

УДК 622.831.3

**В.Н. Токсаров, С.С. Андрейко, О.В. Иванов**

**КОНТРОЛЬ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ  
ПОДРАБОТАННОГО СОЛЯНОГО МАССИВА**

Семинар № 4

**В** результате отработки основной части сырьевых запасов на руднике РУ-1 ПО «Беларуськалий» был введен в эксплуатацию калийный пласт I-го горизонта, который почти на всей площади распространения подработан одним или двумя нижними горизонтами. Обусловленный данной подработкой процесс перераспределения напряжений является причиной осложнений, связанных с проходкой и поддержанием подготовительных выработок на вышележащем горизонте. Так при проведении подготовительных выработок по I калийному горизонту зафиксированы случаи газодинамических явлений из почвы горных выработок. В настоящее время геологические и горнотехнические условия отработки I калийного горизонта недостаточно изучены.

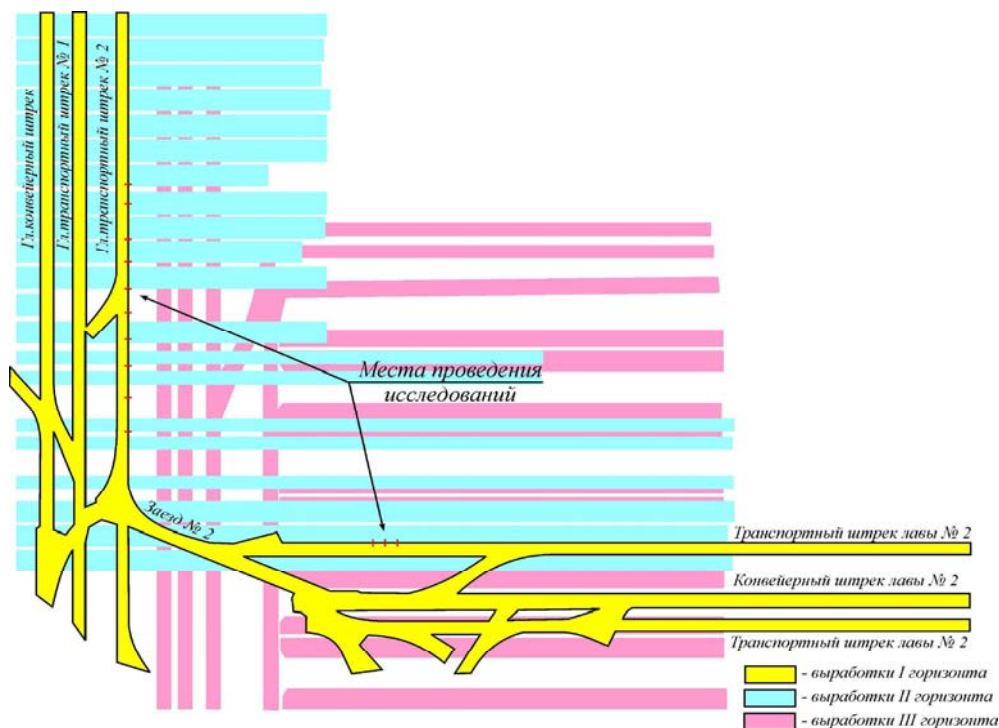
Для обоснования механизма разрушения пород почвы горных выработок при газодинамических явлениях и выбора рациональных параметров способов предотвращения газодинамических явлений были проведена серия измерений напряжений в стенках горных выработках на I калийном горизонте в пределах участков его подработки столбовыми и комбинированными системами разработки в различном их сочетании. Экспериментальные выработки располагаются на глубине 380 м. Междупластье I и II-го горизонтов составляет 60 м, I и III-го – 220-240 м. Третий калийный

горизонт обрабатывается двумя слоями.

Определение напряжений производилось методом шелевой разгрузки [1]. При проведении измерений осуществлялся следующий порядок работ. В стенке выработки на базе 0,3 м устанавливались два измерительных репера. Затем между реперами в стенке выработки, путем бурения ряда шпуров диаметром 43 мм, создавалась разгрузочная щель в форме полукруга. Средняя длина щели составляла 0,6 м при глубине 0,3 м. Контроль деформаций реперов осуществлялся с использованием индикатора часового типа ИЧ-1. По измеренным деформациям производился подсчет величины напряжений, действующих на контуре выработок.

Контроль напряжений осуществлялся на 2-х замерных участках. Первый экспериментальный профиль располагался в пределах выемочного столба лавы № 2 в месте подработки камерной системой разработки на II-м горизонте с жесткими и податливыми целиками (рис. 1). Вторым измерительным профилем размещался в исследовательских выработках № 2 и № 5, в месте их подработки камерной системой и лавами (рис. 2).

На рис. 3 представлены графики изменения напряжений в стенке главного транспортного штрека № 2. Экспериментами установлено, что изменение вертикальных напряжений в



**Рис. 1. Выкопировка из совмещенного плана горных работ (экспериментальный участок № 1)**

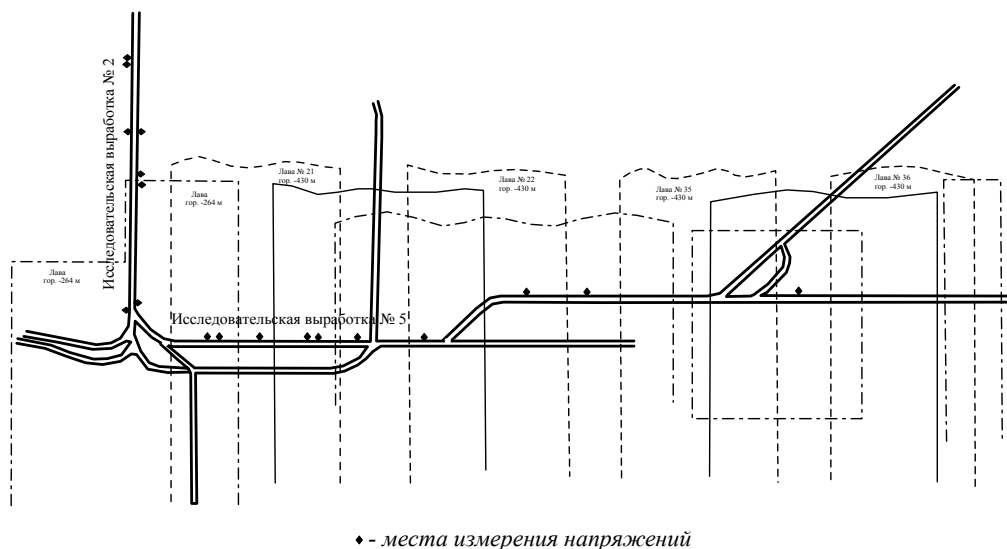
стенке штрека зависит от степени извлечения сильвинита нижележащего II калийного горизонта. На участках измерений в интервалах 5÷20 м и 40÷60 м, подработанных системой разработки с податливыми целиками, величина вертикальных напряжений в среднем составляет 8,8 МПа, что на 15–30% меньше соответствующих напряжений на участках (-15÷5 м), подработанных жесткими целиками.

Величина горизонтальных напряжений по всему экспериментальному профилю на 20–70% меньше вертикальных. Характер изменения горизонтальных напряжений практически обратно пропорционален изменению вертикальных напряжений.

Графики изменения вертикальных и горизонтальных напряжений в стенках исследовательских выработок №

2 и № 5 представлены на рис. 4. Как видно, вертикальные напряжения на контуре исследовательской выработки № 5 составляют в среднем 12 МПа и превышают горизонтальные в 4 раза. Повышенные уровни напряжений, как правило, приурочены к целикам и зонам опорного давления нижележащих горизонтов. Максимальное значение вертикальных напряжений  $\sigma_z = 22,3$  МПа зафиксировано на конечной точке исследовательского профиля в зоне подработки столбовой системой разработки на II и III калийных горизонтах.

Экспериментами установлено, что отработка Второго калийного пласта сопровождается перераспределением горного давления, в результате чего массив горных пород и содержащийся в нем I калийный горизонт, подверга-



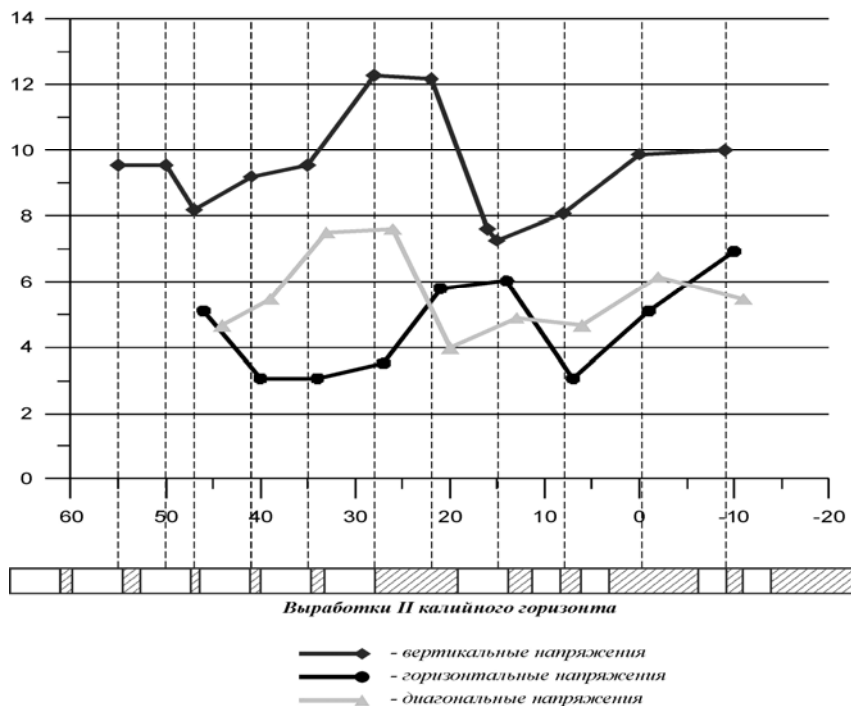
**Рис. 2. Выкопировка из плана горных работ (экспериментальный участок № 2)**

ется воздействию различных силовых полей. При этом в области влияния движущегося фронта очистных работ разрабатываемого Второго пласта в зависимости от характера деформирования и перераспределения горного давления формируются следующие характерные зоны: не подверженная влиянию горных работ; повышенного горного давления; разгрузки; восстановленного геостатического давления. Каждый участок подрабатываемого I калийного горизонта при движении фронта очистных работ на Втором калийном пласте последовательно оказывается в каждой из перечисленных зон, что, по-видимому, сопровождается многократным изменением вида их напряженного состояния: состояние гидростатического сжатия в зоне, не подверженной воздействию горных работ; переход в состояние неравнокомпонентного сжатия, связанный с ростом нормальных к напластованию напряжений в зоне опорного давления; уменьшение бокового распора на границе зоны опорного давления и разгрузки; изгиб

и связанное с ним появление растягивающих напряжений; разгрузка от горного давления и восстановление горного давления.

В условиях трехосного неравнокомпонентного сжатия наблюдаются большие пластические деформации массива, обусловленные развитием внутренней трещиноватости и расслоений, которые сопровождаются увеличением объема и газопроницаемости. О значительной неоднородности поля напряжений свидетельствуют результаты определения коэффициента бокового распора, который варьируется в диапазоне от 0,1 до 0,75.

Особый интерес с точки зрения нарушения структуры пород представляет деформирование I калийного горизонта при его нахождении в зоне изгиба, включающей в себя часть зон повышенного горного давления и разгрузки. В пределах этой зоны протекают активные стадии процессов сдвижения, деформирования массива и перераспределения горного давления. При этом могут образовываться самые различные сочетания главных



**Рис. 3. Графики изменения напряжений в стенке главного транспортного штрека № 2**

напряжений, вплоть до появления растягивающих усилий. В зоне изгиба создаются условия для увеличения трещиноватости и образования расслоений подрабатываемого I калийного горизонта в результате сдвига и растяжения по плоскостям природных неоднородностей и вновь образовавшейся трещиноватости.

Таким образом, при подработке I калийного горизонта Вторым калийным пластом создаются предпосылки изменений первоначальной структуры пород, заключающиеся в появлении новых систем микро- и макротрещин, а также расслоений по глинистым прослойкам и слоям. В результате геомеханической деструкции в пределах области влияния фронта очистных работ на Втором калийном пласте в породах I калийного горизонта

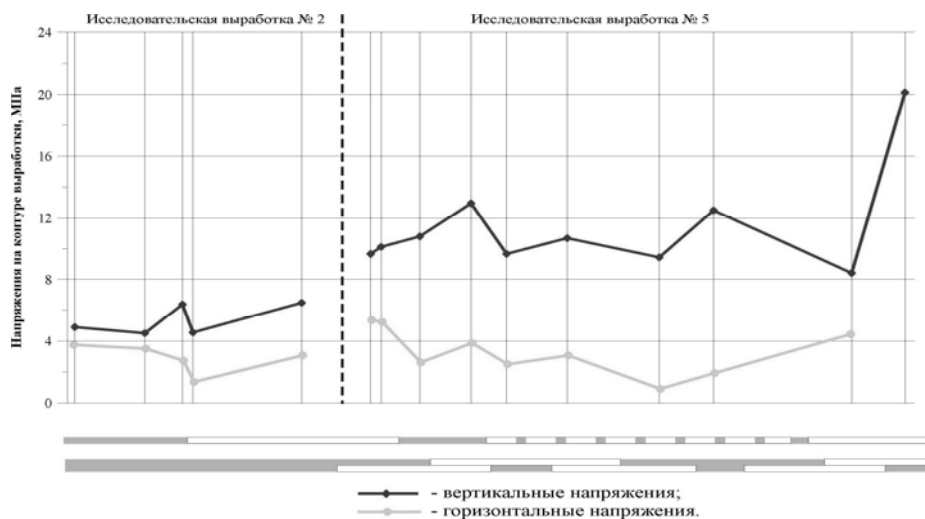
формируются участки с различной структурой и, следовательно, с различными газодинамическими характеристиками пород [2].

В результате экспериментальных исследований можно сделать следующие выводы:

- вертикальные и горизонтальные напряжения в приконтурном массиве I калийного горизонта, измеренные при различных условиях подработки, варьируются в широких пределах;

- величина вертикальных напряжений в приконтурном массиве соляных пород I калийного горизонта находится в зависимости от способа подработки и степени извлечения пород на нижележащих горизонтах;

- одним из основных факторов, влияющих на величину вертикальных напряжений в приконтурном массиве



**Рис. 4. Графики изменения напряжений в стенках исследовательских выработок № 2 и № 5**

I калийного горизонта, является характер процесса сдвижения массива соляных пород при его подработке на нижележащих горизонтах. На участках, где процесс сдвижения закончен, отмечаются повышенные значения вертикальных напряжений, а на участках активизации сдвижения горных пород происходит разгрузка приконтурного массива;

- как правило, абсолютная величина вертикальных напряжений на контуре выработок находится в обратной зависимости от газоносности пород почвы I калийного горизонта, что, по-видимому, связано с миграцией газов из зон влияния опорного давления в сопредельные области, где формируются участки с повышенными газодинамическими характеристиками.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Влох Н.П. Управление горным давлением на подземных рудниках.- М.: Недра, 1994.  
 2. Андрейко С.С., Иванов О.В., Саламатина Н.А., Береснев С.П. Механизм формирования зон, опасных по газодинамическим явлениям, в породах I калийного горизонта на шахтном поле рудника 1 РУ РУП «ПО «Беларуськалий» / Горное эхо, №3, 2006. **VIAS**

**Коротко об авторах**

Токсаров В.Н., Андрейко С.С., Иванов О.В. – ГИ УрО РАН.

Доклад рекомендован к опубликованию семинаром № 4 симпозиума «Неделя горняка-2007». Рецензент д-р техн. наук, проф. С.А. Гончаров.