

ПЕРСПЕКТИВЫ И ОЦЕНКА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ ФОСФОРНОГО ПРОИЗВОДСТВА

К. С. ДОСАЛИЕВ, К. С. БАЙБОЛОВ, К. Т. ЖАНТАСОВ

*Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауэзова,
г. Шымкент, Республика Казахстан*

В. Н. БОСАК

*УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»
г. Горки, Беларусь, 213407, e-mail: bosak1@tut.by*

(Поступила в редакцию 06.04.2018)

Переработка, утилизация и вторичное использование техногенных отходов является одной из самых актуальных мировых эколого-экономических проблем. В Республике Казахстан в настоящее время повторно используется около 11 % твердых отходов производства, в основном горнодобывающей промышленности, что делает весьма актуальным проведение исследований в данном направлении. Перспективным направлением использования техногенных отходов фосфорных производств (фосфогипс, электротермофосфорный шлак, внутренние вскрышные породы) является их использование при строительстве автомобильных дорог. В результате исследований установлено, что электротермофосфорный шлак, отвальный фосфогипс и вскрышные породы угледобычи, которые являются техногенными отходами, могут быть использованы в качестве компонентов для дорожной одежды коробчатого типа. Разработанная дорожная одежда коробчатого типа содержит днище и боковые стенки коробки, выполненные из тонкослойного тощего бетона, в состав которого вводится 10–20 масс.% размолотого фосфорного шлака. На днище укладываются два грунтовых слоя – из суглинка или супеси в смеси с вскрышными породами, отвальным фосфогипсом и песком. В рекомендуемый состав тощего бетона на 100 кг смеси входит: 11 кг цемента, 15 кг измельченного электротермофосфорного шлака, 66 кг щебня, 8 кг воды.

Применение техногенных отходов фосфорной промышленности при строительстве пригородных автомобильных дорог позволит улучшить экологическую обстановку в регионе, а также имеет достаточно высокую экономическую эффективность.

Ключевые слова: *техногенные отходы, фосфогипс, электротермофосфорный шлак, внутренние вскрышные породы, дорожное строительство.*

Recycling, utilization and secondary usage of man-made waste is one of the most urgent global environmental and economic problems. In the Republic of Kazakhstan, about 11% of solid waste, mainly from mining, is re-used, which makes research in this area very relevant. The perspective direction of using technogenic wastes of phosphorus plants (phosphogypsum, electrothermophosphorus slag, internal overburden rocks) is their use in the construction of highways. As a result of the research it has been established that electrothermophosphorus slag, dump phosphogypsum and overburden rocks from coal mining, which are man-made waste, can be used as components for box-type road coating. The developed box-type road coating contains the bottom and side walls of the box, made of thin-grained lean concrete, into which 10-20 mass% of ground phosphorus slag is introduced. Two soil layers are laid on the bottom – from loam or sandy loam mixed with overburden, dump phosphogypsum and sand. The recommended composition of lean concrete per 100 kg of mixture includes: 11 kg of cement, 15 kg of crushed electrothermophosphorus slag, 66 kg of crushed stone, 8 kg of water.

The use of man-made wastes of phosphorus industry in the construction of suburban roads will improve the environmental situation in the region, and also has a fairly high economic efficiency.

Key words: *technogenic wastes, phosphogypsum, electrothermophosphorus slag, internal overburden rocks, road construction.*

Введение

Практически все производственные процессы сопровождаются двумя конечными продуктами: полезной продукцией для общества и отходами этого производства. В настоящее время вопрос утилизации бытового и промышленного мусора (количество твердых отходов разнообразной деятельности человека составляет около 300 млрд т) перерастает в проблему мирового масштаба [1].

В Республике Казахстан в настоящее время накоплено около 10,9 млрд тонн различных отходов, из которых около 1 % полностью нейтрализуется и около 11 % – повторно используется (в основном отходы горнодобывающей промышленности). Из-за увеличения роста сектора промышленного производства в Республике Казахстан и роста потребления существует тенденция роста накопления как промышленных, так и бытовых отходов [2].

Одной из причин накопления отходов различных производств является ограниченная возможность их вторичного применения, что делает весьма актуальным проведение исследований в этом направлении.

Перспективным направлением использования техногенных отходов фосфорных производств (фосфогипс, электротермофосфорный шлак, внутренние вскрышные породы) является их использование при строительстве автомобильных дорог [2–8].

Цель исследования – изучить перспективы и провести эколого-экономическую оценку использования техногенных отходов фосфорной промышленности при строительстве полотна автомобильных дорог.

Основная часть

При прокладке различных автомобильных дорог в Республике Казахстан в настоящее время в значительных объемах используются суглинки и глинистые материалы галечного происхождения. Для организации карьеров отводятся большие территории, которые приводят к нарушению ландшафта местности. Наиболее остро этот вопрос стоит при проектировании и строительстве пригородных автомобильных дорог, с учетом экономической напряженности на этих территориях, приводящих к нарушению целостности окружающей среды [9].

Альтернативным источником для строительства пригородных автомобильных дорог могут послужить местные техногенные отходы фосфорных производств. При принятии решений об использовании тех или иных техногенных отходов необходимо оценить не только экономическую целесообразность, но и экологическое влияние на экологическую безопасность и безопасность жизнедеятельности человека.

В результате исследований установлено, что электротермофосфорный шлак гранулированный, отвалный фосфогипс из шламохранилища и вскрышные породы угледобычи (ВВП), которые являются техногенными отходами, могут быть использованы в качестве компонентов для дорожной одежды коробчатого типа [2–8].

Разработанная дорожная одежда коробчатого типа содержит днище и боковые стенки коробки, выполненные из тонкослойного тощего бетона, в состав которого вводится 10–20 % размолотого фосфорного шлака. На днище укладываются два грунтовых слоя – из суглинка или супеси в смеси с внутренними вскрышными породами, фосфогипсом и песком. В рекомендуемый состав тощего бетона на 100 кг смеси вводят 11 кг цемента, измельченный электротермофосфорный шлак (шлак фосфорного производства) в количестве 15 кг, 66 кг заполнителя щебня, 8 кг воды.

В результате исследований произведена также эколого-экономическая оценка использования при строительстве автомобильных дорог и укладке подстилающего слоя вместо традиционных природных материалов (глина, суглинок, песок, гравий) техногенных отходов предприятий фосфорной химической промышленности в виде фосфогипса, электротермофосфорного шлака гранулированного, мелкораздробленного и отсортированного на определенные фракции, накопленных на территории бывшего ДПО «Химпром», а также отходов угледобывающей отрасли в виде внутренних вскрышных пород. Обоснование типа дорожной одежды было сделано в результате сравнения технико-экономических показателей существующего и предлагаемого способа подготовки сырьевых материалов и их укладке [10–12].

Проведение сравнительной эколого-экономической оценки только по стоимости строительства является неполным и недостаточным, так как оно не в полной мере характеризует эффективность капитальных вложений. Поэтому сравнение существующего и предлагаемого способа укладки подстилающего слоя и дорожной одежды осуществлялось по приведенным затратам на 1 км (1000 м²) асфальтобетонного покрытия и укладки подстилающего слоя автомобильной дороги по методике определения капитальных вложений в строительстве и реконструкции автомобильных дорог.

Для расчета и выбора экономически целесообразного варианта определение расходов на проведение дорожно-транспортных и строительных работ, с учетом ремонтов покрытия автомобильной дороги, срока их возведения и прокладке более устойчивой дорожной одежды проводили по ниже приведенной по формуле:

(1)

где t – срок возмещения расходов, лет; C_1 и C_2 – затраты на строительство по сравниваемым вариантам, тыс. USD; E_1 и E_2 – годовые дорожно-транспортные расходы, тыс. USD.

В ходе проведения расчетов нормы расходов на ремонт и содержание автомобильной трассы принимались следующие соотношения в стоимости расходов на строительство и соответствующие ремонты, в частности капитального – 42 %, среднего – 5,1 % и ежегодного – 0,55 % [10–12].

Приведенные затраты, необходимые для строительства, ремонта и содержания автомобильной дороги по существующему и предлагаемому способам определяли по формуле:

(2)

где C – затраты на строительство и другие расходы, связанные с укладкой автомобильной дороги, тыс. USD; d – ежегодные приведенные затраты на ремонт и содержание автомобильной трассы, тыс. USD; значение C определяли из выражения:

(3)

где I_H – нормативный коэффициент для приведения затрат в разное время, равный 0,08; n – промежуток времени, в течение которого суммируются затраты с момента ввода автомобильной дороги в эксплуатацию, лет.

Ежегодные приведенные затраты, с учетом средних и капитальных ремонтов в разные времена года, определяют из уравнения:

(4)

где g – расходы на ежегодное содержание и текущий ремонт дорожной одежды автомобильной трассы, тыс. USD; C_n и C_k – сроки между капитальными и средними ремонтами, год.

Общий экономический эффект по приведенным затратам определяли из выражения:

(5)

Расчетами установлено, что общий эколого-экономический эффект от предлагаемой технологии укладки подстилающего слоя и дорожного покрытия автомобильной трассы, в сравнении с существующей, был выше на 8–10 % при расходе 3 т шихтовой смеси на 1 погонный метр проезжей части (толщина покрытия – 15 см).

В соответствии с практическими данными расхода материальных ресурсов, приведенных в табл. 1, стоимость тощего бетона на 1 м^3 смеси по существующей технологии с применением щебня и песка в 1,4 раза превышает расходы материальных ресурсов в сравнении с предлагаемой технологией приготовления бетона с заменой щебня и песка на электротермофосфорный шлак.

Таблица 1. Калькуляция при изготовлении 1 м^3 тощего бетона

Наименование затрат	Ед. изм.	Тощий бетон (обычная технология)			Тощий бетон (новая технология)		
		норма расхода на 1 м^3	цена, USD	сумма, USD	норма расхода на 1 м^3	цена, USD	сумма, USD
Цемент марки М400	т	0,15	59,40	8,91	0,15	59,40	8,91
Щебень	м^3	0,52	5,63	2,93	–	–	–
Песок	м^3	0,3	6,88	2,06	–	–	–
Литой электротермофосфорный шлак	м^3	–	–	–	0,52	1,25	0,65
Гранулированный электротермофосфорный шлак	м^3	–	–	–	0,3	1,09	0,33
Вода	л	0,18	0,16	0,03	0,18	0,16	0,03
Итого				13,93			9,92

Ожидаемая технико-экономическая эффективность на 1 погонный метр дороги автомобильной трассы показана в табл. 2.

Таблица 2. Ожидаемые технико-экономические показатели эффективности на 1 км дорожного полотна по сравнению с мастичным асфальтобетоном (с учетом 12% НДС)

Наименование материалов покрытия	Стоимость 1 т материала покрытия, USD	Расход на 1 км автодороги III технической категории, т	Общая стоимость 1 км автомобильной дороги III технической категории, тыс. USD
Классический материал ЦМА-20 щебеночно-мастичного асфальтобетона природного назначения, толщиной 4 см	95,88	1280	122,73
Разработанный материал ЖД-70, содержащий электротермофосфорный шлак гранулированный и литой, цемент и воду, толщиной 15 см	30,09	3000	90,28
Земляное полотно из электротермофосфорного дробленного шлака, фосфогипса и ВВП	5,52	4000	22,06

Общая стоимость 1 км автомобильной дороги III технической категории условиях Республики Казахстан при применении классического материала ЦМА-20 щебеночно-мастичного

асфальтобетона природного назначения толщиной 4 см составит 122,73 тыс. USD, разработанного материала ЖД-70 с использованием электротермофосфорного шлака, цемента и воды толщиной 15 см – 90,28 тыс. USD, сооружение земляного полотна с использованием техногенных отходов – 22,06 тыс. USD, что обеспечит экономию при строительстве 1 км пригодной трассы 10,39 тыс. USD.

Использование техногенных отходов для строительства дорожной одежды не превысит ПДК, действующие в Республике Казахстан, по основным видам вредных веществ (табл. 3).

Таблица 3. Предельно-допустимые концентрации вредных веществ

Наименование вещества	ОБУВ в атмосферном воздухе населенных мест, мг/м ³ (СанПиН 3.02.036)		Нормативная величина ПДК в воздухе рабочей зоны, мг/м ³ (ГОСТ 12.1.005)	Расчетная величина ПДК в рабочей зоне при устройстве дорожной одежды с использованием техногенных отходов, мг/м ³
	среднесуточная	максимальная разовая		
Азот диоксид	0,04	0,085	2	0,32
Бенз(а)пирен	0,1 мкг/100м ³	–	0,00015 мкг/100м ³	–
Диванадийпентаксид (пыль)	0,002	–	0,5	0,15
Пыль неорганическая, с содержанием диоксида кремния более 20%	0,1	0,3	2	0,3
Сера, диоксид	0,05	0,5	0,1	0,08
Стирол	0,002	0,04	10-среднесуточная 30-максимальная	–
Толуол	–	0,6	50	–
Углеводороды предельные (в пересчете на С)	–	1,0	300	56
Фенол	0,003	0,01	0,3	–

Заключение

Одним из перспективных направлений использования техногенных отходов фосфорной промышленности (электротермофосфорный шлак, фосфогипс, внутренние вскрышные породы) является их использование в дорожном строительстве в качестве подстилающего слоя и для приготовления автодорожного покрытия. Использование техногенных отходов фосфорного производства при строительстве пригородных автомобильных дорог обеспечивает экономическую эффективность 10,39 тыс. USD на 1 км дороги и соответствует экологическим нормативам, принятым в Республике Казахстан.

ЛИТЕРАТУРА

1. Босак, В. Н. Безопасность жизнедеятельности человека / В. Н. Босак, З. С. Ковалевич. – Минск: Вышэйшая школа, 2016. – 335 с.
2. Zhantasov, K. T. Investigation of the physiochemical properties of the components of the burden for box-type road clothes / K. T. Zhantasov, K. S. Dosaliyev, V. N. Bosak // Industrial Technologies and Engineering. – Shymkent: M. Auevov South Kazakhstan State University, 2017. – P. 32–38.
3. Materials of box-type pavement / K.T. Zhantasov [et.al] // News of the Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of Geology and Technical Sciences. – 2017. – № 5. – P. 238–243.
4. Дорожная одежда коробчатого типа: патент на полезную модель № 2378 / К.Т. Жантасов [и др.] // Государственный реестр полезных моделей Республики Казахстан, 31.08.2017.
5. Использование отходов фосфорной промышленности в дорожном строительстве / Ж.А. Садыков [и др.] // Zprěvy Vědecké Ideje – 2017: materiály XIII mezinárodní Vědecko-Praktická conference; Praha, 22–30 října 2017 r. / Černák Z. [et. al]. – Praha: Publishing House «Education and Science», 2017. – Vol. 4. – P. 27–30.
6. Использование техногенных отходов для дорожной одежды коробчатого типа / К. Т. Жантасов [и др.] // Труды БГТУ. Серия 2: Химические технологии, биотехнология, геоэкология. – 2017. – № 2. – С. 170–175.
7. Исследования прочностных свойств композиционных материалов из отходов фосфорной промышленности для создания коробки дорожной одежды / К. Т. Жантасов [и др.] // Zprěvy Vědecké Ideje – 2017: materiály XIII mezinárodní Vědecko-Praktická conference; Praha, 22–30 října 2017 r. / Černák Z. [et. al]. – Praha: Publishing House «Education and Science», 2017. – Vol. 4. – P. 31–34.
8. Материалы дорожной одежды коробчатого типа / К. С. Досалиев [и др.] // Вестник Национальной академии наук Республики Казахстан. – 2017. – № 4. – С. 40–47.
9. Экологический кодекс Республики Казахстан от 9 января 2007 года № 212-III (с изменениями и дополнениями по состоянию на 05.04.2017 г.).
10. Авсеенко, А. А. Экономическое обоснование решений при проектировании автомобильных дорог: методические указания / А. А. Авсеенко, Н. П. Кикава. – М., 2011. – 59 с.
11. Гарманов, Е. Н. Методические рекомендации по определению величины и эффективности капитальных вложений в реконструкцию (строительство) автомобильной дороги / Е. Н. Гарманов, А. П. Владимиров, Н. П. Добрякова. – М., 2010. – 57 с.
12. Котляревский, А. А. Модифицированный дорожный асфальтобетон с использованием отходов производства поликапроамидов и абразивов: дисс. ... канд. техн. наук: 05.23.05 / А. А. Котляревский. – Волгоград, 2007. – 149 с.