

РУДНИЧНАЯ АЭРОГАЗОДИНАМИКА И ГОРНАЯ ТЕПЛОФИЗИКА

УДК 622.831

DOI:10.7242/echo.2023.1.16

ГАЗОДИНАМИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ ПРИ ПРОХОДКЕ ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК ВО ВМЕЩАЮЩИХ ПОРОДАХ В ПОДЗЕМНОМ РУДНИКЕ «УДАЧНЫЙ»

С.С. Андрейко

Горный институт УрО РАН, г. Пермь

Аннотация: Выполнен анализ геологических условий ведения горных работ в подземном руднике «Удачный». Дана характеристика тектонической структуры участка локализации трубки «Удачная», осложненной многочисленными субвертикальными, наклонными и субгоризонтальными разрывными нарушениями различной мощности и морфологии. В условиях подземного рудника «Удачный» разрывные нарушения представляют собой участки горного массива, которые в каждом конкретном случае могут быть выражены зонами повышенной трещиноватости, дробления, брекчирования, милонитизации, тектонического расщепления. Показано, что при залечивании зон трещиноватости вторичными минералами их газопроницаемость резко снижается, в массиве могут образовываться «экранированные» участки горных пород, в пределах которых будет происходить аккумуляция свободных газов и формирование локальных газонасыщенных зон, представляющих собой зоны газодинамической опасности при ведении горных работ в пределах таких локальных участков. Выполнен анализ результатов исследований газоносности горных пород по данным геологоразведочных работ с поверхности, который показал, что высоко газоносные интервалы пород приурочены, как правило, к нефтебитуминозным коллекторам. При этом величина газоносности массива пород может быть тесно увязана с его тектонической нарушенностью – возможностью миграции газов. Проведен анализ случаев разрушений приконтурной части массива горных пород при проходке подготовительных выработок буровзрывным способом во вмещающих породах. По визуальным признакам, механизму протекания и характеру разрушения известняков в рассмотренных случаях разрушения приконтурного массива данные инциденты следует относить к выбросам известняков и газа, инициированным буровзрывными работами.

Ключевые слова: подземный рудник, вмещающие породы, разрывные нарушения, известняки, газоносность, подготовительные выработки, буровзрывные работы, взрывной импульс, инициирование, газодинамические явления, полость разрушения, выбросы известняков и газа.

В настоящее время на подземном руднике «Удачный» АК «Алроса» (ПАО) при ведении подготовительных горных работ во вмещающих породах происходят газодинамические явления в виде инициированных буровзрывными работами выбросов известняков и газа, которые в силу внезапности и возможной большой интенсивности представляют серьезную угрозу жизни шахтеров, нарушают технологию ведения горных работ и параметры проходимых подготовительных выработок. На ликвидацию последствий выбросов известняков и газа на стадии проходки подготовительных выработок требуются существенные материальные затраты.

В мировой практике ведения горных работ проявление выбросов породы и газа в известняках является фактом уникальным и не имеет аналогов решения проблемы проведения выработок по напряженным и газонасыщенным породам. В этой связи появилась настоятельная необходимость в анализе известных в настоящее время сведений о газоносности пород удачинской свиты в условиях шахтного поля подземного рудника «Удачный», полученных по данным геологоразведочных работ с поверхности и по данным подземных геологоразведочных работ. Кроме этого, необходим анализ данных о газопроявлениях и газодинамической активности горных

пород в условиях шахтного поля подземного рудника «Удачный», на основании которого может быть дана обоснованная оценка вида разрушения приконтурной части массива горных пород при проходке подготовительных выработок ниже отм. –630 м буровзрывным способом.

Отработка месторождения трубки «Удачная» открытым способом завершена в 2015 году. Отработка подкарьерных запасов продолжена подземным способом. Вскрытие запасов месторождения произведено тремя вертикальными стволами, которые располагаются на единой промышленной площадке. Модель рудных тел кимберлитовой трубки Удачная по данным института «Якутнипроалмаз» представлена на рисунке 1.

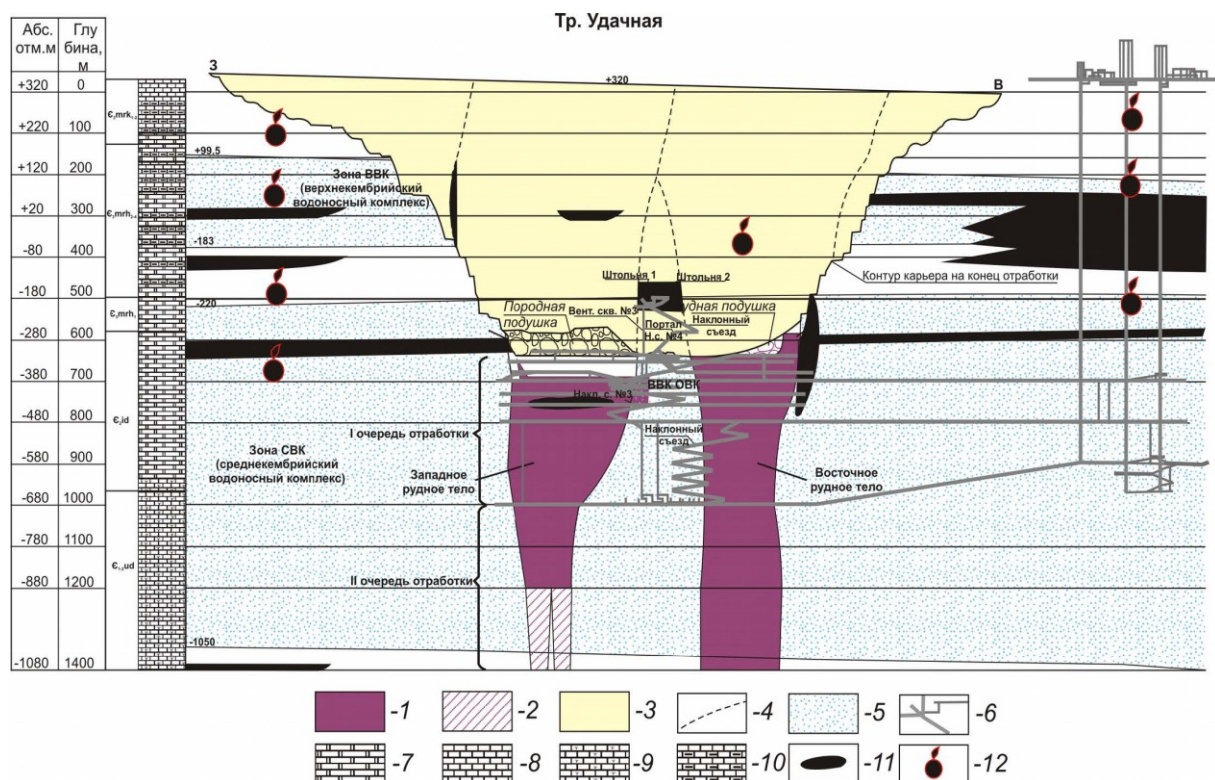


Рис. 1. Модель рудных тел кимберлитовой трубки Удачная:

- 1 – балансовые запасы, 2 – забалансовые запасы, 3 – отработанное пространство,
 4 – границы отработанных рудных тел, 5 – водоносные комплексы, 6 – горные выработки; состав пород:
 7 – доломиты, 8 – известняки, 9 – рифовые эпифитоновые известняки, 10 – глинистые известняки;
 11 – сплошь пропитанные нефтью участки пород, 12 – газопроявления

Кимберлитовая трубка «Удачная» приурочена к Вилуйско-Котуйской зоне разломов северо-западного простирания. Она состоит из двух рудных тел: Западного и Восточного. Разрез Удачинская свита ($\text{Є}_{1-2} \text{ud}$) вскрыт рядом гидрогеологических скважин. На участке проектируемых горных работ свита вскрыта в интервале 1008 м – 1479 м. Мощность удачинской свиты составляет 471 м. Сложена удачинская свита рифогенными эпифитоновыми известняками, обломочными известняками и доломитами фации «битая ракушка», реже – пористо-кавернозными доломитами, разнозернистыми известняковыми песчаниками, гравелитами, конгломератами. Разрез свиты настолько фациально изменчив (характерно для рифогенных образований), что корреляция отдельных пластов даже в близ расположенных скважинах невозможна. Нефтенасыщенность пород неравномерная, слабая. Породы слабо водонасыщены в виде увлажненности массива и редкого капеза насыщения, средне трещиноватые, трещины в основной

массе закрытые, субвертикальные. Отложения спорадически газонасыщены, количество нефти не значительно.

С отметки –640 м массив пород представлен кровельной частью удачинской свиты среднего кембрия (С_{1-2ид}), сложенным рифовыми эпифитоновыми известняками, чередующимися с карбонатной брекчией, мраморизованными известняками, глинистыми известняками, реже с глинистыми известковистыми доломитами, глинистыми пестроцветными известняками. Породы неравномерно пористо-кавернозные, на некоторых участках поры и каверны составляют до 10-15% объема породы и частично выполнены жидкой нефтью, кальцитом, реже ангидритом. В структурно-тектоническом отношении трубка «Удачная» приурочена к пересечению субширотной системы разломов с разломами северо-западного простирания. Месторождение состоит из двух кимберлитовых трубок, обособление которых происходит с глубины 250 м, в верхней части, на глубинах 0-250 м объединены в одно кимберлитовое тело. Расстояние между обособленными кимберлитовыми телами (западное и восточное) с глубиной возрастает: на отметке –480 м оно составляет 193 м, на отметке –680 м – 304 м. Разделяющий межтрубочный массив вмещающих карбонатных пород среднего и нижнего кембрия в пределах данного блока, в зоне сочленения диатрем сильно раздроблен и перемят. По степени трещиноватости породы сильно различаются. Вмещающие породы восточного рудного тела и межтрубья, как правило, относятся к сильнотрещиноватым (класс трещиноватости III-V), вмещающие породы западного рудного тела характеризуются, как правило, более низкой трещиноватостью (класс трещиноватости II-IV).

Тектоническая структура участка локализации трубки «Удачная» осложнена многочисленными субвертикальными (углы падения 60° и более), наклонными (углы падения 30-60°) и субгоризонтальными (углы падения менее 30°) разрывными нарушениями различной мощности и морфологии [1-5]. Разрывные нарушения представляют собой участки горного массива, которые в каждом конкретном случае могут быть выражены зонами повышенной трещиноватости, дробления, брекчирования, милонитизации, тектонического расщепления. Мощность таких зон колеблется от нескольких сантиметров до десяти и более метров. Разрывы первой группы создают блоковую делимость массива и служат вертикальными границами отдельных блоков, а разрывы последней группы являются их горизонтальными границами. Общая структура субвертикальных зон, развитых в пределах участка локализации трубки Удачная, следующая: в приконтактной части как в рудном теле, так и во вмещающих осадочных толщах развиты разрывы преимущественно северо-восточной ориентировки. Местами они образуют зоны сгущения и являются путями миграции газов и рассолов. По мере удаления от рудных тел определяющее значение в разрывной структуре приобретают разломы северо-западной ориентировки, которые в околоствольном пространстве сменяются разрывами север-северо-западного направления. Часть из них также насыщена газом, водой и нефтью. Наклонные разрывные нарушения менее развиты в массиве, нежели субвертикальные и субгоризонтальные. По внешнему виду они представляют собой зоны повышенной трещиноватости или расщепления мощностью от 0,7 м до 5-8 м, в редких случаях до 10 м. Большая часть зафиксированных наклонных зон располагается по периферии рудных тел (как в пределах кимберлитов, так и во вмещающих толщах), а углы падения направлены к их центральным частям трубок. Субгоризонтальные нарушения зафиксированы как во вмещающих отложениях, так и в рудных телах. Причем, в кимберлитах они представлены главным образом зонами повышенной трещиноватости мощностью 1-3 м, а во вмещающих – межслоевыми зонами повышенной трещиноватости или брекчирования мощностью до 5 м. В местах пересече-

ния пологих и субгоризонтальных зон нарушений (преимущественно в кровельных частях выработок) формируются вывалы и заколы.

Здесь следует отметить, что разрывные нарушения могут разнонаправленно влиять на фильтрационные свойства и, следовательно, газопроницаемость горных пород. Разнонаправленное действие разрывных нарушений на газопроницаемость горных пород может проявляться следующим образом. С ростом трещиноватости происходит увеличение фильтрационно-емкостных свойств и газопроницаемости в зонах разрывных нарушений и создаются условия для миграции свободных газов в породы вышележащей толщи с последующим возможным их рассеянием в массиве горных пород. Альтернативным вариантом является залечивание зон трещиноватости вторичными минералами: их газопроницаемость резко снижается, образуются «экранированные» участки массива горных пород, в пределах которых может происходить аккумуляция свободных газов и формирование локальных газонасыщенных зон, представляющих собой зоны газодинамической опасности при ведении горных работ в пределах таких локальных участков. Эти результаты исследований являются весьма важными с позиций возможного формирования в породах удачинской свиты в таких локальных зонах участков газонасыщенных вмещающих пород, которые будут представлять собой зоны, потенциально опасные по выбросам породы и газа при ведении подготовительных горных работ.

Проходка подготовительных выработок осуществляется буровзрывным способом с неэлектрической системой инициирования зарядов взрывчатого вещества. Бурение шпуров по забою производится двухстреловыми буровыми самоходными установками Sandvik DD-420, Sandvik DD-422i и пневмоперфораторами УТ-29-А и ПП-63.

Анализ результатов исследований газоносности по данным геологоразведочных работ с поверхности показал, что суммарное содержание сорбированных и свободных газов в породах месторождения трубки «Удачная» варьирует от долей единиц до $1,8-2,1 \text{ м}^3/\text{м}^3$ [6-13]. При этом установлено, что содержание сорбированных газов, как правило, выше, чем свободных. В составе как сорбированных, так и свободных газов основное место принадлежит азоту (30-60%) и углеводородам (24-45%), в подчиненных количествах представлены диоксид углерода (CO_2) и водород (H_2), генезис которого считается техногенным. Их содержания в свободных газах, как правило, не превышают первых процентов. Содержания углеводородных газов (УВГ) во вмещающих отложениях как по сорбированным, так и по свободным компонентам изменяются в широких пределах – от десятых долей до первых единиц $\text{м}^3/\text{м}^3$ породы. По данным геологоразведочных работ с поверхности установлено, что высокогазоносные интервалы пород приурочены, как правило, к нефтебитуминозным коллекторам. Средние значения газового фактора по свободным газам составляют $0,5 \text{ м}^3/\text{м}^3$. Величина газоносности массива пород может быть тесно увязана с его тектонической нарушенностью, т.е. возможностью миграции газов из смежного от точки опробования массива горных пород, что подтверждается спонтанными газопроявлениями при вскрытии приконтактных зон разных типов кимберлитов или рудных тел с вмещающими породами. Количество остаточных (связанных) газов в кимберлитах и осадочных породах месторождения варьирует в широких пределах: от тысячных долей до нескольких десятых $\text{м}^3/\text{т}$. На долю азота приходится, как правило, 70-85% от суммы газов. В подчиненных количествах находятся УВГ и CO_2 , которые составляют, соответственно, в среднем, 5-10% и 2-5% абс. Газоносность пород по углеводородным газам (УВГ) находится в широком диапазоне – от следов до $0,5 \text{ м}^3/\text{м}^3$. В составе УВГ фиксируется весь спектр гомологов метана, нередко до гексана включительно. На долю метана приходится от 20 до 100% от $\Sigma\text{УВГ}$. Одно-

возрастные отложений вмещающих пород характеризуются большими различиями в значениях газоносности пород по латерали. По данным опробования пород керногазоотборниками газоносность вмещающих пород и руд свободными и связанными (сорбированными и остаточными) газами до глубины –1080 м существенно различается как по вертикали, так и по латерали и может достигать $2,7 \text{ м}^3/\text{м}^3$. На основании анализа результатов исследований вмещающих пород удачинской свиты околотрубного и межтрубного массива месторождения трубки «Удачная» с помощью геологоразведочных скважин поземного бурения в отметках –750-820 м установлено, что породы характеризуются как породы слабой газообильности, которая достигает величины $0,54 \text{ м}^3/\text{час}$. Газоносность карбонатных пород удачинской свиты сильно зависит от структурно-тектонического и литолого-фациального факторов. Кимберлиты месторождения трубка «Удачная» в отметках исследований –750-820 м характеризуются как породы слабой газообильности. Газоносность кимберлитов месторождения сильно зависит от структурно-тектонического и петрографического факторов. По результатам исследований в скважинах дебиты пластовых газов в кимберлитах невелики – не превышали $0,1 \text{ м}^3/\text{час}$.

На подземном руднике «Удачный» 09.03.2022 года после проведения взрывных работ в подземной горной выработке сбойке № 3 с транспортным ортом горизонта – 630 м диспетчером рудника на мониторе регистратора аэрогазового состояния было зафиксировано повышение концентрации метана до 5,0% в забое сбойки № 3 после производства взрывных работ. К моменту прибытия в забой сбойки № 3 горного мастера концентрация метана снизилась до 3,5%. При осмотре после проведения взрывных работ забоя было обнаружено очень много отбитой горной породы. Было установлено, что после взрыва произошел вывал взорванной горной массы из забоя объемом около 280 м^3 (рисунок 2). Проходка сбойки № 3 и транспортного орта горизонта –630 м производилась буровзрывным способом. Сечение выработки арочной формы с проектной площадью сечения $28,3 \text{ м}^2$ (ширина $b = 5,56 \text{ м}$; высота $h = 5,48 \text{ м}$). Была произведена маркшейдерская съемка (сканирование) данного участка. В результате анализа съемки установлено: объем обнаженной полости в забое транспортного орта и сбойки № 3 после проведения БВР составил 340 м^3 (средняя длина 6,5 м; средняя ширина 8,0 м; средняя высота 6,5 м) при проектной уходке забоя выработки 2 м и объеме отбитой породы 59 м^3 . Породы в месте разрушения представлены отложениями удачинской свиты среднего кембрия (Є1-2 ud), в основной массе сложенным рифовыми эпифитоновыми известняками, чередующимися с карбонатной брекчией, мраморизованными известняками, глинистыми известняками, реже с глинистыми известковистыми доломитами, глинистыми пестроцветными известняками. Отложения с нарушенным залеганием, неравномерно окремненные. Диапазон изменения прочности пород при одноосном сжатии 55,8-108,2 МПа в среднем составляет $\sigma_{сж} = 86,7 \text{ МПа}$ с отнесением к средней прочности и прочным породам. В интервале развиты «сводовые» трещины, имеющие листрический профиль, степень трещиноватости средняя – 5-7 трещин на погонный метр. По интервалу развиты поры и каверны размерами от 5 см до 8 см, единичные достигают до 30,0-50,0 см по длинной оси. Пустоты частично заполнены природными рассолами, по стенкам обильные пленочные покрытия нефти, щетки, кристаллы кальцита и галита, друзы гипса и ангидрит-баритовой агрегации. Водо- рассолопроявление – в виде слабых струйно-капельных выделений с кровли и бортов выработки. Нефтепроявления – в виде редких натеков по бортам и кровле выработки. Забоем вскрыто тектоническое нарушение, выполненное кимберлитовой брекчией мощностью 0,4 м с азимутом простирания 65 градусов и углом падения 85-90 градусов. Видимая мощность кимберлитовой брекчии 0,40 м. Из рисунка 3 видно, что в полости разрушения развита сферически – радиальная трещиноватость,

характерная для полостей выбросов породы и газа [14-18]. На рисунке 4 приведена фотография полости разрушения забоя техсбойки № 3. Как видно из рисунка, 4 стенки полости разбиты характерной радиально-концентрической трещиноватостью. Характер разрушения известняков – наличие чешуеобразных пластин, оконтуривающих полость, свидетельствующих о разрушении приконтурного массива по механизму слоистого отрыва при распространении волны дробления. Кроме этого, в забое технологической сбойки № 3 наблюдается превышение величиной коэффициента использования шпуров (к.и.ш.) значения, равного единице. Как уже отмечалось выше, при разрушении пород в забое технологической сбойки № 3 было зафиксировано интенсивное газовыделение. Все эти факты позволяет сделать заключение о том, что в забое технологической сбойки № 3 произошло газодинамическое явление в виде выброса известняков и газа, инициированное буровзрывными работами (взрывным импульсом).

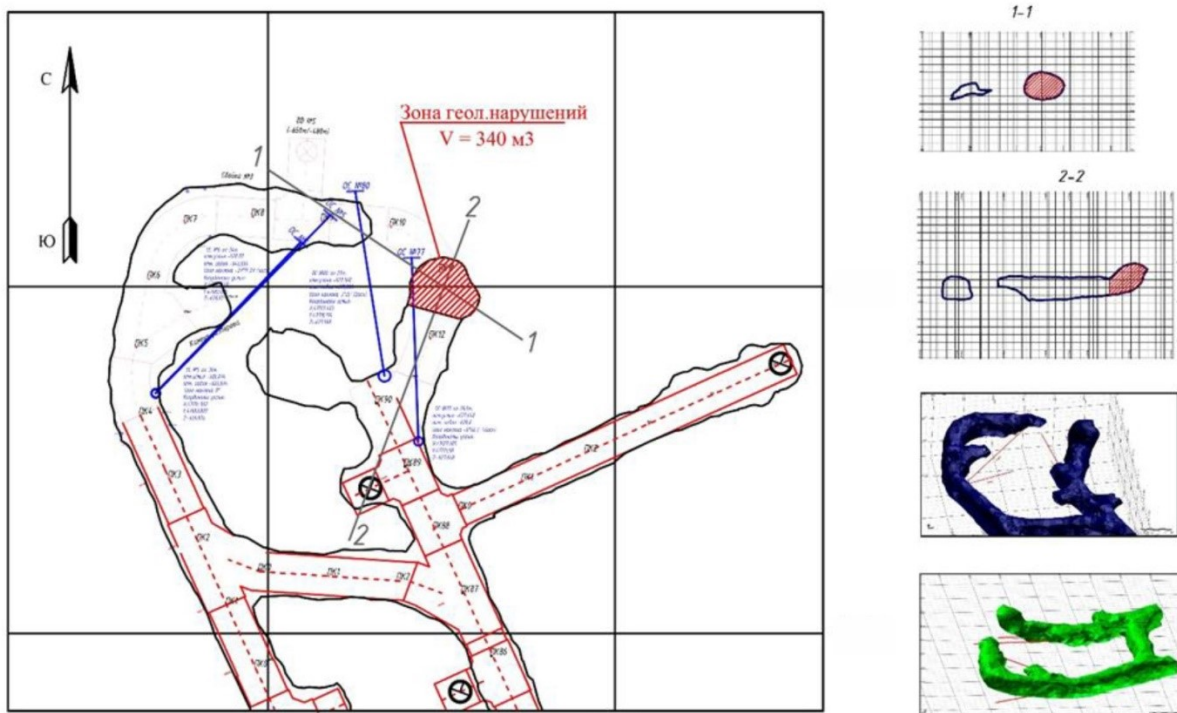


Рис. 2. Выкопировка из плана ведения горных работ на момент производства буровзрывных работ в сбойке № 3 с транспортным ортом горизонта –630 м (подземный рудник «Удачный»)

Второй случай разрушения приконтурного массива был зафиксирован при проходке выработки «Пункт отстоя самоходного оборудования (СО)» горизонта –630 м 08.04.2022 г. при производстве буровзрывных работ второй фазы, объем отбитой горной массы превысил предусмотренное расчетом в паспорте БВР. После выполнения работ по зачистке выработки от отбитой горной массы в верхней левой части забоя зафиксирован куполообразный вывал (рисунок 5).

Проходка выработки «Пункт отстоя самоходного оборудования (СО)» производилась на основании утвержденных паспортов БВР, предусматривающих разнесение во времени на 2 фазы (1-я фаза – создание дополнительной обнаженной поверхности в виде врубовой, 2-я фаза – доведение сечения выработки до проектных размеров). При обследовании забоя выработки на месте производства работ было установлено, что забоем выработки по направлению проходки вскрываются породы удачинской свиты (ϵ_{1-2ud}), сложенные мраморизованными известняками светло-серого до грязно-белого

окраса с редкими, неотчетливыми, невыдержанными, маломощными, субгоризонтальными прослоями темно-зеленых и коричневатато-серых известняков.

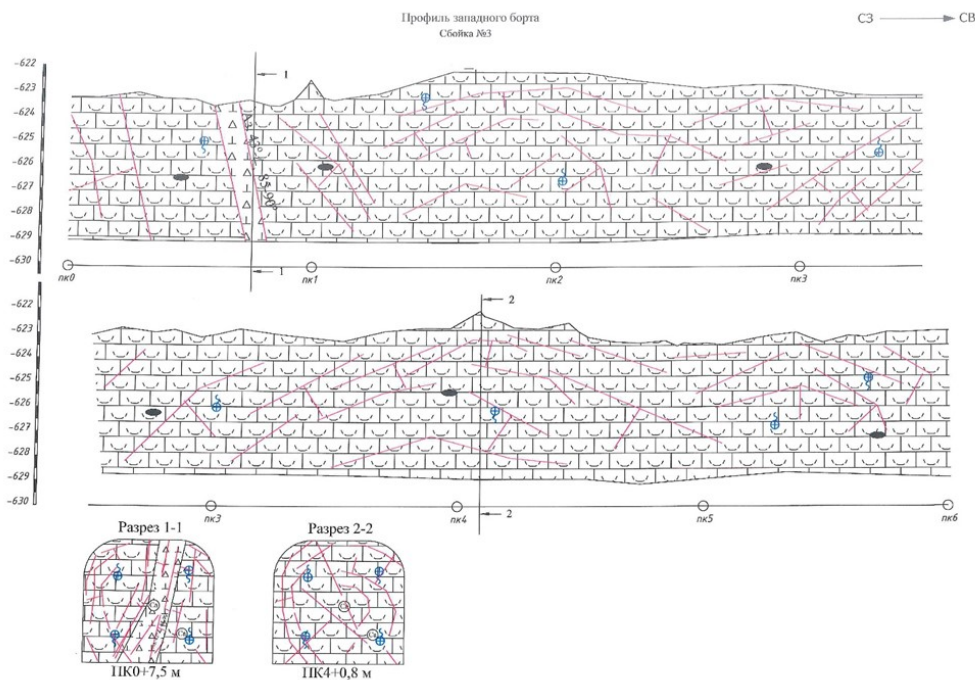


Рис. 3. Геологический разрез в месте разрушения известняков в технологической сбойке № 3 и транспортного орта горизонта –630 м (подземный рудник «Удачный»)



Рис. 4. Фотография стенок полости разрушения в забое технологической сбойки № 3 горизонта –630 м (подземный рудник «Удачный»)

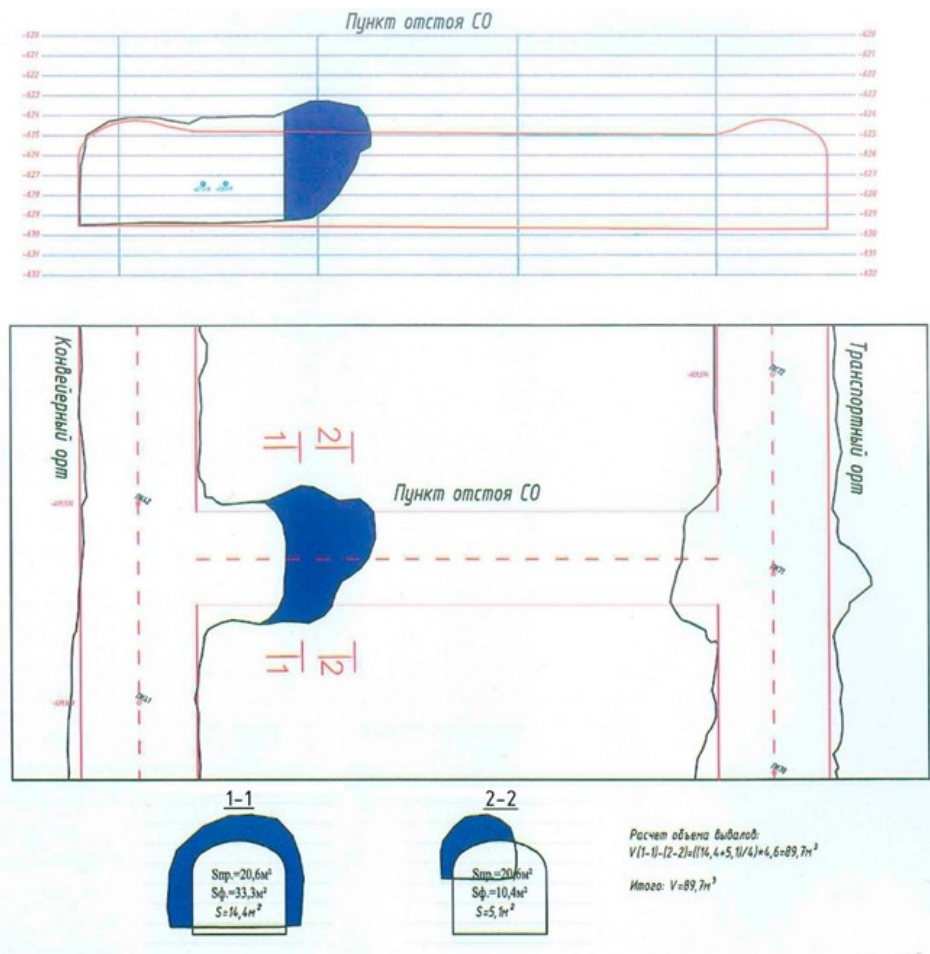


Рис. 5. Положение полости выброса породы и газа в забое пункта отстоя самоходного оборудования (СО) горизонта –630 м (подземный рудник «Удачный»)

Известняки пористо-кавернозные, каверны размером от 1-3 мм до 1,0 см по длинной оси, по стенкам которых развиты кристаллы кальцита. По порам распространены включения дисперсной нефти, образующие натеки на бортах и в кровле выработки. Как и в предыдущем случае, отмечается сферически-радиальная трещиноватость, образующая скорлуповато-плитчатые отдельные после проведения БВР (рисунок 6). Система трещин округлой формы, развитая в пласте известняков, разбивает породу на тонкую плитку (толщиной 3,0-10,0 см). Объем разрушенной породы ориентировочно составил 89,7 м³ или примерно 238 т. По визуальным признакам и характеру разрушения известняков в рассмотренных двух случаях разрушения приконтурного массива данные инциденты следует относить к выбросам известняков и газа, инициированных буровзрывными работами. Такими признаками являются следующие:

- наличие полости разрушения приконтурного массива овальной формы;
- характер разрушения известняков: наличие чешуеобразных пластин, оконтуривающих полость, свидетельствующих о разрушении приконтурного массива по механизму послойного отрыва при распространении волны дробления;
- наличие характерной радиально-концентрической трещиноватости на стенках полости;
- локальность проявления подобных разрушений приконтурного массива горных выработок;
- превышение величиной коэффициента использования шпуров (к.и.ш.) значения, равного единице.

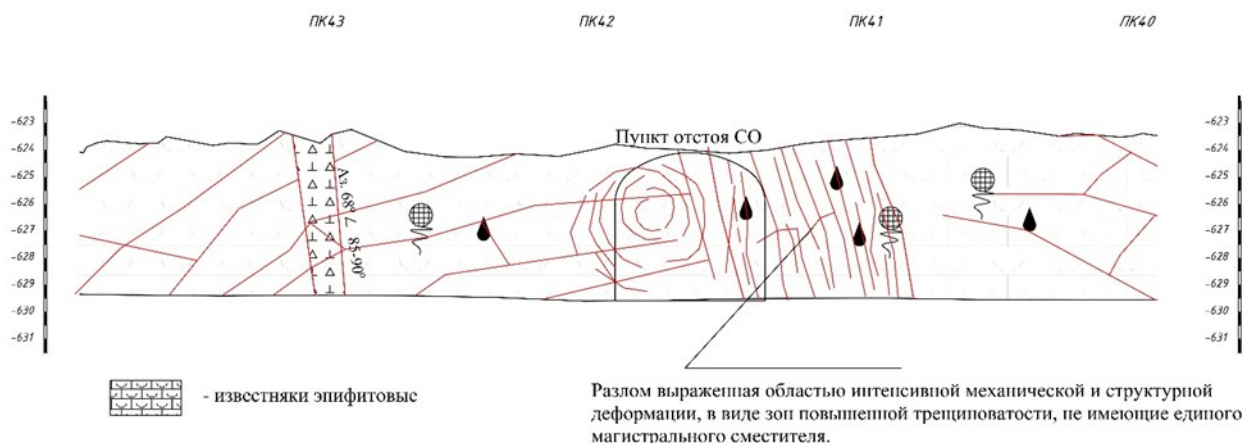


Рис. 6. Геологический разрез в месте разрушения известняков по конвейерному орту горизонта –630 м (подземный рудник «Удачный»)

Здесь следует отметить еще один важный момент. При анализе графических материалов по трассам проходки горных выработок во вмещающих породах на горизонте –630 м отмечались и другие случаи разрушения приконтурной части массива с глубиной полостей в боках выработок до 2,5 м.

На основании анализа случаев газодинамической активности вмещающих пород, механизма протекания и результатов процессов разрушения приконтурной части массива горных пород на горизонте –630 м при проходке подготовительных выработок в условиях подземного рудника «Удачный» можно сделать следующие выводы.

1. При проведении подготовительных выработок во вмещающих породах на горизонте –630 м техсбойки № 3 и пункта отстоя самоходного оборудования произошли газодинамические явления в виде выбросов известняка и газа, которые представляют собой процесс быстроразвивающегося разрушения приконтурного массива пород (известняков) с отбросом (смещением) горной массы, выделением газа в горную выработку и образованием в массиве полости. В силу внезапности, возможной большой мощности, наличие поражающих факторов в виде породно-газового потока, выделения большого объема горючих газов и ударной воздушной волны выбросы известняков и газа могут представлять серьезную угрозу жизни персонала, нарушать проектные контуры горных выработок и ритмичность работы рудника, приводить к дополнительным затратам на ликвидацию последствий выбросов известняка и газа.

2. Выбросы известняков и газа произошли при проходке подготовительных выработок буровзрывным способом. При проходке подготовительных выработок буровзрывным способом выброс известняков и газа при вскрытии выбросоопасных пород был инициирован взрывным импульсом, произошел без присутствия персонала и привел к нарушению проектных параметров выработок. Применяемая технология ведения буровзрывных работ при проходке пункта отстоя самоходного оборудования с разнесением во времени на 2 фазы (1-я фаза – создание дополнительной обнаженной поверхности в виде врубовой полости, 2-я фаза – доведение сечения выработки до проектных размеров) не исключает проявление выбросов известняков и газа.

3. Установлено, что выбросы известняков и газа локализованы в породах Удачинской свиты (ϵ_{1-2ud}), сложенных мраморизованными известняками светло-серого до грязно-белого окраса с редким, неотчетливыми, невыдержанными, маломощными, субгоризонтальными прослоями темно-зеленых и коричневато-серых известняков. Известняки пористо-кавернозные, каверны размером от 1-3 мм до 1,0 см и более по длинной оси, по стенкам которых развиты кристаллы кальцита. По порам распространены

включения дисперсной нефти, образующие натеки на бортах и в кровле выработки. На данной стадии исследований можно предполагать, что данные породы являются коллекторами связанного газа и являются потенциально опасными по выбросам известняков и газа.

4. Анализ геологических условий проявления выбросов известняков и газа не дал однозначного ответа о приуроченности очагов выбросов к зонам разрывных тектонических нарушений. В связи с недостаточной изученностью этот вопрос требует дальнейшего детального изучения.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-45-596017 «Геохимическая и геодинамическая эволюция газовой фазы месторождений калийных солей как основа безопасного недропользования»

БИБЛИОГРАФИЯ

1. Егоров К.Н., Мельников А.И. Структурно-вещественная эволюция системы кимберлитовых тел трубки Удачная // Руды и металлы. – 2013. – № 1. – С. 53-59.
2. Дроздов А.В., Мельников А.И. Оценка структурно-тектонической обстановки – основа газогидродинамического районирования месторождения (на примере трубки Удачной) // Маркшейдерия и недропользование. – 2011. – № 4 (54). – С. 35-39.
3. Дроздов А.В., Мельников А.И. Мероприятия по борьбе с газодинамическими явлениями при строительстве подземного рудника «Удачный» // Вестник ИрГТУ. – 2014. – № 6 (89). – С. 87-95.
4. Дроздов А.В., Мельников А.И. Особенности строения многофазных кимберлитовых трубок (на примере трубки Удачной) // Маркшейдерия и недропользование. – 2009. – № 1. – С. 31-38.
5. Дроздов А.В., Мельников А.И. Роль разрывных дислокаций в обводнении алмазодобывающих рудников Якутии // Изв. Сибирского отд-ния РАЕН Геология, поиски и разведка рудных месторождений. – 2014. – № 2 (45). – С. 71-81.
6. Дроздов А.В. Влияние природной газоносности трубки «Удачная» на ход строительства алмазного рудника // Горный журнал. – 2009. – № 6. – С. 44-48.
7. Шепелева Н.Н., Краевский В.И., Федоров В.И. Взаимосвязь битумо- и газонасыщенности осадочной толщи пород Далдыно-Алаakitского района // Геологические методы поисков и разведки месторождений нефти и газа: Экспресс-информация / ВИЭМС. – М., 1984. – Вып. 6. – С. 15-25.
8. Лобанов В.В., Сороченко М.К., Боланев А.В., Письменный А.В. Обоснование технологических мероприятий по обеспечению безопасности горных работ на руднике «Удачный» в условиях нефтегазопроявлений // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2011. – № 2. – С. 77-88.
9. Дроздов А.В., Мельников А.И. Прогноз нефтегазоопасных зон на руднике «Удачный» (Якутия) с использованием геосистемного подхода // Изв. Сибирского отд-ния РАЕН Геология, поиски и разведка рудных месторождений. – 2015. – № 4 (53). – С. 37-49.
10. Матвиенко Н.Г. Газобезопасность освоения рудных месторождений / Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2000. – № 7. – С. 31-34.
11. Матвиенко Н.Г., Зимаков Б.М. Основы безопасного освоения газоносных рудных месторождений // Горн. журн. – 2005. – № 4. – С. 78-80.
12. Матвиенко Н.Г. Проблемы газобезопасности алмазных рудников Якутии // Актуальные проблемы разработки кимберлитовых месторождений: современное состояние и перспективы решения: сб. докл. Междунар. науч.-практ. конф. «Мирный-2001» – М., 2002. – С. 169-174.
13. Матвиенко Н.Г., Шульруфер Л.М. Прогнозирование газопритоков при освоении газоводонефтеносных твердых полезных ископаемых. – М.: ИПКОН АН СССР, 1985. – 161 с.: ил.
14. Николин В.И., Беркович И.М., Решетняк Ю.В. Проведение выработок по выбросоопасным породам на шахте «Щегловка – Глубокая» // Шахтное строительство. – 1966. – № 9. – С. 20-23.
15. Николин В.И., Недвига С.Н. Выбросы породы и борьба с ними // Безопасность труда в промышленности. – 1968. – № 8. – С.35-36.
16. Степанович П.Я., Николин В.И. Опыт проведения выработок в выбросоопасных породах Центрального района Донбасса // Уголь. – 1966. – № 4. – С. 51-54.
17. Николин В.И., Меликсетов С.С., Беркович И.М. Выбросы породы и газа. – М.: Недра, 1967. – 80 с.
18. Прогноз и предотвращение выбросов пород и газа / В.Н. Потураев, А.Н. Зорин, В.Е. Забигаило [и др.]. – Киев: Наук. Думка. – 1986. – 158 с.: ил.