

б) горизонтальный магистральный трубопровод возможно принимать как коллектор по отношению к раздающим секциям.

3. Замена точного метода расчета методом расчета без учета сопротивления трения в трубопроводах приводит к завышению общих массовых расходов всего на 1,16-1,30 % по сравнению с точным методом, что упрощает проведение оценок массовых расходов водовоздушной смеси более простым методом.

#### *Список использованных источников*

1. А.А. Лапшин. Исследования гидравлических характеристик центробежных форсунок для охлаждения воздуха в камере орошения / Проблеми охорони праці в Україні. – К.: ННДПБООП, 2012. – Вип. 24. – С. 99-107.

2. Деньгуб В.И., Лапшин А.А., Федоров Д.Б. Оценка эффективности охлаждения забойной вентиляционной струи сжатым воздухом / Разраб. рудн. месторожд. – Кривой Рог: КТУ, 2007. – Вып. 91. – С. 245-248.

Рукопись поступила 30.08.2013 г.

УДК 622.882

*А.А.Гурин, докт. техн. наук, профессор,*

*ГВУЗ «Криворожский национальный университет»*

*Н.А.Таран, младший научный сотрудник, Академия горных наук Украины*

## **УСКОРЕННАЯ БИОЛОГИЧЕСКАЯ РЕКУЛЬТИВАЦИЯ ОТРАБОТАННЫХ ХВОСТОХРАНИЛИЩ**

*Приведены результаты экспериментальных исследований биологической рекультивации поверхностей отработанных хвостохранилищ, что порошат, с дальнейшим их ускоренного озеленения в течении 4-5 месяцев.*

*Ключевые слова: хвостохранилища, пыль, глина, чернозем, кохия венничная, биологическая рекультивация.*

*Приведені результати експериментальних досліджень біологічної рекультивації поверхонь відпрацьованих хвостосховищ, що порошать, з подальшим їх прискореного озеленення в течії 4-5 місяців.*

*Ключові слова: хвостосховища, пил, глина, чернозем, кохія венічна, біологічна рекультивація.*

*The results of experimental researches of biological recultivation of surfaces of tailing are resulted with subsequent their speed-up planting of greenery in the flow 4-5 months.*

*Keywords: tailing, dust, clay, black earth, Kochia scoparia, recultivation biological.*

**Постановка проблемы.** Хвостохранилища, площадь которых в Кривбассе превышает 7,0 тыс. га, расположенные вблизи от жилищных районов города и являются одним из основных источников загрязнения

атмосферы силикозоопасной пылью. Значительная часть хвостохранилищ отработана и продолжает длительное время порошить, потому их необходимо быстро рекультивировать биологическим способом и повернуть в сельскохозяйственное производство.

**Анализ исследований и публикаций.** Поиску эффективных способов борьбы с пылением хвостохранилищ посвящены работы сотрудников «Ботанического сада» Академии наук Украины, НИИБТГ, ДГУ: Бересневича П.В., Вилкула Ю.Г., Михайлова В.А., Тищука В.Ю., Мазура А.Е., Гурина А.А., Тарана Н.А. Дриженко А.Ю. и др., в которых предлагается закреплять поверхности, которые порошат, пленками из разных материалов, гидроскопическими растворами, сыпучими породами или самозарастанием растениями.

**Постановка задания.** Разработать ускоренный способ озеленения поверхностей отработанных хвостохранилищ, которые порошат, и провести его промышленные испытания.

**Изложение материала и результатов исследований.** На ГОКах Кривбасса добыча железных руд ведется с дальнейшим их обогащением, в процессе которого большая часть материала, который переделывается, в виде хвостов идет в отходы и складывается на хвостохранилищах. Различают те, которые действуют и отработаны хвостохранилища, общая площадь которых превышает 7000 гектар. И те и другие являются мощными источниками пылевыведения. Из одного гектара сухой поверхности хвостохранилища при скорости ветра 5-6 м/с сносится 2-5 тонны пыли в сутки. Такая пыль является силикозоопасной, поскольку содержит больше 95% частей размером менее 4,0 мкм и сверх 65% свободной SiO<sub>2</sub> [1].

Основными мероприятиями по снижению пылевыведения на действующих хвостохранилищах являются поддержка уровня воды выше поверхности хвостов или обработка сухой поверхности гигроскопичными растворами соли MgCl<sub>2</sub> или CaCl<sub>2</sub>. Кроме того, некоторыми авторами предложено покрывать поверхность хвостов разными пленками из полимерных материалов, битума, сульфатного мыла и др. К сожалению, они имеют высокую стоимость, энергоемкость, сложные в эксплуатации, кратковременные, недостаточно эффективные и для отработанных (законсервированных) хвостохранилищ неприемлемые [2, 3].

Для сухих законсервированных хвостохранилищ наиболее приемлемая биологическая их рекультивация разными видами травянистых растений. Например, сотрудниками Криворожского ботанического сада для закрепления сухих участков хвостохранилищ, что порошат, рекомендуется следующие многолетние растения: колосняк черноморский, колосняк кистевой, пырей продлен. Необходимым условием для создания травяного покрова из этих злаков является внесение в хвосты больших доз

минеральных удобрений (аммиачную селитру, суперфосфат, калийную соль и др.) как при посеве, так и периодически через 2-3 года, что требует постоянного отхода за растениями и существенно повышает стоимость рекультивации [4].

Обрабатывать хвосты минеральными удобрениями нецелесообразно из-за высокой их водопроницаемости и низкой влажности хвостов. Растворенные удобрения проникают на большую глубину и в полной мере не будут участвовать в развитии растений. Кроме того, такой способ имело экономический при высокой стоимости минеральных удобрений.

Для ускорения процесса зарастания отвалов, хвостохранилищ и других поверхностей, которые порождают, предложено их покрывать слоем обезвреженных иловых осадков очистных сооружений толщиной 2,0-5,0 см с дальнейшим регулярным поливом водой. Промышленное исследование на отвалах иловых осадков показало, что лучше в этих условиях прорастают травяные многолетние растения (курай мароканский, люцерна посевная, клевер посевной, пырей обычный, клевер и др.).

Покрытие поверхности хвостов обезвреженными иловыми осадками очистных сооружений возможно лишь при наличии большого их количества. Ведь при толщине покрытия 3,0-5,0 см затрата иловых осадков составляет 300-500 м<sup>3</sup> на 1,0 гектар [5, 6].

Более рационально покрывать поверхность хвостов отработанных хвостохранилищ отвальными породами, которые получают при вскрышных работах на карьерах, т.е. проводить рекультивацию хвостохранилищ. Ежегодно из каждого карьера Кривбасса вывозятся сотни тысяч м<sup>3</sup> отвальных пород. Чернозем аккумулируется в специальных составах, а глина и скальные породы вывозятся на отвалы. Если учесть, что толщина слоя естественного чернозема составляет 30-50 см, а глины несколько метров, то этого материала вполне достаточно для рекультивации хвостохранилищ на ком-либо ГОКе.

Покрытие поверхности хвостохранилища только слоем глины толщиной больше 15 см, для содержания дождевой воды, позволит полностью исключить из него пылевыведение. При этом расходы транспортировки глины на хвостохранилище и отвалы практически будут одинаковы.

Известно, что глинистые поверхности озеленяются очень медленно (в течение нескольких лет). Ускорить этот процесс можно путем нанесения на слой глины слоя чернозема. В черноземе всегда есть десятки видов семян хорошо адаптированных к местным климатическим условиям, но они не все могут обеспечить ускоренное озеленение рекультивированных земель. Поэтому одним из основных заданий исследований есть поиск и испытания

растений, которые могут обеспечить надежное озеленение хвостохранилищ в течение одного сезона.

Промышленные исследования проведены на хвостохранилище ОАО «ЮГОК», где для экспериментов была выделена одна карта площадью 1000 м<sup>2</sup> (1 гектар), которая была разделена на три участка.

Хвосты первого участка площадью 0,45 гектар были покрыты слоем глины толщиной 0,15 м и сверху слоем чернозема толщиной 0,12 м.

Хвосты второго участка площадью 0,45 гектар были покрыты только слоем глины толщиной 0,15 м.

Хвосты третьего участка (контрольного) площадью 0,1 гектар не покрывались ничем. Все три участка были разделены на уровне подучастка, на которых посеяли семена кохии венничной, клевера посевного и люцерны посевной.

Выбор вида семян проводился на основе анализа аборигенной флоры, которая участвует в самозарастании отвалов и хвостохранилищ, а также результатов исследований ученых, которые занимаются борьбой с пылью на хвостохранилищах. Посев семян был проведен в 05.05.2013 г. Искусственный полив экспериментальных участков не проводился. Наблюдения за развитием растений проводили регулярно с мая по октябрь месяца.

Наилучшие результаты были получены на участке чернозема засеянными семенами кохии венничной.

Следует отметить, что сначала (май-июль) вегетация кохии проходила в условиях жестокого дефицита влаги. Проростки растений появились в конце июля и начала августа в относительно дождевой период. В результате биомасса растений за четыре месяца превысила 2500 г/м<sup>2</sup>, плотность стояния растений сложилась 80-90%, а высота стебля превысила 70 см. Другие растения, семена которых находились в черноземе, на участке засеянному кохией венничной, развития не получили (таблица).

В то же время на участках чернозема засеянных семенами клевера посевного и люцерны посевной наблюдался активный рост сорняков из классов двудольных и однодольных растений. Как известно в почве семян многих сорных растений не теряет сходство от 7-15 лет. Поэтому слой чернозема может выступать как основа для интродукции растений первопоселенцев. Ведь сорняки имеют необходимые качества – выносливость, засухоустойчивость в условиях ксерофитной степи и особенно в условиях отвалов и шламоохранилищ, где температура на поверхности может превышать 50 С.

Это степные виды как курай марроканский, курай садовый (*Salsola soda* L.), кохия венничная (*Kochia scoparia* (L.) Schrad.), тысячелистник красивейший (*Achillea millefolium* L.), гринделия растопырена (*Grindelia*

Биологическое развитие кохии венничной и природных растений посеянных на черноземе

Дата наблюдения	Размеры растения, см			Плотность растений, %	Биомасса на 1, м <sup>2</sup> , г	Фаза развития	Примечания
	Высота стебля	Длина корней	Длина листьев				
1	2	3	4	5	6	7	8
Посев семян							
8.05.2013							
5.06.2013		$\frac{0,2-0,3}{0,2-0,3}$	$\frac{0,2-0,3}{0,2-0,3}$	$\frac{7-8}{3-4}$	$\frac{2}{1}$	Ювенильные всходы	Сухо
15.06.2013		$\frac{0,6-0,8}{0,4-0,5}$	$\frac{0,6-0,9}{0,3-0,5}$	$\frac{15-16}{5-6}$	$\frac{8-9}{3}$	Ювенильные всходы	Сухо
26.06.2013	$\frac{0,8-0,9}{0,5-0,8}$	$\frac{2-3}{1-2}$	$\frac{2-3}{1-2}$	$\frac{30-40}{15-20}$	$\frac{23-25}{3}$	Молодые проростки	Сухо
03.07.2013	$\frac{0,8-0,9}{0,9-1,1}$	$\frac{8-11}{8-11}$	$\frac{2-3}{2-3}$	$\frac{50}{30}$	$\frac{500}{40}$	Молодые проростки	Сухо
15.07.2013	$\frac{0,9-1,1}{0,9-1,1}$	$\frac{16-18}{14-16}$	$\frac{2-3}{2-3}$	$\frac{60}{40}$	$\frac{700}{150}$	Молодые проростки	Дожди
07.08.2013	$\frac{20-25}{17-20}$	$\frac{20-24}{18-20}$	—	$\frac{70-80}{45-50}$	$\frac{900-1000}{200}$	Цветение	Дожди

Окончание табл.

1	2	3	4	5	6	7	8
19.08.2013	$\frac{30-35}{20-30}$	$\frac{25-35}{20-25}$	$\frac{6-8}{5-7}$	$\frac{80-90}{50-60}$	$\frac{1000-1200}{400-500}$	Цветение и образование семян	
06.09.2013	$\frac{70-80}{50-60}$	$\frac{25-35}{25-30}$	$\frac{6-8}{5-8}$	$\frac{80-90}{50-60}$	$\frac{2500-2700}{500-600}$	Образование семян	

Примечание: В числителе данные о кохии венничной, посеянной на черноземе. В знаменателе данные о растениях выросших на участках чернозема засеянных клевером посевным и люцерной посевной.

squarrosa Pursh Dunn.), донник белый и врачебный (*Melilotus albus* Medik, *M. officinalis*(L.) Pall.), щирица заброшенная (*Amaranthus retroflexus* L.), щирица жминдовидная (*A. blitoides* S. Wats.), щирица белая (*A. alba* L.), амброзия полыннолистная (*Ambrosia artemisifolia* L.), щавель конский (*Rumex confertus* Willd), цикламена дурнишниковидная (*Cyclachaena xanthifolia* (Nutt.) Fresen.), камыш обычный (*Phragmites australis* (Cav. Trin. ex Steud)), скерда кровельная (*Crepis tectorum* L.), синяк обычный (*Echium vulgare* L.), свиной палец (пальчатый) (*Cynodon dactylon* L.), резеда желтая (*Reseda lutea* L.), пырей ползучий (*Elitrigia repens* (L.) Nevskii), полынь горькая (*Artemisia absinthium* L.), полынь метельчатая (*A.scopia* Walds. et Kit), мелколестник канадский (*Erigeron canadensis* L.), лебеда белая (*Chenopodium album* L.), лебеда гибридная (*Ch. hybridum* L.), лактук татарский (*Lactuca tatarica* (L.) C. A. Mey.) и другие.

Плотность зарастания и биомасса дикорастущих растений в 3-6 раз меньше кохии венничной. Однако они могут успешно применяться для биологической рекультивации поверхностей (рисунок), которые порождают.

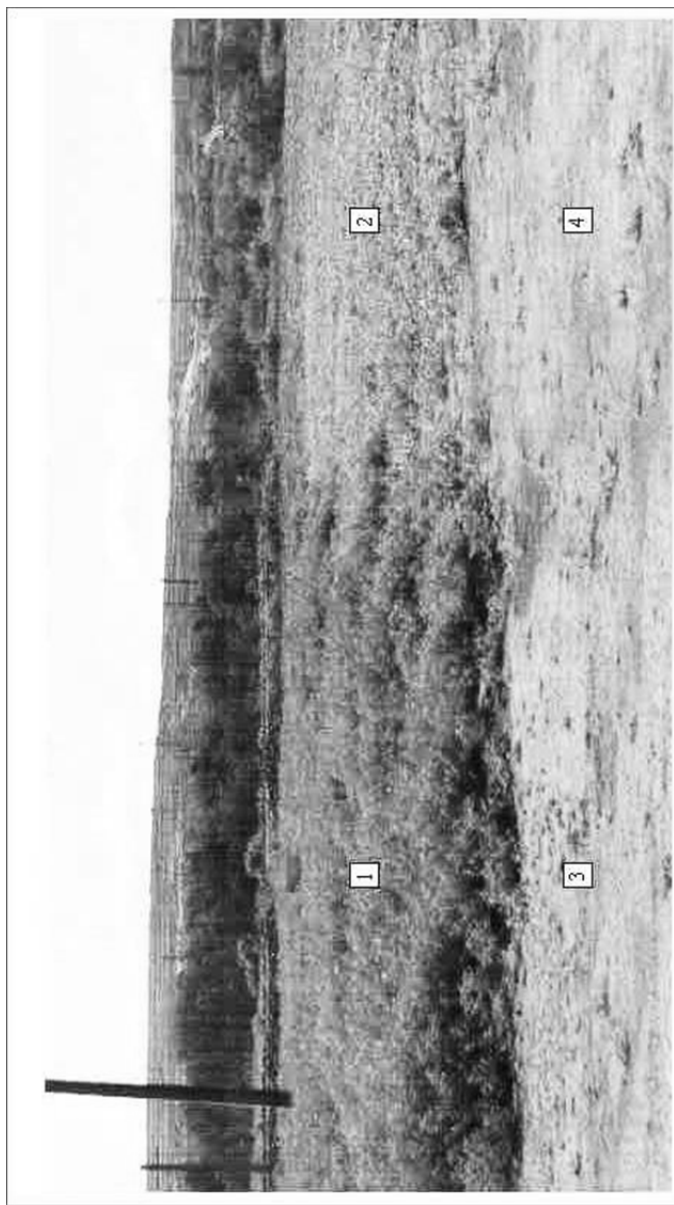
Прорастание клевера посевного и люцерны посевной, посеянных на черноземе за четырехмесячный период наблюдений выявлено в малых количествах.

На участках хвостохранилища покрытых глиной лестница посеянных семян не наблюдалась. Глина считается условно плодородным субстратом из-за недостатка гумуса. В этих условиях процесс самозарастания происходит некоторыми видами сорняков в трещинах или лужах в течение 25-30 лет. На непокрытом субстрате участка хвостохранилища зарастания посеянными и дикорастущими растениями за период наблюдения не происходило.

Проведенные исследования показали, что для ускоренного озеленения рекультивированных хвостохранилищ (покрытым слоем глины и чернозема) в условиях Кривбасса лучшие результаты дает кохия венничная. Она надежно закрепляет корнями и стеблями поверхность хвостохранилища в течение 1,5-2 месяцев, образуя большую биомассу, сплошное надежное покрытие, которое предотвращает сдувание силикозоопасной пыли хвостов.

Кохия венничная – однолетнее двудольное травянистое растение высотой 15-150 см, зеленое, под осень что краснеет, сильно ветвистое. Соцветие взъерошено-колосовидное. Цветы по 1-2 в пазухах прицветников, невзрачные. Цветет в июле-августе. Растет на солончаках, песках, сорное в садах, огородах, вдоль дорог, по мусорным местам, на высоте до 1000 м над уровнем моря. Кохия – растение кормовое и экологически безвредное.

Она отличается кратчайшим сроком вегетации, большой урожайностью семян, глубоким залеганием корневой системы, которая



*Вид на экспериментальный участок:  
1 – участок чернозема засеянный кохлей венничной; 2 – самозарастание чернозема дикорастущими растениями; 3 – участок глины засеянный кохлей венничной; 4 – самозарастание глины дикорастущими растениями*



требуется для ускоренного закрепления поверхности хвостохранилища, что порошит.

Для создания растительного покрова целесообразно использовать другие сорные растения, которые есть в черноземе или заносятся на экспериментальные участки естественным образом – животными, водой и ветром.

Предлагаемая технология рекультивации поверхностей, которые порошат, позволит в течение 2-3 лет вернуть для хозяйственного использования земли, отведенные под хвостохранилища или отвалы.

*Список использованных источников*

1. Бересневич П.В., Сащенко В.Г. Прогноз атмосферы железорудных карьеров, способов и средств ее нормализации. //сборник научных трудов НГУ, № 19, том 3. – Днепропетровск: Наука и образование, 2004. – С. 92-99.
2. Борьба с пылью на открытых горных работах / Лобода А.И., Ребристый Б.Н., Тыщук В.Ю. и др. – К.: Техніка, 1989. – 152 с.
3. Гурин А.А., Домничев Н.В., Ляшенко В.И. Природоохоронные технологии пылеподавления на хвостохранилищах горно-металлургического производства// Экология и промышленность, 2010, - №4. – С. 25-28.
4. Рекомендации по биологическому закреплению пылящих поверхностей действующих хвостохранилищ горно-обогатительных комбинатов Кривбасса, Кривой Рог, 1988. – 14 с.
5. Таран М.А. Фітооптимізація та ґрунтоутворення в умовах шламосховищ та інших техногенно-порушених екосонах Криворіжжя./ Охорона праці та навколишнього середовища на підприємствах гірничо-металургійного комплексу/ Мінпромполітики України. Український державний науково-дослідний інститут безпеки праці та екології в гірничорудній і металургійній промисловості. – Кривий Ріг. НДІБПГ, 2005. – С.119-125.
6. Добрива із осадів стічних вод очисних споруд водовідведення м. Кривого Рогу. Регіональні технічні умови ТУ У 24.1-03341316-001-2002 від 08.06.2002 без обмеження терміну дії. /Державний стандарт України, Харківський державний центр стандартизації, метрології та сертифікації. Реєстрація за 100/008005.

Рукопис постуила 22.08.2013 г.