

Войцеховская Е.Ю., Жуков Д.С., Падалка Р.Н., Чередникова А.В.  
(НИИГМ им. М.М.Федорова)

## ОЦЕНКА ПОРОДНЫХ ОТВАЛОВ УГОЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ ДОНЕЦКОГО БАССЕЙНА КАК КОМПЛЕКСНОЙ НАГРУЗКИ НА ОКРУЖАЮЩУЮ ПРИРОДНУЮ СРЕДУ И ПУТИ ЕЕ СНИЖЕНИЯ

*Стаття присвячена проблемам негативного впливу породних відвалів на навколишнє природне середовище. Обґрунтована необхідність розглядання цього виду твердого промислового відходу вугледобувної і гірничо-збагачувальної промисловості як джерела комплексного негативного навантаження на екологію регіону. Запропоновані шляхи і технології зменшення негативного навантаження на навколишнє середовище.*

*Статья посвящена проблемам негативного влияния породных отвалов на окружающую природную среду. Обоснована необходимость рассмотрения этого вида твердого промышленного отхода угледобывающей и горно-обогащительной промышленности как источника комплексной отрицательной нагрузки на экологию региона. Предложены пути и технологии уменьшения негативной нагрузки на окружающую среду.*

*The article is devoted to the problems of the negative impact of the rock pips on the environment. Grounded the necessity of the examination of this kind of the hard industrial waste of the coal mining and coal enrichment industry as the source of the complex negative load upon the regional ecology. Suggested the ways and technology of the negative load decrease upon the environment.*

**КС:** *екологія, тверді промислові відходи, негативне вплив, шляхи рішення і технології.*

**Проблема и ее связь с научными и практическими задачами.** Широкомасштабная перестройка основных отраслей промышленности, включая угольную, в первую очередь, с полной ликвидацией или временной консервацией большого числа производств, имеющих значительные объемы промышленных отходов, в том числе в отвалах и хвостохранилищах, приостановила их ликвидацию и захоронение, так как эти процессы представляют собой особо сложную природо-хозяйственную задачу.

Одной из наиболее серьезных проблем экологии Донецкой области является влияние деятельности угледобывающих и горно-обогащительных предприятий, оказывающих большую негативную нагрузку на окружающую природную среду.

В первую очередь, это касается породных отвалов (терриконов), которые, как известно, являются, искусственной насыпью, концентратом «пустых пород», извлеченных при подземной разработке угольных месторождений. Данный вид твердых промышленных отходов, помимо того, что занимает значимые территории, является комплексным источником негативной нагрузки, с точки зрения экологии. За годы промышленно – хозяйственной деятельности СССР, а также Украины в Донбассе было образовано и накоплено более 1 млн. м<sup>3</sup> отходов в виде породных отвалов. В настоящее время основная задача заключается в разработке новых технологий по утилизации и переработке отвальной массы терриконов [1].

**Анализ исследований и публикаций.** Донецкий каменноугольный бассейн (Донбасс), открытый в 1720 г., в течение почти 300 лет является крупнейшим индустриальным и промышленным центром Украины, который насчитывает на данный момент несколько тысяч

---

производственно – промышленных объединений и предприятий топливно-энергетического комплекса, горнодобывающей, металлургической и химической промышленности, а также тяжелого машиностроения, строительных отраслей и агропромышленного комплекса. Регион составляет большую часть промышленного производства страны, причем в наиболее экологически опасных отраслях.

В Донбассе разведано свыше 800 месторождений более 50 видов сырья, общая стоимость которых превышает 24 трлн. гривен. Запасы угля на глубине до 1800 метров составляют 140,8 млрд. тонн. Донецкий кряж является одним из основных угольных регионов, где добывается около 80% каменных углей Украины. Данный продукт используется как энергетическое топливо, исходное сырье для химических производств и получения кокса.

Экономический рост любого государства неизбежно приводит к увеличению спроса на энергоносители. По данным Международного энергетического агентства (МЭА) в период с 2012 по 2030 годы прогнозируется увеличение спроса на первичную энергию более чем на 50% (при среднегодовом уровне – 1,6%). Особо резкий темп роста ожидается в ближайшие 10 лет, причем основной причиной (около 70%) будут выступать развивающиеся страны, в числе которых находится Украина.

Несмотря на относительно быстрый рост производства энергии от возобновляемых источников, их вклад до 2030 г. все равно не превысит 14% от общего объема. Поэтому такие основные виды ископаемого топлива, как нефть, природный газ и уголь останутся приоритетными. Но запасы этих ресурсов неодинаковы. Так, при интенсивности добычи настоящими темпами нефти по прогнозам хватит примерно на 40 лет, природного газа - на 65 лет. А разведанные запасы угля во всем мире превышают 1 трлн. тонн. Это означает, что при нынешнем потреблении его хватит более чем на 250 лет. Дополнительным преимуществом угольных месторождений является их более широкое и равномерное распространение в недрах относительно нефти и газа. Эти условия неизбежно приведут к однозначному увеличению угледобычи и, соответственно, к увеличению динамики образования новых промышленных твердых отходов в виде терриконов [2,4].

В последние годы значительное развитие получило изучение негативного влияния породных отвалов на окружающую природную среду, что связано, в первую очередь, с постоянным увеличением объемов складированной в отвалы породы и, как следствие, усилением техногенной нагрузки на окружающую природную среду.

Исследования, проведенные в 80-е годы прошлого столетия специалистами ПО «Укргеология», ГРГП «Донецкгеология», ОАО «Донгипрошахт», были ориентированы на оценку возможности использования отвальной массы шахтных терриконов в народном хозяйстве. Вопросы их влияния на окружающую среду в рамках проектов тушения и рекультивации терриконов рассмотрены поверхностно такими исследователями, как Канон Я.Ф., Ганопольский Ф.И., Пилипенко С.А.

В более поздний период появляются обобщающие работы сотрудников различных кафедр ДонНТУ, ДонНАСА, ДонНУ и др., где уделяется уже больше внимания вопросам экологической безопасности эксплуатации породных отвалов.

Вопросам практического использования твердых промышленных отходов посвящены работы доктора технических наук Мнухина А.Г. (МакНИИ), ему принадлежат запатентованные технологии комплексной переработки отвальной массы породных отвалов [1,9].

**Целью** данной работы является рассмотрение всех факторов влияния породных отвалов (терриконов) на окружающую природную среду с последующим обоснованием характеристики данного вида твердого промышленного отхода как источника комплексной негативной нагрузки на экологию региона и определение путей решения этих проблем.

**Изложение основного материала.** Терриконы, как было уже отмечено, – отвалы пустой породы, образующиеся в процессе угледобычи. Толщина угольных пластов Донецкого угольного

---

бассейна не превышает двух метров, и только одна треть слоя имеет мощность, пригодную для промышленной добычи. Породы, идущие в отвал, образуются при выемке угля, проходке выработок и их ремонте. В 92% складирование породы осуществляется в виде хребтовых форм.

В состав породы (помимо аргиллитов (60-80%), алевролитов (10-3%), песчаников (4-10%), известняков (до 6%)) входят и значительные примеси угля (до 26%). Попадая в терриконы, породы карбона испытывают значительные преобразования. Это связано с процессами выветривания, когда скальные, прочные породы разрушаются и превращаются в полурыхлые и рыхлые. Выветривание пород сопровождается изменением их минерального и химического состава.

Наряду с выветриванием, которое распространено во внешней части терриконов, внутри их создаются благоприятные условия для окисления и последующего возгорания. Ведущая роль при этом принадлежит деятельности микроорганизмов. Содержание серы в отвалах достигает 10% (сульфидная сера – до 84%). Ее окисление осуществляется тионовыми бактериями. Они представляют собой обычно автотрофные микроорганизмы, использующие  $\text{CO}_2$  для построения своего тела и получающие энергию при окислении серы и ее восстановленных продуктов. Изучение условий развития микроорганизмов в зонах окисления сульфидных месторождений установило их устойчивость при температурах от  $2^0$  до  $70^0\text{C}$ , pH среды – от 1 до 8. При этом развитие бактерий протекает в условиях высокой влажности породной массы. Эти данные показывают, что микроорганизмы устойчивы в условиях кислой среды, так как при окислении сульфидов образуется серная кислота, однако не переносят высоких температур. Микроорганизмы осуществляют процесс окисления, который сопровождается выделением тепла, и разогревают определенную зону, а собственно горение может протекать внутри террикона в благоприятных условиях при доступе достаточного количества кислорода, когда происходит возгорание органической части угля [3].

**Влияние терриконов на атмосферный воздух окружающей среды.** Основным загрязняющим веществом, которое поступает в атмосферу окружающей среды в результате процесса сдувания ветром, является углепородная пыль. Интенсивность и количество выбрасываемой пыли зависят от формы породного отвала (коническая – самая неблагоприятная). Это относится только к «негорящим» терриконам. В результате химических и термических реакций «горящие» породные отвалы (их доля около 30%) выбрасывают, помимо пыли, большое количество разнообразных химических соединений.

Общие выбросы только по Донецкой области за 2011 год составили 1,526 млн. т (без учета парникового газа - диоксида углерода ( $\text{CO}_2$ ) - 63 млн. т): диоксиды и другие соединения серы – 29,4%, оксиды углерода – 26,5%, метан – 23,4%, пыль (вещества в виде взвешенных твердых веществ) – 13,7%, соединения азота – 5,8%, другие – 1,2%.

Объемы выбросов угледобывающей и горно-обогатительной промышленности составили около 28% или 421 тыс. т. (2011 г.).

На долю породных отвалов приходится более половины выбросов загрязняющих веществ, которые поступают в атмосферный воздух при работе предприятий угледобывающей отрасли.

Окисление и горение пород сопровождается выбросами широкого спектра летучих компонентов, основным из которых является водяной пар, образующийся при испарении и возгонке попадающих в зону горения атмосферных осадков, а также при высвобождении поровой и связанной воды непосредственно из минералов и пород. Вода является минералообразующей средой для большей части новообразованных минералов: сульфатов, гидрокарбонатов, карбонатов, фосфатов и др. Вместе с парогазовыми выбросами в атмосферу со стороны терриконов могут попадать летучие соединения токсичных элементов – ртути, мышьяка, кадмия и др. Разогрев органической части угля в очагах окисления сопровождается ее термическим разложением, аналогичным процессу пиролиза. При этом образуются летучие органические компоненты: нефтепродукты, фенолы, формальдегиды, моноэтанола и др [3,4].

---

По данным лабораторных исследований зафиксированы превышения предельно допустимых концентраций основных видов загрязняющих веществ в зонах «горящих» породных отвалов: сероводород - в 1,5-5 раз, пыль - в 1,5 – 4,3 раза, сернистый ангидрид - в 1,3 – 2,4 раза, двуокиси азота - в 1,3 – 2 раза, окиси углерода - в 1,2 – 1,5 раза.

**Влияние терриконов на водную среду.** В 2011 году предприятиями угледобывающей и горно-обогатительной промышленности было сброшено 259,3 млн. м<sup>3</sup> оборотных вод (из них 243,3 млн. м<sup>3</sup> – недостаточно очищенные, 4,5 млн. м<sup>3</sup> - без очистки). Сами терриконы являются источниками загрязнения водной среды сульфатами и токсичными компонентами. Поверхностный сток отвалов за счет процессов выщелачивания растворимых сульфатов и миграции тяжелых металлов добавляет концентрацию данных химических соединений и веществ, и без этого превышающих ПДК водной среды Донбасса[3].

**Влияние терриконов на почву.** Негативные геофизические процессы проявлены в разных аспектах. Породная масса оказывает дополнительное давление на грунты основания, что приводит к изменению их фильтрационных свойств. Однако самое существенное воздействие - это формирование замещения в зонах аэрации грунтов и водовмещающих породах, что приводит к их вторичной минерализации, а также сопровождается перераспределением большей части макро- и микрокомпонентов. Таким образом, не считая безвозвратно потерянных участков почвы, находящихся под основаниями отвалов, с точки зрения сельскохозяйственного значения стоит обратить внимание на инженерно – геологические аспекты в части воздействия на грунты, которые окружают терриконы [4].

**Влияние терриконов на экономику региона и социум.** Известно, что под породными отвалами в Донецкой области находится более 5000 га земель (0,2% от общей территории области). Особое значение имеют земли, где их стоимость имеет коммерческую ценность. В частности, это касается города Донецка. По разным подсчетам на территории города расположено около 120 терриконов с занимаемой ими площадью земли более 1000 га, стоимость которой превышает 25 млн. гривен.

Экология окружающей природной среды является одним из основных факторов, влияющих на здоровье человека (населения). В первую очередь, это касается тех, кто проживает в непосредственной близости от терриконов. Породные отвалы имеют санитарно-защитную зону (СЗЗ), проживание в которой опасно для здоровья человека. Размеры ее определены законодательством: для «негорящих» – 300 м, для «горящих» – 500 м. И тем не менее разнос вредных веществ и продуктов горения от «горящих» отвалов по розе ветров достигает 3 км. Данный факт бесспорно несет за собою негативную нагрузку на здоровье населения, а особенно проживающего на границах и тем более в пределах СЗЗ [4,5].

**Пути решения проблемы.** В настоящее время можно выделить две основные концепции обращения с твердыми отходами угледобывающей и горно-обогатительной промышленности – терриконами. Это – рекультивация (депонирование) и утилизация (переработка).

**Рекультивация.** В Украине рекультивация породных отвалов является обязательной на основании действующей «Инструкции по предупреждению самовозгорания, тушению и разборке породных отвалов» (НПАО 10.0.-5.21.-04), утвержденной приказом Государственного Комитета Украины по надзору за охраной труда от 26.10.2004 №236 [7].

В процессах рекультивации следует выделить три этапа, очередность которых строго последовательна: тушение породного отвала (необходим при наличии зафиксированных очагов горения), переформирование (горнотехнический этап), озеленение (биологический этап).

Тушение породных отвалов является обязательным и начинается с орошения их водой для охлаждения пород поверхностного слоя до 80<sup>0</sup> С. Применяется технология проливания поверхностного слоя антипирогенами или инъектирования заилоочной пульпой. Для отдельных небольших очагов возгорания на отвалах всех типов предусмотрено применение технологии путем засыпки их глиной, суглинками, инертной пылью, отходами камнедробильного

производства, песком, перегоревшей породой и другими негорючими материалами. В последние годы предложены технологии, ориентированные на создание защитного слоя из кальцийсодержащих соединений, который либо предотвращает самовозгорание, либо тушит уже горящий террикон. Для этого используются гидроксиды и карбонаты натрия (Na), калия (K) или кальция (Ca). Данные химические соединения наиболее полно и эффективно нейтрализуют вещества новообразования, выделение которых сопровождается окислительным выщелачиванием пирита. Эта технология не только приводит к прекращению экзотермической реакции, но и нейтрализует некоторые вредные химические вещества в твердом, растворенном и газообразных состояниях. В некоторых случаях для терриконов хребтовых и конических форм может быть достаточно переформирования. Отвал считается потушенным, когда температура пород на глубине до 2,5 м от поверхности будет не более 80 °С [5,7].

На практике наиболее распространенными мероприятиями по тушению являются орошение водой и переформирование. Остальные технологии не получили широкого применения из-за ряда технических и экономических сложностей.

Инструкция (НПАО 10.0.-5.21-04) предусматривает порядок ведения работ по предупреждению возгорания породных отвалов посредством снижения содержания горючих веществ в отвальной массе за счет улучшения технологии выемки угля и его обогащения, а также уменьшения воздухопроницаемости отвалов путем послойного складирования пород, их уплотнения, заиливания, покрытия (засыпки) поверхности отвалов горючими материалами [7].

Введена единая система переформирования со снижением высоты породных отвалов до 50 м и террасированием склонов крутостью от 12°.

На практике требования обязательного террасирования с крутостью уклонов от 12° не выполняются, так как это приводит к неизбежному увеличению площади террикона за счет прилегающей территории, которая зачастую занята промышленными объектами либо транспортными дорогами. Срез вершины террикона увеличивает крутость склонов с 27-30° до 45° и более (рис. 1), что приводит к уменьшению устойчивости откосов отвала и увеличивает риск смещения пород.

Биологический этап (озеленение) проводится в том случае, когда на отвале нет растительности либо площадь покрытия растениями составляет менее 80%. Эффективность озеленения породных отвалов, в первую очередь, зависит от правильного выбора видового состава растений. Подбор растений выполняется в зависимости от цели создания растительного покрова на отвалах и состояния поверхностного

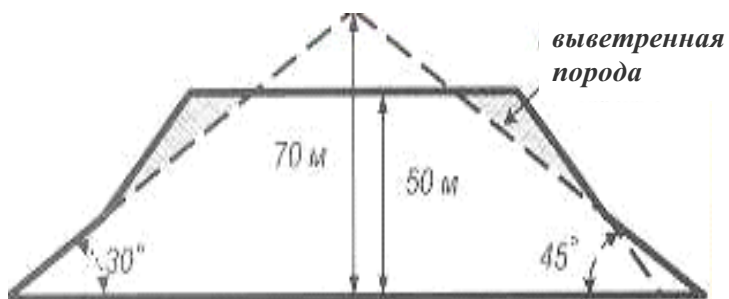


Рис. 1. Параметры переформирования террикона

пласта отвальной породы (агрохимические и воднохимические свойства). В связи с большим многообразием экологических условий на породных отвалах шахт стойкий растительный покров необходимо создавать, используя различные виды растений.

На практике озеленением терриконов занимаются шахты либо подрядные организации. Они, как правило, используют только саженцы белой акации[8].

Эффективная реализация рекультивации позволяет снизить до минимума количество выбрасываемых (сдувание) загрязняющих веществ.

**Утилизация.** Широкий спектр различных химических соединений и элементов, включающих германий и некоторые другие редкоземельные металлы, а также глинозёмы для производства бокситов, железную руду и непосредственно уголь при высокой доступности,

---

низкой цене и практически неограниченных объемах исходного сырья – породы, делает перспективным внедрение методов переработки и дальнейшего их использования.

Широко распространенной переработкой твердых отходов угледобывающих и горно-обогатительных предприятий является их использование в качестве строительного или топливного сырья.

В отвальной массе терриконов, размещенных в Донецкой области, общее содержание угля составляет от 28 до 46%. Извлечение угля реализуется путем сортировки с последующим разделением, основанным на отличии физических свойств угля и пустой породы. В процессе переработки образование отходов будет до 72% от общей массы, для складирования которых необходимы дополнительные территории, по площади, не меньшей занимаемой породным отвалом. Также неизбежно появление неорганизованных источников выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух в виде постов загрузки, разгрузки, пересыпки, сортировки и дробления сырья. Извлечение угля – одно из немногих направлений, получившее практическое применение [9].

Использование породной массы в качестве стройматериалов или сырья для их изготовления основано на получении заполнителей различных фракций. В качестве источника сырья могут быть использованы как перегоревшие, так и часть негорящих породных отвалов. При переработке неизбежно появление неорганизованных источников выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух в виде аналогичных постов, в случае извлечения угля, но объемы образования новых отходов будут на порядок меньше. На практике только гражданское и автодорожное строительство стало потребителями такого продукта переработки [9].

Одной из составных частей породной массы терриконов Донецкой области являются глинистые минералы с высоким содержанием оксида алюминия  $Al_2O_3$  (20-27%), что делает целесообразным использование породных отвалов в качестве сырья для получения соединений алюминия (глинозем, сульфат алюминия, металлический алюминий). Сложность заключается в отсутствии универсальной технологии переработки.

В качестве базового при извлечении алюмосодержащих соединений используется метод спекания при предварительной обработке кислотами, требующий существенных энергетических затрат, которые полностью компенсируются низкими требованиями к сырью, а также возможностью получения дополнительных продуктов (галлия (Ga), соды ( $NHCO_3$ ), цемента). Метод основан на первичной обработке сырья двумя видами кислот (обычно используют серную ( $H_2SO_4$ ), сернистую ( $H_2SO_3$ ), соляную (HCl) или азотную ( $HNO_3$ )) с последующим спеканием полученной смеси при высоких температурах. Дальнейшее получение глиноземов достигается за счет прокаливания при высоких температурах (900-1000<sup>0</sup>C) очищенного сульфата алюминия ( $Al_2(SO_4)_3$ ). Необходимо отметить, что применение больших объемов кислот с последующим их участием в термических процессах неизбежно приводит к дополнительным выбросам очень токсических загрязняющих веществ в атмосферный воздух в немалых объемах, а также получению отходов в виде кремниземнистого шлама [9].

Помимо высокого содержания оксидов алюминия ( $Al_2O_3$ ), в отходах угледобывающей и горно-обогатительной промышленности содержатся некоторые редкоземельные металлы (германий (Ge), галлий (Ga), иттрий (I), цирконий (Zr), скандий (Sc)). Целесообразность извлечения обусловлена концентрацией этих элементов в породе терриконов.

Самым оптимальным является метод, обеспечивающий одновременное выделение всех редкоземельных компонентов путем электростатической сепарации. Принцип метода заключается в разделении частиц, отличающихся величиной или скоростью изменения заряда. Особенность состоит в том, что основной физической параметр, по которому осуществляется сепарация, зависит от способа зарядки и является переменной величиной. Качественный и количественный состав отходов в результате такого извлечения редкоземельных металлов из породных отвалов будет напрямую зависеть от выбора способа зарядки частиц. Существует еще метод

---

выщелачивания, с помощью которого есть возможность получения германийсодержащего концентрата[9].

**Выводы.** К началу XXI века экологические проблемы отдельных регионов превращаются в важнейшие социальные мировые проблемы сообщества. Техногенная деятельность человека приводит все к большим отрицательным последствиям, соизмеримым в будущем с угрозой существования человечества и планеты в целом.

В данной статье приведены сведения о негативном влиянии широко распространенных породных отвалов на окружающую природную среду (атмосфера, вода, земля). Твердые промышленные отходы угледобывающих и горно-обогатительных предприятий, которые накоплены в Донецкой области в огромном количестве, необходимо рассматривать как источник комплексной негативной нагрузки с точки зрения экологии.

Увеличение спроса на угольную продукцию неизбежно приведет к дальнейшему образованию породных отвалов. Поэтому в настоящее время вопрос о эффективном обращении промышленных отходов данного вида должен стоять остро и быть одним из приоритетных в сфере экологии.

После рассмотрения методов рекультивации и утилизации можно сделать вывод, что для оптимального снижения негативного влияния терриконов на окружающую среду в целом более подходящей является именно переработка (утилизация). Но не стоит забывать, что с экологической точки зрения процессы утилизации и переработки будут считаться положительными тогда, когда данные мероприятия помогут снизить объемы отходов либо их токсичность и, таким образом, снизит негативную нагрузку на окружающую природную среду. Предложенные методы по переработке породных отвалов, в первую очередь, преследуют цель получения ценного сырья, не обращая внимания на образование новых, иногда более токсичных выбросов, сбросов и отходов. Пересмотр отношения к породным отвалам как к «техногенным» месторождениям полезных ископаемых ускорит разработку новых технологий и комплексных методов переработки с учетом их положительного экологического эффекта, что, в свою очередь, приведет к значительному улучшению общего состояния окружающей природной среды региона в совокупности с экономической выгодой.

#### Литература.

1. Ананьев Е.И. О будущем Донбасса - / Е.И. Ананьев// Поле зрения. – 1997. - №214. – С.3-5
2. Пек Ф. Оценка рисков в Донецком бассейне. Закрытие шахт и породные отвалы: работа в рамках инициативы ENVSEC, горнодобывающая отрасль Украины, 2008 / Филип Пек. –ENVSEC: ЮНЕП ГРИД Арендал, 2008. – 171С.
3. Гавриленко Ю.Г. Техногенные последствия закрытия угольных шахт Украины / Ю.Г.Гавриленко, В.Н.Ермаков, Ю.Ф. Кренида, О.А.Улицкий др. // Влияние породных отвалов угольных шахт на окружающую природную среду. – Донецк, 2004. – С. 447-450.
4. Регіональна доповідь про стан навколишнього середовища в Донецькій області у 2011 році / Міністерство охорони навколишнього природного середовища України /Державне управління навколишнього природного середовища в Донецькій області. – Донецьк, 2012. – С.9-13.
5. Кононенко Н.А. Проблемы экологии при реструктуризации угольной промышленности Украины / Н.А. Кононенко. – К.: Укр. дом экономических и научно-техн. знаний общества «Знание», 1999. – С. 42-45.
6. Бобров А. Г. Террикон – это техногенное полезное ископаемое / А.Г.Бобров // Уголь Украины. – 2000. – № 1.
7. Інструкція із запобігання самозапалювання, гасіння та розбирання породних відвалів: НПАОП 10.0-5.21-04. – К., 2004. <http://document.ua/instrukcija-iz-zapobigannja-samozapalyuvannju-gasinnja-ta-ro-nor2799.htm/>
8. Киричок Л.С. Пути оптимизации лесной рекультивации терриконов / Л.С.Киричок // Уголь Украины. – 2005. – №8.
9. Мнухин А.Г. Породные отвалы – сырье будущего / А.Г.Мнухин // Уголь Украины. – 2009. – №5.

*Статья рекомендована к публикации  
канд. техн. наук Ковалем А.Н.*