Записки Ленинградского орденов Ленина и Трудового Красного Знамени горного института им. Г. В. Плеханова, т. LII, вып. 1, 1966 г.

УДК 622.271.3

ВЫБОР ПАРАМЕТРОВ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПАНЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ РАЗРАБОТКИ

(на примере Кингисеппского месторождения фосфоритов)

Л. Г. Тымовский, И. М. Норкин

При разработке месторождений открытым способом параметры панелей обычно определяются производительностью карьера, условиями залегания, применяемым оборудованием, технологией выемочных и транспортных работ, качественным составом полезного ископаемого, обводненностью месторождения и способом его осушения, глубиной промерзания и другими факторами [Кинаст, 1954; Ржевский, 1964].

Рассматриваемое в статье горизонтально залегающее месторождение фосфоритов имеет мощность пласта от 0,7 до 5,0 *м* (в среднем 3 *м*). Толща пласта объемным весом 2,19 *т/м*^{3} представлена песками, включающими ракушечник. Непосредственно над пластом залегают глауконитовые известняки средней мощностью 3,8 *м*. Средняя мощность вышележащих четвертичных отложений 1,8 *м*. Месторождение обводнено и основной водоприток из фосфоритового пласта составляет 150 *м*^{3}*/ч*. На карьере специальных мероприятий по осушению к зимнему периоду не проводят, поэтому кровля фосфоритового пласта промерзает. Наибольшая глубина промерзания почвы в январе — феврале достигает 1,0—1,2 *м*. Число зимних градусо-дней по данным метеослужбы в среднем составляет 860, достигая в отдельные годы 1240 градусо-дней. С промерзанием пласта связаны перебои в подаче руды на приемные бункеры обогатительной фабрики и дополнительные затраты рабочей силы, материалов, оборудования и энергии на буровзрывные работы. При длине фронта работ 1300 *м* и производительности карьера по руде 3,3 млн. *т/год* фронт работ подвигается за месяц на 35 *м*. В настоящее время месторождение имеет подготовленные запасы на значительных площадях. Это осложняет борьбу со смерзаемостью полезного ископаемого.

Для рассматриваемых условий авторами предложена панельная система разработки, при которой вся обнаженная площадь залежи разбивается на выемочные панели, отрабатываемые поперечными заходками (рис. 1). Длина панели определяется длиной фронта работ и числом работающих экскаваторов на уступе, а максимальная ширина панели — условиями снижения уровня грунтовых вод в пласте на величину, превосходящую глубину промерзания фосфоритовых песков.

Промерзание фосфоритовых песков, с учетом климатических условий и физико-механических свойств горных пород, определено по формуле А. Н. Будникова

$$h_м = 2\lambda\sqrt{Tn},$$

где $h_м$ — глубина промерзания, *см*;

λ — коэффициент теплопроводности горной породы;

Tn — число зимних градусо-дней.

При $\lambda = 0{,}5$ * в фосфоритовых сухих песках (для обводненных песков $\lambda = 2$) и $Tn = 860$ градусо-дней, глубина промерзания осушенных фосфоритовых песков составит $h_м = 2 \cdot 0{,}5\sqrt{860} \approx 30$ *см*.

При такой глубине промерзания экскаватор с ковшом 3—4 $м^3$ может успешно разрабатывать фосфоритовый пласт без предварительного рыхления. Расчетная максимальная глубина промерзания $h_{м\,max}$ без дренажных мероприятий 1,4 *м*, что вполне согласуется с фактическими данными на карьере.

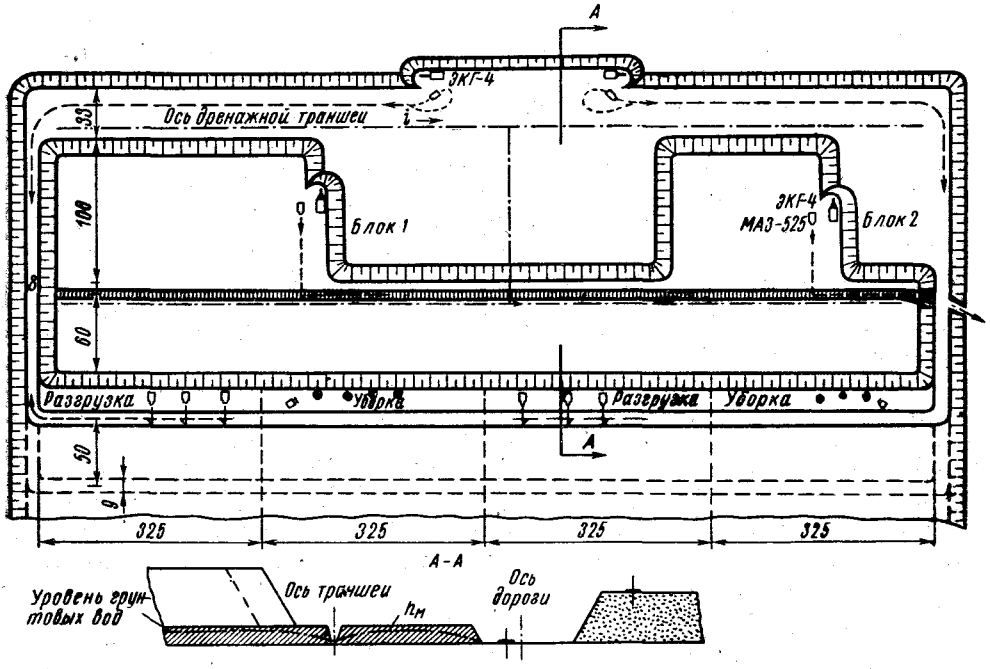


Рис. 1. Панельная система разработки горизонтального месторождения при внутреннем отвалообразовании.

Для осушения фосфоритовых песков в выемочной панели предусмотрена проходка дренажных траншей, закладываемых по наиболее низким отметкам пласта. В этом случае скорость осушения панели зависит от принимаемой ширины панели и коэффициента фильтрации фосфоритовых песков. Скорость осушения выемочных панелей шириной 100 и 150 *м* определена исходя из известного положения о том, что уровень подземных вод внутри участка, оконтуренного дренажными выработками, понижается до заданного за время

$$t = 0{,}9 \frac{\mu \left(\frac{l_п}{2}\right)^2}{Kh} \left(\frac{h}{h_t} - 1\right) = 0{,}225 \frac{\mu l_п^2}{Kh} \cdot \frac{h - h_t}{h_t},$$

где K — коэффициент фильтрации, $K = 12$ *м/сутки***;

h — мощность осушаемого пласта, *м*;

* Определен в лаборатории кафедры гидрогеологии и инженерной геологии Ленинградского горного института.

** По данным гидрогеологических исследований Ленинградского горного интитута.

$l_п$ — ширина выемочной панели, m;

μ — коэффициент водоотдачи;

h_t — остаточный уровень подземных вод к моменту времени t, *м*.

$$h - h_t = 1{,}5\, h_{м\,max},$$

откуда

$$t = 0{,}338\, \frac{\mu l_п^2}{Kh\,(k - 1{,}5\, h_{м\,max})},\ \text{сутки}.$$

При $\mu = 0{,}25$, $K = 12$ *м/сутки*, $h = 3$ *м* и $l_п = 100$ *м*

$$t = 0{,}338\, \frac{0{,}25 \cdot 100^2 \cdot 1{,}4}{12 \cdot 3\,(3 - 1{,}5 \cdot 1{,}4)} = 32 \text{ суток}.$$

При $l_п = 150$ *м* соответственно $t = 75$ суток. С другой стороны, при круглогодовой работе карьера размер вскрытых запасов должен обеспечивать четырехмесячную производительность. Тогда $l_{п.\,вскр} = 35 \cdot 4 = 140$ *м*.

Таким образом, по условиям промерзания ширина выемочной панели на месторождении практически может изменяться от 80 до 140 *м* и в среднем будет составлять 100—110 *м*. На проходке дренажных траншей для оконтуривания участков с трехмесячными запасами целесообразно использовать драглайны. При сечении дренажной траншеи 10 $м^2$ и общей протяженности в пределах выемочной панели 1300 *м* суммарный объем работ составит 13 000 $м^3$. Это соответствует примерно 24 машино-сменам драглайна Э-1011.

Для подготовки очередной панели к выемке необходимо по наиболее пониженным участкам пласта провести разрезную траншею вкрест подвигания фронта работ по фосфоритовому пласту до оконтуривающей дренажной траншеи. Это будет способствовать более интенсивному отводу грунтовых вод от выемочной полосы. Добыча от проходки грузится в самосвалы и частично может быть уложена на кровлю фосфоритового пласта. При среднесменной фактической производительности экскаватора ЭКГ-4 1260 $м^3$/*см* (данные 1964 г.) время на проходку траншеи для подготовки фронта работ в пределах выемочной панели составит около 5 смен.

Для создания благоприятных условий экскавации необходимо предусмотреть мероприятия, направленные на уменьшение теплопроводности горных пород по мере обнажения кровли залежи и снижение кусковатости смерзшихся горных пород. На рассматриваемом месторождении фосфоритов это можно успешно сделать рыхлением поверхностного слоя навесными рыхлителями Д-570, выпускаемыми на базе трактора ДЭТ-250. В начале зимнего сезона вскрытые запасы на зиму вспахивают рыхлителем. Непосредственно перед выемкой и при необходимости они взрыхляются повторно (рис. 2).

Площадь панели на фосфоритовом месторождении составит 120 000 $м^2$, сменная производительность рыхлителя летом 20 000 $м^2$/*смену*, зимой 10 000 $м^2$/*смену*, общие затраты на подготовку рыхлителем выемочной панели летом — 6, зимой — 12 машино-смен.

Все виды работ, связанные с подготовкой выемочной панели к зимнему сезону, выполняются за 2—3 недели, а при планомерном развитии сети дренажных траншей этот срок можно сократить до одной недели. Среднее суточное подвигание линии фронта работ панели составит 12,6 *м/сутки*, или округленно в течение суток будет отрабатываться одна заходка.

Эффективность мероприятий, связанных с переходом на панельную систему разработки, видна из приведенной таблицы.

Дополнительные затраты в зимние месяцы, связанные с промерзанием пласта, при сравниваемых системах разработки

Система разработки	Сумма дополнительных затрат, руб.	Объем добычи, тыс. m	Удержание 1 m добычи, $коп/m$
Транспортная (1964 г.)	20 580	363,1	5,67
Панельная (предлагаемая)	2 000	800,0	0,25

Трудовые затраты при панельной системе разработки за зимний период могут быть снижены более чем на 2500 чел.-смен (в месяц около 800 чел.-смен) за счет сокращения рабочих, занятых пропуском руды на приемных бункерах обогатительной фабрики.

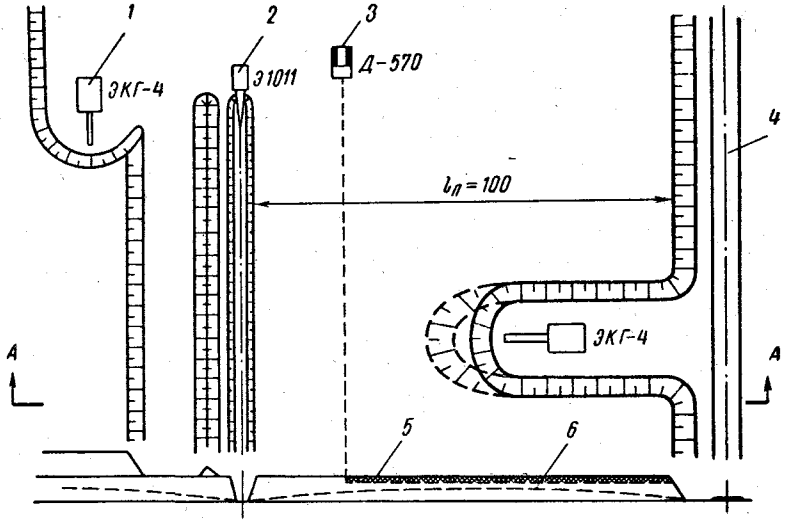


Рис. 2. Организация работ при подготовке очередной выемочной панели:

1 — вскрышной экскаватор; *2* — драглайн на проходке дренажной траншеи; *3* — рыхлитель на подготовке смерзающейся кровли фосфоритового пласта к выемке; *4* — автомобильные дороги с покрытием из сборных железобетонных решетчатых плит; *5* — зона рыхления; *6* — уровень грунтовых вод.

Кроме того, при панельной отработке обеспечивается максимальное число действующих очистных забоев на одном уступе, что особенно важно при изменяющемся качественном составе полезного ископаемого в условиях Кингисеппского месторождения. В этом случае можно учитывать качественные изменения полезного ископаемого и технологически проще производить внутрикарьерное усреднение.

Как показали исследования, при панельной системе наиболее целесообразен автомобильный транспорт.

При отработке панелей в течение нескольких месяцев можно использовать сборные железобетонные решетчатые переносные покрытия. Это, во-первых, значительно снизит переменные расходы; во-вторых, обеспечит бесперебойное движение самосвалов с повышенными скоростями, когда грунты откаточного горизонта не обладают необходимой несущей способностью [Хохряков, 1963].

Для самосвалов БЕЛАЗ-540 и МАЗ-525 рекомендованы плиты Госстроя типа IV размером 300 × 150 × 22 *мм*, весом 1,8 m, рассчитанные на предельную нагрузку 18 m на спаренное колесо. Плиты укладываются на спланированную поверхность, покрытую песчаным слоем в 12—15 *см*,

либо на мелко дробленые породы из местного грунта. Такие плиты примерно в 3—4 раза уменьшат удельное сопротивление движению, снизят расход горючего в 1,5—1,7 раза, расход резины в 2—2,3 раза, расходы на ремонт в 2 раза и соответственно стоимость перевозок в 1,5—1,8 раза. Факторами, определяющими рентабельность применения рекомендуемых плит, являются: первоначальная стоимость забойных дорог, повторность использования плит, степень влияния дороги на производительность самосвалов и стоимость перевозки.

Рассмотрим на примере Кингисеппского карьера «Фосфорит» себестоимости тонно-километра при двух типах дорог: из решетчатых плит и дороги, выполненной из местного грунта.

Для расчета принимаем:

$L_т$ — дальность транспортирования, равная 0,7 *км* $L_т \approx \frac{1}{2} L_ф$ (половина длины фронта работ);

β — коэффициент использования пробега, равный 0,5;

$S_{пер}$ — переменные расходы, равные 0,45 *руб/км* для плитного покрытия и 0,81 *руб/км* для грунтовой дороги;

$S_{пс}$ — постоянные расходы, равные 1,5 *руб/ч*;

v — средняя техническая скорость, равная 18 *км/ч* для плитного покрытия и 10 *км/ч* для грунтовой дороги;

$K_и$ — коэффициент полезного использования сменного времени на чистой работе, равный 0,7;

$t_{пр}$ — суммарная продолжительность простоев самосвала в течение рейса, равная 0,08 *ч*;

Q — грузоподъемность самосвала, равная 25 *т*;

$K_з$ — коэффициент загрузки самосвала, равный 1.

Стоимость транспортных расходов

$$S_{тр} = \frac{\frac{L_т}{\beta}\left(S_{пер} + \frac{S_{пс}}{vK_и}\right) + S_{пс}\frac{t_п}{K_и}}{L_т R K_з}.$$

При решетчатых плитах

$$S'_{тр} = \frac{\frac{0{,}7}{0{,}5}\left(0{,}45 + \frac{1{,}5}{18 \cdot 0{,}7} + 1{,}5\frac{0{,}08}{0{,}7}\right)}{0{,}7 \cdot 25 \cdot 1} = 0{,}059 \ руб/т \cdot км,$$

при грунтовой дороге из местного материала

$$S''_{тр} = \frac{\frac{0{,}7}{0{,}5}\left(0{,}81 + \frac{1{,}5}{10 \cdot 0{,}7} + 1{,}5\frac{0{,}08}{0{,}9}\right)}{0{,}7 \cdot 25 \cdot 1} = 0{,}09 \ руб/т \cdot км.$$

Дорожную составляющую $S_д$ себестоимости тоннокилометра определяли методом калькуляции с учетом: срока службы решетчатых плит (2 года), что соответствует семикратному использованию плит (7 перекладок), 5-процентной замены плит при каждой перекладке краном и затрат на содержание дороги.

Согласно калькуляции, двухгодичные расходы по постройке, перекладке и содержанию забойной дороги составили для дороги из решетчатых плит 118 тыс. руб. и для дороги из местного материала 77,5 тыс. руб. Выполненная самосвалами за этот период работа определена в 4 600 000 *т·км*. Следовательно, дорожная составляющая, отнесенная к 1 *т·км*, при плитном покрытии

$$S'_д = \frac{118\,000}{4\,600\,000} = 0{,}027 \ руб/т \cdot км,$$

при грунтовой дороге

$$S''_{д} = \frac{77\,500}{4\,600\,000} = 0{,}017 \ руб/т \cdot км.$$

Полная стоимость 1 $т \cdot км$ для дорог из решетчатых плит $S'_{т} = 0{,}059 + 0{,}027 = 0{,}086$ $руб/т \cdot км$ или 8,6 $коп/т \cdot км$, соответственно для грунтовой дороги $S''_{т} = 0{,}09 + 0{,}017 = 0{,}107$ $руб/т \cdot км$ или 10,7 $коп/т \cdot км$.

Полученные результаты показывают, что применение благоустроенных забойных дорог при панельной системе разработки, позволяет снизить себестоимость транспортировки на 10,7—8,6 = 2,1 $коп/т \cdot км$, или в среднем на 20—30%, по сравнению с грунтовыми дорогами. Кроме того, с увеличением срока отработки панелей себестоимость транспортировки может быть еще снижена за счет уменьшения числа перекладок и увеличения общего срока службы решетчатых плит.

Отвальный фронт при этой системе работ разбивается на 4 участка длиной по 325 $м$ каждый. Два участка постоянно находятся в работе, а два — в планировке бульдозером. Автопроезды на отвалах вдоль разгрузочного фронта устраиваются на всю длину фронта через каждые 50 $м$ по ходу развития отвальных работ.

Для связи вскрышных забоев с отвальными участками на торцевых бортах устраиваются дорожные проезды на уровне кровли пласта.

Для выдачи полезного ископаемого из карьера предусматривается устройство временных съездов по борту с уклоном в $80^0/_{00}$, длиной до 50 $м$. Сооружение выездных съездов производится один раз за время отработки каждой панели.

Переход к панельной системе разработки по рудной залежи не вызывает общей перестройки и форсирования вскрышных работ на карьере, так как к настоящему времени на карьере «Фосфорит» имеется значительное их опережение.

Выводы

1. При интенсивной разработке маломощных горизонтально залегающих месторождений панельная система разработки позволяет снизить в зимние месяцы дополнительные затраты, связанные с промерзанием полезного ископаемого, более чем в 20 раз и повысить производительность труда за счет сокращения трудовых затрат.

2. На месторождениях типа Кингисеппских фосфоритов целесообразно применять механическое рыхление кровли пласта для борьбы с промерзанием.

3. Панельная система разработки обеспечивает большее число действующих очистных забоев на одном уступе, что позволяет более качественно и технологически проще выполнять внутрикарьерное усреднение.

4. Технико-экономические расчеты подтверждают эффективность применения на карьерах решетчатых железобетонных плит при панельной разработке маломощных месторождений, когда срок службы дорожных проездов составляет 2—4 месяца.

ЛИТЕРАТУРА

Кинаст Ф. Вскрышной транспорт на буроугольных разрезах ГДР. Механизация трудоемких и тяжелых работ, № 11, 1964.

Ржевский В. В., Анистратов Ю. И., Ильин С. А. Открытые горные работы в сложных условиях. Недра, 1964.

Хохряков В. С. Проектирование и организация работы карьерного автотранспорта. Госгортехиздат, 1963.