

УДК 622.831

А.А. Барях, В.А. Асанов, В.Н. Токсаров, В.В. Аникин
МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ОПАСНОСТИ
НАРУШЕНИЯ СПЛОШНОСТИ ВОДОЗАЩИТНОЙ
ТОЛЩИ НА ОТРАБОТАННЫХ УЧАСТКАХ
КАЛИЙНЫХ РУДНИКОВ

Рассмотрены основные факторы, которые необходимо учитывать при исследовании состояния отработанных участков калийных рудников Верхнекамского месторождения. Разработана методика оценки потенциальной опасности нарушения сплошности водозащитной толщи в пределах выработанного пространства.

Ключевые слова: водозащитная толща, выемочные зоны, коэффициент опасности, система мониторинга, коэффициент подработанности, районирование отработанной части шахтного поля.

Основопологающим условием применения той или иной системы разработки на калийных рудниках является требование исключения возможности прорыва поверхностных вод в выработанное пространство и обеспечения сохранности водозащитной толщи.

Может быть предложено несколько способов выделения отработанных участков, потенциально-опасных по нарушению сплошности водозащитной толщи. Первый из них основывается на определении соответствия реализованных параметров системы разработки современным требованиям действующих нормативных документов [1]. Такой подход, безусловно, имеет право на существование, однако представляется не вполне правомерным. Весь многолетний опыт отработки Верхнекамского калийного месторождения показывает, что все нормативные документы (прошлые и нынешние) в определенной степени ориентированы на некоторые средние условия отработки и не могут отразить все многообразие геологиче-

ского строения водозащитной толщи и изменчивость ее механических свойств. Вместе с тем, на отработанных площадях, зачастую, уже имеется отклик техногенного воздействия горных работ на породный массив в виде реализованных его деформаций и разрушения конструктивных элементов. В этой связи представляется, что методика выделения потенциально-опасных участков на отработанных площадях должна базироваться на комплексном анализе, включающем как оценку показателей, регламентированных нормативными документами, так и параметров, характеризующих конкретную горнотехническую и геомеханическую ситуацию.

В соответствии с данным подходом оценку степени опасности того или иного отработанного участка шахтного поля рудника по возможному нарушению сплошности водозащитной толщи предлагается производить по комплексу факторов, которые можно условно разделить на три группы: природные условия разработки, уро-

вень техногенного воздействия на водозащитную толщу и фактическая реакция подработанного массива на реализованные параметры системы разработки.

К первой группе относятся такие параметры как допустимые прогибы водозащитной толщи и прочностные свойства продуктивных пластов. Отметим, что допустимый прогиб является показателем, который регламентирует безопасные условия подработки водозащитной толщи в зависимости от геологических особенностей ее строения, а прочностные свойства рабочих пластов характеризуют фактическую степень нагружения междукammerных целиков.

Вторую группу составляют следующие показатели: расчетная степень нагружения междукammerных целиков, степень подработанности водозащитной толщи, коэффициент заполнения очистных камер закладочным материалом, а также время, прошедшее с начала отработки.

Показатели, относящиеся к третьей группе, характеризуют интенсивность проявления горного давления на данный момент времени и определяются оседаниями земной поверхности, степенью разрушения очистных камер и целиков, сейсмической активностью.

На основе вышеперечисленных факторов по совокупности частных расчетных коэффициентов оценивается комплексный показатель опасности. Вычисление частных коэффициентов производится по одному или нескольким относительно взаимосвязанным факторам.

Для анализа использовалось, принятое на рудниках ОАО «Сильвинит» деление шахтных полей на выемочные

зоны (рис. 1). Площадь и конфигурация выемочной зоны зависит от числа вынимаемых пластов, параметров системы разработки и наличия геологических аномалий в строении водозащитной толщи.

В процессе анализа для каждого коэффициента применяется бальная система оценок в диапазоне от 0 до 1. При оценке 0 баллов уровень опасности по тому или иному параметру считался минимальным, при 1 балле — максимальным. Для перехода к балльной системе оценок выполняется нормировка каждого рассматриваемого параметра.

Так, например, нормированная степень нагружения целиков рассчитывается по следующей формуле

$$k_C = \frac{C_i - C_{\min}}{C_{\max} - C_{\min}},$$

где C_{\max} — максимальная степень нагружения междукammerных целиков на отработанной площади шахтного поля; C_{\min} — минимальная степень нагружения междукammerных целиков на отработанной площади шахтного поля; C_i — степень нагружения междукammerных целиков в рассматриваемой выемочной зоне.

Факторы степени закладки выработанного пространства и время отработки отражаются одним нормированным коэффициентом, рассчитанным по формуле

$$k_{з,Т} = (k_{закл.}^o + k_T^o) / 2,$$

где $k_{закл.}$ — нормированный коэффициент степени закладки выработанного пространства; k_T — нормированный коэффициент времени, прошедшего после отработки.



Рис. 1. Шахтное поле рудника СКРУ-1 ОАО «Сильвинит»

$$k_{\text{закл.}} = \frac{(\sum m_i / m_{\text{эф.}})_i - (\sum m_i / m_{\text{эф.}})_{\min}}{(\sum m_i / m_{\text{эф.}})_{\max} - (\sum m_i / m_{\text{эф.}})_{\min}},$$

где $(\sum m_i / m_{\text{эф.}})_{\max}$ — максимальная степень закладки в пределах отработанной части шахтного поля; $(\sum m_i / m_{\text{эф.}})_{\min}$ — минимальная степень закладки в пределах отрабо-

танной части шахтного поля; $(\sum m_i / m_{\text{эф.}})_i$ — степень закладки в рассматриваемой зоне.

$$k_T = \frac{T_i - T^{\min}}{T^{\max} - T^{\min}},$$

где T^{\max} — максимальное время, прошедшее после отработки в пределах отработанной части шахтного поля;

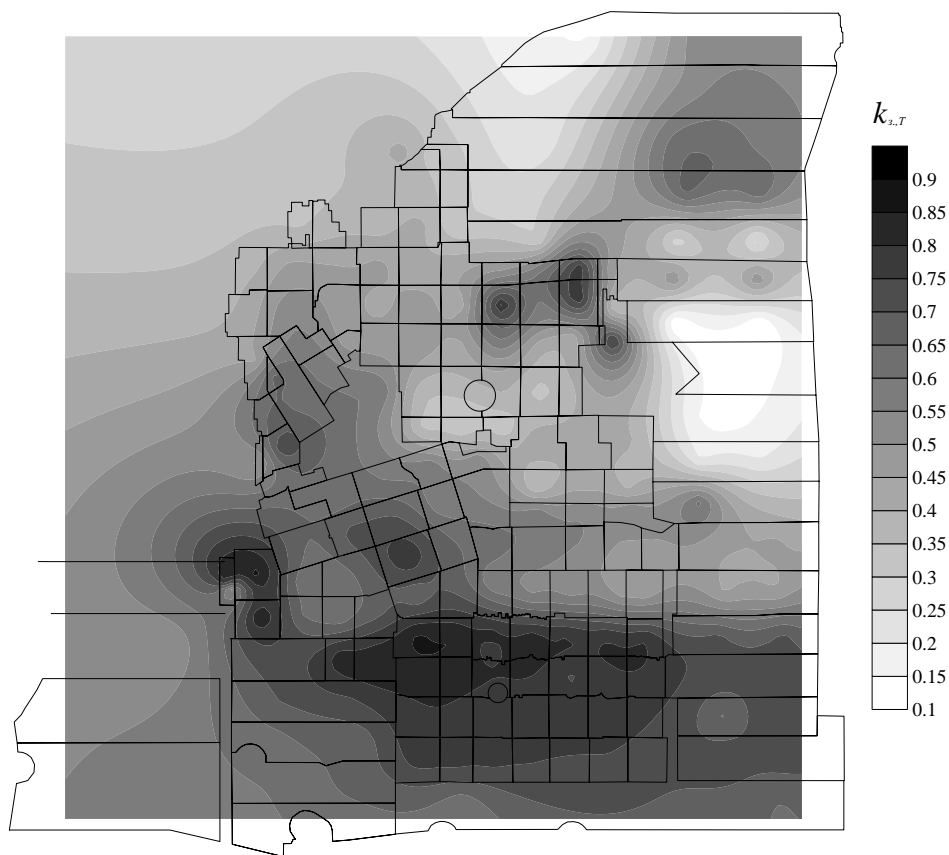


Рис. 2. Карта распределения нормированного коэффициента $k_{z,T}$ в пределах шахтного поля рудника СКРУ-1

T^{\min} — минимальное время, прошедшее после отработки в пределах отработанной части шахтного поля; T_i — время, прошедшее после отработки в рассматриваемой выемочной зоне.

Физический смысл коэффициента $k_{z,T}$ заключается в том, что чем больше срок службы выработок и меньше степень закладки выработанного пространства, тем выше вероятность разрушения конструктивных элементов камерной системы разработки.

Наибольшие значения $k_{z,T} = 0,95 \div 1$ в пределах отработанной площади

шахтного поля отмечаются в выемочных зонах № 6 и 89, где выемка руды производилась в 1938-1960-х годах и отсутствует закладка (рис. 2). Соответственно, низкие значения $k_{z,T} = 0 \div 0,05$ имеют место в пределах участков № 3 и 5, где возраст выработок небольшой, а степень закладки — высокая.

Степень подработанности водозащитной толщи ($n_{\text{подр.}}$) оценивается как отношение эффективной вынимаемой мощности всех рабочих пластов на рассматриваемом участке шахтного поля $\sum m_{\text{эф.}}$ к мощности водозащитной толщи $m_{\text{ВЗТ}}$.

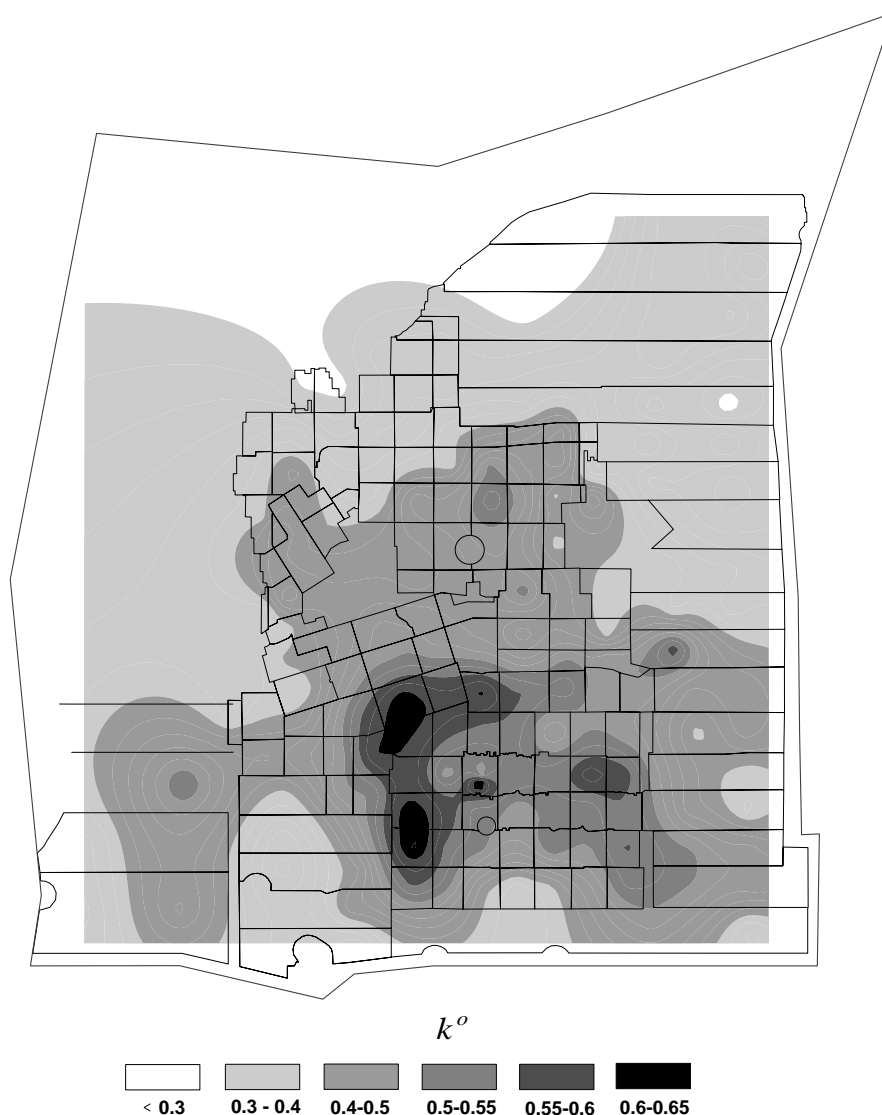


Рис. 3. Распределение комплексного коэффициента опасности в пределах отработанной площади шахтного поля рудника СКРУ-1

На основе $n_{\text{подр.}}$ рассчитывается нормированный коэффициент подработанности водозащитной толщи

$$k_{\text{подр.}} = \frac{n_{\text{подр.},i} - n_{\text{подр.}}^{\min}}{n_{\text{подр.}}^{\max} - n_{\text{подр.}}^{\min}},$$

где $n_{\text{подр.},i}$ — степень подработанности в рассматриваемой выемочной зоне;

$n_{\text{подр.}}^{\max}$ — максимальное значение степени подработанности в пределах отработанной части шахтного поля; $n_{\text{подр.}}^{\min}$ — минимальное значение степени подработанности водозащитной толщи в пределах отработанной части шахтного поля.

По аналогичной методике определяются нормированные коэффициен-

ты: допустимых прогибов $k_{д.п.}$, прочности соляных пород продуктивных пластов $k_{\sigma_{ск}}$ и интенсивности проявления горного давления $k_{г.д.}$.

По результатам оценок всех нормированных коэффициентов, отражающих влияние принятых к анализу факторов, определяется комплексный коэффициент опасности нарушения сплошности водозащитной толщи на рассматриваемом участке шахтного поля

$$k^o = (k_c + k_{д.п.} + k_{\sigma_{ск}} + k_{з.г} + k_{погр.} + k_{г.д.}) / 6,$$

Данный показатель позволяет выполнить районирование шахтного поля по степени потенциальной опасности нарушения сплошности водозащитной толщи. Это, в свою очередь, дает возможность разработать оптимальную по содержанию и срокам реализации систему комплексного мониторинга состояния водозащитной толщи.

Результаты реализации предложенного подхода применительно к отработанной площади шахтного поля рудника СКРУ-1 ОАО «Сильвинит» представлены на рис. 3.

В первую группу включены выемочные зоны с наибольшей расчетной степенью опасности ($k^o = 0,6 \div 0,65$), во вторую группу — с $k^o = 0,55 \div 0,60$, в третью группу — с $k^o = 0,50 \div 0,55$.

Выполненное районирование отработанной части шахтного поля руд-

ника СКРУ-1 по потенциальной опасности нарушения сплошности водозащитной толщи позволяет дать рекомендации по организации комплексного мониторинга на выделенных участках. Первоочередной контроль необходимо провести в пределах выемочных зон, отнесенных к первой группе. Здесь целесообразно в ближайшее время выполнить наземные сейсморазведочные работы с последующей геомеханической оценкой текущего состояния водозащитной толщи и прогнозом развития ситуации в будущем.

Для объектов второй и третьей группы рекомендуется разработать проект мониторинга, в котором должны быть определены конкретные его элементы: маркшейдерские наблюдения за сдвижением земной поверхности, в случае отсутствия на данных участках профильных линий; геофизические измерения; сопровождающие геомеханические исследования.

В заключении сделаем несколько замечаний относительно предложенного подхода к выделению потенциально опасных участков на отработанных площадях. Безусловно, разработанная методика может и должна совершенствоваться. Это, во-первых, касается расширения числа учитываемых факторов, анализ их значимости и степени независимости. Во-вторых, целесообразно, отразить весовой вклад каждого фактора в общую оценку уровня опасности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Указания по защите рудников от затопления и охране подрабатываемых объектов в условиях Верхнекамского месторождения

калийных солей (технологический регламент). — СПб. — 2008. **ИЛАС**

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Барях А.А. — доктор технических наук, профессор Горного Института УрО РАН;

Асанов В.А. — доктор технических наук, профессор Горного Института УрО РАН, e-mail: ava@mi-perm.ru;

Токсаров В.Н. — кандидат технических наук, старший научный сотрудник Горного Института УрО РАН, e-mail: toksarov@mi-perm.ru.

Аникин В.В. — младший научный сотрудник Горного Института УрО РАН.