

**Н.И. Абрамкин, К.С. Мирошниченко, А.В. Дородний**

# **ОБОСНОВАНИЕ РАЦИОНАЛЬНЫХ СПОСОБОВ УТИЛИЗАЦИИ И ОБЕЗВРЕЖИВАНИЯ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ ПРИ ПЕРСПЕКТИВНОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ГЕОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МЕТОДОВ**

Рассмотрены и обоснованы рациональные способы утилизации и обезвреживания твердых бытовых отходов при дальнейшем использовании геотехнологических методов. Основой биотермических утилизационных методов переработки ТБО являются биологические процессы разложения содержащихся в отходах органических веществ, происходящие в аэробных условиях в результате деятельности микроорганизмов при  $t = 40...70$  °С с выделением теплоты в среднем 1300 кДж/кг отходов потребления. Методы сортировки отходов и восстановления из них материальных ресурсов разделяют по способу предварительной подготовки отходов (с дроблением и без него) и по характеру разделения (механическая, воздушная, гидравлическая, магнитная сепарация). Наиболее распространены магнитная и воздушная сепарации. Получает распространение новый метод термической переработки отходов – пиролиз, который заключается в том, что в результате нагрева в бескислородной или бедной кислородом среде происходит химическое разложение содержащегося в ТБО органического вещества с образование пара, жидкой фракции (слоя масел) и газа с выделением твердого остатка углерода.

Ключевые слова: утилизация, классификация, отходы потребления, геотехнологические методы, сжигание, пиролиз, газификация, вторичные ресурсы.

---

DOI: 10.25018/0236-1493-2018-1-0-83-91

Современная биосфера является продуктом многообразных процессов, протекающих на планете Земля 3,5–4,0 млрд лет. Атмосфера окружающая нас создана природой и до не давнего времени была неизменной на протяжении в течение примерно последних 50 млн лет. Но уже в XX в. в связи с развитием техники и технологий и становлением крупных промышленных городов, атмосфера Земли стала изменяться, по мнению ученых в сторону ее ухудшения, а это есть изме-

нение озонового подслоя, загрязнения оксидами серы и азота, свинца, ртути, канцерогенами и другими веществами.

В связи вышесказанным на сегодняшний день самым перспективным в обращении с отходами является малоотходные (безотходные) технологии — одна из самых радикальных мер защиты окружающей среды от загрязнений. Далее сформулируем 4 основных направления развития технологий (в соответствии с Декларацией о малоотходной и безотход-

ной технологии и использовании отходов, принятой в Женеве в 1979 г.):

1. создание бессточных технологических систем разного назначения на базе существующих и перспективных методов очистки и повторно-последовательного использования нормативно очищенных стоков;

2. разработка и внедрение систем переработки промышленных и бытовых отходов, которые рассматриваются при этом как вторичные материальные ресурсы (ВМР);

3. разработка технологических процессов получения традиционных видов продукции принципиально новыми методами, при которых достигается максимально возможный перенос вещества и энергии на готовую продукцию;

4. разработка и создание территориально-промышленных комплексов (ТПК) с возможно более полной замкнутой структурой материальных потоков и отходов производства внутри них.

Безотходная технология — экологическая стратегия промышленного производства, включающая комплекс мероприятий, обеспечивающих минимальные потери природных ресурсов при максимальной экономической эффективности.

Критерием безотходной технологии является комплексное использование сырья и энергии, при котором процесс производства продукции не сопровождается загрязнением окружающей среды. При этом круговорот сырья, продуктов и отходов предопределяет то, что это замкнутый цикл производства и по существу это и есть безотходная технология производства продукции. Из официального определения — безотходная технология производства это такой способ осуществления производства продукции, при котором наиболее рационально и комплексно используют сырье и энергию в цикле сырьевые ресурсы — производство — потребление — вторичные ресурсы и та-

ким образом, что любые воздействия на окружающую среду не нарушают ее нормального функционирования.

Ежегодно на Земле воспроизводится до 85 млрд т органической биомассы, из которой человечество использует не более 15–20%. В ряде стран их образование возросло до 0,6–0,75 т, а в урбанизированных районах — до 1 т на душу населения в год [1]. В связи с этим одной из главных проблем в городах России и мира является экологическая проблема, а это уже в свою очередь образование и дальнейшие операции с отходами производств и потребления. Поэтому, развитие системы обращения ТБО города является в настоящем и будущем актуальной задачей для жизни людей на Земле. На сегодняшний день в городах России проживает около 75% населения, и главная проблема городов была и остается — это утилизация бытовых отходов. Отходы, появляющиеся в городах, представляют собой эпидемиологическую опасность, нарушают эстетический облик городов и прилегающих районов. Городские отходы разнообразны по своему составу. Во многих из них содержатся ценные компоненты, например, золото, серебро, бумага, металл, пластмасса и т.д. Все это можно использовать как вторичное сырье в дальнейшем производстве. Источником образования отходов являются жилые, общественные, административные и другие учреждения, промышленные предприятия, территории общего пользования. Классификация городских отходов приведена в табл. 1 [3].

Основную массу твердых отходов составляют бытовые отходы, морфологический состав которых представлен в табл. 2 [8]. На технологию сбора и удаления отходов влияет фракционный состав твердых бытовых отходов (ТБО), под которым понимают содержание частей разного размера, выраженное в % к общей

Таблица 1

**Классификация городских твердых отходов**

По месту образования	По натуральному составу
Бытовые отходы жилых зданий	Пищевые отходы, стекло, кожа, резина, бумага, металл, пластмасса, одежда, обувь, зола, шлак, дерево, отход текущего и капитального ремонта и др.
Отходы предприятий общественного питания, рынков	Пищевые отходы, кости, бумага, стекло и др.
Отходы территорий общественного пользования	Уличный смет, брошенные предметы, бумага, стекло, опавшие листья, древесина и др.
Отходы лечебных и санитарно-эпидемиологических учреждений	Текстиль, бумага, стекло, пластмасса и др.
Промышленные отходы	Металл, пластмасса, растительные масла, древесина, стекло, резина и др.

массе. До 70% массы отходов имеют размер менее 100 мм. Средняя плотность ТБО зависит в основном от степени благоустройства домовладений и в различных городах составляет 0,19–0,21 т/м<sup>3</sup>.

Основные компоненты ТБО имеют удельную теплоемкость в пределах от 2000 до 2500 Дж/(кг°С) для дерева, картона, бумаги, 800–1000 — для стекла и камней, у железа — 400, алюминия — 860 Дж/кг°С.

Твердые бытовые отходы обладают рядом специфических свойств. Сюда следует отнести их слеживаемость, т.е. способность уплотняться и выделять фильтрат без дополнительного внешнего воздействия только при длительной неподвижности. Продолжительный контакт ТБО с металлами вызывает их коррозию, обусловленную высокой влажностью ТБО и присутствием в фильтрате растворов различных солей.

Таблица 2

**Морфологический состав ТБО (% по массе) [8]**

Компонент	Зоны		
	средняя	южная	северная
Пищевые отходы	35–45	40–49	32–39
Бумага, картон	32–35	22–30	26–35
Дерево	1–2	1–2	2–5
Черный металлолом	3–4	2–3	3–4
Цветной металлолом	0,5–1,5	0,5–1,5	0,5–1,5
Текстиль	3–5	3–5	4–6
Кости	1–2	1–2	1–2
Стекло	2–3	2–3	4–6
Кожа, резина	0,5–1	1	2–3
Камни, штукатурка	0,5–1	1	1–3
Пластмасса	3–4	3–6	3–4
Прочее	1–2	3–4	1–2
Отсев (менее 15 мм)	5–7	6–8	4–6

Ресурсы ТБО практически неисчерпаемы. Годовое количество ТБО на одного жителя составляет: в России — около 300–400 кг; в США — 520–690 кг; Канаде — 380 кг; Германии — 350–400 кг; Японии — 350–400 кг; Франции — 290–360 кг, Великобритании — 250–360 кг. В среднем годовое количество бытового мусора, приходящееся на одного европейского жителя в городах, принято 400, а в сельской местности — 170 кг [3]. Средние дифференцированные годовые нормы накопления ТБО на 1 чел. в бывшем СССР составляли 160–195 кг в зависимости от количества населения в городе.

Промышленные отходы (ПО) можно разделить на отходы производства и отходы потребления [3]. Отходами производства следует считать остатки сырья, материалов и полуфабрикатов, образовавшиеся при изготовлении продукции, полностью или частично утратившие свои потребительские свойства, а также продукты физико-химической или механической переработки сырья, получение которых не являлось целью производственного процесса. В процессе производства образуются воды и их осадки, дымовые газы и т.п.

Отходами промышленного потребления считаются различного рода изделия, комплектующие детали и материалы, которые по тем или иным причинам непригодны для дальнейшего использования (металлолом, вышедшее из строя оборудование, изделия технического назначения из резины, пластмасс, стекла и т.п.).

Классификация ПО основана на систематизации их по отраслям промышленности, возможностям переработки, агрегатному состоянию, токсичности и т.д. Каждая отрасль промышленности имеет классификацию собственных отходов.

Согласно ГОСТ 12.1.007-76 «Вредные вещества. Классификация и общие тре-

бования безопасности». Все ПО делятся на четыре класса опасности: I — чрезвычайно опасные; II — высоко опасные; III — умеренно опасные; IV — мало опасные.

Во все эти четыре группы входят такие показатели как: предельно допустимая концентрация (ПДК) вредных веществ в воздухе, средняя смертельная доза, зона острого действия и т.д.

В настоящее время, как в России, так и за рубежом нет единой классификации отходов крупного промышленного города или региона, в которой с максимальной полнотой рассматривались бы количественный и качественный состав отходов, применяемые и предполагаемые методы обработки, санитарно-гигиенические, экологические и градостроительные аспекты.

Определенный интерес представляет классификация ПО, предложена НИИ Генплана г. Москвы. По этой классификации ПО столицы по формам и видам делятся на 13 групп [4]:

I — гальваношлаки и осадки, отходы реагентов и химреактивов, содержащие Cr, Ni, Cu, Co, Zn, Pb, кислые и щелочные отходы химических производств, вещества неорганического характера;

II — осадки, сточных вод, включающие в себя канализационные, водопроводные и нефтесодержащие промышленные осадки, образующиеся на локальных и очистных сооружениях производственных зон;

III — нефтеотходы, и нефтешламы, легковоспламеняющиеся жидкости, смазочные охлаждающие жидкости, кубовые остатки, отходы лакокрасочной промышленности;

IV — отходы пластмасс, полимеров, синтетических волокон, нетканых материалов и композиций на их основе;

V — отходы резинотехнических изделий, вулканизаторов;

VI — древесные отходы;

VII — отходы бумаги;

VIII — отходы черных и цветных металлов, легированных сплавов;

IX — шлака, золы пыль (кроме металлической);

X — отходы пищевой, мясомолочной и других отраслей промышленности;

XI — отходы легкой промышленности;

XII — стеклоотходы;

XIII — отходы стройиндустрии.

В Москве за 2015 г. образовалось 40,8 млн т всех видов отходов, из них ТБО жилого сектора — 2,5 млн т; ПО — 38,3 млн т [5]. Рост ПО будет всегда увеличиваться пропорционально развитию производства. Конечным этапом обезвреживания большинства не утилизируемых городских ПО, исключая особо токсичные, а также инертный строительный мусор и т.п., в настоящее время является сжигание, что подтверждается опытом Дании, Франции, Японии, Бельгии и других стран. Ликвидация и обезвреживание отходов является сложной санитарной, технической и экологической проблемой. По способу использования отходов методы их обезвреживания подразделяют на утилизационные и ликвидационные технологии. Утилизационные методы позволяют решать задачи экономии топливно-энергетических ресурсов, ликвидационные в свою очередь направлены в основном на удовлетворение санитарно-гигиенических требований.

Классификация методов обезвреживания по технологическому принципу позволяет выделить биотермические, механические, комбинированные, термические и химические способы. Чаще всего в городах применяются ликвидационные способы: механический путем обезвреживания отходов на полигонах и термический, при котором отходы сжигаются. Распространен также утилизационный биологический способ, предусматривающий компостирование отходов. 75–80% всех твердых отходов складировается на свалках и полигонах. Складирование от-

ходов в виде насыпных холмов или в карьерах и оврагах приводит к загрязнению грунтовых вод фильтратом, а окружающей территории — легкими фракциями отходов.

Усовершенствованные свалки (полигоны) должны обеспечивать полную санитарно-эпидемиологическую безопасность населения, защиту от загрязнений почвы, подземных вод и атмосферы. Раньше считалось, что на свалках и полигонах разложение отходов происходит в почве. Однако, в почве разлагаются только органические вещества, в то время как в составе отходов все большую долю занимают стекло, пластмассы и другие компоненты. Поступление отходов в землю превышает допустимые пределы: на современных свалках: на слой отходов в 1,5–2,0 м приходится слой почвы 20–25 см, который иногда заменяется другими изолирующими материалами. В связи с этим следует говорить не об обезвреживании отходов в почве, а об их складировании на почве с расчетом на последующую минерализацию.

На полигонах и свалках происходит длительный процесс разложения отходов. В верхнем слое он заканчивается на глубине до 3 м через 15–20 лет, в более глубоких слоях — через 50–100 лет. Разложение отходов сопровождается выделением газов, фильтрации и небольшого количества теплоты. Температура складированной массы при влажности 40–50% не превышает 30–40 °С. Выделение метана, водорода, сероводорода и других газов происходит в течение 5–10 лет и более с момента закладки полигона. Усадка отходов на 30–50% и выделение ядовитых и взрывоопасных газов не позволяет вести на территориях бывших свалок и полигонов капитальное строительство. Даже под высотные полигоны требуются весьма значительные площади, что вызывает уже сейчас большие затруднения с отводом территорий под новые полигоны.

Отходы складывают на водонепроницаемое основание послойно с высотой рабочего слоя 2 м. Складывают отходы бульдозерами методами надвига или сталкивания. Складываемые отходы систематически разравнивают слоями толщиной до 0,5 м и уплотняют двух-, четырехкратными проходами бульдозера или катка-уплотнителя. На каждый уплотненный слой бульдозером (катком) надвигается следующий слой и вновь уплотняется. Операции продолжают до достижения общей высоты рабочего слоя 2 м. Каждый рабочий слой отходов покрывают промежуточным изолирующим слоем высотой 0,25 м.

В качестве изолирующего материала используются супесчаные и суглинистые грунты, строительный мусор, зола, шлаки, нетоксичные ПО и др. Капитальные затраты (без дороги) на 1 га полигона при естественном основании (в ценах 2001 г.) — 140—160 тыс. руб. Удельные затраты на 1 т складываемых отходов за весь период эксплуатации — 0,05—0,15 руб. Стоимость складывания отходов на полигонах с учетом мойки контейнеров и мусоровозов не должна превышать 0,1—0,2 руб./т.

Основной биотермической утилизационных методов переработки ТБО являются биологические процессы разложения содержащихся в отходах органических веществ происходящие в аэробных условиях в результате деятельности микроорганизмов при  $t^{\circ}$  40—70 °С выделением теплоты в среднем 1300 кДж/кг отходов. В результате биотермической переработки получается компост, используемый в качестве органической удобрения и биотоплива. Биотермические методы подразделяют на полевое компостирование на открытых площадках без предварительной подготовки и с подготовкой, переработку в специальных установках без предварительной подготовки отходов (биотермические камеры,

теплицы, парники) и промышленное биотермическое обезвреживание и переработку отходов.

Для сокращения количества бытовых отходов, подлежащих обезвреживанию и извлечению из них вторсырья, применяют механизированную сортировку ТБО на специальных мусоросортировочных заводах. Как правило, из ТБО извлекаются черные и цветные металлы, стекло, бумага, пластмассы, органические вещества, используемые в дальнейшем в производстве в ряде ценных продуктов. Определенная технология сортировки и обработки ТБО обеспечивает получение из отходов высококачественного топлива в виде гранул и брикетов.

Методы сортировки и отходов и восстановления из них материальных ресурсов разделяют по способу предварительной подготовки отходов (с дроблением и без него) и по характеру разделения (механическая, воздушная, гидравлическая, магнитная сепарация). Наиболее распространены магнитная и воздушная сепарация. В качестве примера можно привести установку фирмы «Флэкт» (Швеция) с предварительной подготовкой сырья и воздушной многоступенчатой сепарацией, позволяющую выделить до 60% вторичных материалов без учета цветных металлов и стекла.

Основным термическими методами обезвреживания ТБО являются их сжигание и пиролиз. Достоинства термических, методов:

- полное обеззараживание отходов в кратчайшие сроки;
- возможность использования образующейся при сжигании отходов теплоты для производства тепла или электроэнергии;
- получение жидкого топлива и горючих газов (при пиролизе);
- минимальные размеры земельного отвода по сравнению со всеми остальными методами обезвреживания отходов;

Таблица 3

**Данные о соотношении различных методов обезвреживания ТБО в наиболее развитых странах, % [7]**

Страны/Методы переработки	Захоронение	Сжигание	Рециклинг и прочее
Россия	90	6	4
Казахстан	97	—	3
США	54	12	34
Франция	31	34	35
Япония	18	37	45
Дания	4	54	42
Швеция	50	—	50
Швейцария	49	—	51
Бельгия	5	33	62
Германия	38	—	62

• возможность сооружения установок в черте города.

Условия целесообразности применения мусоросжигательных установок (заводов):

- содержание в ТБО менее 30% органического вещества и высокая теплота их сгорания;
- отсутствие гарантированных потребителей компоста и биотоплива;
- повышенные санитарные требования к обезвреживанию отходов курортов, больниц и т.п.;
- необходимость ликвидации не компостируемых остатков.

Мусоросжигательные установки (МСУ) по производительности (в кг сжигаемых отходов в час) делятся на четыре группы: 1 — до 30 (самые малые); 2 — 30—500 (малые); 3 — 800—3000 (средние); 4 — свыше 3000 (крупные). Установки 1 и 2 групп без утилизации теплоты рекомендуются для уничтожения специфических отходов медучреждений, трупов животных. Установки 3 группы чаще всего применяют в городах или районах с населением более 200 тыс. чел. Данные табл. 3 свидетельствуют о большом отставании России и других стран СНГ во внедрении наиболее прогрессивного способа обезвреживания ТБО.

В последнее время получает распространение новый метод термической переработки отходов — пиролиз. Сущность метода заключается в том, что в результате нагрева в бескислородной или бедной кислородом среде происходит химическое разложение содержащегося в ТБО органического вещества с образованием пара, жидкой фракции (слоя, масел) и газа с выделением твердого остатка (углерода).


При пиролизе происходят сушка, сухая перегонка (собственно пиролиз), газификация и горение коксового остатка, взаимодействие образовавшихся газобразных продуктов.

Выбор метода обезвреживания ТБО зависит от местных условий и определяется технико-экономическими показателями при обязательном учете санитарно-эпидемиологической обстановки, климатических условий, численности населения города, возможности отвода земельного участка. Что касается ПО, то до середины 1970-х годов в СССР ввиду отсутствия эффективных средств обработки и утилизации большою числа ПО были широко распространены методы их складирования на городских свалках вместе с ТБО или на примитивных специализированных свалках ПО.

В настоящее время такой метод складирования ПО запрещен. При определении допустимых методов складирования и обезвреживания ПО решающее значение имеет их состав. При складировании ПО совместно с ТБО на полигонах

предельное количество токсичных ПО нормируется. Основное условие приема ПО на полигоны ТБО — соблюдение санитарно-гигиенических требований по охране атмосферного воздуха» почвы, грунтовых и поверхностных вод.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Абрамкин Н. И., Захарова Р. А., Степанов Р. А.* Основные способы утилизации и обезвреживания твердых отходов и перспективы использования геотехнологических методов // Известия Тульского государственного университета. — 2010. — № 2. — С. 3–10.
2. *Ivanova I. A., Kolodyazhny S. A., Manokhin M. V.* The Problem of Analysis of Environmental Threat Criteria on Asphalt Concrete Plants // Scientific Israel-Technological Advantages. 2012. N 2. Pp. 44–50.
3. *Яношевская Д. А., Мельников Ю. Ф., Корсаков И. П.* Санитарная техника городов. — М.: Стройиздат, 1990. — 321 с.
4. *Совершенствование сбора, удаления, обезвреживания и утилизации твердых бытовых отходов.* — Киев: УкрНИИТИ, 1990.
5. ГОСТ 12.1.007-76. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности.
6. Доклад «О состоянии окружающей среды в городе Москве в 2014 году».
7. [http://studopedia.ru/9\\_90939\\_svodniy-smetny-raschet-stoimosti-stroitelstva-poligona-zahoroneniya-tbo.html](http://studopedia.ru/9_90939_svodniy-smetny-raschet-stoimosti-stroitelstva-poligona-zahoroneniya-tbo.html)
8. [http://www.saveplanet.su/articles\\_295.html](http://www.saveplanet.su/articles_295.html)
9. *Систер В. Г., Мирный А. Н. и др.* Справочник. Твердые бытовые отходы (сбор, транспорт и обезвреживание). — М., 2001.
10. *Ильин В. И.* Экология: Курс лекций. — М.: Перспектива, 2005. — 236 с.
11. *Калыгин В. Г.* Промышленная экология. — М.: Издательский центр «Академия», 2004. — 432 с.
12. *Thomas F., Andreux F., Bjllero J.-Y.* Adsorption de molekules organiques azottes surles systems Kaolin-hydroxudes mettalgues: un modele d'interaction entre substances humiques et surface minerals des sols [Адсорбция N-содержащих органических молекул каолином (Франция)]. Assn. Franc. Etude Sol, 1984. Pp. 187–198.
13. *Reynolds A. B., Wardle D. A., Drought B., Cantwell R.* Gromate soil amedment improves growth of greenhouse — grown «Chardonnay» grapevines // Hort Science, 1995. Vol. 30. no 3. Pp. 539–542. 

## КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

*Абрамкин Николай Иванович*<sup>1</sup> — доктор технических наук, профессор, e-mail: Abramkin57@mail.ru,

*Мирошниченко Кристина Сергеевна*<sup>1</sup> — аспирант,

*Дородний Антон Викторович*<sup>1</sup> — аспирант,

<sup>1</sup> МГИ НИТУ «МИСиС».

---

ISSN 0236-1493. Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'. 2018. No. 1, pp. 83–91.

**N.I. Abramkin, K.S. Miroshnichenko, A.V. Dorodniy**

## JUSTIFICATION OF EFFICIENT RECYCLING AND NEUTRALIZATION METHODS FOR MUNICIPAL SOLID WASTE USING PROMISING GEOTECHNOLOGIES

Efficient methods of recycling and neutralization of municipal solid waste using geotechnologies are reviewed and justified. The basis of biothermal recycling methods for treatment of municipal solid waste are biological processes of decomposition of organic substances under aerobic condi-



tion and action of microorganisms at  $t = 40...70^{\circ}\text{C}$  with the average heat emission of 1300 kJ/kg of waste. Produced by the biothermal treatment, compost is used as an organic fertilizer and biofuel. The methods of sorting of waste and recovery of material resources from it are grouped with respect to the waste pre-treatment (with and without milling) and separation process (mechanical, air, hydraulic, magnetic). The most commonly used techniques are the magnetic and air separation. By way of example, the installation manufactured by Fläkt (Sweden), after preliminary preparation of feedstock and its multi-stage separation by air, produces up to 60 % of secondary resources for recycling. A new method of thermal treatment enjoys popularity recently—pyrolysis. In this method, as a result of heating in anoxic or oxygen-deficient environment, chemical decomposition of the organic substance contained in solid waste takes place with the formation of steam, liquid (layer of oils), gas and residual carbon.

Key words: recycling, classification, consumption residue, geotechnologies, burning, pyrolysis, gasification, secondary resources.

DOI: 10.25018/0236-1493-2018-1-0-83-91

## AUTHORS

Abramkin N.I.<sup>1</sup>, Doctor of Technical Sciences,  
Professor, e-mail: Abramkin57@mail.ru,  
Miroshnichenko K.S.<sup>1</sup>, Graduate Student,  
Dorodniy A.V.<sup>1</sup>, Graduate Student,  
<sup>1</sup> Mining Institute, National University of Science and Technology «MISIS»,  
119049, Moscow, Russia.

## REFERENCES

1. Abramkin N.I., Zakharova R.A., Stepanov R.A. *Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta*. 2010, no 2, pp. 3–10.
2. Ivanova I.A., Kolodyazhny S.A., Manokhin M.V. The Problem of Analysis of Environmental Threat Criteria on Asphalt Concrete Plants. *Scientifik Israel-Technological Advantages*. 2012, no 2, pp. 44–50.
3. Yanoshevskaya D.A., Mel'nikov Yu. F., Korsakov I.P. *Sanitarnaya tekhnika gorodov* (Municipal sanitary engineering), Moscow, Stroyizdat, 1990, 321 p.
4. *Sovershenstvovanie sbora, udaleniya, obezvezhivaniya i utilizatsii tverdykh bytovykh otkhodov* (Improvement of collection, removal, neutralization and recycling of municipal solid waste), Kiev, UkrNIINTI, 1990.
5. *Vrednye veshchestva. Klassifikatsiya i obshchie trebovaniya bezopasnosti. GOST 12.1.007-76*. (Noxious agents. Classification and general safety requirements. State Standard 12.1.007-76).
6. *Doklad «O sostoyanii okruzhayushchey sredy v gorode Moskve v 2014 godu»* (Report on State of Environment in Moscow in 2014).
7. [http://studopedia.ru/9\\_90939\\_svodniy-smetnyy-raschet-stoimosti-stroitelstva-poligona-zahoroneniya-tbo.html](http://studopedia.ru/9_90939_svodniy-smetnyy-raschet-stoimosti-stroitelstva-poligona-zahoroneniya-tbo.html)
8. [http://www.saveplanet.su/articles\\_295.html](http://www.saveplanet.su/articles_295.html)
9. Sister V. G., Mirnyy A. N. *Tverdye bytovye otkhody (sbor, transport i obezvezhivanie)*. Spravochnik (Municipal solid waste (collection, transport, neutralization). Handbook), Moscow, 2001.
10. Il'in V. I. *Ekologiya: Kurs lektsiy* (Ecology: Course of Lectures), Moscow, Perspektiva, 2005, 236 p.
11. Kalygin V. G. *Promyshlennaya ekologiya* (Industrial ecology), Moscow, Izdatel'skiy tsentr «Akademiy», 2004, 432 p.
12. Thomas F., Andreux F., Bjllero J.-Y. *Adsorption de molekules organiques azottes sur les systems Kaolin-hydroxudes metalligues: un modele d'interaction entre substances humiques et surface minerais des sols*. Assn. Franc. Etude Sol, 1984, pp. 187–198.
13. Reynolds A. B., Wardle D. A., Drought B., Cantwell R. Gromate soil amendment improves growth of greenhouse – grown «Chardonnay» grapevines. *Hort Science*, 1995, vol. 30, no 3, pp. 539–542.

## TABLES

Table 1. Classification of municipal solid waste.

Table 2. Morphological composition of municipal solid waste (% by weight) [8].

Table 3. Ratio of neutralization methods for municipal solid waste in the most advanced countries, %.