УДК 622.831.32.322

Е.Р.КОВАЛЬСКИЙ, К.А.БОНДАРЕВ
Санкт-Петербургский государственный горный институт
(*технический университет*)

ОБОСНОВАНИЕ РАЦИОНАЛЬНЫХ СПОСОБОВ ВСКРЫТИЯ И ОТРАБОТКИ IV ГОРИЗОНТА В УСЛОВИЯХ СТАРОБИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ КАЛИЙНЫХ СОЛЕЙ

Изложены методические подходы к обоснованию рациональных способов вскрытия и подготовки нового калийного горизонта. Рассмотрено современное состояние рудников РУП ПО «Беларуськалий», условия залегания IV калийного горизонта, основные аспекты геомеханического обоснования параметров вскрывающих выработок. На базе анализа результатов моделирования напряженно-деформированного состояния массива горных пород разработаны рекомендации по вскрытию IV калийного горизонта в условиях 3-го рудоуправления РУП ПО «Беларуськалий».

Methodical approaches for substantiation of rational development and mining of new potash horizon are presented in the article. The state of ore mines of «Belaruskali», geological conditions of the IV potash horizon, main aspects concerning geomechanical substantiation of development parameters are reviewed. Recommendations on development of IV potash horizon at the Third mine («Belaruskali») are given on the basis of analysis of stress and strain state of the rock strata.

Актуальность постановки проблемы обусловлена текущим состоянием рудной базы РУП ПО «Беларуськалий», характеризуемым весьма интенсивным погашением запасов руды, а соответственно и реальной перспективой их одногоризонтной эксплуатации, прежде всего на рудниках 1 РУ и 2 РУ. С учетом роста мировых цен на калийные удобрения и наращивания производственной мощности объединения в целом складывающаяся ситуация требует интенсивной подготовки широкого фронта очистных работ. Обеспечение такого фронта на эксплуатируемых горизонтах действующих рудников практически нереально, что может способствовать значимой дестабилизации производства продукции на объединении, в частности, потери его мощности в связи с ограниченностью запасов на данных горизонтах. В этой связи наиболее целесообразно строительство новых рудников либо вовлечение в отработку запасов IV и I калийных горизонтов (КГ) на действующих предприятиях. Запасы IV горизонта представлены (по данным проведенной к настоящему времени предварительной разведки) в пределах горных отводов рудников РУП ПО «Беларуськалий» неоднозначно. Поэтому в настоящее время можно рассматривать вопрос вскрытия IV КГ только в пределах 3 РУ, где распространение сильвинитовых слоев наиболее выдержано по площади.

Базой обоснования рациональности тех или иных технологических решений должна быть геологическая информация по Старобинскому месторождению и комплексная экспериментально-аналитическая методика изучения геомеханического состояния массива соляных пород, вмещающего отработанные и проектируемый горизонты.

Четвертый калийный горизонт является самым нижним калийным пластом в пределах Старобинского месторождения. Глубина залегания горизонта составляет 920-1200 м. Он имеет сложное строение (рис.1) и состоит из слоев сильвинита и прослоев пустой породы (галита). Общая мощность горизонта составляет около 20 м.

Состав и содержание основных литотипов пород подтолщ, %	Соленосная толща фаменского яруса	Калийный горизонт, мощность, м	Глубина, м
Соль каменная ~ 65 %, глины аргиллитоподобные ~ 35 %		II КГ, ~1,7	~ 640
Соль каменная ~ 60 %, глины аргиллитоподобные ~ 40 %		III КГ, ~25,6	~ 848
Соль каменная ~ 45 %, глины аргиллитоподобные ~ 20 %; доломито-мергилистые породы ~ 35 %		IV КГ, 25,1	~ 1021
Соль каменная ~ 40 %, глины аргиллитоподобные ~ 20 %; доломито-ангидрито-известковые породы ~ 40 %		–	~ 1212



Рис.1. Стратиграфическая характеристика (колонка) соленосной толщи пород (D_3dl_b) по данным документирования бурения по скважине № 132[а] (северная часть шахтного поля рудника 3 РУ)

1 – каменная соль; 2 – глины; 3 – доломит; 4 – мергель; 5 – сильвинит

Для выполнения горно-геомеханических исследований по оценке НДС различных элементов МГП при совместной отработке горизонтов (II, III и IV) на шахтном поле рудника 3 РУ были использованы данные о геологическом строении всего соляного комплекса D_3dl_b. Соленосная толща яруса D_3dl_b представлена следующими основными литотипами пород: каменная соль, глины аргиллитоподобные, доломиты, мергилистые породы, известняки, ангидриты и некоторые другие. Отдельные ярусы отвечают следующим (осредненным) параметрам: надсолевой комплекс I КГ ≈ 60-80 м; междупластья I КГ-II КГ ≈ 90-110 м; II КГ-III КГ ≈ 160-180 м; III КГ-IV КГ ≈ 180-210 м; подстилающий IV КГ солевой комплекс ≈ 90-150 м. На рис.1 представлены геологические характеристики (стратиграфические колонки) рассматриваемых толщ по обследованным скважинам.

В разрезе IV горизонта регистрируется до 22 сильвинитовых слоев, разделенных практически на всей площади рудника слоями каменной соли и глинистых пород (мощность пустых пород достигает 2-3,5 м).

Обобщение данных геологического строения IV КГ позволило констатировать, что к продуктивной пачке горизонта (в среднем, по мощности и составу) возможно, отнести сильвинитовые слои 5, 6, 7, 8 и 10. Сильвинитовый слой 12 распространен в пределах шахтного поля нерегулярно. Разрез IV горизонта приведен (в осредненном варианте) на рис.2.

По условиям технологичности выемки сильвинитовых слоев горизонта можно выделить два выемочных пласта: верхний (слой 10) и нижний (слои 6-8), имея в виду селективную выемку сильвинитовых слоев 6, 7 и 8.

Номер слоя	Порода	Средняя мощность, м	Содержание KCl, %	Содержание НО, %
12		0,72	19,66	6,62
–		3,38	3,02	11,42
10		0,74	31,63	6,19
–		1,35	1,26	11,02
9		0,17	47,79	1,38
–		1,91	1,16	14,89
8		0,54	32,39	4,48
–		0,49	2,79	15,77
7		0,33	24,89	4,07
–		0,96	4,83	15,63
6		0,25	47,52	3,31
–		0,62	5,17	13,64
5		0,18	36,41	2,58

1 2

Рис.2. Разрез продуктивной толщи IV КГ в условиях шахтного поля рудника 3 РУ

1 – сильвинитовые слои; 2 – соль каменная с глинистыми прослоями

Одним из определяющих факторов при рассмотрении вариантов вскрытия IV калийного горизонта является представительность оценки механических параметров породного комплекса между III и IV калийными горизонтами. Для условий шахтного поля 3 РУ было выполнено обобщение механических характеристик пород с дифференциацией их по основным, представленным в ней литотипам. Такое обобщение позволило оценить также и значения средневзвешенных деформационных свойств этой толщи, базово определяющих условия проходки (поддержания) выработок при ведении вскрышных, подготовительных и очистных работ применительно к IV КГ. В процессе исследований анализировалось НДС двух вариантов вскрывающих выработок: первый – проходка трех вскрывающих уклонов, второй – углубка стволов.

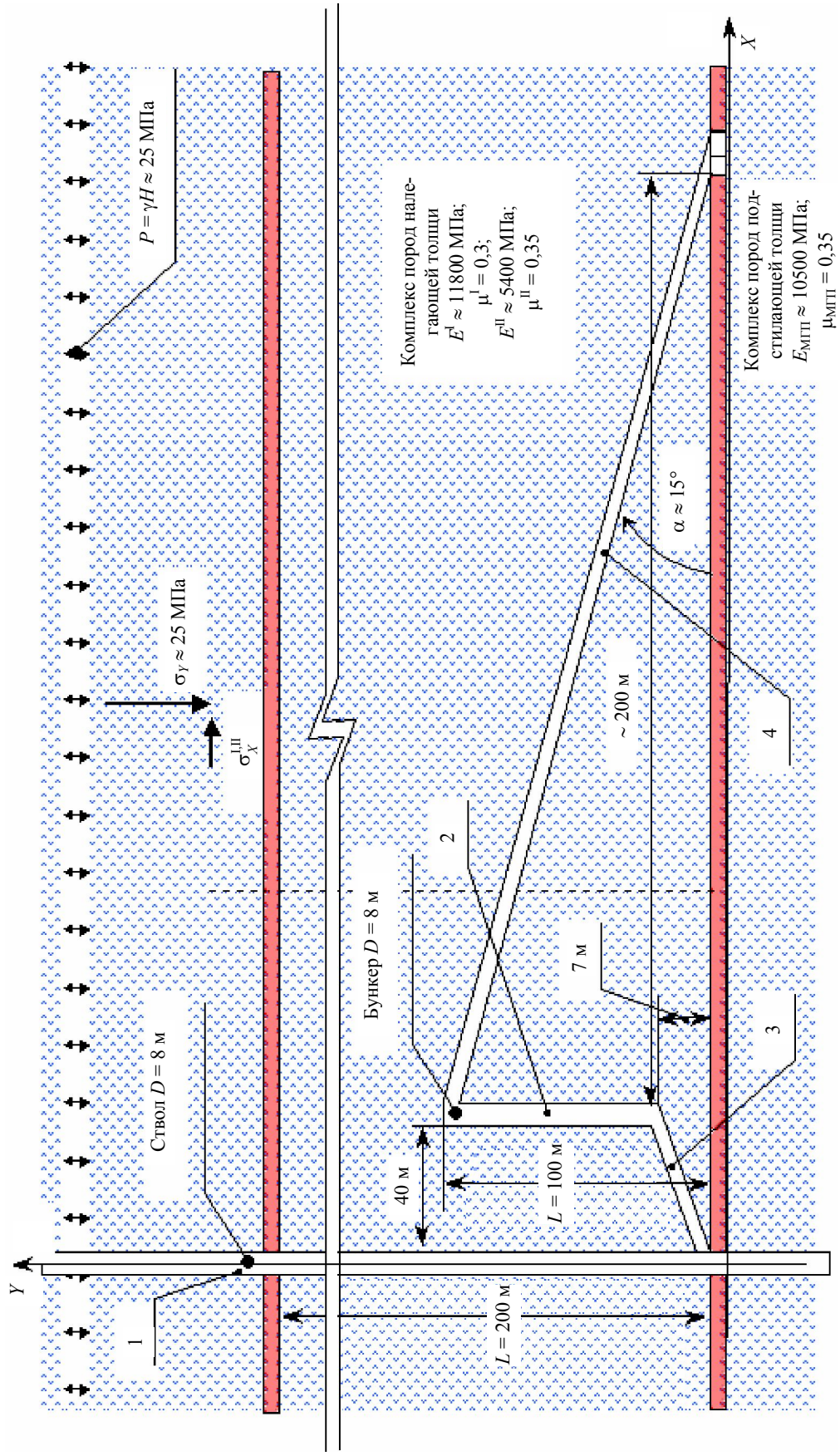


Рис. 3. Расчетная схема для оценки НДС в МГП применительно ко второму варианту вскрытия запасов IV КГ

1 – ствол № 4; 2 – бункер; 3 – камера питателей дозатора; 4 – транспортный и конвейерный ходки

Используя известные экспериментально-аналитические подходы к решению горно-геомеханических задач, например, метод граничных элементов*, для характерного комплекса вскрывающих выработок (вариант второй – с углубкой стволов) были разработаны горно-геомеханические модели (ГГМ) исследуемых областей массива горных пород (МГП). ГГМ отражали геолого- и горно-технические условия формирования параметров компонентов полей (σ_{ij}, ε_{ij} и δ_i), определяющих напряженно-деформированное состояние в окрестности исследуемых объектов – характерных вскрывающих IV КГ выработок. На базе ГГМ разработана расчетная схема, позволяющая установить количественные значения параметров (рис.3).

Оценочные расчеты были выполнены, как уже отмечалось, с целью констатации влияния (либо отсутствия такового) на параметры НДС МГП в окрестности вскрывающих выработок и наличия в толще глинистых слоев и прослоев. Расчеты были выполнены для наиболее характерной (в горно-геомеханическом аспекте) выработки (камера 3 на рис.3). Исходные поля напряжений для двух типов геологических условий (в межгоризонтной толще не содержатся глины, либо они в ней присутствуют) соответственно определились: I – без глин; $E_{\text{I}} \approx 11800$ МПа; $\mu_{\text{I}} \approx 0{,}3$; что определило $\sigma_Y \approx 25$ МПа; $\sigma_X \approx 10{,}7$ МПа; II – при наличии глин; $E_{\text{II}} \approx 5400$ МПа; $\mu_{\text{I}} \approx 0{,}35$; что определило $\sigma_Y \approx 25$ МПа; $\sigma_X \approx 13{,}45$.

На основании общей расчетной схемы были уточнены исходные поля в локальной зоне объекта (камера 3 на рис.3), зависимые от угла наклона данной выработки к горизонту (был принят $\alpha \approx 15°$). Для варианта I вторичное поле определилось значениями: $\sigma_Y^{\text{I}} \approx 24{,}0$ МПа; $\sigma_X^{\text{I}} \approx 11{,}66$ МПа и $\tau_{XY}^{\text{I}} \approx 3{,}58$ МПа; для варианта II: $\sigma_Y^{\text{II}} \approx 24{,}23$ МПа; $\sigma_X^{\text{II}} \approx 14{,}27$ МПа и $\tau_{XY}^{\text{II}} \approx 2{,}88$ МПа.

Поскольку результаты расчетов наиболее компактно (и наглядно) могут быть интерпретированы графически (в виде полей соответствующих компонентов НДС), то они в качестве примера для варианта I приведены на рис.4.

Обобщая основные результаты выполненных исследований, можно констатировать следующее. Несмотря на то, что геологический фактор – наличие в межгоризонтной толще глин – на уровень действующих величин напряжений (σ_X, σ_Y и τ_{XY}) в окрестности рассматриваемого объекта (камера 3 на рис.3) влияет несущественно, параметры полей остальных компонентов претерпевают заметные изменения.

На основании выполненных количественных оценок можем констатировать: величины горизонтальной компоненты вектора перемещений U в варианте II (при наличии глин в МГП) могут превышать аналогичные перемещения приблизительно на порядок; для тех же условий компоненты вертикальных перемещений V при наличии глин в МГП превышают аналогичные компоненты приблизительно в два и более раз; горизонтальные и вертикальные компоненты тензора деформаций ε_X и ε_Y в варианте II приблизительно в два и более раз превышают такие в варианте I, деформации сдвига γ_{XY} для тех же условий характеризуются превышением величин приблизительно на порядок.

Следует отметить, что при оценках эффективности применения тех или иных способов управления горным давлением (УГД) в выработках наиболее информативными параметрами могут быть не уровни (знаки) действующих в МГП напряжений, а уровни (знаки) деформаций и перемещений. На этой основе, в частности, базируется ряд нормативных документов по выбору конкретных способов УГД (например, разработки ВНИМИ и др.).

Необходимо отметить целесообразность выполнения специальных горно-геомеханических исследований для наиболее ответственных объектов (выработок), вскрывающих IV КГ, что позволит принимать достаточно необходимые решения по

* *Крауч С.* Методы граничных элементов в механике твердого тела / С.Крауч, А.Старфилд. М.: Мир, 1987.

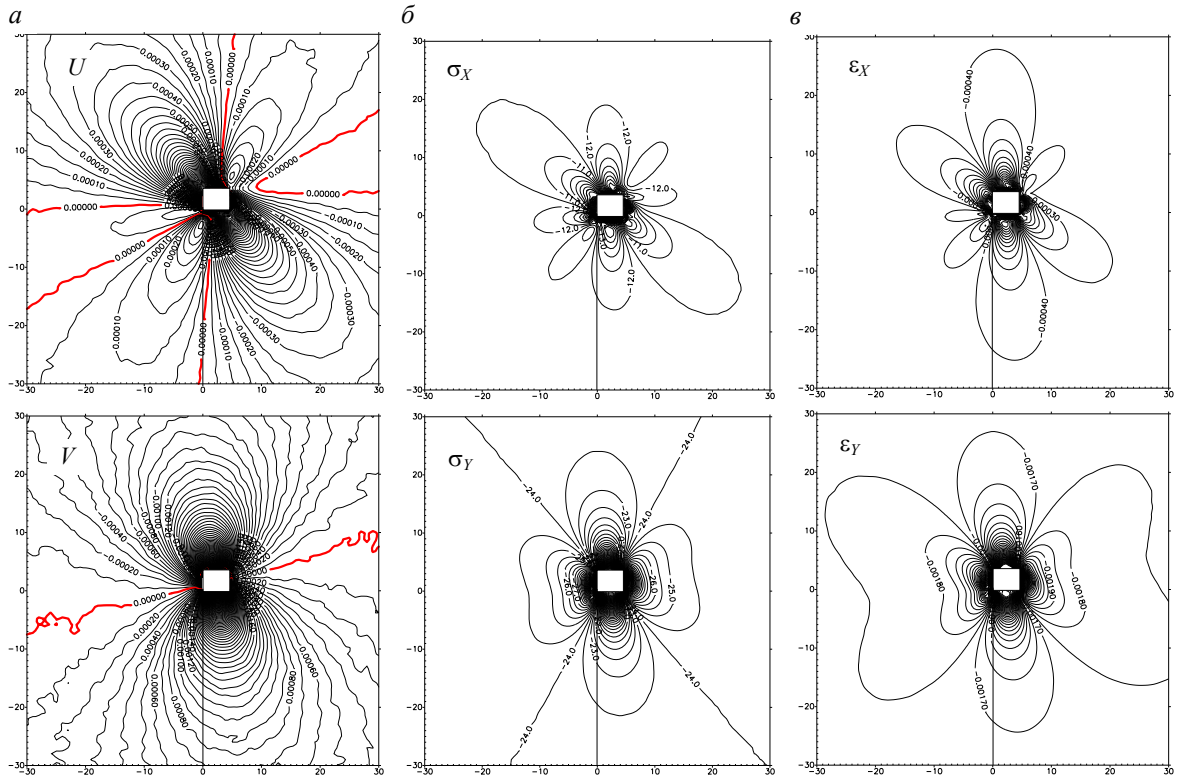


Рис.4. Поле компонент перемещений (*а*), напряжений (*б*) и деформаций (*в*) в локальных координатах при отсутствии глин во вмещающем массиве горных пород

выбору способов УГД, в частности, при наличии в МГП глинистых пород: видов и типов крепи, методов изменения НДС пород в окрестности выработок и других способов.

Обобщение результатов экспериментально-аналитических исследований позволило рекомендовать предпочтительный вариант вскрытия, предусматривающий углубку стволов № 2 и № 4 до IV калийного горизонта. На примере характерной выработки упомянутой схемы (камера питателей, дозатора) показано наличие достаточно значимого влияния реального глиносодержащего МГП на его механическое состояние в окрестности выработки. Данный вывод справедлив как для комплексов вскрывающих выработок, так и подготовительных выработок. Конкретные уровни такого влияния целесообразно уточнять в процессе предпроектных проработок, оценивая параметры выбранных способов УГД в соответствии с нормативными требованиями, действующими на рудниках объединения.