

УДК 502.5

## МЕХАНОГИДРАВЛИЧЕСКИЙ СПОСОБ РЕКУЛЬТИВАЦИИ ВЫРАБОТАННОГО ПРОСТРАНСТВА КАРЬЕРА

В.В. Чаплыгин, А.В. Матвеев

Сибирский Государственный Индустриальный Университет, Институт горного дела и геосистем, Кафедра открытых горных работ и электромеханики  
e-mail: chief.v.v@yandex.ru

**Аннотация:** В статье представлен новый механогидравлический способ рекультивации выработанного пространства карьера, обеспечивающий снижение трудоемкости работ по восстановлению нарушенных земель.

**Ключевые слова:** способ механогидравлической рекультивации, выработанное пространство карьера.

**Abstract:** The paper presents a new mechanohydraulic method for reclamation of mined-out space of the quarry, reducing the labor intensity of work on the restoration of disturbed lands.

**Key words:** mechanohydraulic method of reclamation, mined-out space of the quarry.

В течении последних десяти лет в Российской Федерации наблюдается тенденция к увеличению площадей нарушенных земель, которая только за прошедший увеличилась на 2,6%. [1]

В Кемеровской области нарушение земель - природных комплексов и естественных ландшафтов, в основном, связано с разработкой угольных месторождений. Их площадь увеличилась до 60-100 тыс. га. [2] При этом значительные площади нарушаются открытыми горными работами, что ставит перед специалистами задачи по снижению трудоемкости работ, повышению интенсивности и эффективности работ при рекультивации остаточных карьерных выработок.

В этой связи, для проведения технического этапа рекультивации выработанного пространства карьера, разработан механогидравлический способ заполнения горных выработок карьера с применением средств гидромеханизации.

С целью снижения затрат на рекультивацию горных выработок карьера и сокращения времени их заполнения вскрышными породами, целесообразно использовать гидротранспорт. [3,4,5] Решение поставленной задачи достигается ускорением осаждения взвешенных частиц пород из подаваемой пульпы за счет определенной последовательности заполнения объема и специальной конструкции трубчатых дренажей, установленных в тело дамбы.

Механогидравлический способ рекультивации выработанного пространства карьера включает в себя: отсыпку автотранспортом или намыв дамбы 1 для гидроотвала 2 вскрышных пород; укладку пульповода 3 на уступе карьера 4 или дамбе 1, намыв горных пород и заполнение карты 5, дренаж воды через тело дамбы 1 и трубчатые дренажи 6 расположенные в теле дамбы 1, водосброс дренажных вод 7 по трубам на внешнем откосе 8 дамбы в дренажные канавы 9 гидравлически соединенные с отстойником 10, подачу воды на пульпоформирование и подачу пульпы на гидрозакладку. (Рисунок 1) [6]

Для ускорения осаждения взвешенных частиц и обеспечения дренажа воды в тело дамбы по всей длине укладывают трубчатые дренажи 6 с углом наклона  $5-6^\circ$  в сторону заполняемой емкости закрытые пластинчатой решеткой 12, 13. (Рисунок 2)

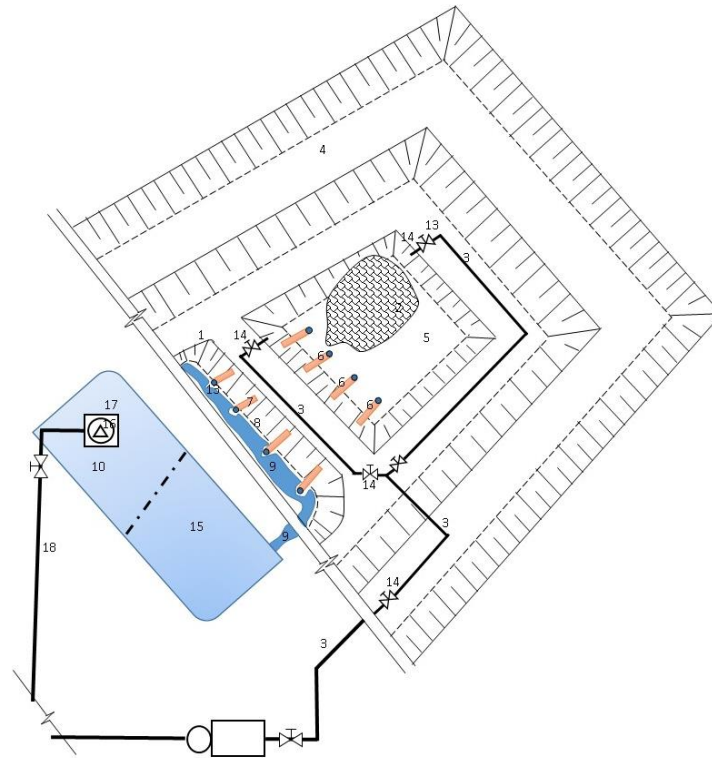


Рисунок 1 – Технологическая схема способа ускоренной рекультивации  
выработанного пространства открытых горных выработок

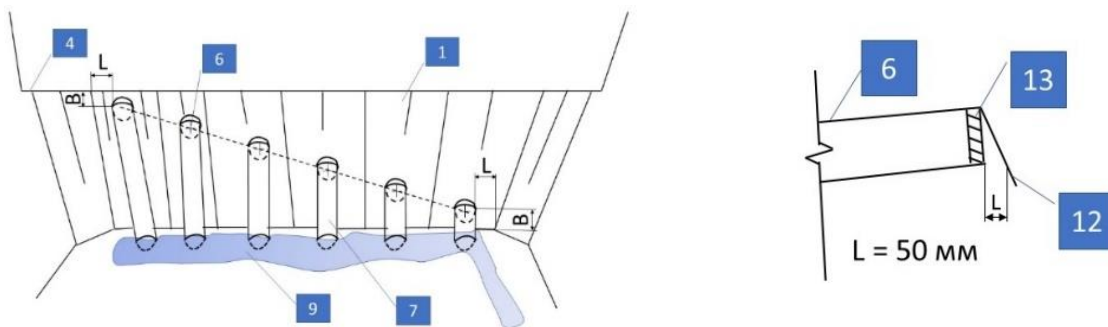


Рисунок 2 - Конструкция трубчатых дренажей

Через водосбросы вода попадает в дренажную канаву и далее в отстойник. Отстойник разделён дамбой на две части: для загрязненной и осветленной воды, в последней располагается понтон с насосной установкой для возврата воды на формирование пульпы.

Заполнение выработанного пространства карьера производится последовательно. Первоначально пульпой заполняется участок, находящийся на противоположной стороне от нижнего дренажа до момента его заполнения, затем с противоположной стороны до следующего вышележащего. Процесс повторяется до полного заполнения

емкости и регулируется с помощью запорной арматуры, к которой могут быть подключены гибкие рукава для направленной закладки и уплотнения грунта.

Расстояние между дренажными трубами равно длине фронта отвальных работ, которая определяется по формуле В.А. Мелентьева [7]:

$$L = 0,01 \sum_{d_{10}}^{d_{140}} F_i L_i, \quad (1)$$

где  $F_i$  – содержание фракций от  $d_{10}$  до  $d_{140}$ ;

$L_i$  – длина намывной зоны каждой из  $i$ -х фракций пород, м [4];

$$L_i = \frac{F_i \frac{\gamma_{ci}}{\gamma_{cn}}}{F_1 + F_2 \frac{\gamma_{c1}}{\gamma_{cn}} + \dots + F_n \frac{\gamma_{cn-2}}{\gamma_{cn}}} L, \quad (2)$$

где  $\gamma_{ci}$  – удельная плотность скальной  $i$ -й породы, т/м<sup>3</sup>;

$n$  – количество скальных пород;

$L$  – длина откоса намыва от выпуска до центральной части прудка, а количество трубчатых дренажей определяется, как целая часть числа по формуле:

$$|n| = \frac{L_D}{L_{d_{10D}}}, \quad (3)$$

где  $L_D$  – длина дамбы, м;

Высота  $H_1$  ступени укладки трубчатых дренажей определяется по формуле:

$$H_1 = \frac{H}{|n|}, \quad (4)$$

где  $H$  – высота дамбы, м,

Верхний трубчатый дренаж укладывается в тело дамбы на глубине равной расчетной величине ветровой волны в прудке, а нижний на расстоянии и высоте 1-1,5 м от борта и дна карьера.

Высота заложения верхнего трубчатого дренажа в тело дамбы, оптимально на глубину, равную двум высотам волны.

Высота волны определяется из отношения [7]:

$$2h = 0,0208 V^{3/4} D^{1/3} \quad (5)$$

где  $2h$  – высота волны, м;

$V$  — скорость ветра, м/с;

$D$  — длина участка волнообразования, м.

При намыве пород через выпуск 13 пульповода 3 в гидроотвал 2 и заполнения карты 5, вода вместе со взвешенными частицами растекается по дну карты, где происходит осаждение взвешенных частиц, достигает дамбы 1, дренирует и поступает в дренажные канавы 9 карьера. По мере увеличения заполняемой площади, частицы породы постепенно заполняют дренажные каналы, повышая уровень воды пока он не достигнет нижнего трубчатого дренажа, через который вода сбрасывается по водосбросу и поступает в пруд-отстойник.

Приток воды  $Q$  к дренажному устройству описывается уравнением основного закона фильтрации [7]:

$$Q_d = \pi r k h \frac{dh}{dr}, \quad (6)$$

где  $r$  – радиус влияния дренирования, м;

$k$  - коэффициент фильтрации (для среднезернистого материала  $k=5-10$  м/сут),

$h$ - мощность обводненных пород от основания дренажного устройства.

При установке в тело плотины ступенчато трубчатых дренажей их гидравлический расчет водоотводящих сечений производится по формуле Абрамова С.К. [7]

$$Q_m = 0,39 C d^2 i^{0,5}, \quad (7)$$

где  $C$  – коэффициент Шези; [8]

$d$  - диаметр трубы дренажа, м;

$i$  - уклон трубы дренажа.

Значение коэффициента Шези находится по формуле Павловского Н.Н. [5]:

$$C = 64 d^{0,17} \quad (8)$$

Подставляя его в формулу (7) получим выражение

$$Q_m = 24,96 d^{2,17} i^{0,5} \quad (9)$$

Пропускная способность системы  $Q_c$  дренажной дамбы – трубчатые дренажи складывается из пропускной способности самой дамбы и трубчатых дренажей, заложенных в ее тело, которые, как правило, имеют один диаметр труб, поэтому уравнение будет иметь вид:

$$Q_c = Q_d + Q_m = \pi \cdot r \cdot h (dh/dr) + n \cdot 24,96 \cdot d^{2,17} \cdot i^{0,5}, \quad (10)$$

где  $n$  – число трубчатых дренажей в теле дамбы.

На основании расчета по приведенным формулам, установлен диапазон изменения диаметров труб дренажей, укладываемых в тело дамбы в зависимости от производительности насосов. Так, на пример, при использовании насоса марки Д800-5Т необходимая пропускная способность дренажа должна составлять 900 м<sup>3</sup>/ч, следовательно, на каждой ступени дренажа необходимы стальные трубы - одну с внутренним диаметром 200 мм или две по 100 мм.

Таким образом, с целью снижения затрат на рекультивацию горных выработок карьера и сокращения времени на их заполнения вскрышными породами, целесообразно использовать механогидравлический способ рекультивации выработанного пространства. Он обеспечивает ускоренное осаждение взвешенных частиц пород из подаваемой пульпы за счет определенной последовательности заполнения объема и специальной конструкции трубчатых дренажей, установленных в тело дамбы. В результате снижается трудоемкость работ, повышается их интенсивность и эффективность при восстановлении нарушенных горными работами земель.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Доклад о состоянии и охране окружающей среды Кемеровской области в 2020 году // Кемерово: Департамент природных ресурсов и экологии Кемеровской области, 2021. — 239 с.

2. Подурец, О. Рукотворная природа // Уголь Кузбасса. - 2013 - № 1 - Январь-февраль. - С.78-80 [Электронный ресурс].

Режимдоступа:[http://www.kemrsl.ru/documents/Ekologicheskie\\_problemyi\\_Kemerovskoy\\_oblasti\\_Vyipusk\\_15\\_\(2013\).pdf](http://www.kemrsl.ru/documents/Ekologicheskie_problemyi_Kemerovskoy_oblasti_Vyipusk_15_(2013).pdf). – Загл. с экрана.

3. Кононенко Е.А. Экологические аспекты гидромеханизации открытых горных работ // Горный информационно-аналитический бюллетень. Вып. 1. - М.: МГГУ, 1998, С. 166-168.

4. Бабец А.М., Симкин Б.А., Титовский В.И. Использование средств гидромеханизации для рекультивационных работ в бассейне КМА // Горный журнал. - 1978. - № 2. С. 24- 27.

5. Кононенко Е.А., Русский А.В., Кононенко А.Е. Строительство рекреационной зоны при рекультивации нарушенных открытыми работами земель // Горный журнал. – 1998, № 7, С. 61-65.

6. Патент на изобретение №2737300. Способ ускоренной механогидравлической рекультивации выработанного пространства открытых горных выработок / А.П. Гинебург, Вит.В. Сенкус, Д.П. Болтрукевич, О.С. Новожилова, Вал.В. Сенкус, В.В. Чаплыгин, Вас.В. Сенкус, А.М. Булаева, Н.Г. Шестакова, В.А. Волошин, А.В. Матвеев, О.Д. Мосин - – МПК6 E21C 41/326. – 2020118352; Заявлено 25.05.20; Оpubл. 26.11.20; БИ № 33. – 2 с.

7. Власов Р.Е. Способ защиты бортов, отработанных или законсервированных карьеров от ветроволнового воздействия. / Р.Е. Власов // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – Москва: Горная книга, 2004. – №5. – С. 55–64.

8. Ялтанец И.М., Егоров В.К. Гидромеханизация, справочный материал. - М.: МГГУ, 1999. - 335 с.