УДК 622.831

Д.А.ПОТЕМКИН
Санкт-Петербургский государственный горный институт (технический университет)

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ СВОДА СМЕЩЕНИЙ ПРИ СЛОЕВОЙ ОТРАБОТКЕ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Рассмотрены результаты численного моделирования напряженно-деформированного состояния (НДС) массива пород при отработке руд в сложных горно-геологических условиях. Выявленные закономерности влияния наличия и толщины искусственного защитного перекрытия на НДС вмещающего массива позволяют уточнить представления о роли защитного перекрытия при разработке богатых руд.

Results of numerical modeling tensely – deformed conditions of a file of breeds are considered at improvement of ores in difficult geological conditions. The revealed laws of influence of presence and thickness of artificial protective overlapping{blocking} on tensely – deformed conditions of a containing file allow to specify representations about a role of protective overlapping by development of rich ores.

Запасы Яковлевского месторождения характеризуются сложными горно-геологическими и гидрогеологическими условиями залегания. Руда и вмещающие породы имеют малые предельные площади обнажения. Ведение проходческих и очистных работ осложняется и наличием в покрывающей толще водоносных горизонтов, имеющих гидравлическую связь с рудной залежью. Исключить прорывы воды из водоносных горизонтов в процессе ведения очистных работ возможно только при использовании систем разработки с полной закладкой выработанного пространства.

Одним из вариантов отработки месторождения было создание на глубине около 600 м бетонного защитного перекрытия-плиты с последующей слоевой выемкой в направлении сверху вниз со стороны висячего бока. Защитное перекрытие должно обеспечить безопасные условия разработки рудного тела, исключить крепление выработок и камер первого слоя (под перекрытием), возможность неуправляемого обрушения рудного массива над выработанным пространством, снизить осадки вышележащего рудного массива и пород карбона до безопасного уровня из-за возможного образования в них водопроводящих трещин. Схема геологического разреза модели представлена на рисунке.

Определение параметров защитного перекрытия является важной задачей. Данная работа посвящена исследованию закономерностей формирования свода смещений в рудном массиве при различной тол-

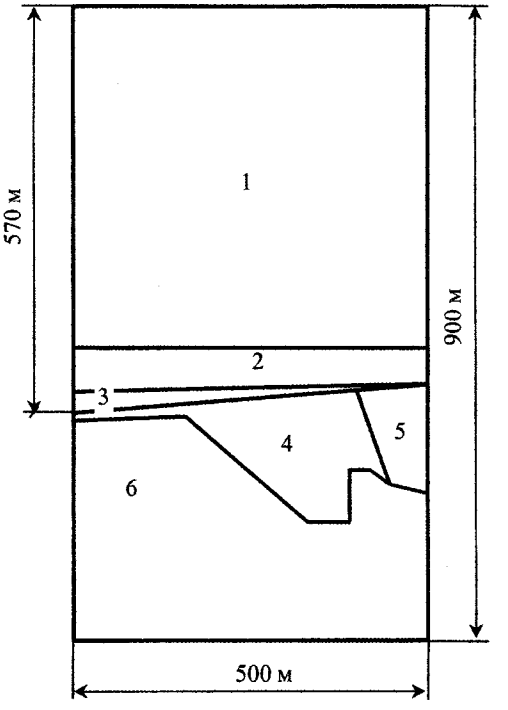


Схема геологического разреза
1, 2, 3, 4, 5, 6 – типы пород

щине искусственного перекрытия-плиты и наличии-отсутствии заделки плиты во вмещающие породы.

Исследование НДС вмещающего массива горных пород решалось в плоском двухмерном варианте, расчет велся на собственный вес, массив пород представлен линейно-деформируемой средой (табл.1).

Таблица 1

Физико-механические свойства пород

Типы пород	Наименование пород	Физико-механические характеристики		
		E, МПа	ν	γ, т/м^3
1	Четвертичные отложения	До 600	0,27	1,92
2	Известняки (карбоновые, глинистые)	3640	0,29	2,9
3	Руды переотложенные (слабые)	До 500	0,26	3,4
4	Руды рыхлые	500-1000	0,26	3,44
5	Алевролиты – филлиты (средней крепости)	75000	0,24	2,8
6	Вмещающие известняки (сланцы гидрослюдизированные, сланцы серицитовые)	55000	0,26	2,9

Массив пород, бетонная плита-перекрытие, межкамерные целики моделировались четырехугольными элементами первого порядка. Рассматривался первый отрабатываемый слой, расположенный непосредственно под перекрытием. Мощность слоя и, соответственно, высота и ширина камер и междукамерных целиков принимались равными 5 м. Моделировалась одновременная отработка 4-х камер. Длина отрабатываемого участка вкрест протирания 90 м, длина перекрытия при принятом расположении камер составила 116 м.

Рассмотрено 7 вариантов расчетных схем, моделирующих формирование НДС массива пород без перекрытия, с перекрытием 1-4 м (с шагом 1 м), 6 м с жесткой заделкой в прочные породы и вариант трехметрового перекрытия без заделки.

В варианте 0 изучались вертикальные и горизонтальные смещения рудного массива при отработке камер по проектированию рудного тела без защитного перекрытия. В других вариантах (1-6) аналогичные камеры отрабатывались под защитным перекрытием соответствующей толщины.

Вариант 0. Без защитного перекрытия в кровле каждой камеры образуется зона пониженных напряжений с максимальными вертикальными смещениями контура в кровле до 12 см. Высота зоны с существенными, до 6 см, вертикальными смещениями соизмерима с высотой камеры. За счет деформаций целиков, выдавливания почвы и смещений кровли в камерах, над рабочим пространством образуется обширная, общая для всех камер область вертикальных смещений шириной 1,5-2 см, превышающей пролет рабочего пространства более чем вдвое. В почве камер образуется небольшая зона разгрузки с выдавливанием руды в камеру. Горизонтальные смещения до 4 см направлены в кровле камер от висячего бока к лежачему, в почве – в обратную сторону. Камеры как бы скручиваются деформациями массива против часовой стрелки.

Различия по направленности горизонтальных смещений в кровле и почве, преобладание деформаций в кровле со стороны висячего бока являются характерным моментом для всех вариантов. Сказывается близость прочных пород лежачего бока и разная мощность слоя более прочных переотложенных руд, которая увеличивается к лежачему боку. И наоборот, активность деформационных процессов вокруг камеры, первой от лежачего бока, выше.

Вариант 1. Толщина защитного перекрытия 1 м. Характер деформаций вмещающего массива, в целом, по отношению к предыдущему случаю, не изменяется. Максимальные смещения кровли камер уменьшились с 12 до 7 см, ширина зон разгрузки в кровле камер увеличилась. Защитное перекрытие заметно распределило нагрузку на целики и несколько выровняло деформации массива под перекрытием.

Вариант 2. Толщина защитного перекрытия 2 м. На картине вертикальных смещений влияния единичных камер на деформации покрывающей толщи не прослеживается. Перекрытие выровняло вертикальные деформации, причем максимальные смещения уменьшились до 5,2 см. Рабочее про-

странство из 4-х камер и 3-х целиков сформировало над перекрытием общую зону разгрузки с вертикальными смещениями, убывающими от максимума (5,2 см) до 1,4 см на уровне кровли пород карбона. Целики под защитным перекрытием деформированы также на 5,2 см, причем край целика со стороны лежачего бока сжат больше. На распределение горизонтальных смещений также сказывается влияние отдельных камер при перекрытии толщиной 2 м, но их максимум не превышает 2 см (в варианте 0 соответственно 4 см).

Вариант 3. Толщина перекрытия 3 м. На картине изохром вертикальных смещений видно, что в руде над перекрытием формируется обширная, шириной 60 м и высотой 26 м, зона приблизительно одинаковых вертикальных смещений с максимумом 4,7 см. За пределами зоны вертикальные смещения быстро затухают и на контакте богатых руд с переотложенными рудами не превышают 2,2 см. Горизонтальные перемещения в массиве по-прежнему ориентированы в кровле от висячего бока к лежачему, с максимумом до 2 см, и в почве – в обратную сторону. Под защитным перекрытием деформации аналогичны варианту 2. Целик уплотняется на 4,7 см, размеры зон разгрузки в почве камер уменьшаются. Бока камер со стороны висячего бока выдавливаются в камеры. Под защитным перекрытием разгрузочный эффект открытого пространства прослеживается до 15 м ниже перекрытия.

Вариант 4. Толщина перекрытия 3 м. Перекрытие со стороны лежачего бока опирается на рудный массив, без заделки в подстилающие породы. В основном, схема деформирования вмещающего массива совпадает с вариантом 3. Однако защитное перекрытие заметно больше оседает со стороны висячего бока, где перекрытие подработано камерами. При этом картина деформаций рудного массива ниже перекрытия изменилась несущественно.

Вариант 5. Толщина перекрытия 4 м. Схема деформаций вмещающего массива практически идентична с вариантом 3 как по размерам зон разгрузки в кровле и ниже перекрытия, так и по абсолютной величине вертикальных и горизонтальных деформаций.

Вариант 6. Толщина перекрытия 6 м. Максимальные вертикальные деформации кровли защитного перекрытия остались на уровне деформаций вариантов 3 и 4. Ширина и высота зон максимальных смещений несколько уменьшилась: 55 и 19 м соответственно. Горизонтальных деформаций в массиве под перекрытием почти не отмечается, зона максимальных горизонтальных деформаций сместилась в торец перекрытия, при этом руда затекает как в кровлю, так и в почву перекрытия. В целом деформации руд вокруг камер под перекрытием в варианте 6 выражены слабее, чем в вариантах 3 и 4.

Толщина перекрытия, равная 3 м, не оказывает существенного влияния на вертикальные смещения в толще руд и покрывающих пород (табл.2). Защитное перекрытие толщиной 3, 4 и 6 м практически одинаково прогибается над рабочей зоной. Целики деформируются, и перекрытие, неспособное удержать вес покровной толщи, деформируется вместе с целиками. Таким образом, повлиять на смещения водозащитной толщи путем увеличения толщины перекрытия не удается. Деформации можно минимизировать только за счет оптимальных способов управления горным давлением – с помощью выбора рационального порядка отработки камер и их качественной закладки.

Таким образом, методом конечных элементов выявлены закономерности изменения НДС массива при различной толщине искусственного перекрытия:

- с увеличением толщины искусственного перекрытия от 3 до 6 м перемещения подработанного массива в районе карбонового водоносного горизонта практически не изменяются;
- выявленные закономерности влияния толщины перекрытия на НДС вмещающего массива позволяют уточнить представления о роли защитного перекрытия при разработке богатых руд; очевидно, что искусственное перекрытие любой мощности в процессе ведения горных работ и увеличения размера

Таблица 2

Максимальные вертикальные смещения при различной толщине перекрытия, см

Толщина защитного перекрытия, м	Вертикальные смещения на уровне			
	защитного перекрытия	контакта богатых руд с переотложенными рудами	контакта пород карбона с рудным массивом	контакта карбона с четвертичными отложениями
0	12,0	2,50	2,0	1,50
1	7,10	2,30	1,55	1,40
2	5,20	2,20	1,50	1,30
3	4,74	2,20	1,50	1,30
3 (без заделки)	4,57	2,16	1,46	1,28
4	4,75	2,20	1,50	1,30
6	4,99	1,87	1,17	1,0

обнажения не способно удержать массив пород покрывающей толщи;

• рекомендуемая толщина защитного перекрытия составляет 3,0-3,5 м; сооружение перекрытия необходимо осуществлять путем отработки и закладки одного рудного слоя с опиранием перекрытия на рудный массив (без заделки в породы лежачего бока);

• по критерию, учитывающему вероятность образования вертикальных трещин отрыва в породах карбона, отработка 4-х камер под защитным перекрытием толщиной более 3 м не приведет к образованию водопроводящих трещин в переотложенных рудах и породах карбонового горизонта.

Следует отметить, что рассмотренные закономерности смещений в массиве пород отражают их зависимость только от мощности перекрытия. Очевидно, что конечный результирующий осадок породной толщи – это сумма осадок, полученных в результате выполнения каждого этапа по проведению, отработке и закладке камер.