кабельных вводов, электроосветительной аппаратуры, электрическая искра (дуга) при вскрытии электрооборудования под напряжением   | 265,0 |
| 8. | Призабойный участок подготовительной выработки | Маневровая лебедка                            | Загорание пускорегулирующей аппаратуры, электродвигателя, кабелей, кабельных вводов, электроосветительной аппаратуры, электрическая искра (дуга) при вскрытии электрооборудования под напряжением, пожар на шахтной лебедке | 56,7  |

| 1                                     | 2   | 3  | 4  | 5     |
|---------------------------------------|---|--|--|-------|
| 9.                                    | Призабойный участок подготовительной выработки                  | Вентилятор местного проветривания                        | Загорание пускорегулирующей аппаратуры, электродвигателя, кабелей, кабельных вводов, электроосветительной аппаратуры, электрическая искра (дуга) при вскрытии электрооборудования под напряжением  | 55,7  |
| 10.                                   | Призабойный участок подготовительной выработки                  | Забой, проводимый проходческим комбайном                 | Загорание электрооборудования и механизмов проходческого комбайна, гибких кабелей, насосной установки, электрическая искра (дуга) при вскрытии электрооборудования под напряжением, фрикционное искрение при работе. проходческого комбайна                                | 239,0 |
| <b>б. Сплошная система разработки</b> |   |  |  |       |
| 11.                                   | Сопряжение вентиляционного штрека с лавой                       | Привод скребкового конвейера                             | Загорание привода и турбомуфты конвейера, электродвигателей, кабелей, кабельных вводов, электроосветительной аппаратуры, электрическая искра (дуга) при вскрытии электрооборудования под напряжением   | 46,2  |
| 12.                                   | Сопряжение откаточного штрека (с рельсовым транспортом) с лавой | Совокупность механизмов и оборудования нижней части лавы | Загорание привода и турбомуфт скребкового конвейера, пускорегулирующей аппаратуры, электродвигателей, кабелей, кабельных вводов, электроосветительной аппаратуры, электрическая искра (дуга) при вскрытии электрооборудования под напряжением, пожар на насосной установке | 55,0  |
| 13.                                   | Откаточный штрек с рельсовым транспортом                        | Распредпункт лавы  | Загорание пускорегулирующей аппаратуры, кабелей, кабельных вводов, электроосветительной аппаратуры, электрическая искра (дуга) при вскрытии электрооборудования под напряжением  | 213,9 |

| 1   | 2  | 3   | 4  | 5                         |
|-----|--|---|--|---------------------------|
| 14. | Призабойный участок откаточного штрека   | Распредпункт подготовительного забоя                      | Загорание пускорегулирующей аппаратуры, кабелей, кабельных вводов, электроосветительной аппаратуры, электрическая искра (дуга) при вскрытии электрооборудования под напряжением  | 171,6                     |
| 15. | Призабойный участок откаточного штрека   | Забой откаточного штрека, проводимого буровым способом    | <p>1. Без учёта вспышек (взрывов), инициированных взрывными работами.<br/>Загорание пускорегулирующей аппаратуры, электродвигателей, кабелей, кабельных вводов и соединительных муфт, электроосветительной аппаратуры, электрическая искра (дуга) при вскрытии электрооборудования под напряжением, фрикционные искры при работе бурового оборудования.</p> <p>2. С учетом вспышек (взрывов), инициированных взрывными работами.<br/>Взрывные работы, загорание пускорегулирующей аппаратуры, электродвигателей, кабелей, кабельных вводов и соединительных муфт, электроосветительной аппаратуры, электрическая искра (дуга) при вскрытии электрооборудования под напряжением, фрикционные искры при работе, бурового оборудования.</p> | <p>211,5</p> <p>523,9</p> |
| 16. | Откаточный штрек с рельсовым транспортом | Вентилятор местного проветривания подготовительного забоя | Загорание пускорегулирующей аппаратуры, электродвигателей, кабелей, кабельных вводов и соединительных муфт, электроосветительной аппаратуры, электрическая искра (дуга) при вскрытии электрооборудования под напряжением   | 18,8                      |

| 1   | 2   | 3                         | 4   | 5     |
|-----|---|---------------------------|---|-------|
| 17. | Сопряжение откаточного штрека с конвейерным бремсбергом | Перегрузочный пункт       | Загорание пускорегулирующей аппаратуры, электродвигателей, кабельных вводов, турбомуфты и ленты конвейера, электроосветительной арматуры, электрическая искра (дуга) при вскрытии электрооборудования под напряжением | 193,9 |
| 18. | Откаточный штрек с рельсовым транспортом                | Обычный участок выработки | Загорание кабельной соединительной муфты, кабелей, электрическая искра (дуга) при вскрытии электрооборудования под напряжением  | 11,2  |

**Оценка риска аварий для различных технологических схем разработки  
пластов на угольных шахтах  
(схемы № 1, № 2, № 8, № 10, № 12, № 14, № 17, № 18, № 21, № 27 из альбома  
«Технологические схемы разработки пластов на угольных шахтах»  
часть I. 1991 г.)**

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА № 1

### Разработка средней мощности и мощных пластов в бремсберговой панели по простиранию с повторным использованием ярусных штреков

#### Характеристика схемы

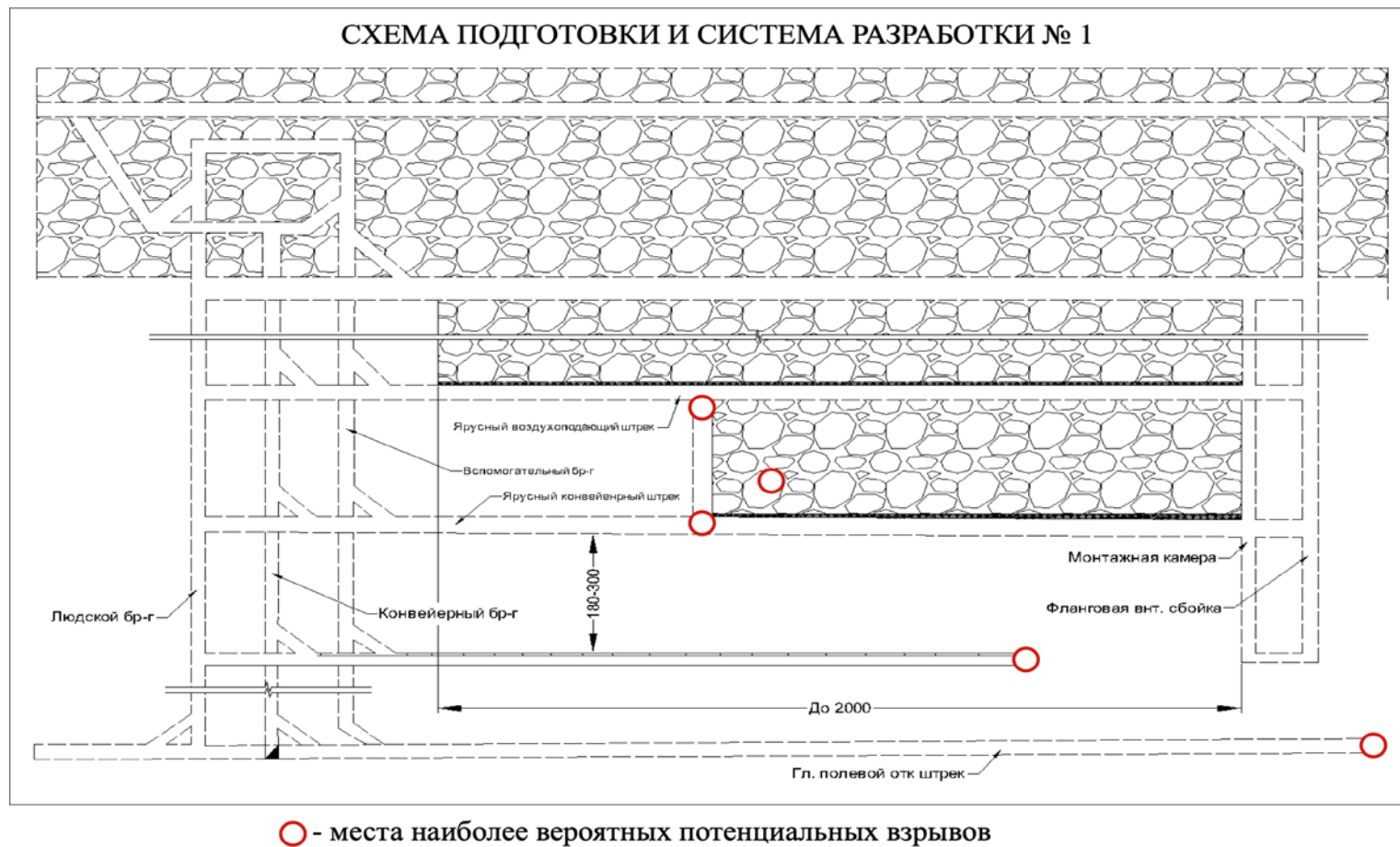
|  |   |
|--|---|
| Способ подготовки шахтного поля        | Панельный – бремсберговыми односторонними панелями          |
| Подготовка пласта                      | Полевая и пластовая для панелей, пластовая для ярусов       |
| Система разработки                     | Длинными столбами по простиранию                            |
| Порядок отработки выемочных участков   | Нисходящий, последовательный                                |
| Схема проветривания выемочного участка | Прямоточная с обособленным разбавлением вредностей          |
| Способ управления кровлей              | Полное обрушение  |
| Способ охраны основных выработок       | Целиками угля и расположением выработок в разгруженной зоне |
| Способ охраны выемочных выработок      | Искусственными сооружениями                                 |

#### Условия применения

| Номер варианта схемы подготовки | Мощность пласта, м | Глубина разработки, м, при породах кровли пласта |                      | Угол падения пласта, градус | Прочность пород почвы пласта | Управляемость кровли          | Газообильность выемочного участка, м <sup>3</sup> /мин | Опасность пласта по            |                      | Склонность пласта угля к самовозгоранию |
|---------------------------------|--------------------|--|----------------------|-----------------------------|------------------------------|-------------------------------|--|--------------------------------|----------------------|---|
|                                 |                    | неустойчивых                                     | средней устойчивости |                             |                              |                               |  | внезапным выбросам угля и газа | горным ударам        |   |
| I, II                           | 2,0-4,5            | до 1000  | до 1000              | до 12                       | от средней до прочной        | от легко до трудноуправляемой | не ограничивается                                      | не опасный и опасный           | не опасный и опасный | не склонный и склонный                  |
| III                             | 2,0-3,5            | до 1000  | до 1000              | до 12                       | “-                           | “-                            | до 12  | не опасный                     | не опасный           | “-                                      |
| IV                              | 2,0-4,5            | до 900   | до 900               | до 12                       | от средней до прочной        | “-                            | не ограничивается                                      | “-                             | “-                   | не склонный и склонный                  |

Оценка уровня риска аварии ( $R_a$ )

| Оценка риска аварии,<br>$R_a$        | Шахта не опасная по<br>ГДЯ и эндогенным<br>пожарам | Шахта не опасная по<br>ГДЯ, но опасная по<br>эндогенным пожарам | Шахта опасная по<br>ГДЯ и не опасная по<br>эндогенным пожарам | Шахта опасная по<br>ГДЯ и эндогенным<br>пожарам |
|--------------------------------------|--|---|---|---|
| Численное значение<br>риска в баллах | 85   | 285   | 375   | 580   |
| Уровень риска аварии                 | Умеренный  | Существенный  | Существенный  | Высокий   |



## ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА № 2

### Разработка средней мощности пластов в уклонной панели по простиранию с повторным использованием выемочных выработок

#### Характеристика схемы

|  |  |
|--|--|
| Способ подготовки шахтного поля        | Панельный – уклонными односторонними панелями      |
| Подготовка пласта                      | Пластовая для панелей и ярусов                     |
| Система разработки                     | Длинными столбами по простиранию                   |
| Порядок отработки выемочных участков   | Нисходящий, последовательный                       |
| Схема проветривания выемочного участка | Прямоточная с обособленным разбавлением вредностей |
| Способ управления кровлей              | Полное обрушение                                   |
| Способ охраны основных выработок       | Целиками угля                                      |
| Способ охраны выемочных выработок      | Искусственными сооружениями                        |

#### Условия применения

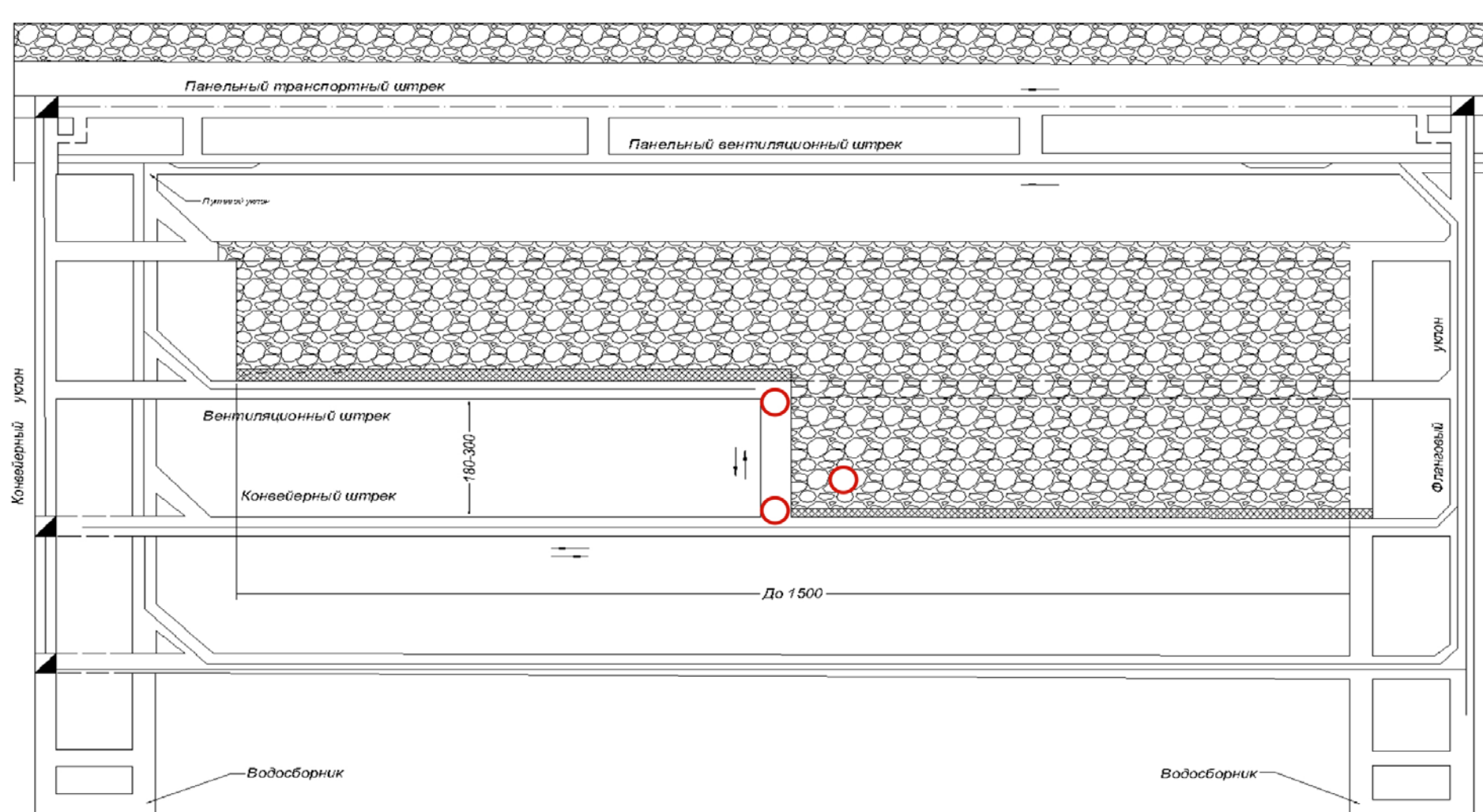
| Номер варианта схемы подготовки | Мощность пласта, м | Глубина разработки, м, при породах кровли пласта |                      | Угол падения пласта, градус | Прочность пород почвы пласта | Управляемость кровли          | Газообильность выемочного участка, м <sup>3</sup> /мин | Опасность пласта по            |                      | Склонность пласта угля к самовозгоранию |
|---------------------------------|--------------------|--|----------------------|-----------------------------|------------------------------|-------------------------------|--|--------------------------------|----------------------|---|
|                                 |                    | неустойчивых                                     | средней устойчивости |                             |                              |                               |  | внезапным выбросам угля и газа | горным ударам        |   |
| I                               | 2,0-3,5            | до 600   | до 600               | до 12                       | не ниже средней              | от легко до трудноуправляемой | до 40  | не опасный и опасный           | не опасный и опасный | не склонный и склонный                  |

#### Оценка уровня риска аварии ( $R_a$ )

| Оценка риска аварии, $R_a$        | Шахта не опасная по ГДЯ и эндогенным пожарам | Шахта не опасная по ГДЯ, но опасная по эндогенным пожарам | Шахта опасная по ГДЯ и не опасная по эндогенным пожарам | Шахта опасная по ГДЯ и эндогенным пожарам |
|-----------------------------------|--|---|---|---|
| Численное значение риска в баллах | 70   | 250   | 345   | 525                                       |
| Уровень риска аварии              | Умеренный                                    | Существенный  | Существенный  | Высокий                                   |



## СХЕМА ПОДГОТОВКИ И СИСТЕМА РАЗРАБОТКИ № 2



○ - места наиболее вероятных потенциальных взрывов

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА № 8

**Разработка тонких, средней мощности и мощных пластов в уклонной панели по простиранию с проведением  
выемочных штреков вприсечку**

### Характеристика схемы

|  |   |
|--|---|
| Способ подготовки шахтного поля        | Панельный – уклонными двусторонними панелями                |
| Подготовка пласта                      | Полевая и пластовая для панелей, пластовая для ярусов       |
| Система разработки                     | Длинными столбами по простиранию                            |
| Порядок отработки выемочных участков   | Нисходящий, через столб                                     |
| Схема проветривания выемочного участка | Возвратноточная   |
| Способ управления кровлей              | Полное обрушение  |
| Способ охраны основных выработок       | Целиками угля и расположением выработок в разгруженной зоне |
| Способ охраны выемочных выработок      | Погашаются вслед за лавой                                   |

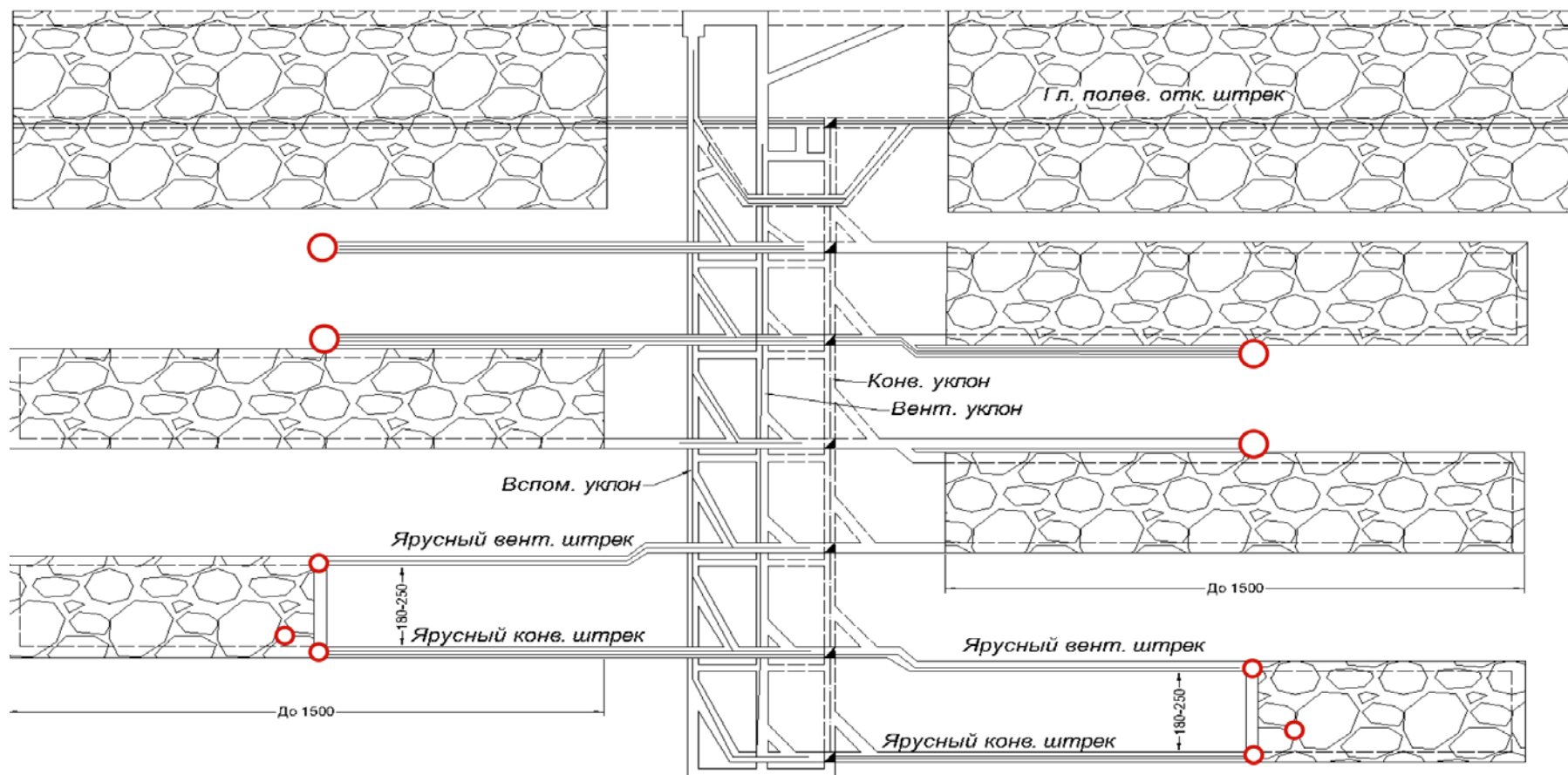
### Условия применения

| Номер<br>варианта<br>схемы<br>подготовки | Мощность<br>пласта, м | Глубина разработки, м, при<br>породах кровли пласта |                         | Угол<br>падения<br>пласта,<br>градус | Прочность<br>пород<br>почвы<br>пласта | Управляемость<br>кровли          | Газообильность<br>выемочного<br>участка, м <sup>3</sup> /мин | Опасность пласта по                  |                               | Склонность<br>пласта угля к<br>самовозгоранию |
|--|-----------------------|---|-------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------|--|--------------------------------------|-------------------------------|---|
|  |                       | неустойчивых  | средней<br>устойчивости |                                      |                                       |                                  |  | внезапным<br>выбросам<br>угля и газа | горным<br>ударам              |   |
| I  | 1,0-1,5               | до 1300-800   | до 1400                 | 10-25                                | от слабой<br>до<br>прочной            | от легко до<br>среднеуправляемой | до 6-9   | не<br>опасный и<br>опасный           | не<br>опасный<br>и<br>опасный | не склонный и<br>склонный                     |
| II                                       | 1,2-4,0               | до 900  | до 900                  | до 25                                | “-                                    | от легко до<br>трудноуправляемой | до 6-9   | “-                                   | “-                            | “-  |

Оценка уровня риска аварии ( $R_a$ )

| Оценка риска аварии, $R_a$        | Шахта не опасная по ГДЯ и эндогенным пожарам | Шахта не опасная по ГДЯ, но опасная по эндогенным пожарам | Шахта опасная по ГДЯ и не опасная по эндогенным пожарам | Шахта опасная по ГДЯ и эндогенным пожарам |
|-----------------------------------|--|---|---|---|
| Численное значение риска в баллах | 105  | 380   | 505   | 850                                       |
| Уровень риска аварии              | Умеренный                                    | Существенный  | Высокий   | Предельно высокий                         |

## СХЕМА ПОДГОТОВКИ И СИСТЕМА РАЗРАБОТКИ № 8



○ - места наиболее вероятных потенциальных взрывов

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА № 10

**Разработка тонких, средней мощности и мощных пластов в бремсберговой панели по простиранию с проведением выемочных выработок вприсечку или с повторным использованием**

### Характеристика схемы

|  |  |
|--|--|
| Способ подготовки шахтного поля        | Панельный – бремсберговыми односторонними панелями                 |
| Подготовка пласта                      | Пластовая для панелей и ярусов                                     |
| Система разработки                     | Длинными столбами по простиранию, одинарными или спаренными лавами |
| Порядок отработки выемочных участков   | Нисходящий, последовательный и через столб                         |
| Схема проветривания выемочного участка | Возвратноточная  |
| Способ управления кровлей              | Полное обрушение   |
| Способ охраны основных выработок       | Целиками угля  |
| Способ охраны выемочных выработок      | Погибаются вслед за лавой или искусственными сооружениями          |

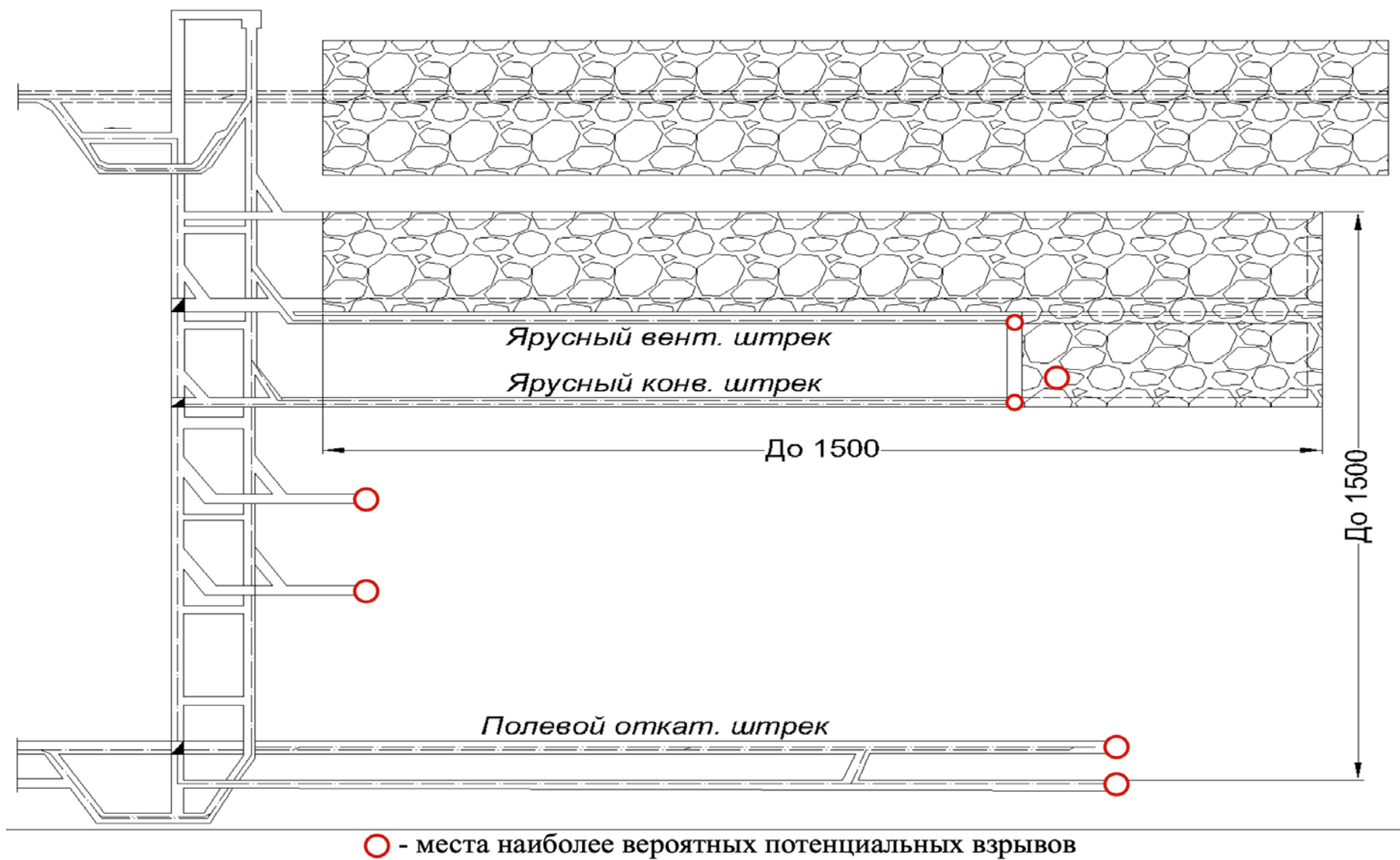
### Условия применения

| Номер варианта схемы подготовки | Мощность пласта, м | Глубина разработки, м | Угол падения пласта, градус | Прочность пород почвы пласта | Управляемость кровли          | Газообильность выемочного участка, м³/мин | Опасность пласта по            |                      | Склонность пласта угля к самовозгоранию |
|---------------------------------|--------------------|-----------------------|-----------------------------|------------------------------|-------------------------------|---|--------------------------------|----------------------|---|
|                                 |                    |                       |                             |                              |                               |   | внезапным выбросам угля и газа | горным ударам        |   |
| I, II, III, IV                  | 1,2-4,5            | до 900                | до 25                       | от слабой до прочной         | от легко до трудноуправляемой | до 6-17                                   | не опасный и опасный           | не опасный и опасный | не склонный и склонный                  |

### Оценка уровня риска аварии ( $R_a$ )

| Оценка риска аварии, $R_a$        | Шахта не опасная по ГДЯ и эндогенным пожарам | Шахта не опасная по ГДЯ, но опасная по эндогенным пожарам | Шахта опасная по ГДЯ и не опасная по эндогенным пожарам | Шахта опасная по ГДЯ и эндогенным пожарам |
|-----------------------------------|--|---|---|---|
| Численное значение риска в баллах | 115  | 400   | 560   | 900                                       |
| Уровень риска аварии              | Существенный                                 | Высокий   | Высокий   | Предельно высокий                         |

## СХЕМА ПОДГОТОВКИ И СИСТЕМА РАЗРАБОТКИ № 10



## ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА № 12

### Разработка тонких, средней мощности и мощных пластов в уклонной панели по простирацию с повторным использованием выемочных выработок

#### Характеристика схемы

|  |  |
|--|--|
| Способ подготовки шахтного поля        | Панельный – уклонными двусторонними панелями |
| Подготовка пласта                      | Пластовая для панелей и ярусов               |
| Система разработки                     | Длинными столбами по простирацию             |
| Порядок отработки выемочных участков   | Восходящий, последовательный                 |
| Схема проветривания выемочного участка | Прямоточная с подсвежением                   |
| Способ управления кровлей              | Полное обрушение                             |
| Способ охраны основных выработок       | Целиками угля                                |
| Способ охраны выемочных выработок      | Искусственными сооружениями                  |

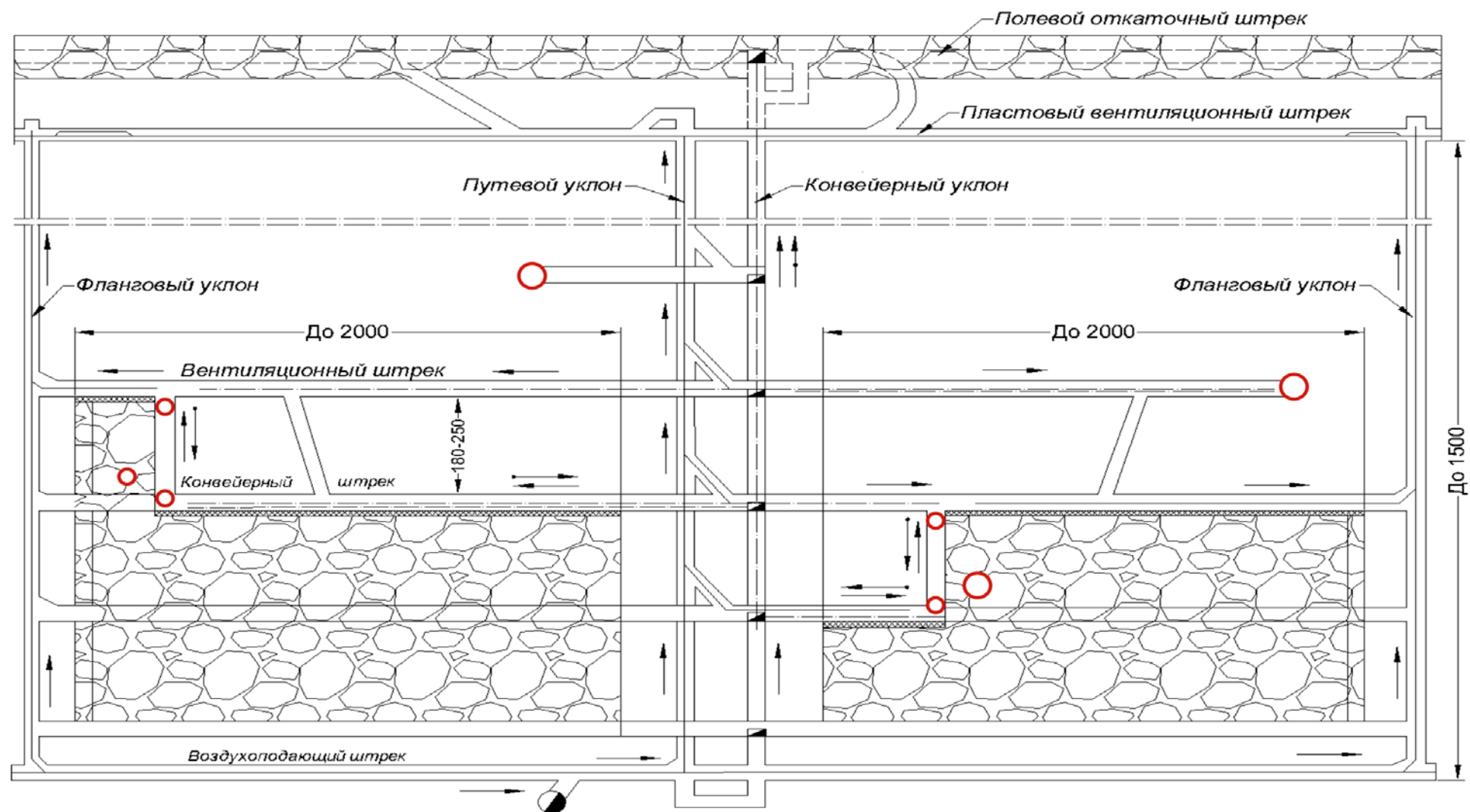
#### Условия применения

| Номер варианта схемы подготовки | Мощность пласта, м | Глубина разработки, м, при породах кровли пласта |                      | Угол падения пласта, градус | Прочность пород почвы пласта | Управляемость кровли          | Газообильность выемочного участка, м <sup>3</sup> /мин | Опасность пласта по            |                      | Склонность пласта угля к самовозгоранию |
|---------------------------------|--------------------|--|----------------------|-----------------------------|------------------------------|-------------------------------|--|--------------------------------|----------------------|---|
|                                 |                    | неустойчивых                                     | средней устойчивости |                             |                              |                               |  | внезапным выбросам угля и газа | горным ударам        |   |
| I                               | 1,0-3,0            | -  | до 600               | до 25                       | не ниже средней              | от легко до среднеуправляемой | до 40  | не опасный и опасный           | не опасный и опасный | не склонный и склонный                  |

#### Оценка уровня риска аварии ( $R_a$ )

| Оценка риска аварии, $R_a$        | Шахта не опасная по ГДЯ и эндогенным пожарам | Шахта не опасная по ГДЯ, но опасная по эндогенным пожарам | Шахта опасная по ГДЯ и не опасная по эндогенным пожарам | Шахта опасная по ГДЯ и эндогенным пожарам |
|-----------------------------------|--|---|---|---|
| Численное значение риска в баллах | 95   | 350   | 500   | 645                                       |
| Уровень риска аварии              | Умеренный                                    | Существенный  | Высокий   | Высокий                                   |

## СХЕМА ПОДГОТОВКИ И СИСТЕМА РАЗРАБОТКИ № 12



○ - места наиболее вероятных потенциальных взрывов

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА № 14

**Разработка средней мощности и мощных пластов в бремсберговой панели по простиранию с проведением спаренных выемочных выработок и повторным использованием одной из них**

### Характеристика схемы

|  |   |
|--|---|
| Способ подготовки шахтного поля        | Панельный – двусторонними бремсберговыми панелями |
| Подготовка пласта                      | Пластовая для бремсбергов и ярусов                |
| Система разработки                     | Длинными столбами по простиранию                  |
| Порядок отработки выемочных участков   | Нисходящий с оставлением барьерных столбов        |
| Схема проветривания выемочного участка | Возвратноточная                                   |
| Способ управления кровлей              | Полное обрушение                                  |
| Способ охраны основных выработок       | Целиками угля                                     |
| Способ охраны выемочных выработок      | Искусственными сооружениями                       |

### Условия применения

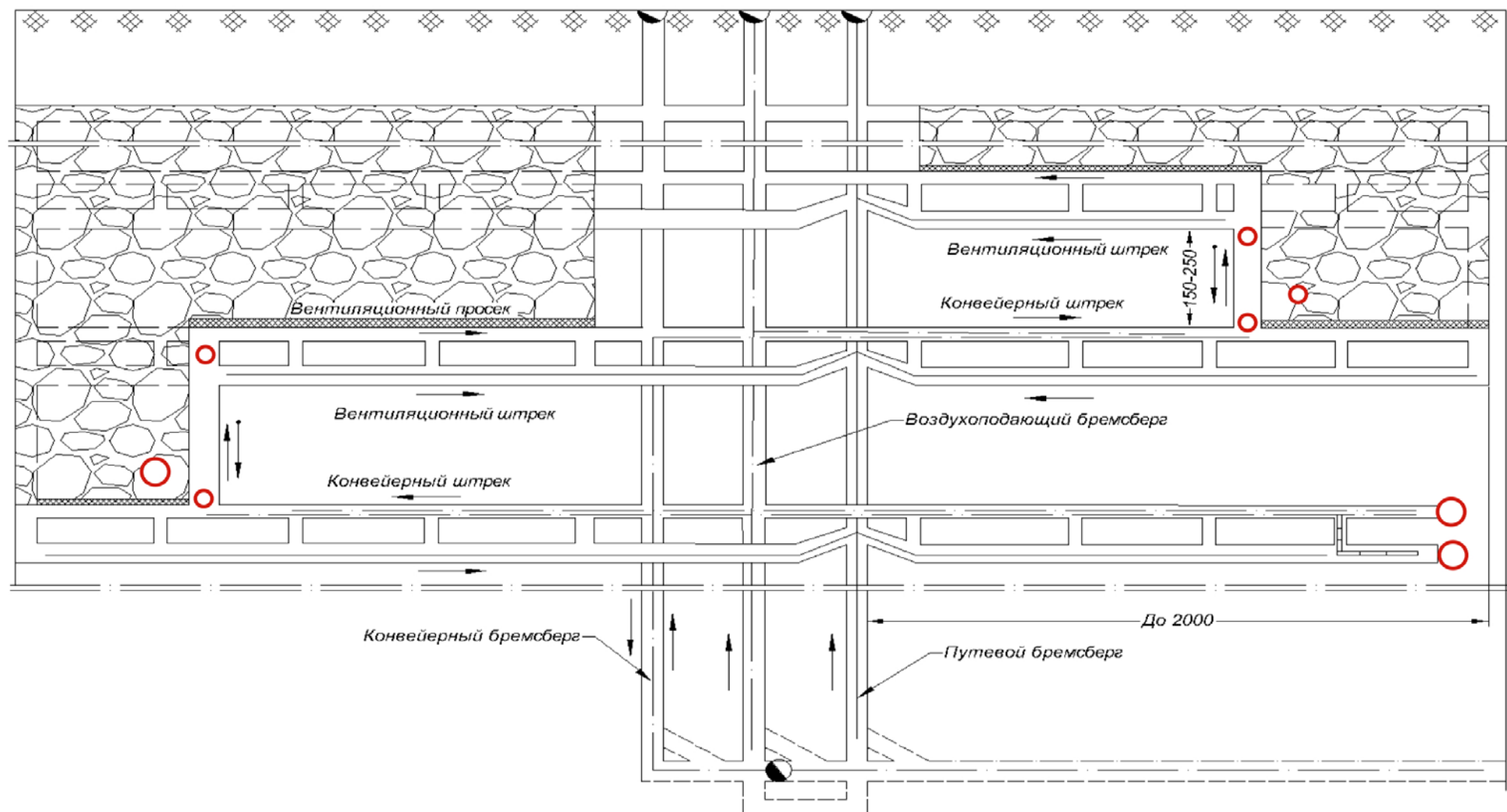
| Номер варианта схемы подготовки | Мощность пласта, м | Глубина разработки, м, при породах кровли пласта |                      | Угол падения пласта, градус | Прочность пород почвы пласта | Управляемость кровли          | Газообильность выемочного участка, м <sup>3</sup> /мин | Опасность пласта по            |                      | Склонность пласта угля к самовозгоранию |
|---------------------------------|--------------------|--|----------------------|-----------------------------|------------------------------|-------------------------------|--|--------------------------------|----------------------|---|
|                                 |                    | неустойчивых                                     | средней устойчивости |                             |                              |                               |  | внезапным выбросам угля и газа | горным ударам        |   |
| I, II                           | 1,8-4,5            | -  | до 500               | до 10                       | средней прочности и прочной  | от легко до среднеуправляемой | до 11-15   | не опасный и опасный           | не опасный и опасный | не склонный и склонный                  |

### Оценка уровня риска аварии ( $R_a$ )

| Оценка риска аварии, $R_a$        | Шахта не опасная по ГДЯ и эндогенным пожарам | Шахта не опасная по ГДЯ, но опасная по эндогенным пожарам | Шахта опасная по ГДЯ и не опасная по эндогенным пожарам | Шахта опасная по ГДЯ и эндогенным пожарам |
|-----------------------------------|--|---|---|---|
| Численное значение риска в баллах | 150  | 350   | 600   | 825                                       |
| Уровень риска аварии              | Существенный                                 | Существенный  | Высокий   | Предельно высокий                         |



# СХЕМА ПОДГОТОВКИ И СИСТЕМА РАЗРАБОТКИ № 14



○ - места наиболее вероятных потенциальных взрывов

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА № 17

### Разработка средней мощности и мощного пласта в уклонной панели по простирацию с проведением выемочных выработок вприсечку

#### Характеристика схемы

|  |   |
|--|---|
| Способ подготовки шахтного поля        | Панельный – уклонными односторонними панелями                       |
| Подготовка пласта                      | Пластовая для панелей и ярусов                                      |
| Система разработки                     | Длинными столбами и наклонными слоями с одновременной выемкой слоев |
| Порядок отработки выемочных участков   | Нисходящий, последовательный  |
| Схема проветривания выемочного участка | Возвратноточная   |
| Способ управления кровлей              | Полное обрушение  |
| Способ охраны основных выработок       | Целиками угля   |
| Способ охраны выемочных выработок      | Погашаются вслед за лавой   |

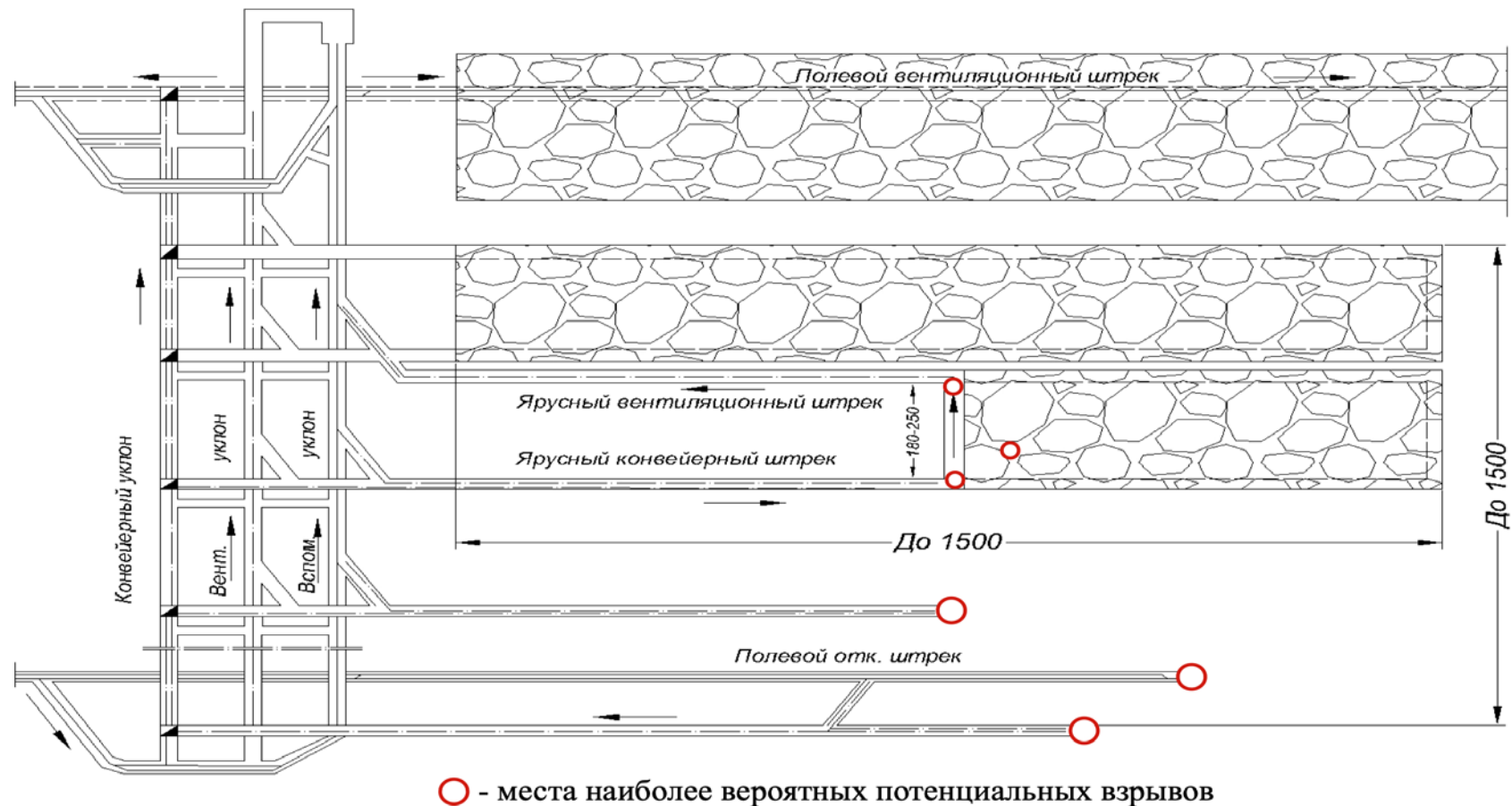
#### Условия применения

| Номер варианта схемы подготовки | Мощность пласта, м | Глубина разработки, м | Угол падения пласта, градус | Прочность пород почвы пласта | Управляемость кровли          | Газообильность выемочного участка, м <sup>3</sup> /мин | Опасность пласта по            |                      | Склонность пласта угля к самовозгоранию |
|---------------------------------|--------------------|-----------------------|-----------------------------|------------------------------|-------------------------------|--|--------------------------------|----------------------|---|
|                                 |                    |                       |                             |                              |                               |  | внезапным выбросам угля и газа | горным ударам        |   |
| I                               | 1,0-4,5            | до 900                | до 25                       | от слабой до прочной         | от легко до трудноуправляемой | до 6-16  | не опасный и опасный           | не опасный и опасный | не склонный и склонный                  |
| II                              | 5,0-8,0            | до 900                | до 25                       | –“–                          | –“–                           | до 16  | –“–                            | –“–                  | –“–                                     |
| III                             | более 5,0          | до 900                | до 18                       | не ниже средней              | –“–                           | до 16  | –“–                            | –“–                  | –“–                                     |

Оценка уровня риска аварии ( $R_a$ )

| Оценка риска аварии,<br>$R_a$        | Шахта не опасная по<br>ГДЯ и эндогенным<br>пожарам | Шахта не опасная по<br>ГДЯ, но опасная по<br>эндогенным пожарам | Шахта опасная по<br>ГДЯ и не опасная по<br>эндогенным пожарам | Шахта опасная по<br>ГДЯ и эндогенным<br>пожарам |
|--------------------------------------|--|---|---|---|
| Численное значение<br>риска в баллах | 165  | 375   | 650   | 900   |
| Уровень риска аварии                 | Существенный                                       | Существенный  | Высокий   | Предельно высокий                               |

## СХЕМА ПОДГОТОВКИ И СИСТЕМА РАЗРАБОТКИ № 17



## ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА № 18

### Разработка средней мощности пластов в бремсберговом поле по падению спаренными лавами с повторным использованием выемочных выработок

#### Характеристика схемы

|  |   |
|--|---|
| Способ подготовки шахтного поля        | Погоризонтный   |
| Подготовка пласта                      | Полевая и пластовая для бремсбергового поля и пластовая для выемочных столбов |
| Система разработки                     | Длинными столбами по падению  |
| Порядок отработки выемочных участков   | Последовательный с одновременной работой двух лав                             |
| Схема проветривания выемочного участка | Прямоточная с обособленным разбавлением вредностей                            |
| Способ управления кровлей              | Полное обрушение  |
| Способ охраны основных выработок       | Целиками угля   |
| Способ охраны выемочных выработок      | Искусственными сооружениями   |

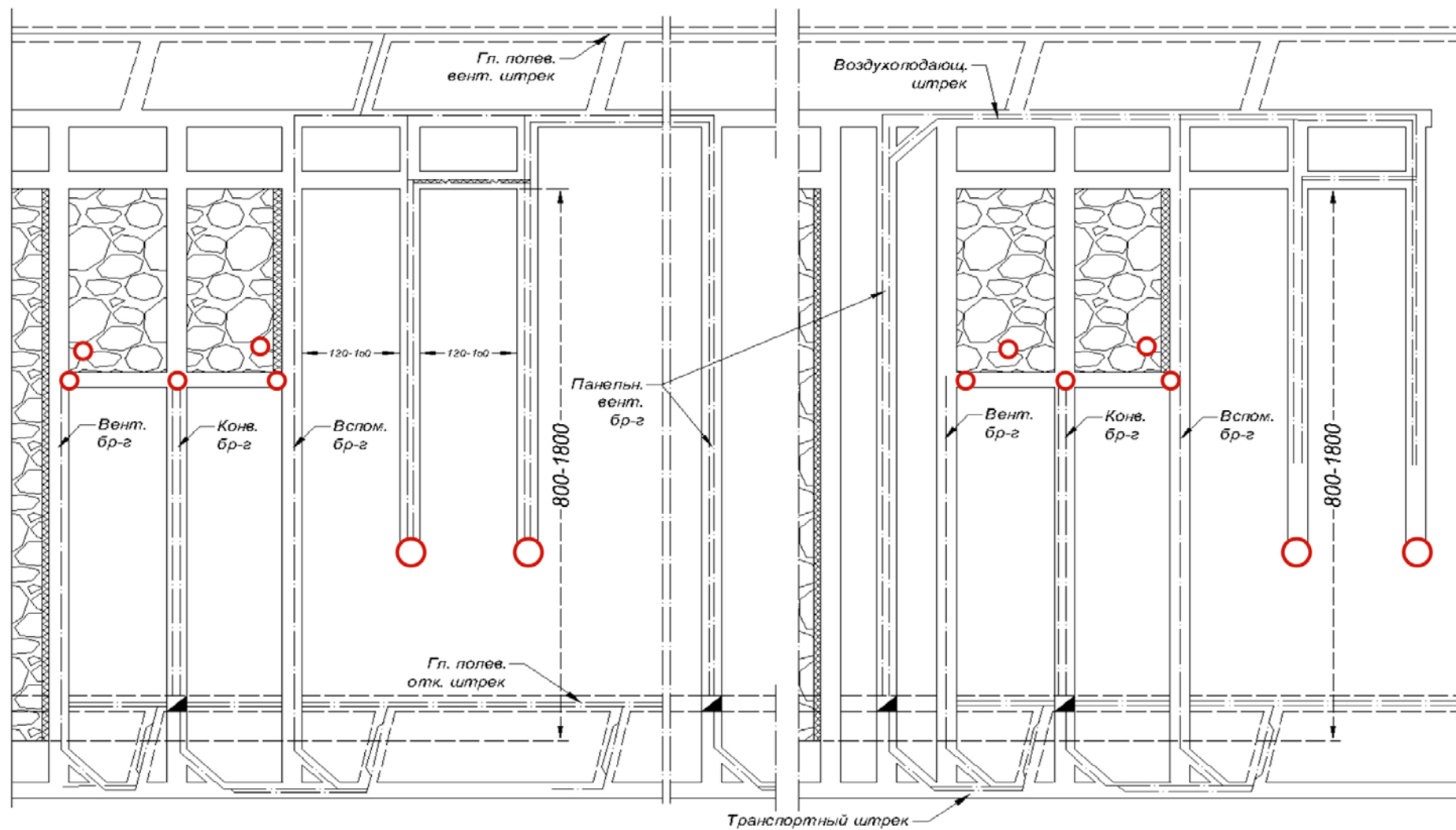
#### Условия применения

| Номер варианта схемы подготовки | Мощность пласта, м | Глубина разработки, м, при породах кровли пласта |                      | Угол падения пласта, градус | Прочность пород почвы пласта | Управляемость кровли          | Газообильность выемочного участка, м <sup>3</sup> /мин | Опасность пласта по            |                      | Склонность пласта угля к самовозгоранию |
|---------------------------------|--------------------|--|----------------------|-----------------------------|------------------------------|-------------------------------|--|--------------------------------|----------------------|---|
|                                 |                    | неустойчивых                                     | средней устойчивости |                             |                              |                               |  | внезапным выбросам угля и газа | горным ударами       |   |
| I, II, III, IV                  | 2,2-3,5            | до 500   | до 500               | до 10                       | от слабой до прочной         | от легко до трудноуправляемой | до 9-15  | не опасный и опасный           | не опасный и опасный | не склонный и склонный                  |

#### Оценка уровня риска аварии ( $R_a$ )

| Оценка риска аварии, $R_a$        | Шахта не опасная по ГДЯ и эндогенным пожарам | Шахта не опасная по ГДЯ, но опасная по эндогенным пожарам | Шахта опасная по ГДЯ и не опасная по эндогенным пожарам | Шахта опасная по ГДЯ и эндогенным пожарам |
|-----------------------------------|--|---|---|---|
| Численное значение риска в баллах | 100  | 205   | 380   | 645                                       |
| Уровень риска аварии              | Умеренный                                    | Существенный  | Существенный  | Высокий                                   |

# СХЕМА ПОДГОТОВКИ И СИСТЕМА РАЗРАБОТКИ № 18



○ - места наиболее вероятных потенциальных взрывов

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА № 21

**Разработка тонких и средней мощности пластов в бремсберговой панели по простиранию с проведением вентиляционного штрека вслед за очистным забоем и повторным его использованием**

### Характеристика схемы

|  |  |
|--|--|
| Способ подготовки шахтного поля        | Панельный – бремсберговыми двусторонними панелями с фланговыми вентиляционными выработками |
| Подготовка пласта                      | Полевая для панелей и пластовая для ярусов   |
| Система разработки                     | Полосами по простиранию (комбинированная)  |
| Порядок отработки выемочных участков   | Восходящий, последовательный   |
| Схема проветривания выемочного участка | Прямоточная  |
| Способ управления кровлей              | Полное обрушение   |
| Способ охраны основных выработок       | Целиками угля и расположением выработок в разгруженной зоне                                |
| Способ охраны выемочных выработок      | Искусственными сооружениями  |

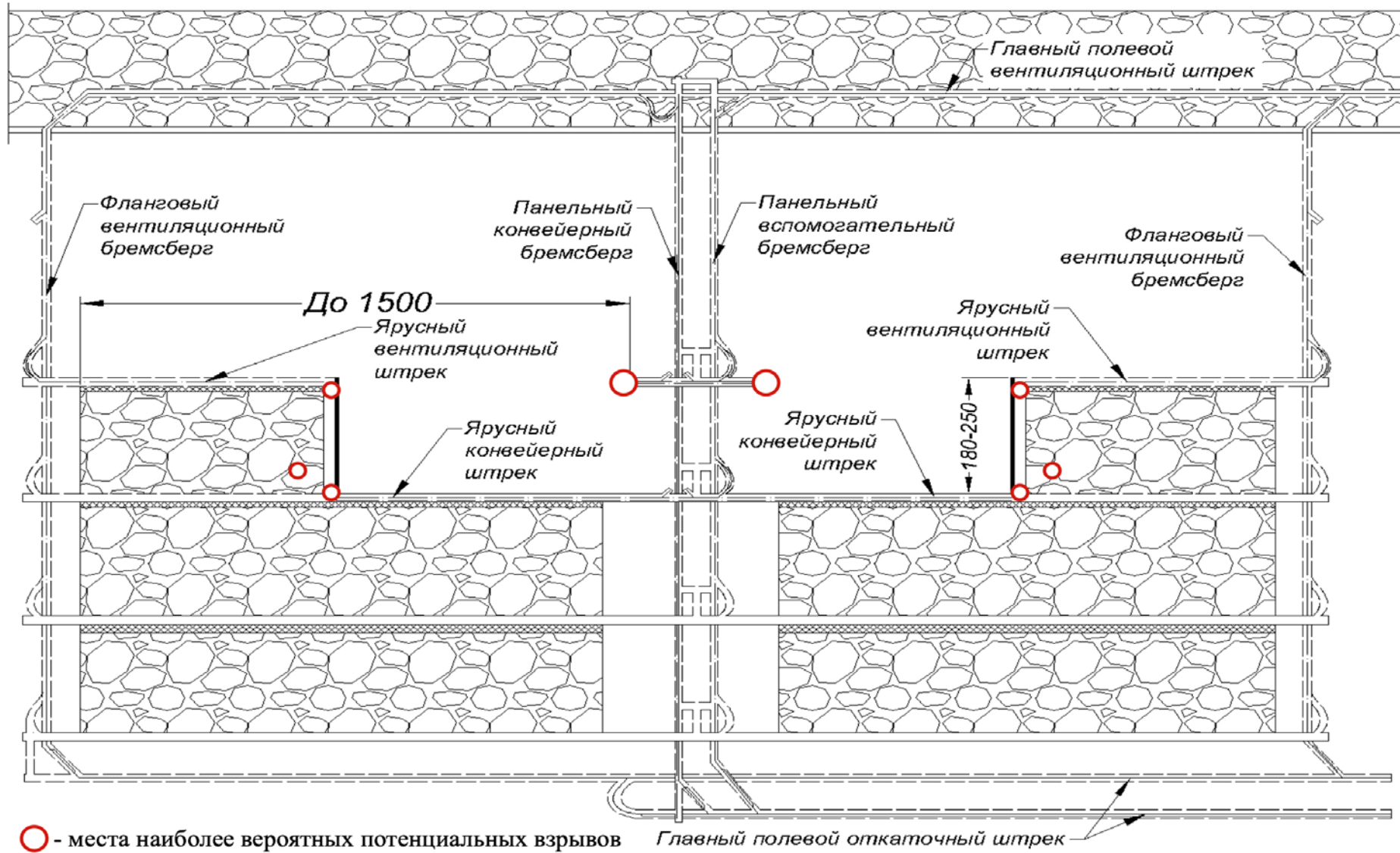
### Условия применения

| Номер варианта схемы подготовки | Мощность пласта, м | Глубина разработки, м, при породах кровли пласта |                      | Угол падения пласта, градус | Прочность пород почвы пласта | Управляемость кровли          | Газообильность выемочного участка, м³/мин | Опасность пласта по            |                      | Склонность пласта угля к самовозгоранию |
|---------------------------------|--------------------|--|----------------------|-----------------------------|------------------------------|-------------------------------|---|--------------------------------|----------------------|---|
|                                 |                    | неустойчивых                                     | средней устойчивости |                             |                              |                               |   | внезапным выбросам угля и газа | горным ударам        |   |
| I                               | 0,8-1,6            | до 1400-1100                                     | до 1400              | 10-18                       | от слабой до прочной         | от легко до среднеуправляемой | до 5-10                                   | не опасный и опасный           | не опасный и опасный | не склонный и склонный                  |

### Оценка уровня риска аварии ( $R_a$ )

| Оценка риска аварии, $R_a$        | Шахта не опасная по ГДЯ и эндогенным пожарам | Шахта не опасная по ГДЯ, но опасная по эндогенным пожарам | Шахта опасная по ГДЯ и не опасная по эндогенным пожарам | Шахта опасная по ГДЯ и эндогенным пожарам |
|-----------------------------------|--|---|---|---|
| Численное значение риска в баллах | 90   | 200   | 350   | 615                                       |
| Уровень риска аварии              | Умеренный                                    | Существенный  | Существенный  | Высокий                                   |

## СХЕМА ПОДГОТОВКИ И СИСТЕМА РАЗРАБОТКИ № 21



## ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА № 27

**Разработка средней мощности пластов в уклонной панели по простиранию с повторным использованием одной из выемочных выработок и проведением другой вприсечку**

### Характеристика схемы

|  |   |
|--|---|
| Способ подготовки шахтного поля        | Панельный – уклонными односторонними панелями |
| Подготовка пласта                      | Пластовая для панелей и ярусов                |
| Система разработки                     | Длинными столбами по простиранию              |
| Порядок отработки выемочных участков   | Нисходящий через столб                        |
| Схема проветривания выемочного участка | Возвратноточная                               |
| Способ управления кровлей              | Полное обрушение                              |
| Способ охраны основных выработок       | Целиками угля                                 |
| Способ охраны выемочных выработок      | Искусственными сооружениями                   |

### Условия применения

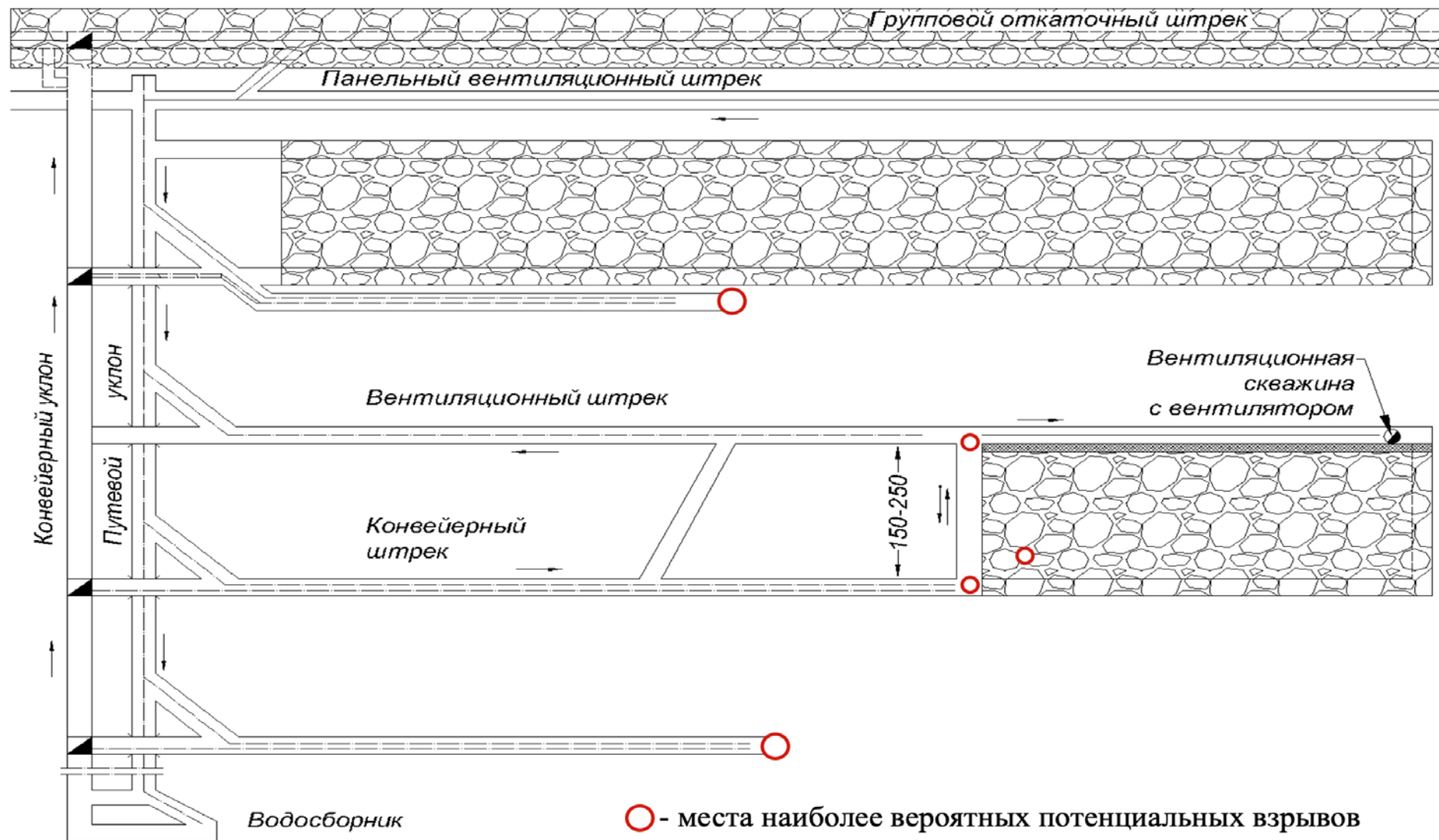
| Номер варианта схемы подготовки | Мощность пласта, м | Глубина разработки, м, при породах кровли пласта |                      | Угол падения пласта, градус | Прочность пород почвы пласта | Управляемость кровли          | Газообильность выемочного участка, м <sup>3</sup> /мин | Опасность пласта по            |                      | Склонность пласта угля к самовозгоранию |
|---------------------------------|--------------------|--|----------------------|-----------------------------|------------------------------|-------------------------------|--|--------------------------------|----------------------|---|
|                                 |                    | неустойчивых                                     | средней устойчивости |                             |                              |                               |  | внезапным выбросам угля и газа | горным ударам        |   |
| I                               | 1,2-3,5            | 300  | 300                  | до 25                       | от слабой до прочной         | от легко до трудноуправляемой | до 7-15  | не опасный и опасный           | не опасный и опасный | не склонный и склонный                  |

### Оценка уровня риска аварии ( $R_a$ )

| Оценка риска аварии, $R_a$        | Шахта не опасная по ГДЯ и эндогенным пожарам | Шахта не опасная по ГДЯ, но опасная по эндогенным пожарам | Шахта опасная по ГДЯ и не опасная по эндогенным пожарам | Шахта опасная по ГДЯ и эндогенным пожарам |
|-----------------------------------|--|---|---|---|
| Численное значение риска в баллах | 90   | 200   | 350   | 615                                       |
| Уровень риска аварии              | Умеренный                                    | Существенный  | Существенный  | Высокий                                   |



# СХЕМА ПОДГОТОВКИ И СИСТЕМА РАЗРАБОТКИ № 27



**Программа и методика испытаний серийных автоматических систем  
взрывоподавления – локализации взрывов АСВП-ЛВ.1М (ПГИ)**

Утверждаю:

Генеральный директор

ООО «Геотехнология

Взрывозащита»

А.В. Джигрин

2018 г.



**Программа и методика  
испытаний серийных автоматических систем  
взрывоподавления – локализации взрывов  
АСВП-ЛВ.1М (ПГИ)**

Согласовано:

Генеральный директор

АО «НЦ ВостНИИ»

Ю.М. Филатов

2018 г.



Директор

КФ АО «ВНИИ»

П.В. Гречишкин

2018 г.



### 1 Объект испытаний

Объектом испытаний является партия серийных автоматических систем взрывоподавления - локализации взрывов АСВП-ЛВ.1М.(ПГИ), изготовленная, по технической документации, разработанной ООО «Геотехнология-Взрывозащита».

### 2 Назначение изделия

Автоматическая система взрывоподавления - локализации взрывов АСВП-ЛВ.1М.(ПГИ) предназначена для защиты горных выработок от распространения по ним взрывов метановоздушной смеси и (или) угольной пыли, путем принудительной подачи пламегасящего порошка энергией сжатого газообразного ингибитора высокого давления в горную выработку, образуя при этом на пути распространения фронта пламени один взрыволокализирующий заслон в виде облака пламегасящего порошка и газообразного ингибитора во взвешенном состоянии, а второй взрыволокализирующий заслон состоящий из газообразного ингибитора, подается в зону продуктов взрыва.

Область применения автоматической системы - шахты и рудники, опасные по газу метану и (или) пыли.

### 3 Техническая характеристика

Автоматическая система взрывоподавления - локализации взрывов АСВП-ЛВ.1М.(ПГИ) состоит из устройства локализации взрывов (УЛВ) и автономного командного устройства (АКУ), в которое входят выносные штанги и приёмные щиты.

Основные параметры и характеристики устройства представлены в таблице 1.

Таблица 1.

| Наименование основных параметров и размеров  | Норма    |
|--|----------|
| Рабочее давление сжатого газообразного ингибитора или его смеси со сжатым воздухом в рабочей полости, МПа (кгс/см <sup>2</sup> ) | 15 (153) |
| Объем рабочей полости, л, до   | 3,5      |
| Полезный объем промежуточной камеры и бункера для размещения огнетушащего порошка, л, не менее                                   | 25,0     |
| Инерционность срабатывания устройства, мс, до  | 30       |
| Длина создаваемого заслона (облака) взрывоподавляющей среды в горной выработке сечением 15,5 м, м, не менее                      | 20       |
| Минимальная чувствительность срабатывания устройства, при давлении на фронте ударно-воздушной волны, МПа                         | 0,02     |



#### **4 Организация и порядок проведения испытаний**

Испытания по проверки надёжности срабатывания серийных автоматических систем взрывоподавления - локализации взрывов АСВП-ЛВ.1М.(ПГИ) проводятся на стендовой базе АО НЦ ВостНИИ в опытном штреке.

В процессе испытаний организации, проводящие испытания, обеспечивают выполнение необходимых объёмов работ в соответствии с настоящей программой и методикой в установленные сроки.

Для проведения испытаний создаётся рабочая группа, которая по результатам испытания составляет и подписывает Протокол.

#### **5 Цель испытаний**

Испытания серийных автоматических систем взрывоподавления - локализации взрывов АСВП-ЛВ.1М.(ПГИ) проводятся с целью:

5.1 проверки срабатывания.

5.2 подтверждения заявленных технических характеристик и надёжности их срабатывания.

#### **6 Содержание и объём испытаний**

Испытания автоматической системы взрывоподавления - локализации взрывов АСВП-ЛВ.1М.(ПГИ) в целом состоят из:

6.1 Общей проверки.

- проверки соответствия изделий ТУ, чертежам, нормам точности;
- проверки комплектности изделий;
- наружного осмотра представленных изделий - выявление возможных повреждений в процессе перевозки;
- расконсервации изделий и сборки узлов.

6.2 Проверки функциональных параметров работоспособности:

- заряжания (заполнения) сжатым газообразным ингибитором системы;
- основной экспериментальной проверки, состоящей из:
- проверки визуального срабатывания системы АСВП-ЛВ.1М.(ПГИ);
- определения технических характеристик.

6.3 Заряжание (заполнение) сжатым воздухом системы

Автоматическая система АСВП-ЛВ.1М.(ПГИ) приводится в рабочее состояние для проведения испытаний в следующей последовательности. На первом этапе испытаний АСВП-ЛВ.1М.(ПГИ) устанавливают в опытном штреке. На втором этапе испытаний АСВП-ЛВ.1М.(ПГИ) приступают к процессу заполнения воздушной смесью (с газообразным ингибитором)

рабочей полости УЛВ. в соответствии с «Руководством по эксплуатации АСВП-ЛВ.1М.(ПГИ)».

После завершения вышеперечисленных этапов система АСВП-ЛВ.1М.(ПГИ) подготовлена к проведению испытаний.

## **7 Основная экспериментальная проверка**

### **7.1 Срабатывание системы**

На первом этапе испытаний АСВП-ЛВ.1М.(ПГИ) устанавливают в опытном штреке так, чтобы бункер системы был направлен на устье опытного штрека.

На втором этапе в заполненной газовой камере опытного штрека производят подрыв метановоздушной смеси в результате чего формируется ударная волна, которая, подходя к приемному щиту системы АСВП-ЛВ.1М.(ПГИ), должна иметь давление на фронте не менее 20 кПа и время действия не менее 10 мс.

Все работы по подготовке метановоздушной смеси в газовой камере и её подрыв производятся сотрудниками АО НЦ ВостНИИ в соответствии с «Инструкцией № 126-37-01 на проведение испытаний по определению класса предохранительности промышленных ВВ в метановоздушной и пылевоздушной смесях в опытном штреке». Факт срабатывания системы определяется визуально по выбросу пламегасящего порошка из бункера системы.

**Настоящая методика испытаний не предусматривает контроля погашения и проскакивания пламени при воспламенении метановоздушной смеси, т.к. штольня короткая и не оборудована необходимыми приборами контроля. В России штолен по контролю погашения пламени не существует.**

При проведении испытаний на втором этапе проводится измерение параметров срабатывания системы (инерционность системы). Испытания проводятся на специальном стенде.

На системе АСВП-ЛВ.1М.(ПГИ) устанавливают датчики в двух местах.

Первый - на приёмном щите АСВП-ЛВ.1М.(ПГИ), второй - на рассекателе бункера УЛВ.

Регистрация процессов осуществляется на двухканальном запоминающем цифровом осциллографе типа С9-8, на мониторе которого интервал времени между фронтами сигналов определяется маркерами с погрешностью 1 % от выбранного режима развертки.

### **7.2 Ревизия системы в период испытаний**

На протяжении всего периода испытаний после каждого срабатывания системы, производится детальный осмотр и контрольные измерения



сопрягаемых и движущихся деталей микрометром.

### 7.3 Определение стабильности работы и надежности изделия

Критериями оценки стабильности работы изделия при нормальном состоянии резиновых уплотнительных колец и поршня:

- отсутствие случаев заклинивания поршня при его движении, и который обеспечивает открывание выхлопных отверстий;
- отсутствие утечек сжатого воздуха из рабочей полости УЛВ при её заполнении.

Директор ООО «Шахтпромальянс»



В.И. Сафонов

**Протокол и заключение по результатам испытания автоматической системы  
взрывоподавления АСВП-ЛВ.1М(ПГИ)**



Утверждаю:

Генеральный директор

АО «НЦ ВостНИИ»

Ю.М. Филатов

2018г.

**Протокол**

по результатам испытания автоматической системы взрывоподавления  
АСВП-ЛВ.1М.(ПГИ) ТУ 28.29.22-001-054348417-2017 в опытном штреке  
по определению предохранительных свойств промышленных ВВ  
на предмет визуального срабатывания

Комиссией в составе:

от АО «НЦ ВостНИИ»

- помощник генерального директора АО «НЦ ВостНИИ» по промышленной безопасности Артамонов Евгений Васильевич;
- заведующий лабораторией безопасности взрывных работ Варнаков Юрий Владимирович;
- старший научный сотрудник лаборатории безопасности взрывных работ Батраков Дмитрий Николаевич;
- научный сотрудник лаборатории безопасности взрывных работ Басарнов Артем Игоревич;
- инженер лаборатории безопасности взрывных работ Ткачев Анатолий Васильевич.

от ООО «Шахтпромальянс»

Директор Сафонов Владимир Иванович.

В условиях испытательного комплекса АО «НЦ ВостНИИ» в опытном штреке, предназначенном для оценки предохранительных свойств промышленных ВВ согласно требованиям ГОСТ 7140-98 «Вещества взрывчатые промышленные. Методы испытаний в метановоздушной и пылевоздушной смесях», 20.04.2018 г. были проведены испытания двух серийных систем пылеподавления АСВП-ЛВ.1М.(ПГИ) ТУ 28.29.22-001-054348417-2017.

Испытания проведены в соответствии с «Программой и методикой испытаний серийных автоматических систем взрывоподавления - локализации взрывов АСВП-ЛВ.1М.(ПГИ)», разработанной ООО «Геотехнология-Взрывозащита».

Автоматическая система взрывоподавления АСВП-ЛВ.1М.(ПГИ) ТУ 28.29.22-001-054348417-2017 изготовлена по технической документации ООО «Геотехнология-Взрывозащита».

Образцы автоматической системы пылеподавления АСВП-ЛВ.1М.(ПГИ) ТУ 28.29.22-001-054348417-2017 проверялись на предмет их срабатывания от воздействия ударной воздушной волны (УВВ), образующейся при воспламенении метановоздушной смеси с концентрацией метана ( $9,0 \pm 0,5$ ) % по объему, и оцениваемой визуально по факту распыления пламегасящего порошка «Оберег» из бункера системы.

**ВЫВОДЫ**

1. Представленные образцы автоматической системы взрывоподавления АСВП-ЛВ.1М.(ПГИ) ТУ 28.29.22-001-054348417-2017 соответствуют конструкторской и нормативной

документации, согласно требованиям которой были изготовлены ООО «Геотехнология-Взрывозащита».

2. При воспламенении метановоздушной смеси с концентрацией метана ( $9,0 \pm 0,5$ ) % по объему, визуально пламегасящий порошок «Оберег» из бункера системы АСВП-ЛВ.1М. (ПГИ) ТУ 28.29.22-001-054348417-2017 расплылся полностью без остатков в бункере.

3. Выносные штанги, приемные щиты и подвеска не деформированы.

4. Согласно разделам и подразделам «Программы и методики испытаний серийных автоматических систем взрывоподавления - локализации взрывов АСВП-ЛВ.1М. (ПГИ)», разработанной ООО «Геотехнология-Взрывозащита» были рассмотрены следующие вопросы:

- 1 Объект испытаний;
- 2 Назначение изделия;
- 3 Техническая характеристика;
- 4 Организация и порядок проведения испытаний;
- 5.1 Проверка работоспособности;
- 6.1 Общая проверка;
- 6.2 Проверка функциональных параметров работоспособности;
- 7.1 Срабатывание системы.

5. Контроль качества пламегашения и/или проскакивания пламени после срабатывания автоматической системы взрывоподавления - локализации взрывов АСВП-ЛВ.1М. (ПГИ) ТУ 28.29.22-001-054348417-2017, «Программой и методикой...» проведения испытаний, разработанной ООО «Геотехнология-Взрывозащита», в опытном штреке АО «НЦ ВостНИИ» не предусмотрен, вследствие невозможности полного воспроизведения условий испытаний в опытном штреке конкретным условиям применения испытуемых изделий.

от ООО «Шахтпромальянс»

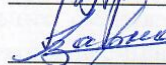


В.И. Сафонов

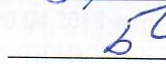
от АО «НЦ ВостНИИ»



Е.В. Артамонов



Ю.В. Варнаков



Д.Н. Батраков



А.И. Басарнов



А.В. Ткачев



**АО НАУЧНО - ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ГОРНОЙ ГЕОМЕХАНИКИ  
И МАРКШЕЙДЕРСКОГО ДЕЛА - МЕЖОТРАСЛЕВОЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР**

**ВНИМИ**

**КЕМЕРОВСКИЙ ФИЛИАЛ**

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ № 01/05-И/18 от 15.05.2018 г. по теме:  
«Установление времени срабатывания системы  
взрывоподавления-локализации взрывов  
АСВП-ЛВ.1М(ПГИ) по результатам  
натурных испытаний»**

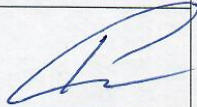
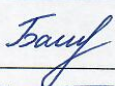
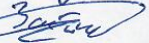
Директор  
Кемеровского филиала  
АО «ВНИМИ», к. т. н.



П.В. Гречишкин

Кемерово 2018

## Исполнители

| Должность             | Выполненная работа            | Фамилия                     | Подпись   |
|-----------------------|-------------------------------|-----------------------------|---|
| Заместитель директора | Научное руководство, раздел 8 | Разумов Евгений Анатольевич |  |
| Инженер               | Раздел 4, 5, 6, 7             | Баширов Федор Фаритович     |  |
| Техник                | Раздел 1, 2, 3                | Зайцев Ярослав Игоревич     |  |

**Оглавление**

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1. ВВЕДЕНИЕ</b>  | <b>4</b>  |
| 1.1. Основание для разработки заключения  | 4         |
| 1.2. Сведения об организации-исполнителе  | 4         |
| <b>2. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ЗАКАЗЧИКЕ</b>  | <b>5</b>  |
| <b>3. ЦЕЛЬ ИСПЫТАНИЙ</b>  | <b>6</b>  |
| <b>4. КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЪЕКТА ИСПЫТАНИЙ</b><br>ОШИБКА! ЗАКЛАДКА НЕ ОПРЕДЕЛЕНА. |           |
| <b>5. ХАРАКТЕРИСТИКИ ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИБОРОВ</b>  | <b>7</b>  |
| <b>6. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ</b>   | <b>8</b>  |
| <b>7. РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ</b>  | <b>12</b> |
| <b>8. ВЫВОДЫ</b>  | <b>14</b> |



## **1. ВВЕДЕНИЕ**

### ***1.1. Основание для разработки заключения***

Договор №01/04-Ц/18 от 16 апреля 2018 года. Наличие соответствующего измерительного оборудования (цифровой двухканальный осциллограф Tektronix TDS2012), который отсутствует в АО «ВостНИИ».

### ***1.2. Сведения об организации-исполнителе***

Акционерное общество «Научно-исследовательский институт горной геомеханики и маркшейдерского дела – межотраслевой научный центр «ВНИМИ» осуществляет свою деятельность на основании следующей лицензии, выданной Федеральной Службой по экологическому, технологическому и атомному надзору России: - ПМ 00-006034 от 28.11.2005 г. (переоформлена 24.10.2016 г. №1007-лп) на осуществление деятельности по производству маркшейдерских работ при пользовании недрами (бессрочная).

АО «ВНИМИ», включая все его филиалы (в том числе Кемеровский) является действительным членом Саморегулируемой организации, основанной на членстве лиц, выполняющих инженерные изыскания – Союз инженеров-изыскателей «Стандарт-Изыскания» СРОСИ-И-03043.2-21112016 (свидетельство от 21.11.2016 г) г. Санкт-Петербург и Саморегулируемой организации, основанной на членстве лиц, осуществляющих подготовку проектной 011 (свидетельство от 04.10.2016 г.), имеет Сертификат соответствия №ST.RU.0001.M0009803 от 07.10.2016 (срок до 07.10.2019 г.), выданный Федеральным агентством документации – Союз проектных организаций «Стандарт-Проект» СРОСП-П-05508.2-04102016 свидетельством по технологическому регулированию и метрологии, удостоверяющий систему менеджмента качества выполняемых работ требованиям ГОСТ Р ISO 9001-2015 (ISO 9001:2015). АО ВНИМИ имеет

страхование гражданской ответственности за причинение вреда вследствие недостатка выполняемых работ.

В структуре Кемеровского филиала АО «ВНИМИ» четыре научно-исследовательские лаборатории: горных ударов и горного давления, геодинамики, сейсмических исследований, методики маркшейдерских работ. Специалисты института выполняют научно-исследовательские работы в области геомеханики, геофизики и маркшейдерского дела, направленные на повышение безопасности, эффективности, экологичности горных производств и объектов.

Почтовый адрес: 650099, Кемерово, Советский проспект 63а.

e-mail: [kf@vnimi.ru](mailto:kf@vnimi.ru).

## **2. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ЗАКАЗЧИКЕ**

Заказчик – Общество с ограниченной ответственностью «Геотехнология-взрывозащита», производитель и патентообладатель систем взрывоподавления-локализации взрывов АСВП-ЛВ.1М(ПГИ),

ИНН 5027246057, КПП 502701001, ОГРН 1165027060220

Почтовый адрес: 140005, Московская область, Люберецкий район, г. Люберцы, ул. Смирновская, 32-92.

Генеральный директор: Джигрин Анатолий Владимирович.



### 3. ЦЕЛЬ ИСПЫТАНИЙ

Установление величины задержки времени между инициирующим ударом по приемному щиту и срабатыванием системы в виде разрыва диафрагмы на бункере устройства локализации взрывов УВЛ.

#### Задачи:

- 1) разработка принципиальной схемы системы регистрации задержки времени между инициирующим ударом по приемному щиту и срабатыванием системы АСВП-ЛВ.1М (ПГИ);
- 2) монтаж системы регистрации;
- 3) проведение испытаний с регистрацией параметров срабатывания системы АСВП-ЛВ.1М (ПГИ).

### 4. КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЪЕКТА ИСПЫТАНИЙ

Технические характеристики системы АСВП-ЛВ.1М (ПГИ).


|    |   |                |
|----|---|----------------|
| 1. | Рабочее давление газообразного ингибитора или его смеси со сжатым воздухом в рабочей полости УЛВ.1М, МПа. | 15             |
| 2. | Объем рабочей полости, л  | 3,29           |
| 3. | Инерционность срабатывания системы, мс  | 25÷30          |
| 4. | Минимальная чувствительность срабатывания системы, при давлении на фронте ударновоздушной волны, МПа      | 0,02           |
| 5. | Полезный объем для размещения огнетушащего порошка, л   | 27,4           |
| 6. | Масса огнетушащего материала размещаемого в системе, кг   | Не менее<br>25 |



## 5. ХАРАКТЕРИСТИКИ ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИБОРОВ

Для обеспечения высокой точности регистрации времени срабатывания системы АСВП-ЛВ.1М (ПГИ) использован цифровой двухканальный осциллограф Tektronix TDS 2012. Технические характеристики приведены в табл. 1.

Таблица 1. Основные характеристики и функции Tektronix TDS 2012

| Модель   | Число каналов | Полоса пропускания | Частота выборки | Экран   |
|--|---------------|--------------------|-----------------|---------|
| TDS2012  | 2             | 100 МГц            | 1,0 Гвыб/с      | Цветной |
| <b>Функции</b>   |               |                    |                 |         |
| Контекстно-зависимая справочная система  |               |                    |                 |         |
| Цветной или монохромный жидкокристаллический экран   |               |                    |                 |         |
| Настраиваемый предел полосы пропускания 20 МГц   |               |                    |                 |         |
| 2500 отсчетов на каждый канал  |               |                    |                 |         |
| Меню автоустановки   |               |                    |                 |         |
| Мастер проверки пробника   |               |                    |                 |         |
| Курсоры и поля значений  |               |                    |                 |         |
| Поле частоты синхронизации   |               |                    |                 |         |
| Одиннадцать автоматических измерений   |               |                    |                 |         |
| Усреднение сигнала и пиковая детекция  |               |                    |                 |         |
| Две шкалы времени  |               |                    |                 |         |
| Математическая функция БПФ   |               |                    |                 |         |
| Режим синхронизации по длительности сигнала  |               |                    |                 |         |
| Режим синхронизации по видеосигналу с возможностью выбора строки                             |               |                    |                 |         |
| Внешняя синхронизация  |               |                    |                 |         |
| Запоминание настроек и осциллограммы   |               |                    |                 |         |
| Различные режимы послесвечения экрана  |               |                    |                 |         |
| Порты RS-232, GPIB и Centronics с дополнительным коммуникационным модулем расширения TDS2CMA |               |                    |                 |         |
| Выбор пользователем языка интерфейса (10 языков)   |               |                    |                 |         |
|          |               |                    |                 |         |

## 6. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ

Для испытаний используется система АСВП-ЛВ.1М (ПГИ) заряженная сжатым воздухом, но не заряженная огнетушащим порошком и ингибитором. Требуется измерить задержку времени между ударом по приемному щиту (рис. 1а) и разрывом диафрагмы с обратной стороны (рис. 1б). для регистрации времени срабатывания монтируется электрическая цепь с двумя датчиками и осциллографом. В качестве датчиков используются проволоки, которые разрываются в момент воздействия нагрузок.

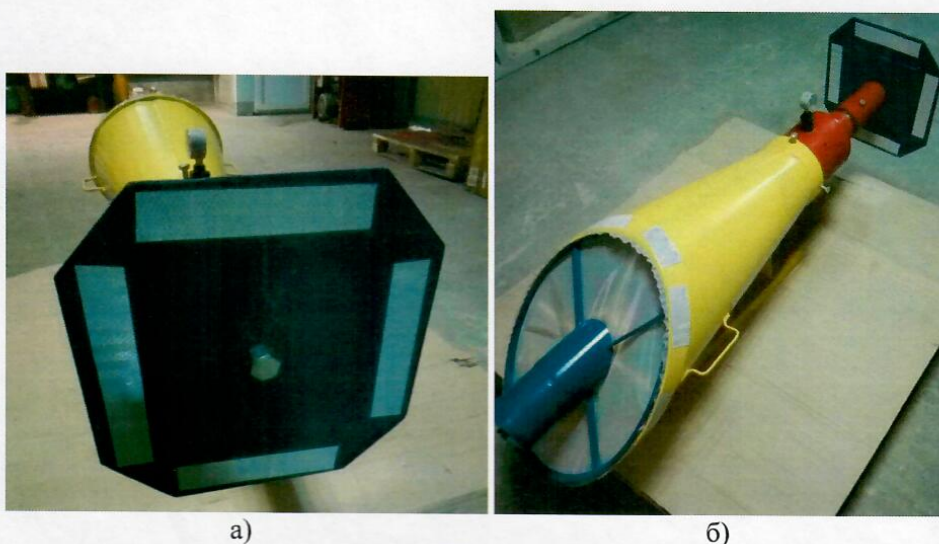


Рис. 1. Установка АСВП-ЛВ.1М (ПГИ) смонтирована на основание для испытаний

Принципиальная электрическая схема регистрации времени срабатывания системы АСВП-ЛВ.1М (ПГИ) представлена на рис. 2. В результате инициирующего удара по приемному щиту разрывается провод 1-2 и питание от батареи по цепи 5-3-4-8-7-6 поступает на осциллограф, с этого момента производится отсчёт времени. После этого происходит срабатывание системы АСВП-ЛВ.1М (ПГИ) и разрыв диафрагмы на бункере УВЛ вместе с проводом 7-8, в результате чего подача питания на вход осциллографа прекращается. Промежуток времени подачи питания является задержкой времени между инициирующим ударом по приемному щиту и срабатыванием системы АСВП-ЛВ.1М (ПГИ).



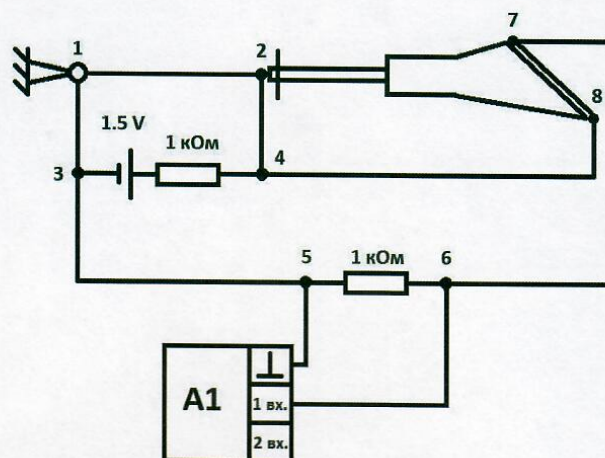


Рис. 2. Принципиальная электрическая схема регистрации времени срабатывания АСВП-ЛВ.1М (ПГИ)

Для проведения испытаний системы АСВП-ЛВ.1М (ПГИ) была смонтирована цепь согласно рис. 3.



а)



б)



в)

Рис. 3 Фотографии ключевых элементов системы регистрации времени срабатывания АСВП-ЛВ.1М (ПГИ)

Проволока 1-2 (рис. 2), при разрыве которой начинается подача питания на осциллограф, показана на рис. 3а, 7-8, при разрыве которой прекращается подача питания – на рис. 3в, осциллограф подключен. Давление в системе - на рис. 3б.

На рис. 4 показан разрыв проволок 1-2 (а) и 7-8 (б) при проведении испытаний и давление в системе после испытаний (см. рис. 4в)



а)

б)



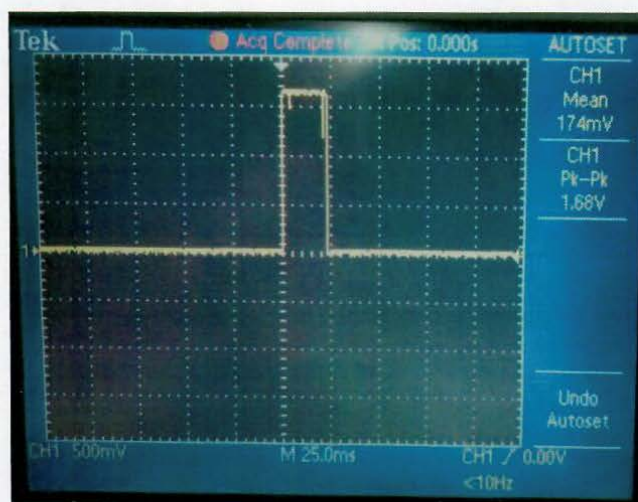
в)

Рис. 4 Фотографии элементов системы регистрации времени после срабатывания АСВП-ЛВ.1М (ПГИ)

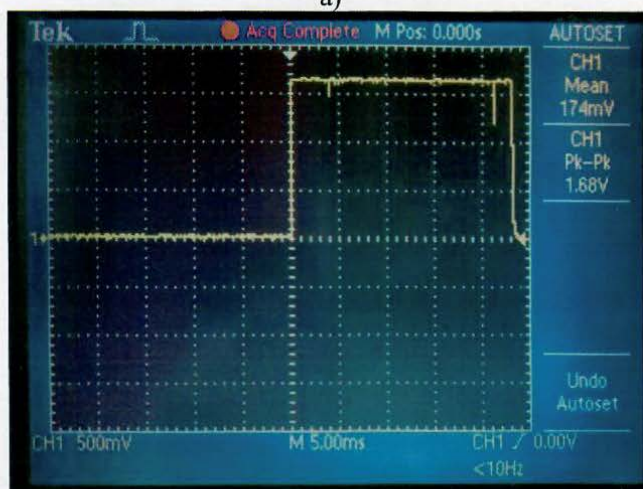


## 7. РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ

Осциллограмма, полученная по результатам испытаний представлена на рис. 5



а)



б)

Рис. 5 Осциллограмма, отражающая время срабатывания АСВП-ЛВ.1М (ПГИ):  
а) с развёрткой 25 мс;  
б) с развёрткой 5 мс

На рис. 5 видно, что по результатам испытаний, время срабатывания АСВП-ЛВ.1М (ПГИ) составило 23 мс.





### 8. Выводы

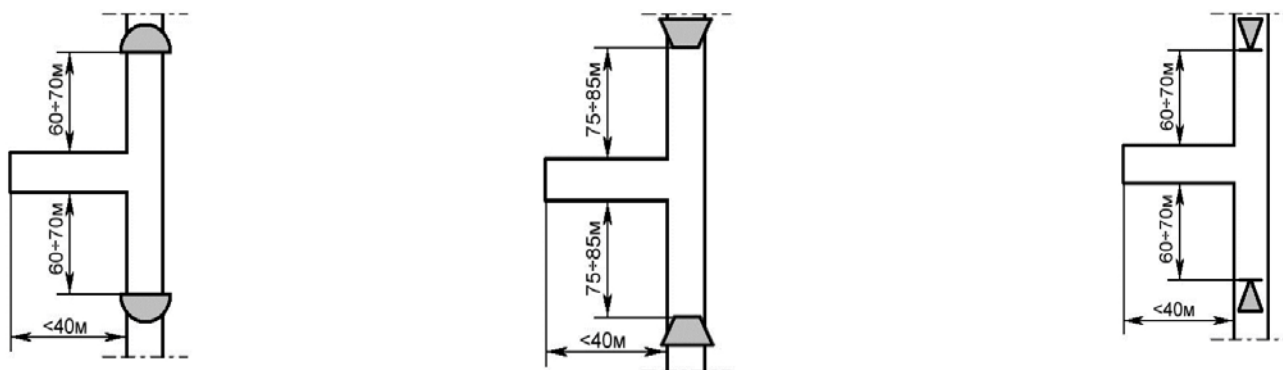
1. По результатам испытаний задержка времени между инициирующим ударом по штанге приемному щиту и срабатыванием установки в виде разрыва диафрагмы на бункере устройства локализации взрывов УВЛ составило 23 мс.
2. Фактическая инерционность системы АСВП-ЛВ.1М (ПГИ) удовлетворяет заявленным техническим характеристикам (до 30 мс).



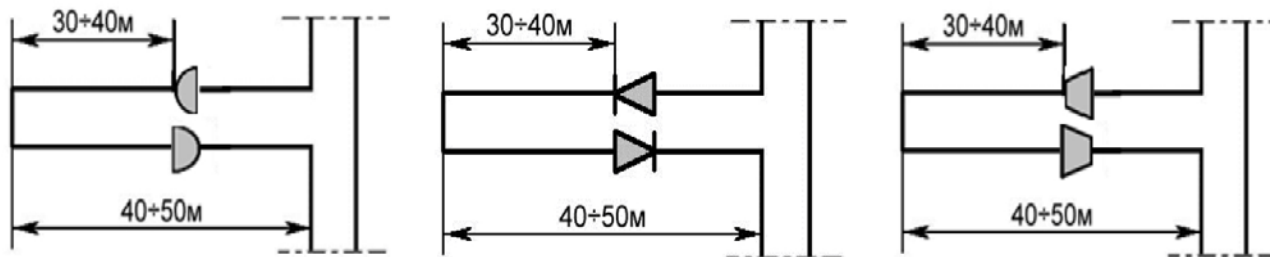
**Схемы установки различных взрыволокализирующих заслонов**

На рисунках настоящего приложения используются следующие условные обозначения:

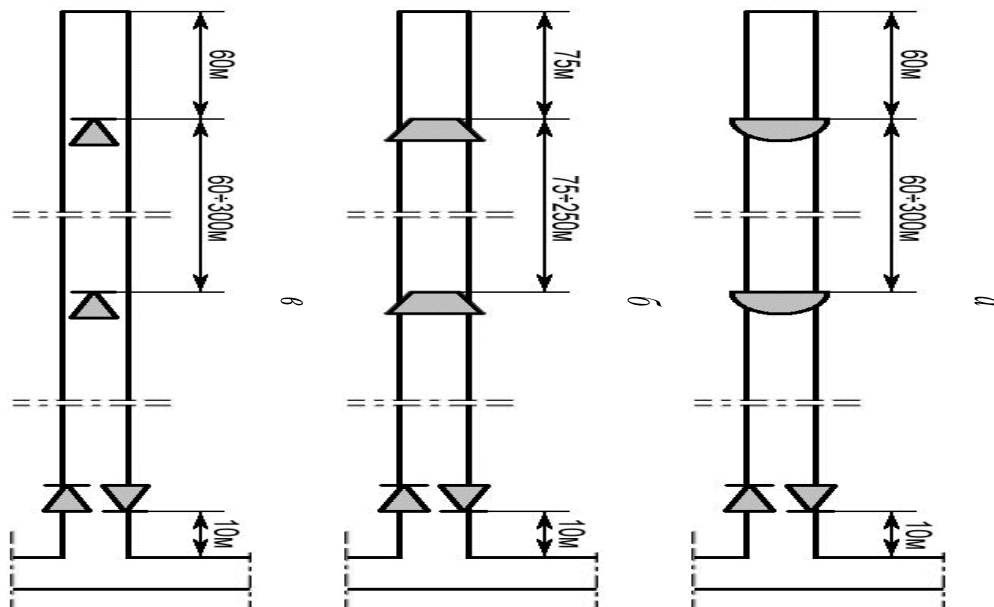
-  – сланцевый взрыволокализирующий заслон;
-  – водяной взрыволокализирующий заслон;
-  – автоматический взрыволокализирующий заслон;
-  – направление вентиляционного потока.



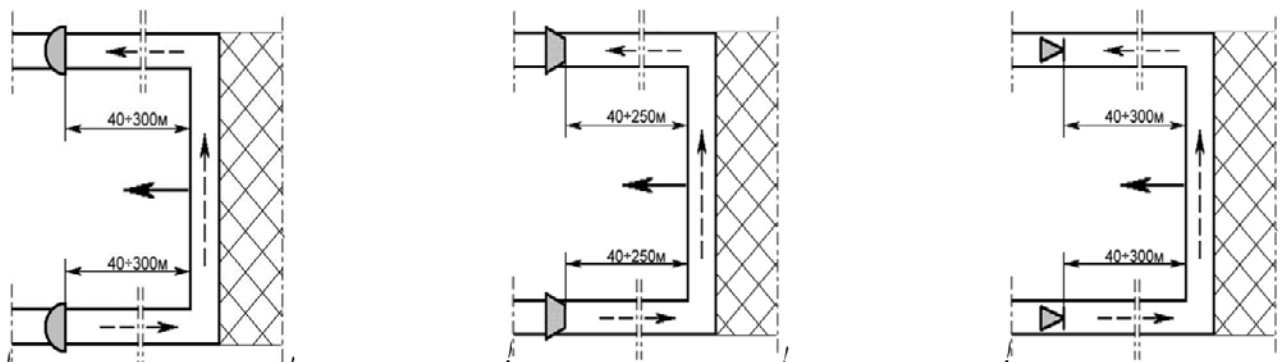
**Рисунок 1** - Схемы установки заслонов в выработке, сопряженной с подготовительной выработкой, проводимой по углю или по углю и горной породе, длиной меньше 40 м



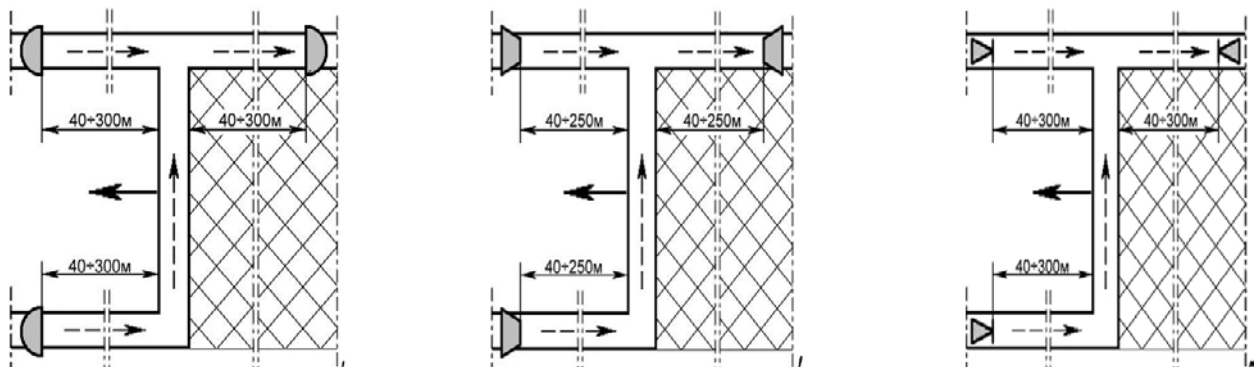
**Рисунок 2** - Схемы установки заслонов в подготовительной выработке длиной 40–50 м



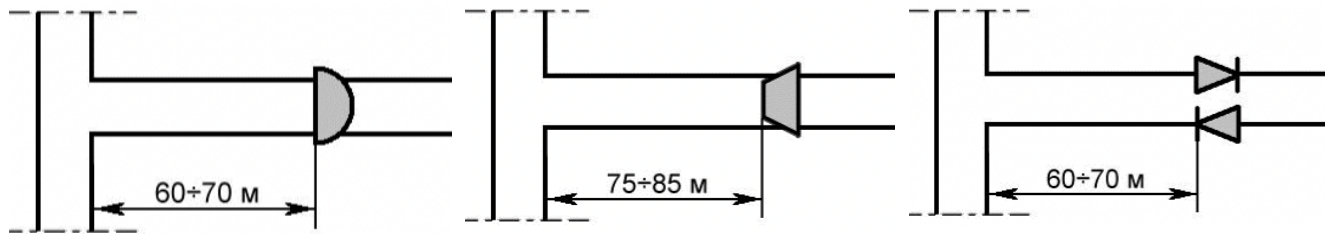
**Рисунок 3 - Схемы установки заслонов в подготовительной выработке**



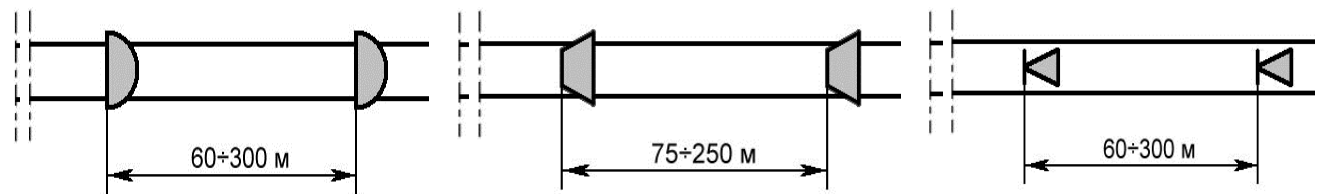
**Рисунок 4 - Схемы установки заслонов от сопряжения с очистной выработкой по ходу движения забоя в конвейерной и вентиляционной выработке с возвратной схемой проветривания**



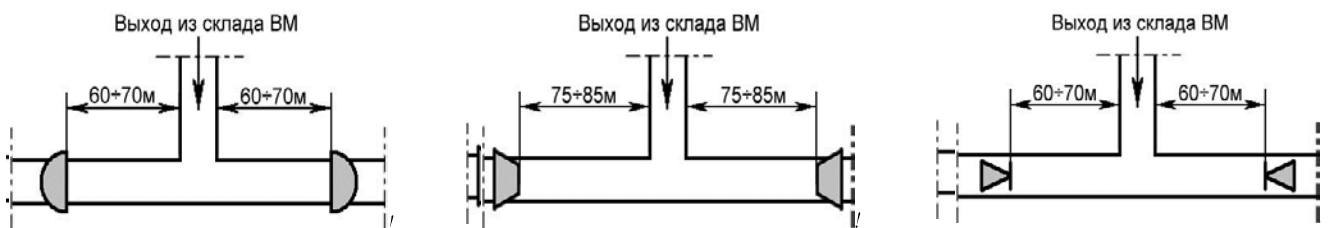
**Рисунок 5 - Схемы установки заслонов от сопряжения с очистной выработкой в конвейерной выработке и в вентиляционной выработке, по которой отводится вентиляционная струя при прямоточных с подсвеживанием схемах проветривания**



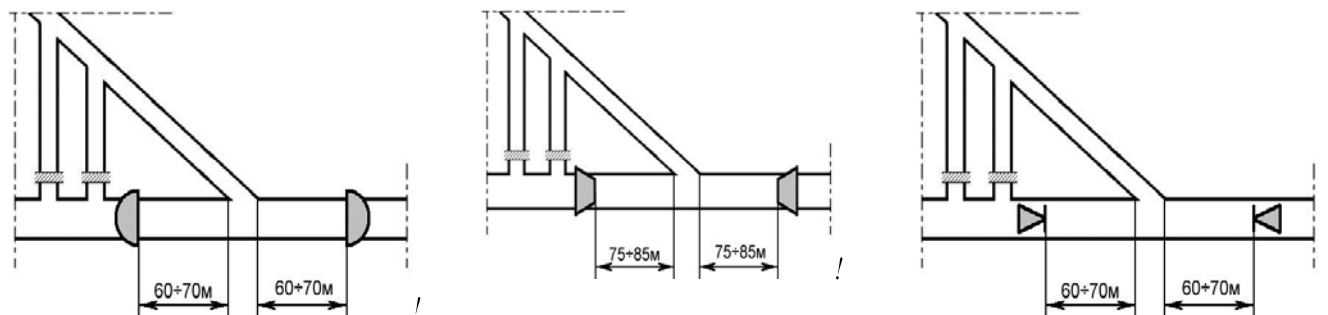
**Рисунок 6** - Схемы установки заслонов в конвейерной и вентиляционной выработках у сопряжений данных выработок с бремсбергами, уклонами, квершлагами



**Рисунок 7** - Схемы установки заслонов в выработках, оборудованных ленточными конвейерами



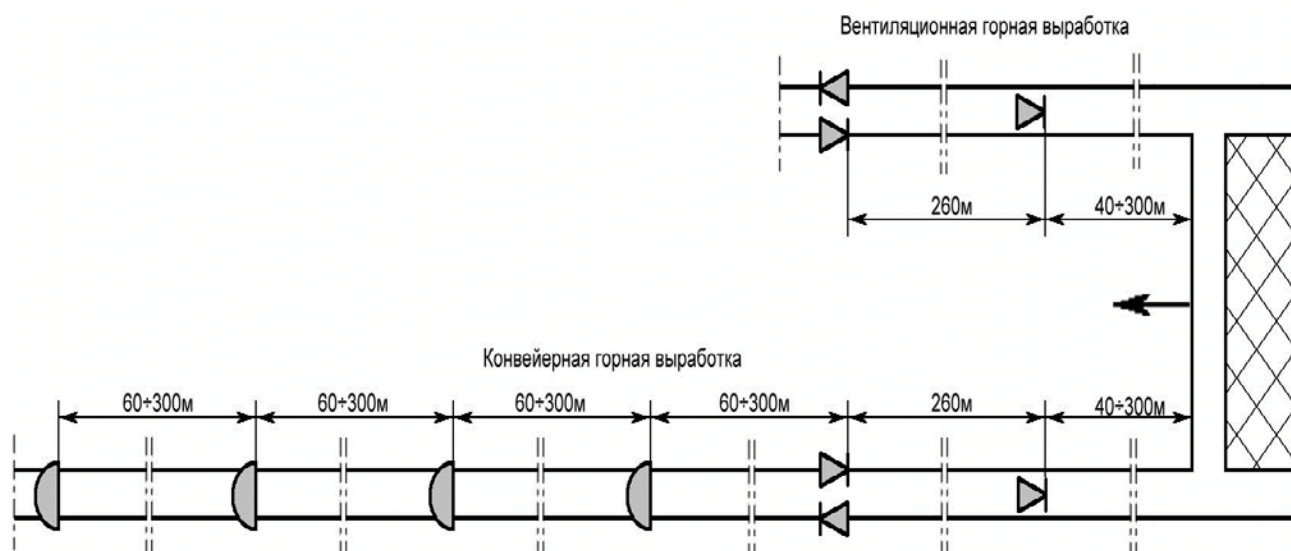
**Рисунок 8** - Схемы установки заслонов в выработках, сопряженных с выходами из склада ВМ



**Рисунок 9** - Схемы установки заслонов в действующей выработке с двух сторон от ее сопряжения с газодренажной выработкой



**Рисунок 10 - Схемы установки двух видов заслонов в подготовительной выработке**



**Рисунок 11 - Схемы установки двух видов заслонов на выемочном участке**