Записки Ленинградского ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени горного института им. Г В Плеханова, т LXI, вып. 1, 1972 г.

ВНЕЗАПНЫЕ ВЫБРОСЫ СОЛИ И ГАЗА

Н М Проскуряков

Разработка калийных пластов осложняется внезапными выбросами соли и газа. Такие выбросы наблюдаются в СССР при разработке Верхнекамского и Старобинского калийных месторождений [2—4].

Наиболее характерные районы по проявлениям внезапных выбросов соли и газа — калийные месторождения ГДР [5, 7, 8] и ПНР [9].

При подземной разработке в калийном районе Верра (ГДР) выбросы соли и газа (главным образом CO_2 и N_2) относятся ко всему геологическому разрезу свиты каменносоляных и калийных пластов, по которым осуществлялась проходка горных выработок, и приурочены к зонам вторичного метаморфизма термальными водами. Выбросы проявлялись главным образом в сильвините и вторичных карналлитах, а в каменносоляных отложениях были зафиксированы только во вторичных, крупнокристаллических зонах метаморфизма или в зоне тектонических нарушений (трещин, смятий)

В районе Верра с начала разработки до 1965 г произошло примерно 500 выбросов интенсивностью выше 100 *т*. Средняя интенсивность выбросов в калийном районе для разных соляных шахт различна и по данным [5, 8] составляет от 250 до 2490 *т*/выброс. За последние 5 лет число выбросов и их интенсивность здесь увеличились, но четко выраженной зависимости между проявлениями выбросов, глубиной и технологией разработки не отмечается.

Самый большой в мире выброс соли и газа (100 000 *т* соли и несколько сот тысяч кубических метров газа) произошел 7 июля 1953 г на шахте Менценграбен при взрывных работах на сильвинитовом пласте. Рабочие во время взрыва были выведены на поверхность. В течение 25 *мин* газ с шумом вытекал на поверхность из обоих шахтных стволов (глубина 520 *м*). Нарушения горных выработок вследствие выброса были катастрофическими и распространялись даже на соседнюю шахту: была полностью нарушена вентиляция, на 90% разрушено оборудование шахтного ствола, на 40% выведены из строя вагонетки, разрушено несколько километров рельса и электрокабеля, две системы бесконтактного привода, три электровоза, несколько вентиляторов и вентиляционных сооружений.

В калийном районе Южного Гарца (ГДР) интенсивность внезапных выбросов значительно меньше и составляет для разных соляных шахт от 100 до 435 *т*/выброс [6]. Здесь отмечается приуроченность внезапных выбросов соли и газа к местам тектонических нарушений и зонам вторичного метаморфизма.

Формы полостей выбросов на соляных шахтах ГДР имеют форму длинных вытянутых полостей (рис. 1, *б*) или отдельных блоков (рис. 1, *а*) Выбросы, дающие длинные вытянутые полости, по данным [7] происходят тогда, когда выбросоопасные зоны имеют обнажение с длинной горизонтальной осью. В полости во время выбросов, как правило, образуется характерная трещиноватость, причем отдельные трещины располагаются симметрично к длинной оси полости выброса и всегда определенно ориентированы относительно направления выбросов [7, 10]. Выбросы в форме блоков происходят из кровли при прохождении выбросоопасной зоны; их интенсивность, как правило, незначительна. Наиболее часты комбинации отмеченных типов выбросов, отличающиеся большой интенсивностью.

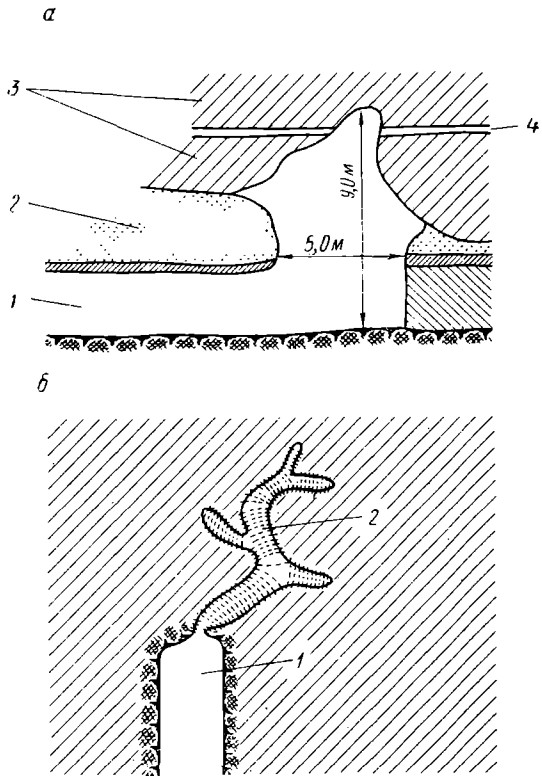


Рис. Полость выброса на калийной шахте «Маркс — Энгельс» (ГДР):
а — в форме блока
1 — жесткая соль; *2* — каменная соль и карналлит; *3* — каменная соль; *4* — карналлит;
б — в форме длинной вытянутой полости
1 — сечение горной выработки; *2* — полость выброса и характерная трещиноватость на ее стенках

При разработке соляных месторождений ПНР с 1954 г. было зафиксировано, по данным [9], свыше 40 случаев выбросов интенсивностью от нескольких тонн до 800 *т* Наиболее опасны шахты «Кладовая» и «Инвроцлав». Внезапные выбросы здесь приурочены к тектоническим нарушениям (трещины, складки) и к вторичным образованиям крупнокристаллической соли в местах метаморфизма. При выбросах образуются преимущественно длинные вытянутые полости (рис. 2) различных размеров, по месту расположения и по форме похожие на

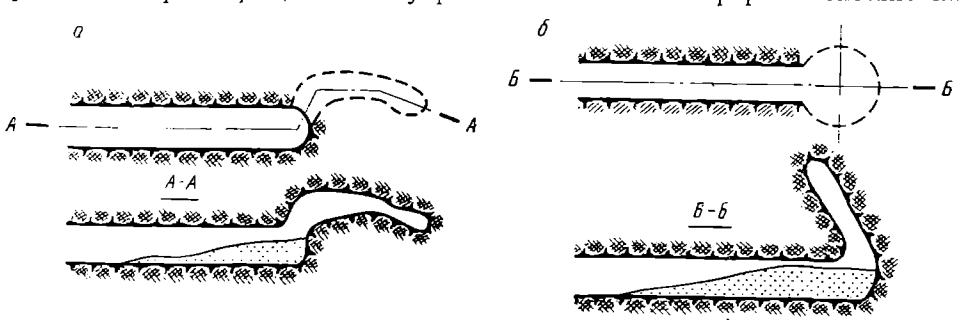


Рис. 2. Типичные формы полостей выбросов при разработке калийных месторождений ПНР: *а* — интенсивностью 120 *т*, 10 октября 1960 г.; *б* — интенсивностью 100 *т*, 21 декабря 1963 г.

полости, образующиеся при внезапных выбросах угля и газа. Выбросы соли и газа на соляных шахтах ПНР, как правило, происходят при взрывных работах, и только два имели место при ведении горных работ.

На Верхнекамском месторождении в пределах шахтных полей Соликамского и Березниковского калийных рудников толща калийных солей разделяется на две зоны — сильвинитовую и карналлитовую; разрабатываются три пласта: *B* — карналлитовый, *AB* — и Красный-II — сильвинитовые, имеющие мощность соответственно 10; 3,5 и 7 *м*. Глубина залегания пластов 200—280 *м*. Пласты Верхнекамского месторождения отрабатываются камерной системой с шириной камер 8—16 *м*, высотой 3,5—10 *м* и размерами междукамерных целиков 11—19 *м*; выемка соли производится буровзрывным и машинным способами. По данным В. А. Вахромеевой [2], в карналлитовой толще Верхнекамского месторождения встречается несколько видов тектонических трещин: микродеформации кристаллов (следы скольжения), видимые невооруженным глазом; тонкие неровные трещины, иногда вызванные мелкими надвигами; диагональные трещины скалывания; частые (через 5—7 *см*) параллельные трещины кливажа; редко встречающиеся трещины значительных размеров (надвиги) Газоносность карналлитового пласта Верхнекамского месторождения составляет 0,01—0,26 $м^3$ на 1 *т* соляных пород, при этом газонасыщенность пласта по мощности неравномерна и резко возрастает в местах антиклинальных перегибов, где мощность пласта значительно увеличивается. Давление заключенного в пласте газа достигает иногда 40—50 *ат*

Газодинамические явления на Верхнекамском месторождении приурочены к карналлитовому пласту *B* и нижележащим сильвинитовым пластам *A* и *B*. Их проявление часто связано с микроантиклинальными перегибами шестого слоя пласта *B*, но наблюдается и при спокойном залегании пласта [3]. Интенсивность газодинамических проявлений — от нескольких тонн до 6230 *т* выброшенной соли с образованием полостей от 0,5 до 30 *м* в диаметре и от 0,5 до 25 *м* глубиной с выделением газа от 22 до 2000 $м^3$ Выбросоопасные участки пласта характеризует пониженная прочность, интенсивная трещиноватость и приуроченность к зонам тектонических нарушений. На рис. 3 показан эскиз характерных для 1-го Березниковского и Соликамского калийных рудников полостей выбросов. Газодинамические проявления связаны с взрывными работами.

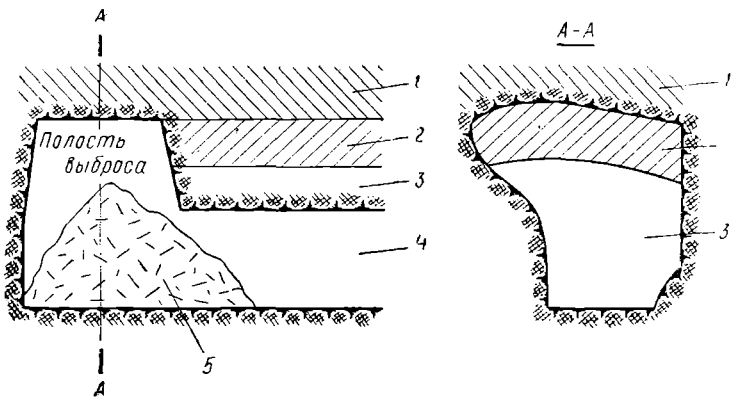


Рис. 3. Характерные формы полостей выбросов в калийных шахтах Верхнекамского месторождения

: *2* — газонасыщенный карналлит: *3*—карналл
5 обрушенная порода

Механизм газодинамических проявлений на Верхнекамском месторождении обусловлен [3] наличием выбросоопасных зон и образованием на контуре горных выработок, при ведении горных и взрывных работ, концентрации напряжений. Соляные породы карналлитового пласта имеют предел прочности при сжатии $\sigma_{сж} = 150$—250 *кг/см* ($\sigma_{изг} = 20$ *кг/см*^{2}), обладают высокой пластичностью, могут накапливать большую концентрацию напряжений на контуре выработки при быстром приложении нагрузки.

Выбросоподобный характер разрушения значительных по объему и площади обнажения количеств соли зависит от сочетания многих факторов, основные из которых — наличие геологических нарушений, вызывающих в массиве дополнительные напряжения; газоносность пласта; площадь обнажения; скорость приложения нагрузки и др.

Газодинамические проявления при отработке Верхнекамского калийного месторождения, на основании выполненного анализа, можно разделить на четыре основных типа: обрушения соли (с обычным или повышенным газовыделением), внезапные выделения газа (необычные газовыделения), выбросы соли и газа, комбинация выбросов с обрушением. Первые два типа характерны для Соликамского (обрушения и выделения газа), а вторые два — для Березниковского (комбинация выбросов с обрушениями) калийных рудников. Каждому типу газодинамических явлений свойственны особый характер, условия и причины проявления, а также сопутствующие предупредительные признаки.

Для разработки способов по предотвращению таких проявлений необходимо, прежде всего, четко их разграничить и выявить силы, приводящие к возникновению и протеканию внезапных выбросов или обрушений.

Соленосная толща Старобинского месторождения представлена четырьмя калийными пластами: верхний пласт мощностью 3,75—4,75 *м* (глубина залегания 365—395 *м*); второй пласт мощностью 0,55—3,05 *м*, залегающий ниже первого на 63—70 *м*; третий калийный пласт, к которому приурочены газодинамические проявления, залегает на глубине 486—653 *м* от поверхности, имеет сложное строение и состоит из переслаивающихся между собой пропластков калийных солей и прослойков каменной соли, глин и мергеля. Нижний, четвертый пласт находится в стадии разведки. Выемка третьего калийного пласта общей мощностью 14—26 *м* осуществляется камерной системой разработки с шириной камеры 10—11 *м*, междукамерных целиков 8 *м*, выемка соли — комбайнами ШБМ-2, ПК-8, ПК-10 и буровзрывным способом.

Газодинамические проявления на Старобинском месторождении зафиксированы только на третьем калийном пласте. Положение подготовительных выработок и камер относительно отдельных слоев третьего калийного пласта различно, поэтому газодинамические проявления при отработке пласта наблюдались в различных пачках сильвинита и каменной соли. Так, из 36 рассмотренных случаев, имевших место на 1-м Солигорском калийном комбинате, около половины было приурочено к сильвинитовым слоям пласта, остальные произошли в пачках каменной соли; примерно 60% их приурочено к зонам вторичного метаморфизма или геологическим нарушениям (трещинам, пережимам и расширениям пласта и др.). Большинству случаев сопутствовали предупредительные признаки в виде хлопков, ударов и треск ов в массиве, прогибов и оседаний кровли, образования трещин. Ди-

намические проявления горного давления в виде обычных обрушений соли из нависающего массива, как правило, происходят без предупредительных признаков. Выполненный анализ для этого комбината показал, что только в 7 случаях из 65 газодинамические проявления произошли при отсутствии горных работ. В камерах отмечено 59% всех проявлений, причем общее количество выброшенной соли здесь примерно в 3 раза больше, чем в подготовительных выработках; средняя интенсивность газодинамических проявлений в камерах составляет 56,6 *т*, т. е. примерно в 2 раза превышает интенсивность в подготовительных выработках. При этом в 37 случаях интенсивность достигала 30 *т*, в камерах имело место 5 случаев интенсивностью более 200 *т*; максимальная интенсивность газодинамического проявления (23 декабря 1964 г.) составила 560 *т*

Формы образующихся полостей различны по очертаниям и размерам (рис. 4). Большинство полостей (свыше 80%) имеют глубину до 1,5 *м* и только в трех случаях в камерах, из-за большой интенсивности проявлений,— от 3 до 6 *м*.

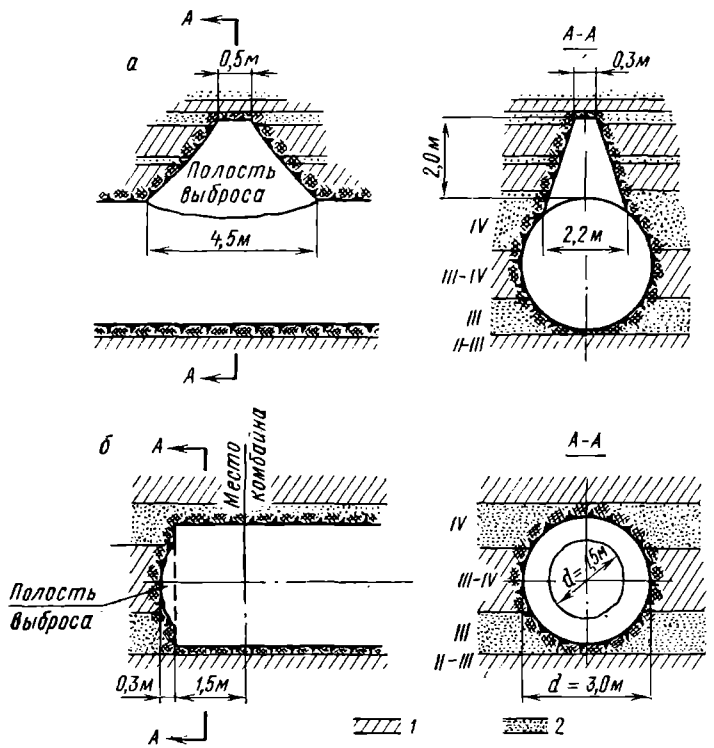


Рис. 4. Типичные формы полостей выбросов при отработке 3-го калийного пласта на Старобинском месторождении: *а* — выброс 26 октября 1965 г.; *б* — выброс 8 июня 1966 г

1 — каменная *2* — сильвинит

Проведенный анализ газодинамических проявлений позволяет прийти к следующим выводам относительно факторов и процессов в массиве, вызывающих внезапные выбросы соли и газа.

Выбросы соли и газа, как правило, приурочены к тектоническим нарушениям или зонам вторичного метаморфизма. Эти выбросоопасные зоны характеризуются уменьшением прочности, повышенным газо-

содержанием и, по данным [10], увеличением способности к хрупкому разрушению. Характерные изменения стенок полостей выбросов и выброшенных пород могут служить доказательством того, что при внезапном выбросе происходит хрупкое разрушение.

Формирование и протекание внезапного выброса соли и газа связано с перераспределением напряженного состояния в зоне влияния горных выработок. При внедрении горной выработки в массив происходит наложение напряженного состояния, вызванного тектоническими процессами и горными работами. Если скорость и интенсивность нарастания напряженного состояния достаточна для хрупкого разрушения выбросоопасной зоны, освобождения достаточного количества газа во времени и наличия достаточных условий для его вытекания, происходит развязывание внезапного выброса. При этом различные горные работы (взрывные работы, работа комбайна и др.) служат только начальным импульсом выброса.

В каждом конкретном случае геологическими и горнотехническими условиями обусловлено сочетание отдельных факторов, приводящих к внезапным выбросам соляных газосодержащих пород, необычным газовыделениям и обычным обрушениям пород кровли. Всевозможных комбинаций различных факторов может быть много, и это влечет за собой создание всевозможных ситуаций и условий проявления горного и газового давления, в том числе и динамических проявлений горного давления.

ЛИТЕРАТУРА

1. Андреичев А. Н. Разработка калийных месторождений. Недра, 1966.
2. Вахромеева В. А. Трещиноватость соляных пород карналлитовой зоны Верхнекамского месторождения. Тр. ВНИИГ, вып. 35. Госхимиздат, 1959.
3. Полянина Г Д. Выбор и исследование метода борьбы с газодинамическими явлениями на Верхнекамских калийных рудниках. Автореф. канд. дисс. Кузбасск. политехн. ин-т, 1968.
4. Шатов В. П. Исследование газопроявлений и газовый режим на Верхнекамских калийных рудниках. Автореф. канд. дисс. Свердловск. горн. ин-т, 1966.
5. Duchrow G. Freiberg. Forsch.-H., 1964.
6. Duchrow G. Freiberg. Forsch.-H., 1961.
7 Gimm W. u. Pforr H. Internation, konfer. Schichtenkontr. Gebirgsmechanik. N.-Y., 1964.
8. Müller W Freiberg. Forsch.-H., 1958.
9. Poborski C., Poborski J. III Internation. Kollogu. Plötzliohe Ausbruche. Krakow, 1964.
10. Thoma K. Bergakademie, 1963, № 15.