

торосов на внутренних водоёмах. Морские суда снабжения можно оборудовать ЛПВП для обслуживания арктических буровых платформ. В этом случае шельфовое сооружение не будет испытывать критических нагрузок при подходе судна, т.к. ломка льда с помощью ЛПВП не приводит к образованию существенных горизонтальных составляющих нагрузок, как у обычного ледокола.

#### Список использованных источников

1. Зуев В.А. Малахов П.А. Рябинкин А.Б., Козин В.М. Экспериментальные исследования взаимодействия СВП с ледяным покровом при резонансном способе / Вопросы теории прочности и проектирования судов, плавающих во льдах. Горький: Изд-во ГПИ, 1984.
2. Зуев В.А. Средства продления навигации на внутренних водных путях // Л.: Судостроение. – 1986. – с. 207.
3. Козин В. М. Резонансный метод разрушения ледяного покрова. Изобретения и эксперименты. – 2007.

УДК 622.831.332

### ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ ВНЕЗАПНЫХ ВЫБРОСОВ СОЛИ И ГАЗА ИЗ ПОРОД ПОЧВЫ КАЛИЙНЫХ ПЛАСТОВ

*Сиренко Ю.Г., к.т.н., доцент  
Санкт-Петербургский горный университет*

За последние два десятилетия учеными внесен существенный вклад в исследование природы возникновения и протекания различных газодинамических явлений (ГДЯ), созданы методы прогнозирования и предотвращения их известных видов. Однако практика ведения горных работ на Третьем калийном пласте в условиях рудников ОАО «Беларуськалий» в последние годы показала, что не все ГДЯ достаточно изучены.

К числу практически мало исследованных газодинамических явлений относятся внезапные выбросы соли и газа из пород почвы Третьего калийного пласта в выработанном пространстве лав. Впервые внезапный выброс такого типа был зарегистрирован в 1996 году на Первом рудоуправлении ОАО «Беларуськалий» при отработке Третьего калийного горизонта. На сегодняшний день зарегистрировано одиннадцать подобных газодинамических явлений.

Такие выбросы представляют серьезную угрозу жизни и здоровью шахтеров за счет разлета кусков породы с высокой скоростью и интенсивного выделения горючих газов, характеризуются большой мощностью и внезапностью, вместе с тем их предупредительные признаки и предвестники на данный момент не изучены. Сочетание этих факторов объясняет необходимость исследовать механизм возникновения подобных ГДЯ и разработать эффективные способы их профилактики и предотвращения.

Исследования, излагаемые в данной работе, выполнялись по следующим направлениям:

– оценивались результаты предыдущих исследований (по литературным источникам, а также с использованием архивных материалов по интересующей тематике, в том числе инструментальных исследований непосредственно в шахтных условиях) [2];

– проводились аналитические исследования.

В настоящее время представляется возможным объяснить происхождение выбросов из пород почвы проявлением горного давления с одной стороны, и геологическим строением подстилающих пород с другой. Впервые на месторождении характер восстановления нагрузки на почву лавы позади отработанного пространства после выемки верхнего слоя изучался при внедрении комбинированной системы отработки Третьего калийного пласта [1]. В этом варианте верхний сильвинитовый слой вначале обрабатывался лавой, а затем с некоторым отставанием нижние слои камерной системой. Результаты измерений напряжений в междуходовых целиках при выемке нижнего слоя, а также измерения деформаций этих целиков в процессе очистной выемки было установлено наличие зон пониженных нагрузок в районе бортовых штреков верхней лавы.

Наличие аналогичных зон под отработанным пространством верхней лавы было обнаружено и на других участках шахтного поля при изучении параметров опорного давления по контуру выемочного столба [2].

Исследования геологического разреза слоя пород подстилающей каменной соли (СПКС), залегающих в почве Третьего калийного пласта, показали, что в его пределах неравномерно изменяются газоносность и газодинамические характеристики соляных пород. Свободные газы в СПКС, наличие и накопление которых и приводят к внезапным выбросам, в основном привязаны к контактам слоев различных горных пород, в частности пачки глинисто-соляных прослоек мощностью до 0,5 м и обладающей высокой газоносностью.

Методика шахтных экспериментальных исследований предусматривала бурение специальных исследовательских скважин в породы почвы подготовительных выработок лавы с последующим оборудованием замерных станций (пакеров) Кроме собственно бурения вертикальных скважин в почву горных выработок, в процессе бурения устанавливали точное местоположение контакта «слой подстилающей каменной соли». Суммарное время наблюдений за динамикой изменения во времени давления свободных газов в породах почвы подготовительных выработок лавы составляло примерно 1,5-2 мес.

Наибольшие концентрации свободных газов обнаружены при отходе лав от монтажных штреков и на сопряжениях лав с бортовыми штреками. Изменения газовыделения, замеренного в специально пробуренных для этого скважинах, связаны с влиянием горных работ на зону передового опорного давления (около 120 м от забоя по ходу движения лавы). В зоне передового опорного давления в СПКС наблюдается повышение газоносности до  $8,6 \text{ м}^3/\text{м}^3$ , давления свободных газов – до 5,1 МПа и начальной скорости газовыделения – до 8,8 л/мин [6]. Дополнительное влияние оказывает действие бокового опорного давления от соседних отработанных выемочных столбов и отработанных столбов по IV [3].

Эти данные были использованы при выборе и разработке мер предотвращения внезапных выбросов соли и газа, равно как и выборе мест заложения подготовительных выработок при выемке нижнего слоя.

К активным мерам предотвращения ГДЯ относятся управление горным давлением с помощью специальных работ (например, бурения разгрузочных скважин), проведение взрывных работ с целью планового инициирования выбросов, и, наконец, дегазация массива.

Профилактическая дегазация подстилающей толщи пород почвы монтажных, бортовых и закладочных штреков, расположенных в поле лав, а также сопряжений штреков, расположенных в поле лав с другими штреками и выработками различного назначения подразумевает бурение дегазационных скважин со следующими параметрами: диаметр скважин – не менее 40 мм; расстояние между дегазационными скважинами – не более 10 м; глубина скважины должна обеспечивать перебуривание контакта «СПКС-12-я ГКП» не менее чем на 0,2 м.

Возможно бурение дополнительных дренажных шпуров в почву диагональных сбоек у конвейерного штрека и в середине верхней и нижней лав, где наблюдается наибольшее расслоение пород. Все операции по бурению должны производиться буровыми станками с дистанционным управлением [4].

К пассивным методам относятся способы с использованием напочвенных щитов, пригнуженных породой и установленных за крепью сопряжения, либо с использованием дополнительных секций крепи. При этом они должны перекрывать не менее  $6 \text{ м}^2$  и находиться на расстоянии не менее 3,5 м от забоя (по результатам аналитических исследований) [5].

#### Список использованных источников

1. Пермяков Р.С., Николаев Ю.Н., Зеленкин В.Н., Губанов В.А. Комбинированная система разработки Третьего калийного пласта на Старобинском месторождении. Горный журнал. – 1981. – №10. – С.20-23.
2. Губанов В.А., Поляков А.Л., Щерба В.Я. Исследование характера восстановления нагрузки на почву лавы позади очистного забоя после выемки верхнего слоя в условиях Третьего горизонта ПО «Беларуськалий». Горная механика. – 2002. – №3-4. – С.39-44.
3. Андрейко С.С., Литвиновская Н.А., Сиренко Ю.Г., Чаянов А.Б. Предотвращение газодинамических явлений из почвы горных выработок при различных вариантах столбовой системы разработки на рудниках ОАО «Беларуськалий». Горный журнал. – 2018. – №8. – С.29-33.

4. Сиренко Ю.Г., Зубов В.П., Петраков Д.Г., Господариков А.П. Способ разработки мощных газоносных пластов (варианты). Патент RU № 215001 С17Е21С41/18, Бюл. № 15, 27.05.2000.
5. Петраков Д.Г. Предотвращение внезапных выбросов соли и газа в выработанном пространстве лав. Диссертация на соискание ученой степени к.т.н. – Санкт-Петербург, 1999.
6. Литвиновская Н.А. Газоносность и газодинамические характеристики пород почвы при слоевой выемке Третьего калийного пласта в условиях рудников ОАО «Беларуськалий» // Стратегия и процессы освоения георесурсов: сб. науч. тр. – Пермь: Изд-во ГИ УрО РАН, 2016. – Вып. 14. – С. 315-317.

УДК 621.6-52

## **ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОЦЕССА ТРАНСПОРТИРОВКИ МНОГОФАЗНЫХ ПОТОКОВ НА ОСНОВЕ ВНЕДРЕНИЯ РАДИОИЗОТОПНОЙ СИСТЕМЫ УЧЕТА УГЛЕВОДОРОДОВ**

*Старшая В.В., Коптева А.В.  
Санкт-Петербургский горный университет*

На сегодняшний день технологический уровень развития инфраструктуры нефтегазового комплекса является недостаточным для реализации информационно-технической поддержки процессов транспортировки углеводородов, включая непрерывное покомпонентное измерение состава и расхода жидких сред. Существующее информационное обеспечение отечественных нефтегазовых компаний следует охарактеризовать как избыточное, устаревшее и слабо интегрируемое [1]. Причинами этого становится: отсутствие у руководства нефтегазовых компаний понимания возможностей использования современных средств информационной поддержки, острая нехватка финансирования комплексного развития ИТ в вертикально-интегрированных компаниях, недостаток квалифицированных кадров в данной сфере, неразвитость среды коммуникаций между подразделениями ВИНК, отсутствие эффективной информационной инфраструктуры территориально разрозненных производств и должного уровня интеграции существующего информационного сопровождения деятельности нефтегазовых корпораций.

За счет использования устаревшего оборудования и отсутствия технологических изменений в топливно-энергетическом комплексе появляется ряд таких существенных проблем, как:

- снижение надежности процесса транспортировки углеводородов;
- уменьшение объемов транспортируемых многофазных жидкостей;
- увеличение рисков возникновения масштабных техногенных аварий.

По этой причине количество аварий на магистральных нефтепроводах не перестает увеличиваться и продолжает вести к крупным финансовым потерям и экологическим катастрофам [3]. Аварии на трубопроводах наносят стране огромный ущерб, связанный с загрязнением окружающей среды, человеческими жертвами, нарушением снабжения нефтью потребителей и большими затратами на аварийные ремонты [4].

Благодаря исследованиям, проведенным на кафедре ЭиЭМ Санкт-Петербургского Горного университета при поддержке научно-производственной организации ООО «Комплекс-Ресурс» и ООО «Лукойл-Коми», была разработана многофункциональная радиоизотопная система мониторинга транспортируемых потоков. На основе данных разработок нами предлагается внедрить систему многофазных бессепарационных измерений жидких потоков раздельно по нефти, воде и свободному газу.

Принцип измерения основан на законе Гуго-Ламберта-Бера, характеризующего зависимость частоты гамма-излучения от плотности и линейного коэффициента ослабления вещества:

$$I_h = I_{h0} \cdot \exp(-\mu_{h0} \cdot d) = I_{h0} \cdot \exp(-\mu_h \cdot \rho \cdot d), \quad (1)$$

где  $I_{h0}$ ,  $I_h$  – интенсивности излучения начального и прошедшего через контролируемое вещество;  $\mu_{h0}$ ,  $\mu_h$  – линейный и массовый коэффициенты ослабления излучения средой.

Схематическое изображение установки приведено на рисунке 1, где 1 – участок трубы с многокомпонентным потоком, движущимся со скоростью  $V$ ; 2 – пузырьки свободного газа;