

УДК 622.257; 622.363

А.Б. Кондратов

НОВАЯ КОНЦЕПЦИЯ И РАЗРАБОТКА ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПО АКТИВНОЙ ЗАЩИТЕ КАЛИЙНЫХ РУДНИКОВ ОТ ЗАТОПЛЕНИЯ

Предложена новая концепция калийных рудников от затопления с применением современных инъекционных технологий и предварительного кессонирования выработанного пространства.

Ключевые слова: защита от затопления, кессон, инъекция.

В течение 20 прошедших лет на Верхнекамском месторождении солей (ВКМС) были безвозвратно потеряны два калийных рудника из семи действующих.

В 1986г. произошло аварийное затопление суперсовременного на то время Третьего Березниковского калийного рудника. Предпринимались запоздалые попытки его спасения, но они не увенчались успехом. Прямой ущерб от потерянного шахтного оборудования составил 170 млн советских рублей. Потерянные запасы калийных солей составили 300 млн т.

В 2006—2008 гг., был затоплен один из старейших на Урале Первый Березниковский калийный рудник с объемом выработанного пространства 84 млн м³. Прямой ущерб от потерянного оборудования составил при этом 1, 045 млрд рублей. Попыток спасения рудника не предпринималось. Над рудником расположен город с населением 180 тыс. человек и крупными химическими предприятиями.

К настоящему времени затраты на ликвидацию ущерба инфраструктуре г. Березники и Березниковско — Соликамского промышленного района в результате техногенной аварии на руднике уже превысили 25 млрд рублей. Стоимость потерянных запасов полезных ископаемых на БПКРУ-1

оценивается в 20 млрд. долларов США.

В «Акте, технического расследования причин аварии на БПКРУ-1, произошедшей 28 октября 2006г» [1] называются три причины затопления рудника:

- аномальная геология участка рудника
- несоответствие параметров отработки запасов участка аномальной геологии
- цитируется дословно «Отсутствие в отечественной и мировой практике методов, способов и средств борьбы с прорывами воды и рассолов, связанных с нарушением целостности водо-защитной толщи калийных рудников и скоротечность развития событий, не позволили разработать и осуществить эффективный комплекс мероприятий по ликвидации или локализации возникшей аварии»

Не вдаваясь в дискуссию относительно первой и второй причин аварии, следует отметить что в мировой и отечественной практике существуют и продолжают развиваться эффективные специальные методы и средства борьбы с аварийными прорывами воды в рудники и другие подземные объекты, в т.ч. в быстрорастворимых породах. Имеются достоверные сведения об успешной ликвидации ава-

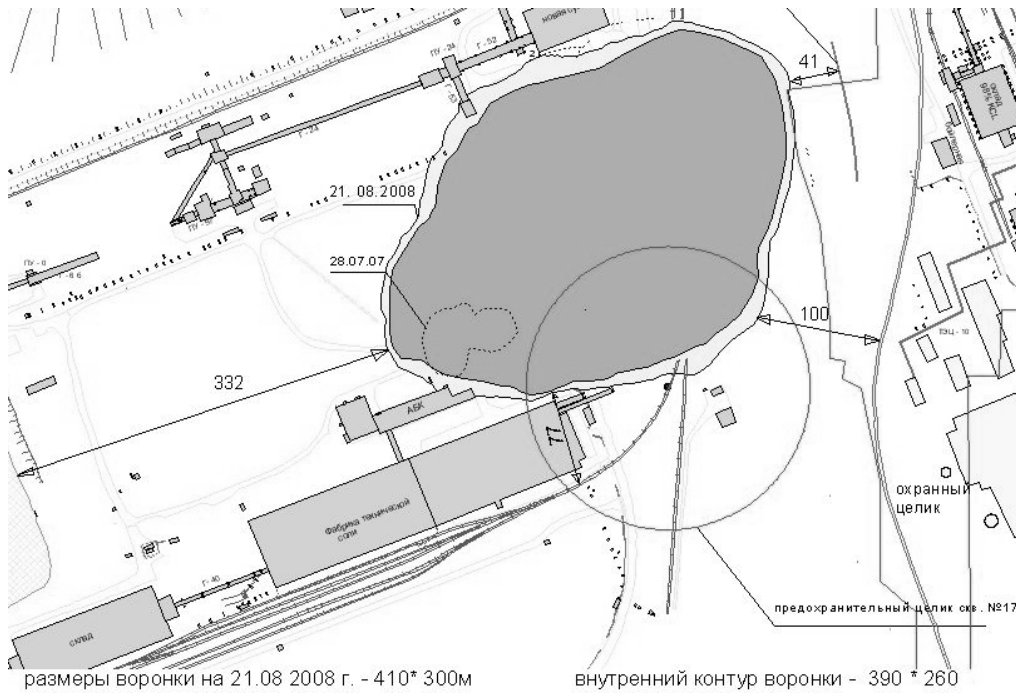


Рис. 1. Геометрия карстового провала на БКР-1 и охранного целика скважины №17 на 21.08.2008

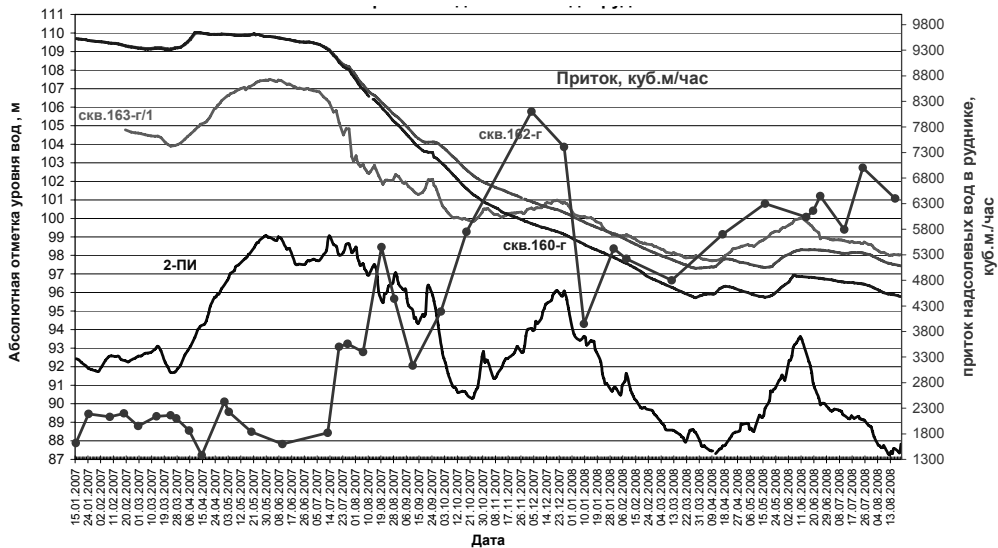


Рис. 2. Динамика развития рассолопритока в рудник до и после образования карстового провала

рийных водопритокков на калийных рудниках Саскачевана в Канаде. Имеется практический опыт полного

подавления локального рассолопритока в штрек на том же БПКРУ — 1 [2, 3], а также опыт ликвидации

аварийного водопритока с дебитом 2000 м³/час на Порецком гипсоангидритовом руднике в Чувашской республике [4, 5].

На сегодняшний день в научно-технической литературе существует три гипотезы о причинах нарушения водозащитной толщи и затопления рудника БПКРУ-1 в результате ведения горных работ [6 — 11]. Согласно [6] причиной затопления является потеря герметичности разведочной скважины №17 (пробуренной в 1928 г.) и нарушение горными работами охранного целика вокруг неё. В [7, 8] указывается на сосредоточенные техногенные деформации и краевые эффекты на этом участке; в [9, 10, 11] приводятся соображения о влиянии тектонических факторов на разрушение ВЗТ.

Эти гипотезы не противоречат друг другу, а вполне дополняют первую и основную. Причиной затопления рудника, по нашему твердому убеждению, явилась потеря герметичности разведочной скважины №17 и образование водопроводящего канала по её стволу с разгрузкой в выработанное пространство.

Последующее развитие событий — достаточно стабильный водоприток в рудник с дебитом 1600—2000 м³/час в течение почти 1 года, образование карстового провала на земной поверхности со «смывом» половины охранного целика скважины №17 и значительное увеличение водопритока до 8100 м³/час полностью подтверждает этот сценарий аварии. Рис. 1 иллюстрирует геометрию карстового провала на земной поверхности и охранного целика скважины № 17, а рис. 2 — динамику развития рассолопритока в рудник до и после образования карстового провала [12].

Следует отметить, что ликвидированная нами ранее авария на Порец-

ком гипсоангидритовом руднике была подобного типа. Её причиной явилось нарушение главным вентиляционным штреком охранного целика разведочной скважины №6 и потеря её герметичности. Этот успешный опыт ликвидации аварийного водопритока с дебитом 2000 м³/час в растворимых породах (гипс, ангидрит) был использован нами в указании наиболее вероятного места прорыва рассолов на БПКРУ-1 (скв.17) и назначении технических мер по ликвидации аварии [13]. Затраты на противоаварийные мероприятия оценивались при этом в 120—150 млн рублей.

Предлагаемые технические решения по активной защите калийных рудников от затопления

Современный уровень инъекционных технологий подземного строительства и значительный прогресс в создании отечественных технических средств перекачки больших объемов газа под давлением позволили разработать комплекс специальных защитных мероприятий, максимально учитывающих специфику возникновения и развития аварий на калийных рудниках [13, 14].

К этим особенностям относятся большие объемы выработанного пространства (часто недоступного) и изрезанность массива горными выработками, высокая растворимость солей, быстрое нарастание водопритоков, сопутствующее заражение рудничной атмосферы вредными газами, прежде всего сероводородом. Опыт аварии на БПКРУ-1 выявил также затруднения с определением точного места прорыва рассолов в рудник. Как и при любой аварии, следует учитывать психологические аспекты реакции персонала на внештатную ситуацию. Однако главной бедой, на наш взгляд, является отсутствие на сегодняшний день внятной концепции

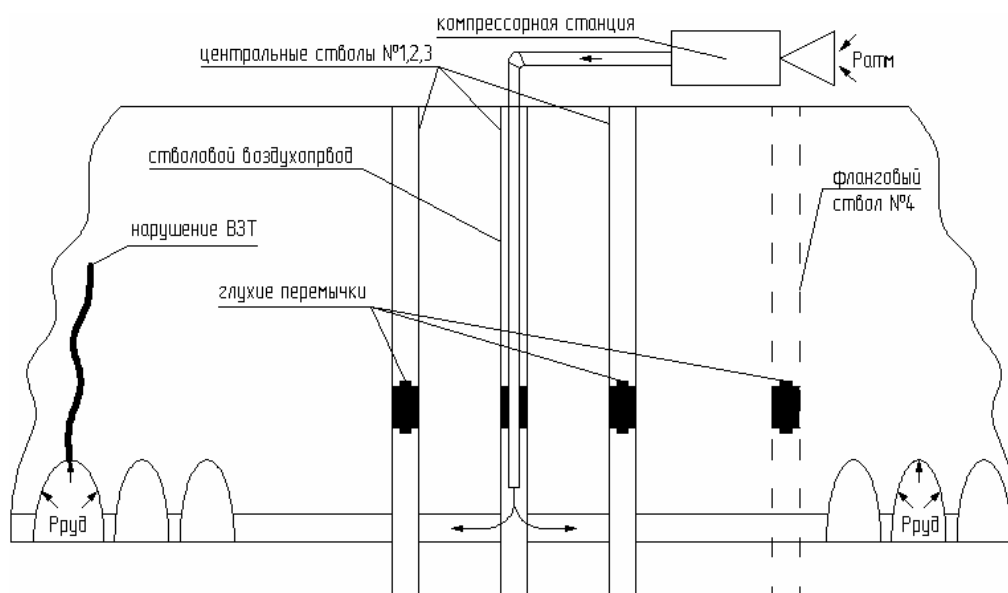


Рис. 3. Схема кессонирования рудника

активной защиты калийных рудников от затопления и наличия соответствующих технических средств на объектах.

Предложенная концепция активной защиты рудников от затопления заключается в совместном применении на современной научно-технической основе двух физических принципов давно известных специальных способов борьбы с водопритоками в подземном строительстве: кессонирования и тампонажа.

Сущность разработанных технических решений по кессонно-инъекционной технологии ликвидации рассолопритока в рудник БПКРУ-1 сводилась к следующему:

- кессонированию рудника с целью прекращения поступления в него рассолов;
- определению конкретного места прорыва рассолов в рудник;
- ликвидации прорыва рассолов в рудник с помощью новейших инъекционных технологий, разработанных

научно-производственным предприятием «Геоинъекция» и широко апробированных на подземных объектах страны.

Практическая реализация 1^{го} пункта технических решений заключалась в перекрытии четырех стволов рудника перемычками и нагнетании через один из стволов воздуха в изолированное подземное пространство с целью создания в руднике необходимого давления, препятствующего дальнейшему поступлению рассолов. Другими словами предлагалось создать в объеме рудника временный кессон. Принципиальную схему кессонирования рудника иллюстрирует рис. 3.

Реализация этого мероприятия позволяла воспрепятствовать разрушению горных выработок, сохранить машины и оборудование в шахте и обеспечить необходимый резерв времени для ликвидации аварии.

По пункту 2 технических решений следовало провести дополнительные изыскания с целью определения кон-

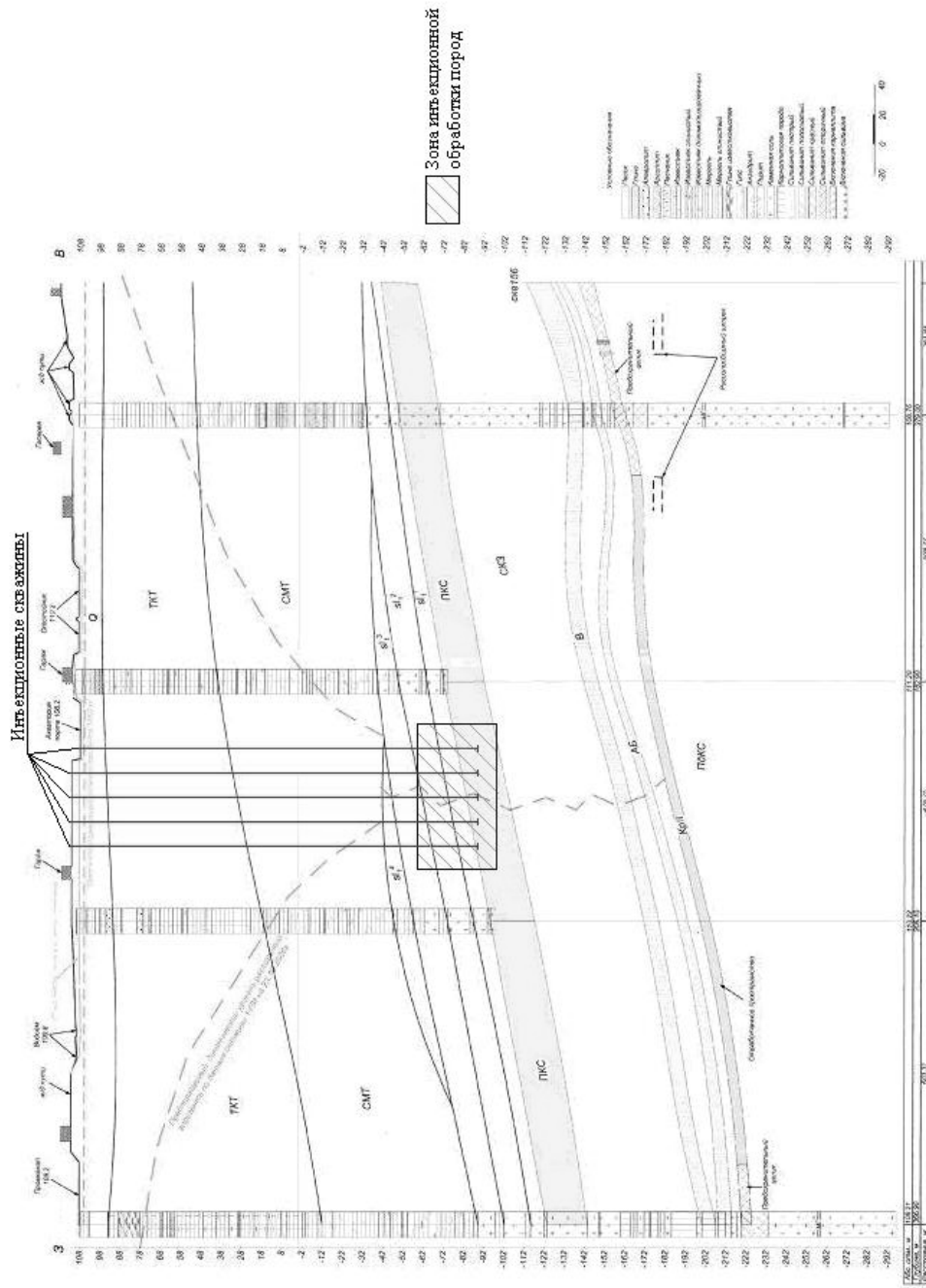


Рис. 4. Схема выполнения инъекционных работ

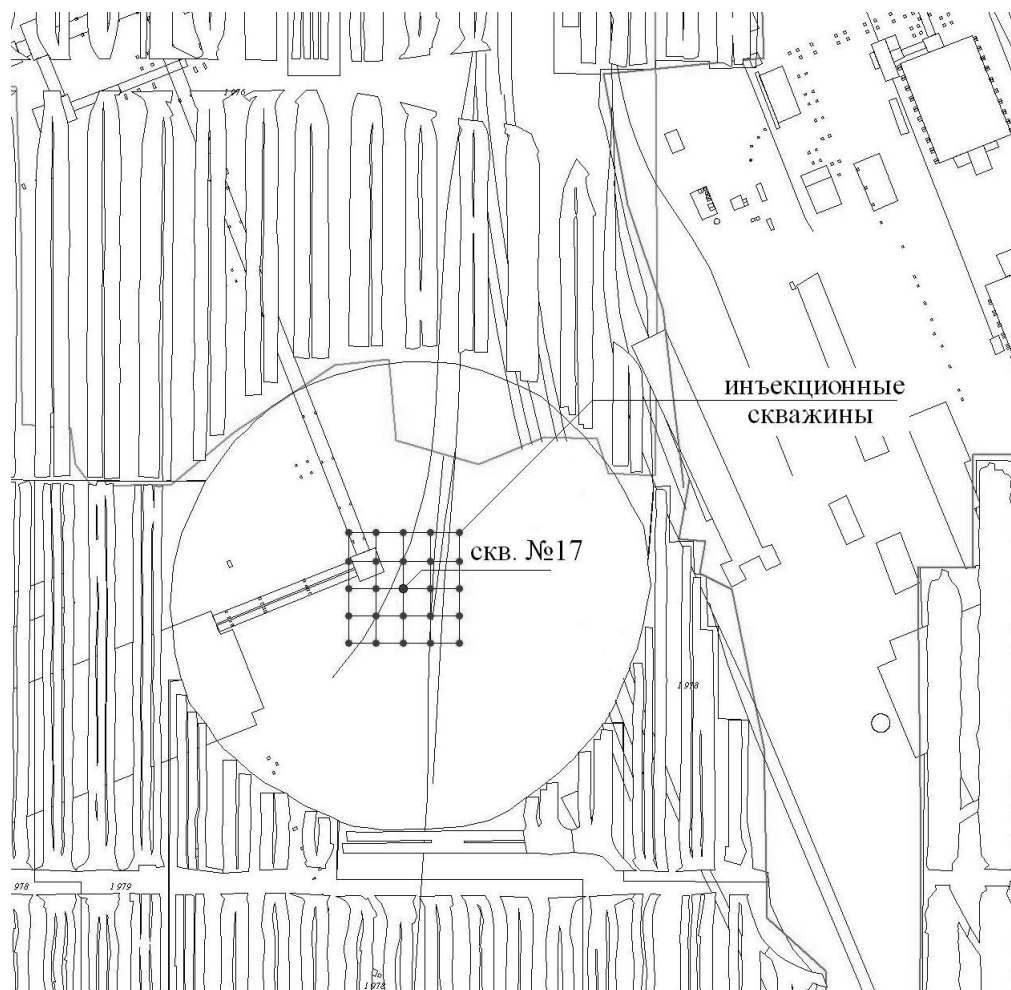


Рис. 5. Расположение скважин в плане

кретного места прорыва рассолов в рудник с точностью хотя бы до десятка метров. Имевшийся к моменту возникновения аварии прогноз сводился к выделению предполагаемой площади прорыва размерами 500x500 м, что было явно недостаточно для реализации планируемых защитных мер.

По пункту 3 для ликвидации прорыва рассолов в рудник предлагалось покрыть участок земной поверхности размерами 40x40 м с центром в точке прорыва сетью из 25 инъекционных скважин глубиной около 200 м, за-

глубленных на 7-10 метров в кровлю покровной каменной соли (ПКС). Инъекционные скважины оборудуются перфорированными трубами диаметром 57 мм с резиновыми манжетами. Интервал перфорации трубы от 180 до 200 м. Инъекционная обработка нарушенного массива соляномергельной толщи (СМТ) и покровной каменной соли (ПКС) выполняется карбамидными смолами КФЖ или КФ-МТ производства Губахинского завода «Метафракс», а также гидроактивными и анионоактивными

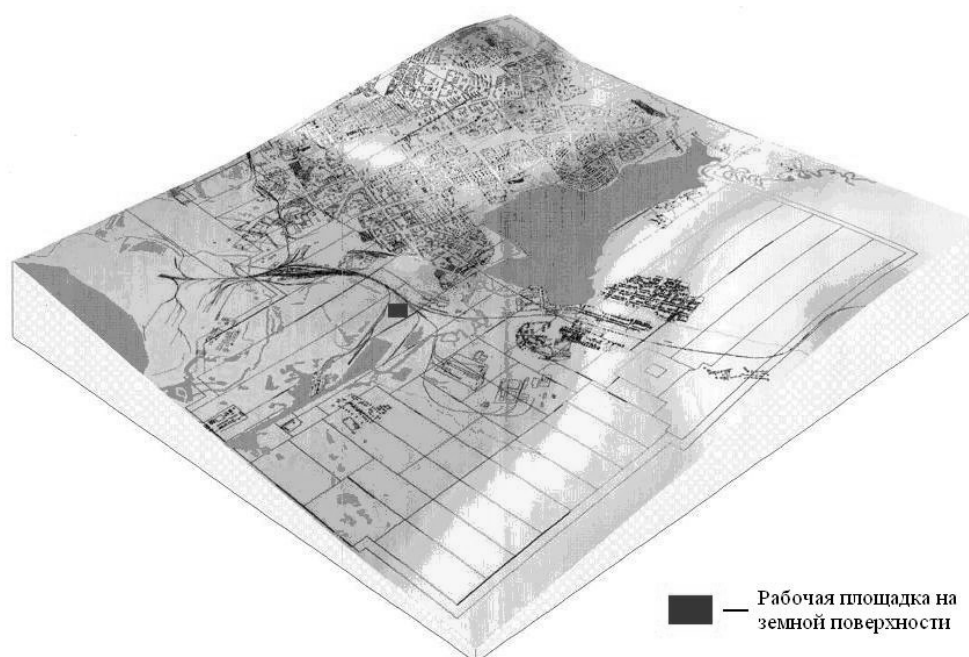


Рис. 6. Совмещённый план земной поверхности г. Березники и горного отвода БКПРУ-1

Таблица 1

Основные технические показатели

№ п/п.	Технические показатели и объемы работ	Единицы измерения	Количество
1	Общее количество инъекционных скважин	шт.	25
2	Угол наклона инъекционных скважин	град.	90
3	Глубина бурения инъекционных скважин	п.м.	200
4	Общий объем бурения инъекционных скважин	п.м.	5000
5	Мощность упрочненного грунта одной скважины	п.м.	30
6	Общий метраж упрочнения инъекционных скважин	м.	750
7	Расход смолы на 1 п. м скважины	т.	1
8	Общий расход смолы на объект	т.	750
9	Общий расход шавелевой кислоты на объект	т.	40
10	Расход труб Ш 57 мм (стенка 6 мм) на объект	т.	50

полиуретановыми композициями Пермского НПО им С.М. Кирова. На каждую скважину инъецируется по 30 т смолы: 10 т — на забой для обработки нижележащей ПКС, 20 — интервально с помощью зонного инъектора из расчета 1 т/м для обработ-

ки вышележащих ПКС и СМТ. Таким образом, в нарушенном массиве формируется защитная гидроизолирующая конструкция толщиной 30 м из упрочненных пород. Сроки схватывания скрепляющих составов регулируются в пределах от 5 до 20 мин.

Инъекция осуществляется при полном наборе в «руднике-кессоне» необходимого давления воздуха и установленном уровне рассольного горизонта.

Схему выполнения работ иллюстрирует рис. 4, расположение скважин в плане — рис. 5. Рабочая площадка на земной поверхности показана на рис. 6. Для производства буроинъекционных работ используются самоходные буровые установки УРБ-2А-2Д на базе автомобилей КАМАЗ и ЗИЛ, вакуумные машины КО-409 на базе КАМАЗ, мобильные инъекционные комплексы. Основные технические показатели и объемы инъекционных работ приведены в табл. 1

Расчет основных параметров кессонирования рудника

В качестве исходных данных принимали следующие показатели: объем выработанного пространства $V_{руд} = 84$ млн m^3 ; глубина рудника $H=300$ м; максимальный гидростатический напор подземных вод $P_r = 2,5-3,0$ МПа. Диаметры стволов в свету $D_{ств}$: №1-5 м; №2-5 м; №3-5 м; №4-7 м.

Давление воздуха при кессонировании рудника $P_{руд}$ не должно превышать максимального гидростатического давления подземных вод P_r :

$$P_{руд} \leq P_r, \text{ т.е. } P_{руд} \leq 2,5-3,0 \text{ МПа} \quad (1)$$

Достаточное избыточное давление $P_{руд}$ может быть меньшим в силу того обстоятельства, что водоносные горизонты расположены ниже отметки земной поверхности. Таким образом, для создания «рудника-кессона» необходимо заполнение полости объемом $V_{руд} \approx 84$ млн m^3 под давлением до $P_{руд} \leq 3$ МПа.

Рассматривали изотермический процесс сжатия воздуха (при беспрепятственном теплообмене воздуха с соляным массивом, $\Delta T=0$). Работа сжатия W определяется, как:

Таблица 2

Работа сжатия при кессонировании рудника

Давление кессонирования, МПа	3	2	1
Работа сжатия воздуха, Дж	$8,57 \cdot 10^{14}$	$5,03 \cdot 10^{14}$	$1,94 \cdot 10^{14}$

$$W = P_{руд} \cdot V_{руд} \cdot \ln \frac{P_{атм}}{P_{руд}}, \quad (2)$$

Расчет работы сжатия при $P_{руд} = 3,2$ и 1 МПа приведен в табл. 2

В качестве нагнетательного оборудования предусматривалось использовать высокопроизводительные серийные турбокомпрессоры магистральных газопроводов и центробежные нагнетатели.

Основные характеристики отечественных машин:

ГТН — 10 (мощность $M=10$ МГвт)

ГТН — 16 (мощность $M=16$ МГвт)

ГТН — 25 (мощность $M=25$ МГвт)

Производительность компрессорной станции на основе машин типа ГТН — 25 (при 3-х работающих и 2-х резервных) составляет 90 млн m^3 /сут при давлении в трубопроводе 7,5 МПа.

Представляет интерес последняя разработка Пермского НПО «Искра» — центробежный нагнетатель НЦ 6/30 в. Его производительность составляет 500000 m^3 /сут. при давлении закачки 3 МПа. Этого давления вполне достаточно для кессонирования рудника. Стоимость одной машины составляет 50 млн руб.

В качестве напорной магистрали, прикладываемой в стволе, используются газовые многослойные трубы большего диаметра $d=1,5$ м

Герметизирующие перемячки из монолитного бетона (железобетона) устраиваются в стволах на участке соляной толщи, по возможности ближе к зумпфам.

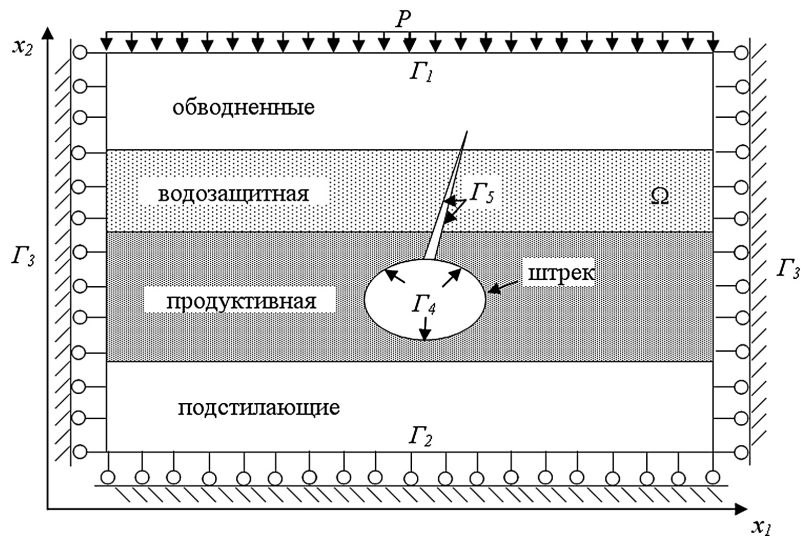


Рис. 7. Расчетная схема

Расчет их толщины B производится по известным методикам [15,16]

Толщина безврубовой перемычки:

$$B = \frac{\lambda \cdot P_{руд} \cdot D_{ст}}{4 \cdot \tau \cdot \pi \cdot \tau_G}, \quad (3)$$

где $\lambda=1,2$ — коэффициент запаса; $D_{ст}$ — диаметр ствола, м; $m=0,7+0,8$ — коэффициент условий работы; $n=0,7$ — коэффициент запаса; $\tau_G=(25-30) \cdot 10^5$, Па — расчетное сопротивление бетона срез.

Достаточная толщина перемычки составляет 4,2 м. Принимаем $B=5$ м для уменьшения фильтрационных потерь и повышения безопасности работ.

Расчет времени работы компрессоров для создания кессона в руднике производится по формуле:

$$t = \frac{W}{K \cdot M \cdot \eta}, \quad (4)$$

где W — необходимая работа по нагнетанию воздуха до определенного давления, Дж; M — единичная мощности компрессора, Вт; K — количество компрессоров на станции, $K=3-5$; η — коэффициент полезного действия, $\eta=0,8$.

При полной нагрузке станции (5 работающих компрессоров) её полезная мощность составит 100 МВт.

Потребное время для создания максимального давления $P_{руд}=3$ МПа составит:

$$t_1 = \frac{8,57 \cdot 10^{14}}{5 \cdot 25 \cdot 0,8 \cdot 10^6} = 8,57 \cdot 10^6 \text{ сек} \approx 99 \text{ суток};$$

• для достижения давления $P_{руд}=2$ МПа:

$$t_2 = \frac{5,03 \cdot 10^{14}}{5 \cdot 25 \cdot 0,8 \cdot 10^6} = 5,03 \cdot 10^6 \text{ сек} \approx 58 \text{ суток};$$

• для достижения давления $P_{руд}=1$ МПа:

$$t_3 = \frac{1,94 \cdot 10^{14}}{5 \cdot 25 \cdot 0,8 \cdot 10^6} = 1,92 \cdot 10^6 \text{ сек} \approx 22 \text{ суток}.$$

При наличии двух работающих станций время активного нагнетания t_1 , t_2 и t_3 составит, соответственно 50, 29 и 11 суток.

Моделирование н.д.с. соляного массива вблизи рассолопроводящей трещины до и после её ликвидации

Целями исследований являлись определение безопасных давлений кессонирования рудника по условиям возможности флюидоразрыва массива, а также выбор рациональных адгезионных свойств скрепляющего материала при инъекции рассолопроводящих трещин.

Известно, что разрывы возникают в направлениях, перпендикулярных наименьшим главным напряжением [17, 18]

Для условий калийных рудников при гидростатическом поле напряжений в массиве справедливо следующее условие флюидоразрыва :

$$P_{раз} > \gamma H \quad (5)$$

При объемном весе пород $\gamma = 2,1 \times 10^3 \text{ кг/м}^3$ и $H = 300 \text{ м}$. $P_{раз} > 6 \text{ МПа}$

Необходимое давление кессона в 2 раза меньше полученной величины, т.е. разрыв массива при реализации способа невозможен.

Более точный расчет возможности возникновения флюидоразрыва массива при наличии лидерной субвертикальной трещины, сообщающейся с горной выработкой, получен путем математического моделирования.

Рассматривали плоскость, совпадающую с поперечным сечением штрека (рис. 7).

В своде выработки расположена трещина с параметрами (α, w, h, φ) . Требуется рассчитать характеристики НДС в области Ω с границей Γ . Характеристики НДС: $U(r)$ — поле вектора перемещения точек тела ($r \in \bar{\Omega}$ ($\bar{\Omega} = \Omega \cup \Gamma$ — замыкание области Ω) — точка тела, заданная своим радиус-вектором); $\varepsilon(r)$ — поле тензора деформации; $\sigma(r)$ — поле тензора напряжений. Заданные параметры (α, w, h, φ) соответствуют равновесной конфигурации трещины, т.е. конфигурации, которую принимает

трещина в условиях равновесия при воздействии давления от вышележащих пород материала. Причины возникновения и эволюция трещины неизвестны. Неизвестно заранее и НДС вблизи штрека с трещиной. Для определения этого НДС необходимо решить соответствующую краевую задачу о нагружении рассматриваемой области окрестности штрека массовыми силами, вызванными весом пород. Начальное состояние материала в такой задаче принимается естественным ненагруженным. Сложность состоит в том, что параметры $(\alpha_0, w_0, h_0, \varphi_0)$ ненагруженной трещины неизвестны и их следует отыскать. Тогда задаваясь этими исходными геометрическими параметрами $(\alpha_0, w_0, h_0, \varphi_0)$ трещины в ненагруженном состоянии и учитывая вес пород, можно найти НДС вблизи трещины при заданных равновесных параметрах (α, w, h, φ) трещины.

Математическую модель процесса строили в предположении о реализации в материале НДС, т.е. равенстве нулю перемещений в направлении, перпендикулярном плоскости моделирования ($u_3 = \varepsilon_{33} = \gamma_{13} = \gamma_{23} = 0$) и отсутствии изменения всех параметров в этом направлении.

Материал в рассматриваемой области Ω не является однородным, а представляет n однородных слоев. Материал в каждом слое считали однородным с изотропными свойствами.

Параметры НДС в каждой точке исследуемой области должны удовлетворять следующим соотношениям:

- уравнениям равновесия

$$\sigma_{ij,j}(r) + \rho(r)g_i = 0, \quad r \in \Omega, \quad (6)$$

где $\rho(r)$ — плотность материала в точке r ; $g_1 = 0$; $g_2 = -g$, g — ускорение свободного падения.

- физическим соотношениям

$$\sigma_{ij}(r) = C_{ijmn}^{(k)}(r) \varepsilon_{mn}(r), \quad r \in \bar{\Omega}, \quad (7)$$

где $C_{ijmn}^{(k)} = 2G_{(k)} \times$

$$\times \left(\frac{\mu_{(k)}}{1 - 2\mu_{(k)}} \delta_{ij} \delta_{mn} + \delta_{im} \delta_{jn} \right), \quad (8)$$

$$\delta_{ij} = \begin{cases} 1, & i = j \\ 0, & i \neq j \end{cases} \text{ — символ Кронекера;}$$

$$G_{(k)} = \frac{E_{(k)}}{2(1 + \mu_{(k)})} \text{ — модуль сдвига для}$$

k -ого слоя материала ($k=1, 2, \dots, n$); $E_{(k)}$ — модуль упругости; $\mu_{(k)}$ — коэффициент Пуассона;

- геометрическим соотношениям

$$\varepsilon_{ij}(r) = \frac{1}{2}(U_{i,j}(r) + U_{j,i}(r)), \quad r \in \bar{\Omega}, \quad (9)$$

- при следующих граничных условиях

$$\sigma_n = P, \quad \tau = 0, \quad r \in \Gamma_1, \quad (10)$$

$$u_2 = 0, \quad \tau = 0, \quad r \in \Gamma_2, \quad (11)$$

$$u_1 = 0, \quad \tau = 0, \quad r \in \Gamma_3, \quad (12)$$

$$\sigma_n = \tau = 0, \quad r \in \Gamma_4, \quad (13)$$

- при условии в трещине

$$\sigma_n = \tau = 0, \quad r \in \Gamma_5. \quad (14)$$

Здесь

$$\sigma_n = \sigma_{11} \cos^2 \beta + \sigma_{22} \sin^2 \beta + \tau_{12} \sin 2\beta$$

$$\tau = \frac{1}{2}(\sigma_{22} - \sigma_{11}) \sin 2\beta + \tau_{12} \cos 2\beta.$$

нормальная и тангенциальные компоненты тензора напряжений для границы области, β — угол между осью x_1 и нормалью к границе области,

$$P = \sum_{k=1}^{N^*} \gamma_k H_k \text{ — давление вышележа-$$

щих пород земли, N^* — число слоев породы над рассматриваемой областью Ω , γ_k — удельный вес породы k -ого слоя, H_k — толщина k -ого слоя породы.

Для определения НДС вблизи штрека с трещиной использовали алго-

ритм, основанном на методе конечных элементов. Сетка конечных элементов строится с использованием треугольных симплексов — элементов и изопараметрических четырехузловых элементов. Для получения разрешающих уравнений использован метод Галеркина.

На рис. 8 (а, б) показано распределение параметра Надаи-Лодэ вокруг штрека с открытой (а) и заиньектированной (б) трещиной в кровле выработки. В табл. 3 приведены расчётные значения сцепления скрепляющих составов со стенками трещины.

Выполненные расчеты подтвердили безопасность рекомендуемых предельных давлений при кессонировании рудника. Расчетами также определены рациональные адгезионные свойства скрепляющих материалов при иньектировании рассолопроводящих трещин.

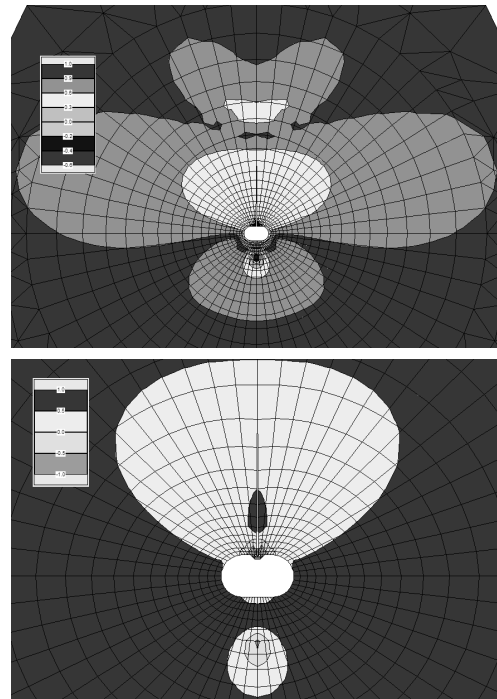


Рис. 8 (а, б). Распределение параметра Надаи-Лодэ вокруг штрека с трещиной в кровле выработки

Таблица 3

Расчётные значения σ_n для заинъектированных трещин

h, м	w ₀ , м	σ_n и σ_τ (МПа) в точках на боковой контактной поверхности пробки								
		A ($x_2 = x_{2p}$)			B ($x_2 = x_{2p} - h_{ps}/2$)			C ($x_2 = x_{2p} - h_{ps}$)		
		σ_n	σ_τ	σ_τ/σ_n	σ_n	σ_τ	σ_τ/σ_n	σ_n	σ_τ	σ_τ/σ_n
25	0,1	1,74	0,23	0,13	1,31	0,07	0,05	0,98	0,31	0,32
	0,2	1,94	0,33	0,17	1,56	0,04	0,03	1,03	0,27	0,26
	0,3	2,03	0,38	0,19	1,66	0,03	0,02	0,93	0,25	0,27
50	0,1	4,82	0,55	0,11	4,06	0,33	0,08	2,99	0,81	0,27
	0,2	5,46	0,91	0,17	4,62	0,08	0,02	3,09	0,71	0,23
	0,3	5,68	1,02	0,18	4,79	0,06	0,01	2,78	0,65	0,23

Направления дальнейших исследований

Предложенная концепция и технические решения по активной защите калийных рудников от затопления базируются на проверенных практикой физических принципах известных специальных методов подземного строительства и современном уровне техники. Нет оснований сомневаться в эффективности этих принципов и в данном случае.

Не дожидаясь следующей аварии, нужно уже сейчас приступить к проектно-исследовательским и опытно-конструкторским работам в этом на-

правлении. В качестве испытательного полигона для опытно-производственных работ целесообразно использовать затопленный рудник БПКРУ-1.

Экономическая цена вопроса создания системы активной защиты калийных рудников от затопления представляется мизерной по сравнению с уже понесёнными затратами при потере рудников БПКРУ-3 и БПКРУ-1. Без внедрения такой технологии нетрудно предугадать результаты любого подобного инцидента на существующих и вновь проектируемых рудниках ВКМС.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Акт технического расследования причин аварии на БПКРУ-1, произошедшей 28 октября 2006 г. — Материалы правительственной комиссии, г. Березники, 2006.
2. Кондратов А.Б., Толмачёв Б.Н., Старцев Ю.Г. «Инъекционная технология ликвидации расслопритоков на калийных рудниках» — «Шахтное строительство», № 2, 1988.
3. Кондратов А.Б., Константинова С.А., Старцев Ю.Г. и др. «Способ гидроизоляции горных выработок калийных и соляных рудников». Авторское свидетельство на изобретение СССР №1458587, 1988.
4. Kondratov A.B. «Injection techniques ensuring safety of the underground structures built in the fissured water-soluble rocks.» — World Tunnel Congress 2008, Underground Facilities for Better Environment and Safety, New Delhi-Agra, India.
5. Кондратов А.Б., Букатин А.В. «Ликвидация аварийного водопритока с дебитом 2000 м³/час на гипсоангидритовом руднике «Порешкий» — Материалы конференции «Геодинамика и напряжённое состояние недр земли», ИГД СО РАН, г. Новосибирск, 2008.
6. Кондратов А.Б., Мараков В.Е. «Анализ аварии на Первом Березниковском калийном руднике и оценка её негативных последствий для городской инфраструктуры» — Труды международной конференции «Геомеханические проблемы XXI века в строительстве зданий и сооружений», ПГТУ, г. Пермь, 2007.
7. Васильчук М.П., Иофис М.А. «Анализ геомеханических процессов и причин ава-

рии на Верхнекамском месторождении калийно-магниевых солей». — Маркшейдерский вестник, №1, 2007.

8. *Красноштейн А.Е., Барях А.А., Санфиоров И.А.* «Березники: риски и реалии» — Альманах «Геориски», декабрь, 2007.

9. *Константинова С.А.* «Авария на Первом Березниковском руднике: некоторые результаты ретроспективного геомеханического анализа» — «Безопасность труда в промышленности», №1, 2008.

10. *Кассин Г.Г., Филатов В.В.* «О природных причинах катастрофы на руднике ОАО «Уралкалий» в октябре 2006.» — «Известия вузов. — Горный журнал». — № 4. — 2008.

11. *Кассин Г.Г.* «Тектонические узлы и катастрофы на Верхнекамском месторождении солей» — «Известия вузов. Горный журнал», №3, 2009.

12. «Краткий отчёт о мониторинге развития аварии и минимизации её последствий на руднике БПКРУ-1 ОАО «Уралкалий» за

период с 15 по 21 августа 2008.» — ОАО «Уралкалий», г. Березники, 2008.

13. «Технико-экономическое предложение по кессонно-инъекционной технологии ликвидации расслопритока в Первый Березниковский калийный рудник ОАО «Уралкалий» — ГСНПП «Геоинъекция», г. Пермь, 2006.

14. *Кондратов А.Б.* «Способ гидроизоляции горных выработок калийных и соляных рудников» — Положительное решение ФИПС по заявке на изобретение № 2007113538/03(014705) от 11.04.2007.

15. *Трулак Н.Г.* «Специальные способы проведения горных выработок» — М., «Недра», 1976.

16. *Калмыков Е.П.* «Борьба с внезапными прорывами воды в горные выработки» — М., «Недра», 1973.

17. *Желтов Ю.П.* «Деформации горных пород» — М., «Недра», 1966.

18. *Камбефор А.* «Инъекция грунтов» (перевод с французского) — М., «Энергия», 1971. **ГИАБ**

КОРОТКО ОБ АВТОРЕ

Кондратов А.Б. — кандидат технических наук, e-mail: geoinjec@mail.ru, Пермский государственный технический университет.



8 апреля 2010 г. первый президент Монголии П. Очирбат посетил издательство «Горная книга». Беседа П. Очирбата с главным редактором Издательства Е.И. Кит