

УДК 504.064

**С. В. ТЫНЫНА, И. И. ЧОБОТЬКО****ПРОБЛЕМЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ И МЕТОДЫ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ВОЗГОРАЕМОСТИ ПОРОДНЫХ ОТВАЛОВ**

В статье приведен анализ статистики по горящим и не горящим породным отвалам в Украине, рассмотрены основные типы породных отвалов их достоинства и недостатки, особенности формирования, проблемы эксплуатации породных отвалов и их техногенные угрозы. Методы нормализации теплового состояния отвалов, создание закладочных массивов с использованием смесей из пустых пород, уменьшение объема выработанного пространства и площадей отводимых под отвалы, мероприятия по ликвидации очагов возгорания, предотвращение размыва склона породных отвалов. Утилизация при помощи соляных и гипсовых шахт.

**Ключевые слова:** статистика, породные отвалы, техногенные угрозы, объем, ликвидация, очаг возгорания, смеси, закладочный массив, утилизация.

У статті наведений аналіз статистики по палаючим та не палаючим породним відвалам в Україні, розглянуті основні типи породних відвалів їх переваги та недоліки, особливості формування, проблеми експлуатації та їх техногенні загрози. Методи нормалізації теплового стану відвалів, створення закладного масиву з використанням сумішей з порожніх порід, зменшення об'єму відпрацьованого простору та площі, які відводяться під відвали, заходи по ліквідації вогнищ займання, запобігання розмиву схилу породних відвалів. Утилізація за допомогою соляних та гіпсових шахт.

**Ключові слова:** статистика, породні відвали, техногенні загрози, об'єм, ліквідація, вогнище займання, суміші, закладний масив, утилізація

There is an analysis of statistics in the article about the fiery and non-fiery waste rock pile in Ukraine, the main types of the waste rock pile are considered, their advantages and disadvantages forming features exploitation problems and man-made disasters. Nevertheless, the normalization of the thermal condition of the waste rock pile the creation of filling masses with the use of gob mixtures, shrinkage the down space and the area which is appropriated for the waste rock pile, measures of elimination the fire's origin point, prevention actions of waste rock pile eroded slopes. Utilization with the use of salt and gypsum mines.

The conditions of the rock heaps for the years 2013, 2014, 2015 are also determined, the main factors influencing the external and internal processes that occur in the dumps are determined. The categories of environmental hazard have been established for the environment. The measures of struggle against these phenomena in the form of land reclamation, protection of slope dumps from washing out, creation of packing massifs are considered.

**Keywords:** statistics, waste rock pile, man-made disasters, mixtures, filling mass, utilization.

© С. В. Тынына, И. И. Чоботько. 2017

**Введение.** В Украине насчитывается 1500 породных отвалов, их занимаемая площадь около 165 тыс. га (4 % территории Украины).

До недавнего времени вопросам теории и практики отвалообразования не уделялось должного внимания, хотя отвальные работы составляют значительную часть всего комплекса горных работ.

С ростом добычи полезных ископаемых объемы отвальных работ по видам механизации укладки породы в отвал будут увеличиваться [1].

Породные отвалы содержат значительное количество полезного ископаемого, в составе которого содержится пирит и сернистый ангидрит.

Вместе эти два компонента вызывают серьезные проблемы в виде возникновения очагов горения при проникновении влаги и повышенной температуры окружающей среды. Поэтому столь важен контроль нормализации температурного состояния отвалов для борьбы с горением и безопасности эксплуатационных работ.

**Анализ статистики.** На диаграмме (рис. 1) изображено количество горящих и не горящих и выведенных из эксплуатации породных отвалов на Донецкой (А) и Луганской (Б) областях по типам за 2013 г. [12].

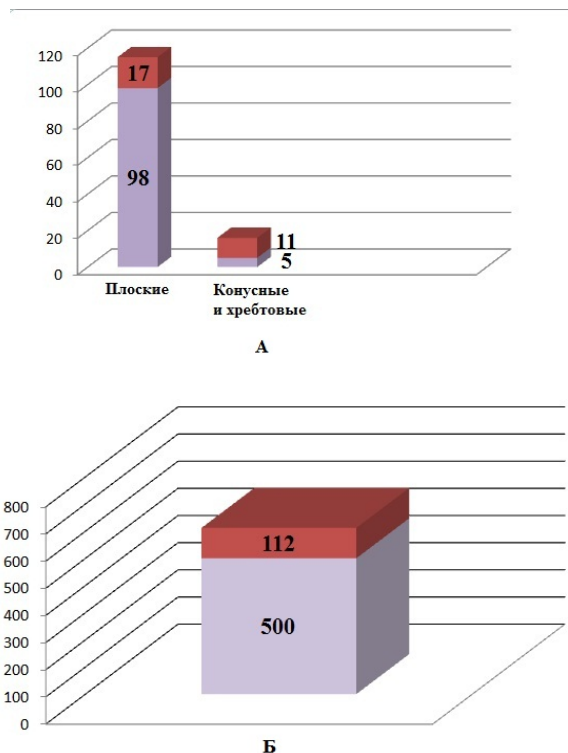


Рис. 1 – Диаграмма количества горящих и не горящих и выведенных из эксплуатации породных отвалов на Донецкой и Луганской областях. Состояние породных отвалов: А – действующих; Б – выведенных из эксплуатации; ■ – не горят; ■ – горят

По данным на 01.01.2014 г. на вне балансовых счетах предприятий, которые принадлежат к Минэнергоуглю Украины находится 365 действующих и недействующих породных отвала (рис. 2) [13].

Исходя из статистических данных по породным отвалам Украины за 2015 г., (табл. 1) в Донецкой области сосредоточено 66 % потенциально опасных горящих отвалов [11].

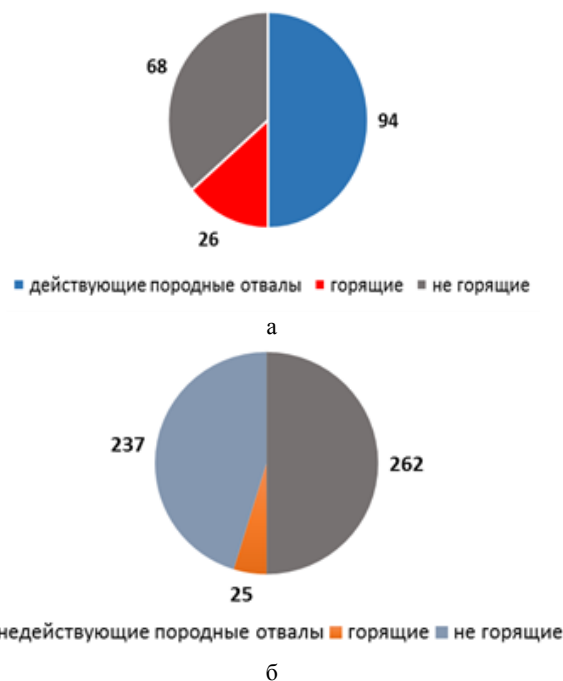


Рис. 2 – Отвалы Украины: а – действующие, б – недействующие

Таблица 1 – Статистические данные по породным отвалам

регионы	отвалы	горящие	не горящие
Донецкий	246	69	177
Луганский	280	36	244
Львовско-Волынский	9	2	7

**Типы породных отвалов.** Отвал – насыпь, которая образуется вследствие укладки на местности отходов обогащения или пустой породы [2].

В зависимости от способа укладки материала отвалы делятся на следующие виды (рис. 3).

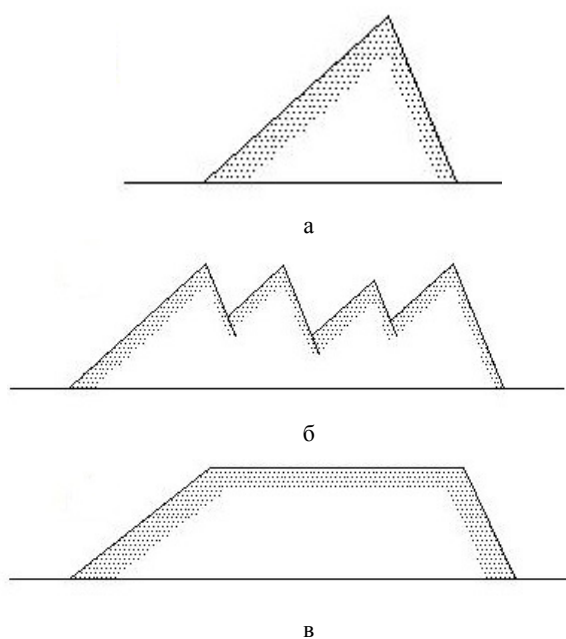


Рис. 3 – виды отвалов: а – конические; б – хребтовые; в – плоские

**Конический породный отвал (терриконик)** создается при откатывании породы опрокидывающимися вагонетками или скипами.

К **достоинствам** отвалов можно отнести занимаемую малую площадь, высоту около 100 м и углы откосов  $45^\circ$ .

**Недостатки:** запыление, горение терриконов приводит к значительному изменению состава атмосферного воздуха и выпадению кислотных дождей, т.к. из одного горящего отвала за сутки в среднем выделяется в атмосферу 4–5 т оксидов углерода и от 600 до 1100 кг сернистого ангидрида. Небольшие количества сероводорода, оксидов азота и других продуктов горения более  $600^\circ\text{C}$  и выше подвержены размыву, являются источниками радиоактивного излучения, по их отсыпку отводятся плодородные земли, что приводит к обеднению последних.

Хребтовые создаются при вывозе породы вагонетками подвесной канатной дороги или конвейерами.

**Достоинства:** большая приемная способность, т.е. могут разгружаться несколькими вагонетками, подвесной дорогой или конвейерами.

**Недостатки:** большая занимаемая площадь, несколько десятков гектар, внутренние процессы окисления вследствие попадания влаги.

**Плоские** создаются при вывозе отходов (породы) в самосвалах и формировании штабеля при помощи бульдозеров, находятся в ближайшем от предприятия понижении рельефа.

**Достоинства:** сглаживание рельефа местности и формирования определенного ландшафта, увеличение объемов складирования породы и возможности дальнейшего функционирования комплекса «шахта – породный отвал», быстрая разгрузка, не требуют подвода путей вагонеток, конвейеров и канатных дорог в связи с близким расположением к предприятию.

**Недостатки:** увеличение площади основания породного отвала и одалживание из оборота земель, нарушение установившегося равновесия системы «породный отвал – окружающая природная среда» при его репрофилировании, повышенное пылегазовыделение и рост контакта с окружающей природной средой за счет изменения площади боковой поверхности породного отвала. Так как окислительные процессы могут подниматься на поверхность штабеля, возникают трудности с рекультивацией данного типа отвала.

**Проблемы эксплуатации отвалов.** Проблемы эксплуатации отвалов связаны с внешними и внутренними процессами, протекающими в породных отвалах. К внешним процессам относится воздействие на поверхность породных отвалов, изменяющейся температуры окружающей атмосферы, осадков, ветра, которое приводит к разрушению части крупных кусков до размеров пыли. В сухую погоду эта пыль ветром сдувается с отвалов и уносится на значительные расстояния, загрязняя атмосферу. Установлено, что концентрация пыли при скорости ветра 3–3,5 м/сек и влажности воздуха 90% на расстоянии 150 м от породных отвалов составляет 10–15 мг/м<sup>3</sup>. К внутренним процессам отвалов относится окисление, протекающее с выделением большого количества тепловой энергии. Это приводит к самовозгоранию углей или

пород, содержащих уголь, который сорбирует на своей поверхности из воздуха молекулярный кислород, образуя с углеродом нестойкое пероксидное соединение. Последнее легко разлагается, выделяя при этом активный кислород, окисляющий уголь и превращающий его в богатые кислородом стойкие соединения [3].

Выделяют следующие основные стадии геомеханических процессов внутри отвалов [1, 4]:

- газообмен на контакте поверхности отвальной породы с адсорбцией и десорбцией кислорода;
- окисление пород с эндогенным нагревом;
- термическое разложение пород;
- теплообмен внутри массива отвала и с внешней средой.

Так как этот процесс экзотермический, то он сопровождается повышением температуры, ускоряющим процесс окисления, что в конечном счете, приводит к самовозгоранию. В горении отвальной породы выделяют несколько стадий: самонагревание влажной горной породы вследствие биохимического и химического окислительного выщелачивания пирита, завершающееся образованием в ней химического реактора; прогревание химическим реактором поверхностного слоя горной породы и обогащение его элементарной серой; воспламенение паров серы на воздухе вблизи поверхности самонагревающейся горной породы при температуре  $248...261^\circ\text{C}$ ; возникновение устойчивого горения десорбирующегося метана, продуктов термической деструкции и газификации горной породы согласно Уханевой М. И. [5]. Для предотвращения горения важны процессы репрофилирования породных отвалов, они достаточно трудоемки, опасны и распределены во времени. Особенное место отводится в этом случае горящим породным отвалам, а их по статистике около 30 % от общего числа. В соответствии с правилами горящие породные отвалы необходимо потушить, а лишь только потом возможно начать их разборку [6]. Тушение горящих породных отвалов включает в себя определение очагов пожаров (температурная съемка), их оконтуривание, непосредственно тушение до тех пор, пока температурная съемка не позволит оценить состояние породного отвала как не горящего [7].

Для анализа статистики загрязнения окружающей среды были отобраны 224 пробы воздуха вблизи породных отвалов, 123 из которых анализировались на окись углерода, а остальные на сернистый газ (табл. 2) [8].

Таблица 2 – Содержание вредных газов в атмосфере

Расстояние от отвала, м	Концентрация газа, мг/м <sup>3</sup>			
	CO		SO <sub>2</sub>	
	максимальная	средняя	максимальная	средняя
Шахта им. Ленина				
0	62,5	12,02	1,67	0,63
100	125	22,03	1,05	0,75
300	125	76,66	1,65	0,83
800	62,5	21,60	–	–
Шахта им. Артема				
0	125	31,4	–	–
100	125	43,82	–	–
300	62,5	46,25	–	–
800	60,5	30,66	–	–

Анализ полученных данных показывает, что атмосфера на расстоянии до 800 м от горящих отвалов интенсивно загрязняется сернистым газом и окисью углерода.

В угледобывающих районах Украины горящие породные отвалы шахт и обогатительных фабрик выделяют в сутки в среднем: 9,7 т CO; 150 тыс. т CO<sub>2</sub>, 14 тыс. т SO<sub>2</sub>; 0,4 т H<sub>2</sub>S; и 0,07 т (NO + NO<sub>2</sub>). Классификация терриконов по степени экологической опасности природных отвалов приведена в (табл.3).

**I** степень – максимальная потенциальная экологическая опасность для окружающей среды (объекты находятся непосредственно у подножия террикона);

**II** степень – средняя потенциальная экологическая опасность для окружающей среды (объекты находятся в пределах охранной зоны, то есть до 500 м);

**III** степень – слабая потенциальная экологическая опасность для окружающей среды (объекты находятся в пределах от 500 до 1000 м);

**IV** степень – относительная потенциальная эко-

логическая опасность для окружающей среды (объекты находятся в пределах от 1000 до 2000 м);

**V** степень – косвенная потенциальная экологическая опасность (объекты находятся далее 2000 м) [9].

Горящие отвалы представляют большую опасность для обслуживающих их рабочих и добычного оборудования, т. к. на поверхности отвала воронки не всегда имеют открытый выход, он может перекрываться тонким слоем спекшихся пород, которые легко обрушаются при движении по ним человека. Особенно часто такие воронки встречаются на контакте с рыхлыми частями ствола, которые приурочены к выгоревшим, но не уплотнившимся участкам, у трещин разлома и оседания, где есть свободный доступ атмосферного воздуха к очагам горения газов, выходящих из глубины отвала, и выход продуктов сгорания [8]. На таких отвалах могут происходить случаи взрыва и гибели людей вследствие отравления и попадания их в очаги горения, температура в которых достигает 800–900 °С.

Таблица 3 – Классификация терриконов по степени экологической опасности

Степень воздействия	Виды экологической опасности					
	воздействие на жителей населенных пунктов	Воздействие на почвенный покров		воздействие на кормовые угодья	воздействие на речную сеть	воздействие на водоемы
		приусадебных участков	Пахотных земель			
I	28%	38%	18%	16%	9%	14%
II	30%	42%	38%	34%	34%	39%
III	14%	12%	5%	24%	27%	20%
IV	26%	5%	12%	23%	9%	15%
V	3%	3%	27%	3%	20%	14%

**Меры борьбы.** Меры борьбы с возгоранием породных отвалов представляют собой захоронение отходов в подземном пространстве выработок шахт и рудников, рекультивацию отвалов приведенную на (рис. 4), создание закладочных массивов в закрывающихся угольных шахтах с использованием смесей из пустых пород [10].

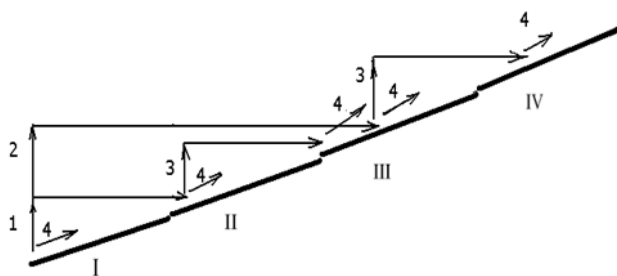


Рис. 4 – Схема рекультивационных и регулирующих воздействий (регулирующей рекультивации) на развитие растительного покрова техногенных земель на примере породных отвалов угольных шахт

**I, II, III, IV** – стадии естественной сукцессии от пионерных бактериально–водорослево–сосудистых (I) через стадии бурьянистых (II) и корневищных (III) сообществ к дерновинно–злаковым и древесно–кустарниковым (IV) биогеоценозам; 1 – переформирование отвала и выполаживание склонов; 2 – формирование искусственной почвы; 3 – создание рекультивационных насаждений; 4 – регулирование простран-

ственной и видовой структуры биогеоценозов, их динамики.

Согласно исследованиям, проведенным в ДИОС, такие меры позволяют ослабить процессы оседания земной поверхности и восстановить водоупоры.

Для уменьшения размыва склонов необходимо предусматривать сбор воды на террасах и ее отвод через специальные трубы по склону. Важным является озеленение наклонной части отвала, которое можно выполнить следующими способами:

1. На склонах укладывать крупные куски породы, промежутки между ними заполнять плодородным слоем.

2. Для удержания плодородного слоя от вымывания предусматривать укладывание на склонах специальных железобетонных решеток или сетей из капрона.

3. Для защиты склонов от вымывания предусматривать посадку специально отобранных трав и кустарников. Все эти меры значительно улучшат экологическую обстановку угольных регионов [8].

Внешние отвалы пустых пород имеют высоту более 100 м. Отвалы отсыпаются в несколько ярусов по 15–40 м, в результате чего образуется пересеченный рельеф. При этом вскрышные породы перемешиваются, и на поверхность отвалов укладываются малопродуктивные, скальные, а иногда и абсолютно непригодные для произрастания растений горные породы.

Рациональное землепользование предусматривает уменьшение объема выработанного пространства и сокращения площадей, отводимых под отвалы за счёт

увеличения доли внутренних отвалов и оптимизации параметров внешних.

Исходя из зарубежного опыта, наиболее пригодны для утилизации отходов гипсовые и соляные шахты. Как известно, соли, гипс, вмещающие их породы являются устойчивыми, сухими, а горные выработки таких шахт представляют собой идеальные условия для хранения отходов.

Таким образом, применяя данные технологии утилизации внешних породных отвалов и рациональный выбор места по их хранению, позволит значительно снизить риск взрыва и гибели людей.

**Выводы.** В результате анализа статистики состояния породных отвалов за 2013, 2014, 2015 года, определены основные факторы, влияющие на внешние и внутренние процессы, которые протекают в отвалах. Установлены категории экологической опасности на окружающую среду. Рассмотрены меры борьбы с этими явлениями в виде рекультивации земель, защиты склонов отвалов от вымывания, созданием складочных массивов.

Таким образом, мы можем повысить безопасность работ на отвалах и снизить риск возникновения пожаров и экологической опасности.

#### Список литературы:

1. Кузык, И. Н. Формирование критериев экологической опасности породных отвалов шахт [Текст] / И. Н. Кузык // Экологія і природокористування. – 2009. – Вип. 12. – С. 156–160.
2. Отвал (горное дело) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Отвал\\_\(горное\\_дело\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/Отвал_(горное_дело))
3. Калужный, Д. Н. Загрязнение атмосферного воздуха сернистым газом от шахтных терриконов [Текст] / Д. Н. Калужный, С. А. Давыдов, Л. Г. Дукарская, М. Б. Аксельрод // Гигиена и санитария. – 1950. – № 5. – С. 19–24.
4. Твердов, А. А. Профилактика и ликвидация горения породных отвалов [Текст] / А. А. Твердов, А. Б. Яновский, С. Б. Никишичев // Уголь. – 2010. – С. 3–6.
5. Зборщик, М. П. Природа опасных и экологически вредных проявлений в пиритсодержащих породах [Текст] / М. П. Зборщик, В. В. Осокин // Уголь Украины. – 1998. – № 5. – С. 26–27.
6. Технологические схемы рекультивации терриконов и плоских породных отвалов шахт и обогатительных фабрик [Текст]. – Пермь, 1981. – 160 с.
7. ДНАОП 1.1.30-5.37-96. Инструкция по предупреждению самовозгорания, тушению и разборке породных отвалов.
8. Воробьев, Е. А. Влияние породных отвалов на окружающую среду [Текст] / Е. А. Воробьев, С. А. Сокирка, Е. А. Сухар. – Горловка, 2010.
9. Зубова, Л. Г. Терриконы, их утилизация и рекультивация [Текст]: монография / Л. Г. Зубова. – Луганск: Изд-во ВНУ им. В. Даля, 2008. – 80 с.
10. Головнева, Е. Е. К вопросу о комплексном использовании техногенного пространства для преодоления экологических проблем в Донецкой области [Текст] / Е. Е. Головнева, Я. Ю. Асламова, М. В. Варварина. – Донецк, 2010.
11. Васильева, И. В. Актуальные вопросы мониторинга породных отвалов угольных шахт и охраны окружающей среды [Текст] / И. В. Васильева // Мінеральні ресурси України. – 2015. – № 3. – С. 39–45.
12. Радченко, В. В. Охрана окружающей среды. «Стан породних відвалів вітчизняних вугільних шахт» [Текст] / В. В. Радченко, В. А. Кулиш, Е. В. Чепига, В. С. Сторожчук // Уголь Украины. – 2013.
13. Плахотний, С. А. Шляхи зменшення негативного впливу породних відвалів ліквідованих шахт на екологічний стан вугледобувних регіонів [Текст] / С. А. Плахотний, А. В. Павличенко // Матеріали міжнародної науково-технічної конференції «Форум гірників – 2016». – 2016. – Т. 2. – С. 229–233.

#### Bibliography (transliterated):

1. Kuzyk, I. N. (2009). Formirovanie kriteriev ekologicheskoy opasnosti porodnykh otvalov shaht. Ekologiya i prirodokorystuvannya, 12, 156–160.
2. Otval (gornoe delo). Available at: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Отвал\\_\(горное\\_дело\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/Отвал_(горное_дело))
3. Kalyuzhnyy, D. N., Davydov, S. A., Dukarskaya, L. G., Akse/rod, M. B. (1950). Zagryaznenie atmosfernogo vozduha sernistym gazom ot shahtnykh terrikonov. Gigiena i sanitariya, 5, 19–24.
4. Tverdov, A. A., Yanovskiy, A. B., Nikishichev, S. B. (2010). Profilaktika i likvidaciya goreniya porodnykh otvalov. Ugol', 3–6.
5. Zborshchik, M. P., Osokin, V. V. (1998). Priroda opasnykh i ekologicheskikh vrednykh proyavleniy v pirsoderzhashchih porodah. Ugol' Ukrainy, 5, 26–27.
6. Tekhnologicheskieskhemy rekul'tivacii terrikonov i ploskiykh porodnykh otvalov shaht i obogatitel'nykh fabrik (1981). Perm', 160.
7. DNAOP 1.1.30-5.37-96. Instrukciya po preduprezhdeniyu samovozgoraniya, tusheniyu i razborke porodnykh otvalov.
8. Vorob'ev, E. A., Sokirka, S. A., Suhar, E. A. (2010). Vliyaniye porodnykh otvalov na okruzhayushchuyu sredyu. Gorlovka.
9. Zubova, L. G. (2008). Terrikony, ih utilizaciya i rekul'tivaciya. Lugansk: Izd-vo VNU im. V. Dalya, 80.
10. Golovneva, E. E., Aslamova, Ya. Yu., Varvarina, M. V. (2010). K voprosu o kompleksnom ispol'zovanii tekhnogenogo prostranstva dlya preodoleniya ekologicheskikh problem v Doneckoy oblasti. Doneck.
11. Vasil'eva, I. V. (2015). Aktual'nye voprosy monitoringa porodnykh otvalov ugol'nykh shaht i ohrany okruzhayushchey sredy. Mineralni resursy Ukrainy, 3, 39–45.
12. Radchenko, V. V., Kulish, V. A., Chepiga, E. V., Storozhchuk, V. S. (2013). Ohrana okruzhayushchey sredy. «Stan porodnykh vidvaliv vitchyznianykh vuhilnykh shakht». Ugol' Ukrainy.
13. Plakhotniy, S. A., Pavlychenko, A. V. (2016). Shliakhy zmeshenniya nehatyvnoho vplyvu porodnykh vidvaliv likvidovanykh shakht na ekolohichnyi stan vuhledobuvnykh rehioniv. Materialy mizhnarodnoi naukovu-tekhnichnoi konferentsiyi «Forum hirnykiv – 2016», 2, 229–233.

Поступила (received) 06.12.2017

#### Бібліографічні описи / Библиографические описания / Bibliographic descriptions

**Проблеми експлуатації та методи запобігання загоранню породних відвалів/ Чоботько І. І., Тинина С. В.** //Bulletin of NTU “KhPI”. Series: Mechanical-technological systems and complexes. – Kharkov: NTU “KhPI”, 2017. – № 44 (1266).– P.146–151. – Bibliogr.:13. – ISSN 2079-5459

**Проблеми експлуатації та методи запобігання загоранню породних відвалів/ Чоботько І. І., Тинина С. В.** //Bulletin of NTU “KhPI”. Series: Mechanical-technological systems and complexes. – Kharkov: NTU “KhPI”, 2017. – № 44 (1266).– P.146–151. – Bibliogr.:13. – ISSN 2079-5459

**Problems of operation and methods for preventing ignition of rock heaps/ Chobotko I., Tynyna S.** //Bulletin of NTU “KhPI”. Series: Mechanical-technological systems and complexes. – Kharkov: NTU “KhPI”, 2017. – № 44 (1266).– P.146–151. – Bibliogr.:13. – ISSN 2079-5459

*Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors*

**Тынына Сергей Владимирович** – кандидат технических наук, старший научный сотрудник Института геотехнической механики им. Н.С. Полякова НАН Украины, ул. Симферопольская 2А, Украина, г. Днепр, 49000; e-mail: [haritonroots@gmail.com](mailto:haritonroots@gmail.com).

**Тиніна Сергій Володимирович** – кандидат технічних наук, старший науковий співробітник Інституту геотехнічної механіки ім. Н.С. Полякова НАН України, вул. Сімферопольська 2А, Україна, м. Дніпро, 49000,

**Tynyna Sergey** – PhD, senior colleague of the Institute of Geotechnical Mechanics. N.S. Polyakova National Academy of Sciences of Ukraine, st. Simferopolska 2A, Dnepr, Ukraine, 49000; e-mail: [haritonroots@gmail.com](mailto:haritonroots@gmail.com).

**Чоботько Игорь Игоревич** – аспирант кафедры горных машин и инжиниринга Национальный горный университет, просп. Дмитрия Яворницкого,19, г. Днепр, Украина, 49000; e-mail: [efilonov79@gmail.com](mailto:efilonov79@gmail.com)

**Чоботько Ігор Ігоревич** – аспірант кафедри гірничих машин та інжинірингу Національний гірничий університет м. Дніпро, просп. Дмитра Яворницького,19, Україна, 49000; e-mail: [efilonov79@gmail.com](mailto:efilonov79@gmail.com)

**Chobotko Ihor** – Postgraduate Student, department of Mining Machines and Engineering, National Mining University, Dnepr, avenue. Dmitry Yavornytsky, 19, Ukraine, 49000; e-mail: [efilonov79@gmail.com](mailto:efilonov79@gmail.com)