

DOI: 10.15593/2409-5125/2016.03.08

УДК 631.45:632.95.024.4

Е.С. Азматова, А.В. Мякишева, И.Н. Ташкинова

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ОТХОДОВ СТРОИТЕЛЬСТВА И СНОСА ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ НАРУШЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

Рассмотрены особенности применения отходов строительства и сноса в России: востребованность на рынке сырья, конкурентные преимущества и недостатки, а также нормативные требования, позволяющие сделать переработку и вторичное использование таких отходов обязательными. Выявлены актуальные направления использования отходов строительства и сноса, одним из которых является получение структуратора для восстановления нарушенных и загрязненных территорий. Обоснована возможность применения структуратора, полученного из отходов ликвидации зданий и сооружений объектов органического синтеза. С целью предотвращения вредного воздействия искусственного структуратора на объекты окружающей среды предложены методы фитоиндикации, позволяющие точно, достаточно оперативно и доступно (в техническом отношении) дать объективную оценку экологической безопасности почвы с внесенным структуратором.

Для апробирования экспериментального подхода по обоснованию применения отходов строительства и сноса в рекультивационных целях использованы пробы, отобранные на площадке ликвидации одного из типичных предприятий органического синтеза. Исследуемые отходы содержали анилин и нитробензол, токсическое действие которых рассматривалось в экспериментах по фитоиндикации.

Доказано, что предложенные подходы и методы позволяют установить экологическую безопасность продукта на основе отходов строительства и сноса, а также выявить предельное остаточное содержание токсичных органических веществ, не оказывающих негативного воздействия на растительные объекты. Структуратор на основе отходов сноса и демонтажа зданий и сооружений органического производства признан экологически безопасным, что свидетельствует о возможности его дробления, фракционирования и применения при рекультивации нарушенных и загрязненных земель.

Ключевые слова: отходы строительства и сноса, утилизация отходов, структуратор, структурообразователь почв, нарушенные территории, ликвидация, экологическая безопасность, фитотоксичность, восстановление, рекультивация.

Ежегодно в России образуется около 17 млн т отходов строительства и сноса (ОСС). Значительный объем ОСС образуется в результате выполнения работ по ремонту и реконструкции зданий, а также в процессе нового строительства и сноса зданий: ремонт – 58 %, снос (разборка) – 29 %, реконструкция – 8 %, стройиндустрия – 4 %, новое строительство – около 1 %. Целесообразность переработки таких отходов растет, но на сегодня вторичное использование ОСС в мире не превышает 45 %. К лидерам по переработке ОСС (более 90 %) относятся такие страны, как Дания, Нидерланды, Швеция и Германия [1–4].

Несмотря на высокий износ зданий и сооружений [4], в Российской Федерации в настоящее время перерабатывается лишь 5–10 % отходов строительства и сноса, причем переработке подвергается в основном лом железобетона и кирпича, поскольку их переработка одна из самых простых и не требует сложных производственных процессов. Сегодня никаким образом не решается задача утилизации других видов строительных отходов: стеклобоя, линолеума, битумных покрытий, пластмассы, санстройкерамики, древесины, пластмассы [5, 6]. Большая часть ОСС вывозится на полигоны для твердых коммунальных отходов и несанкционированные свалки. По официальным данным, в РФ действующие свалки и полигоны занимают около 40 тыс. га, и около 50 тыс. га – уже заполненные свалки и полигоны [7, 8].

Перспективность вторичного использования ОСС состоит в том, что их переработка стоит значительно дешевле, чем закупка новых стройматериалов. Также наряду с переработкой ОСС возможно повторное использование отдельных частей здания в новом строительстве.

Известно, что многие страны Европы при приеме отходов на полигоны требуют официальных доказательств того, что переданные на захоронение отходы переработать невозможно. Складирование строительных отходов на полигонах стоит довольно дорого и дешевле их перерабатывать. Лишь в конце 2015 г. в России вступила в действие новая редакция Федерального закона РФ № 89 «Об отходах производства и потребления» (ред. от 29.12.2015), согласно которой захоронение отходов, в состав которых входят полезные компоненты, подлежащие утилизации, с 1 января 2017 г. будет запрещено, к таким отходам будут отнесены и ОСС.

Переработанные ОСС используются для создания и обустройства временных дорог на строительных площадках, в качестве: отсыпки, технического грунта, а также структуратора для рекультивации нарушенных земель и в других направлениях (рис. 1).

Щебень из глиняного кирпича может быть использован как подсыпка при выравнивании поверхностей и как заполнитель дренажных систем. Измельченный материал может заменить натуральные материалы, такие как песок. Фракции размером частиц до 4 мм, как правило, используются для дренажных засыпок. Более грубые частицы могут быть использованы для других применений, например, как наполнитель в бетон и раствор.

Кирпичные отходы сноса зданий и сооружений на протяжении многих лет используются для засыпки и выравнивания дорог. Практика распространена в странах, не имеющих достаточного количества каменных карьеров, например, в Дании. *Щебень из глиняного кирпича, черепицы и других ОСС* может быть использован при крупных проектах дорожного строительства, особенно в условиях дефицита натуральных материалов. Он используется для строительства дорог в таких странах, как Швейцария, Голландия, Великобритания и Дания.

Перспективным считается направление *замкнутый цикл «снос – вывоз – переработка – производство вторичных материалов»*, который выгоден как потребителям, так и обществу. Так, в 1995 г. фирма «Сатори» установила в г. Долгопрудном Московской области первую дробильно-сортировочную установку, было начато производство бетонного и кирпичного щебня различных фракций. Это стало выгодным направлением бизнеса, так как спрос на вторичный щебень достаточно высок, а его стоимость примерно на 40 % ниже стоимости первичного гранитного щебня. Таким образом, удалось замкнуть цепочку.

Одним из самых востребованных строительных материалов, подвергающихся вторичной переработке, сейчас является бетон. Переработка бетона стремительно развивается, так как демонтаж железобетона происходит при ликвидации практически каждого сооружения. Разработка и создание эффективных технологий по переработке ОСС при разборке, сносе и демонтаже промышленных зданий и сооружений позволяют получить следующие природоохранные эффекты:

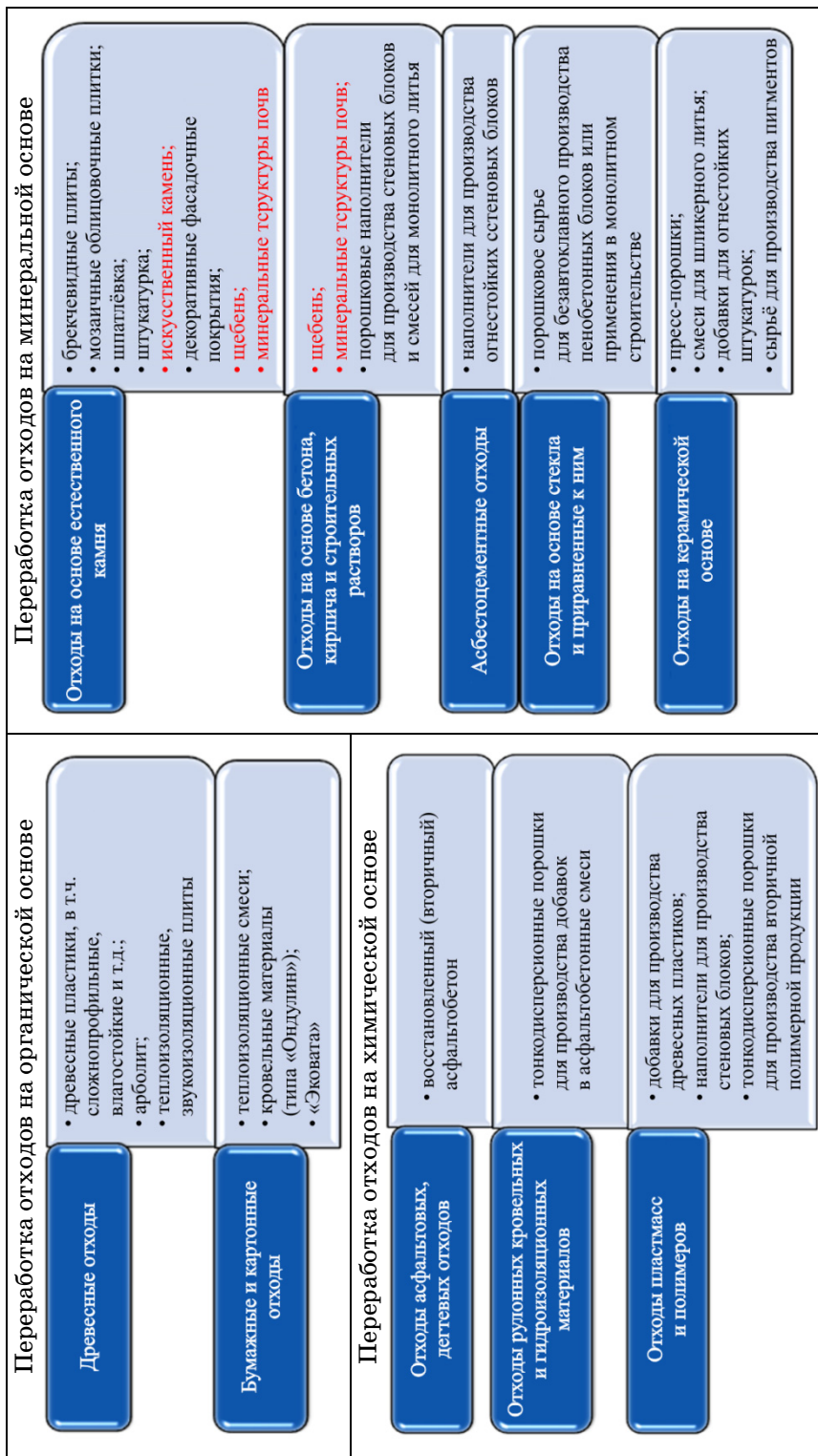


Рис. 1. Приоритетные направления использования отходов строительства и сноса

- ликвидация свалок строительного мусора;
- минимизация площадей полигонов захоронения ОСС;
- повышение качества природных сред;
- снижение объемов разрабатываемого природного сырья.

Также переработка и вторичное использование ОСС позволяет снизить затраты на природоохранные мероприятия, затраты на транспортировку и захоронение отходов [5].

Важно отметить, что часть таких отходов поступает со строительных или демонтажных площадок промышленных предприятий. Среди предприятий, образующих ОСС, есть и химически опасные производственные объекты, на которых хранят, перерабатывают, используют или транспортируют опасные химические вещества (химические заводы, комплексы по переработке нефтегазового сырья, предприятия текстильной, металлургической, пищевой, целлюлозно-бумажной и других промышленностей) [9]. Попадание веществ с таких предприятий в окружающую среду может привести к гибели или химическому поражению людей, животных, растений, а также может привести к необратимому разрушению экосистем различных уровней [10]. Ликвидация одного цеха предприятия химической отрасли может привести к образованию десятков тысяч тонн ОСС [11].

Вторичные материалы из ОСС должны быть свободны от загрязнений, которые могут вымываться осадками или водой, вызывая загрязнение окружающей среды. В связи с этим актуальным является исследование экологической безопасности ОСС, образующихся при строительстве, сносе, демонтаже, реконструкции зданий и сооружений, с целью использования их ресурсного потенциала в природоохранных целях. Одним из перспективных направлений вторичного использования данного типа отходов является дробление, фракционирование и применение в рекультивации нарушенных территорий в виде структуратора.

За последние десятилетия существенно сократились мероприятия по охране и рациональному использованию почв и земельных ресурсов. Для наибольшей части территорий (около 55 %) самой острой признана проблема нарушения земель в процессе хозяйственной деятельности и невыполнения обязательных работ по их рекультивации, причем для 30 % эта проблема оценена как имеющая приоритетный характер для значительной части территорий

[12]. Это регионы с развитой добывающей промышленностью и северные регионы с низким потенциалом самовосстановления экосистем на нарушенных землях. При проведении восстановительных работ на нарушенных территориях [13] большинство технологий и способов подразумевают применение *структураторов (структурообразователей) почв* (табл. 1).

Таблица 1

Виды и характеристики типичных объектов рекультивации

Вид промышленности / деятельность человека	Объекты рекультивации	Механическое разрушение почв	Загрязнение почв	Эрозия почв	Заболачивание	Разрушение растительного покрова
1	2	3	4	5	6	7
Добыча торфа	Фрезерные поля, карьеры гидроторфа, машиноформочные карьеры	+	-	+	-	+
Добыча нерудных строительных материалов	Карьеры песка, глины, песчано-гравийных материалов	+	+	+	-	+
Производство открытых горных работ	Карьерные выемки, внутренние и внешние отвалы	+	+	+	+	+
Производство подземных разработок	Провалы, прогибы, шахтные отвалы – терриконы	+	+	+	+	+
Функционирование урбанизированных территорий	Золоотвалы, шлакоотвалы, шламонакопители, свалки и др.	+	+	+	+	+
Проведение разведочных и изыскательных работ	Участки земель с нарушенным растительным и почвенным покровом; участки земель, загрязненные нефтью и нефтепродуктами	+	+	+	-	+
Выполнение строительных и эксплуатационных работ	Участки земель с частично или полностью нарушенным растительным и почвенным покровом; территории земель, подвергающиеся подтоплению, затоплению и эрозионным процессам, а также насыпи, кавальеры, отвалы, гидроотвалы	+	+	+	+	+

Окончание табл. 1

1	2	3	4	5	6	7
Технологические процессы при получении материалов, веществ, электрической энергии	Земли, загрязненные аэрозолями и пылевыми выбросами, органическими и неорганическими веществами, радиоактивными элементами	-	+	-	-	+
Сельскохозяйственное производство	Земли, загрязненные остаточным количеством пестицидов, дефолиантов, сточными водами и удобрениями	-	+	-	+	+
Военные действия, производство оружия и его основ	Земли, загрязненные радиоактивными, отравляющими, токсичными органическими и неорганическими веществами, опасными бактериологическими компонентами	+	+	+	-	+

Получение и применение *структуратора на основе отходов строительства и сноса* позволит снизить объемы добычи первичных природных ресурсов, используемых в качестве структурообразователей почвы, снизить затраты на восстановление нарушенных земель, а также значительно сократить площади полигонов для твердых коммунальных отходов (ТКО) и несанкционированных свалок.

Структураторы – это материалы низкой плотности, которые понижают объемную плотность почвы, увеличивают пористость и диффузию кислорода, что стимулирует биологическую активность почвы [14], и стоят наряду со стабилизаторами, биологически активными композициями и минеральными удобрениями.

Структураторы (или структурообразователи) почв могут быть произведены на основе различных природных и искусственных материалов. Минеральные ОСС могут рассматриваться как сырьевая основа для производства минеральных структураторов различного назначения.

Существует множество структураторов различного происхождения и назначения. Например, полимеры-структурообразователи улучшают агрофизические свойства почв и в первую очередь их структуру. В результате повышается водопроницаемость почв, их аэрация, противозерозионная и противодефляционная устойчивость,

создаются оптимальные условия для микрофлоры, увеличивается содержание доступных для растений питательных веществ. Все это ведет к повышению плодородия почв, урожайности культур, уменьшению эрозии и дефляции.

Структураторы почвы можно разделить на два основных типа в зависимости от сырья, на основе которого они произведены: *искусственные* и *естественные*.

Искусственные структурообразователи почвы (ИСП) (битумные эмульсии, пенопласты, синтетические смолы и др.) повышают стабильность структуры почвы, улучшают ее дренируемость и водный режим, уменьшают эрозию и дефляцию. Эти положительные действия целесообразны также с точки зрения охраны и формирования объектов окружающей среды. Также ИСП уменьшают опасность эвтрофикации водоемов [15].

Например, ценными искусственными структурообразователями почвы являются отходы гидролизного производства – гидролизный ил и гидролизный лигнин, содержащие до 80 % органического вещества. Например, лигнин и его компосты обладают высокой структурирующей способностью и могут быть использованы в качестве структурообразователей для почв с отрицательными водно-воздушными характеристиками [16].

При очистке нефтезагрязненных почв чаще всего используют *естественные структурообразователи почв (ЕСП)* – растительные отходы и остатки пищевых производств растительного происхождения. В большинстве случаев используют органические структурообразователи, которые добавляются к загрязненной почве в диапазоне от 33 до 75 %. Часто структурообразователи (трава, сено, древесные опилки, щепки коры, цеолит, вермикулит и т.д.) вносят в почву вместе с минеральными удобрениями [17].

При сравнении цен на типичные структураторы выявлено, что структуратор на основе ОСС обладает конкурентным преимуществом перед большинством естественных структураторов. Также высокая плотность структуратора на основе ОСС в сравнении с другими сокращает расходы на его транспортировку (табл. 2), а отсутствие захоронения ОСС, стоимость которого в среднем по России составляет 100–550 руб. за 1 т, значительно уменьшает расходы по обращению с отходами сноса и демонтажа зданий и сооружений.

Таблица 2

Средние цена и плотность некоторых структураторов почвы

Искусственные и естественные структураторы почвы	Средняя цена (без НДС и доставки), руб. за 1 т	Средняя плотность, г/см ³
Вермикулит	39000	2,40–2,70
Зола торфяная	450	1,75–2,40
Кора	18000	0,25–0,80
Коровий перегной	1000	0,40–0,50
Лигнин (компост)	800	1,25–1,45
Опил древесный	8000	0,25–0,35
Песок	200	1,50–1,55
Сено	3000	0,10–0,13
Структуратор на основе ОСС	690	1,20–3,00
Торф сельскохозяйственный	520	0,80–1,08
Торф фрезерный сушеный	2450	0,15–0,20
Цеолит	6000	1,20–1,90
Щепа	2000	0,25–0,35

Требования к искусственному структуратору на основе ОСС будут приравнены к нормам безопасности для почв, что подтверждает необходимость предварительной оценки экологической безопасности ОСС перед внесением их в почву. Для оценки экологической безопасности структуратора на основе отходов строительства и сноса зданий химической промышленности также можно использовать метод фитоиндикации, который позволяет достаточно оперативно, доступно (в техническом отношении) и с минимальными затратами дать объективную оценку экологического состояния почвы с внесенным структуратором [18–20], а также определить безопасное остаточное количество химических реагентов во вторичном продукте, которое не окажет угнетающего эффекта на растительность [21].

В качестве дополнительного индикатора токсического воздействия на тест-растения предложено проанализировать содержание аскорбиновой кислоты, которая является индикатором процессов борьбы растительного тест-объекта с токсичными веществами.

В качестве источника образования ОСС рассмотрено одно из типовых предприятий органического синтеза – производство анилина, которое подлежало ликвидации путем сноса и демонта-

жа. В числе основных загрязнителей ОСС – основной продукт производства (анилин) и полупродукт (нитробензол). По результатам количественного химического анализа установлено содержание основных загрязнителей в ОСС: анилин – 9–830 мг/кг, нитробензол – 1–210 мг/кг.

В перечень зданий для сноса демонтажа входило три малоэтажных здания. В процессе ликвидации данного производственного объекта образовано около 25 000 т ОСС.

Для экспериментального обоснования применения структуратора на основе ОСС объекта химической промышленности и исследования экологической безопасности структуратора на основе взятых проб ОСС (рис. 2) предложено использовать следующие методики: определение фитотоксичности почвы методом проростков [22] и обоснование класса опасности отходов по фитотоксичности (фитотест) (МР 2.1.7.2297–07 «Обоснование класса опасности отходов производства и потребления по фитотоксичности», СП 2.1.7.1386–03 «Почва. Очистка населенных мест. Бытовые и промышленные отходы. Санитарная охрана почвы»). Для оценки содержания аскорбиновой кислоты в биомассе растительных тест-объектов предложен йодометрический метод [23].



Рис. 2. Пробы структуратора на основе ОСС

По результатам экспериментальных исследований наиболее показательным и точным признан «метод проростков».

Выявлено, что с увеличением концентраций органических загрязнителей в структураторе показатель продуктивности растений увеличивается, также наблюдается рост стимулирующего действия грунта. Анилин и нитробензол в целом не оказывают угнетающего действия на показатели продуктивности растительных тест-объектов.

В качестве дополнительного исследования проанализировано содержание аскорбиновой кислоты в биомассе растений, которое показало возрастание токсичности почвы с внесенным структуратором при увеличении концентрации продуктов органического синтеза.

По результатам «Фитотеста» исследуемые ОСС признаны экологически безопасными. Структуратору на основе ОСС присвоен 4-й класс опасности (малоопасные) (рис. 3).

Таким образом, использование методов фитоиндикации позволяет выявить предельно допустимое содержание продуктов и полупродуктов производственного цикла в отходах строительства и сноса промышленных зданий, при котором полученный из них структуратор будет экологически безопасным.



Рис. 3. Фитотест: чашки Петри с проростками овса с внесенными вытяжками одной из проб ОСС в трех разведениях

Выводы. Обоснована актуальность применения отходов строительства и сноса для восстановления нарушенных территорий. В России ресурсный потенциал таких отходов преимущественно используется для создания и обустройства временных дорог на строительных площадках, в качестве отсыпки, технического грунта. Одним из самым перспективных направлений признано получение структуратора на основе ОСС. Это позволит снизить объемы добычи первичных природных ресурсов, используемых в качестве структурообразователей почвы, снизить затраты на восстановление нарушенных земель, а также значительно сократить площади полигонов для твердых коммунальных отходов (ТКО) и несанкционированных свалок.

Для применения ОСС зданий и сооружений предприятий органического синтеза предложены следующие методы обязательной предварительной оценки экологической безопасности структуратора на основе ОСС: определение фитотоксичности почвы методом проростков, обоснование класса опасности отходов по фитотоксичности (фитотест). По результатам экспериментальных исследований наиболее показательным и точным признан метод проростков. В качестве дополнительного исследования предложена оценка йодометрическим методом содержания аскорбиновой кислоты в биомассе растительных тест-объектов, которая является индикатором процессов борьбы растения с токсичными веществами.

По результатам экспериментальных исследований структуратор на основе отходов сноса и демонтажа зданий и сооружений анилинового производства признан экологически безопасным, что свидетельствует о возможности его применения при восстановлении нарушенных и загрязненных территорий.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 16-35-00411 мол_а.

Библиографический список

1. Аксенова Л.Л., Бугаенко Л.В., Хлебенских С.Н. Переработка и утилизация строительных отходов для получения эффективных зеленых композитов // Современные тенденции технических наук: материалы III междунар. науч. конф. (г. Казань, октябрь 2014 г.). – Казань: Бук, 2014. – С. 63–65.
2. Олейнок П.П. Основы организации и управления в строительстве: учеб. – М.: Изд-во АСВ, 2014. – 200 с.
3. Проблема утилизации строительных отходов в России [Электронный ресурс] // Межрегиональная экологическая общественная организация «Зеленый фронт». 2014. – URL: <http://greenfront.su/post/1292> (дата обращения: 01.06.2016).
4. Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс]. – URL: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics (дата обращения: 01.06.2016).
5. Строительные композиты на основе отсевов дробления бетонного лома и горных пород / В.С. Лесовик, С.-А. Ю. Муртазаев, М.С. Сайдумов. – Грозный: Типография, 2012. – 192 с.
6. Бобович Б.Б., Девяткин В.В. Переработка отходов производства и потребления: справ. – М.: Интермет-Инжиниринг, 2000. – 496 с.
7. Управление природопользованием / Н.Т. Кавешников, В.Б. Карев, А.Н. Кавешников; под ред. Н.Т. Кавешникова. – М.: Колос-С, 2006. – 360 с.

8. Проблемы рационального использования охраны земельных ресурсов в Российской Федерации. Земельные ресурсы [Электронный ресурс]. – URL: <http://kitaphana.kz/en/articles/abstracts-in-russian/145-geographia/1848-zemelnie-resursi.html> (дата обращения: 01.06.2016).

9. Что происходит со строительным мусором после вывоза? [Электронный ресурс] // Эко Прогресс. – URL: http://ecoprogress.pro/econews/latest-issue/actual/actual_409.html (дата обращения: 01.06.2016).

10. Защита населения и хозяйственных объектов в чрезвычайных ситуациях. Радиационная безопасность: учеб. / В.М. Салтарович, А.В. Долидович, В.В. Захарченко. – Минск, 2007. – 223 с.

11. Оценка экологической опасности строительных материалов после эксплуатации в агрессивной производственной среде / И.Н. Швецова, Г.М. Батракова, Е.С. Ширинкина // Строительные материалы. – 2012. – № 8. – С. 46–48.

12. Борьба с истощением земельных ресурсов [Электронный ресурс]. – URL: <http://greenplaneta.3dn.ru/publ/problems/3-1-0> (дата обращения: 01.06.2016).

13. Голованов А.И., Зимин Ф.М. Введение в природообустройство: учеб. пособие / Моск. гос. ун-т природообустройства. – М., 2003. – 63 с.

14. Руденко Е.Ю. Биоремедиация нефтезагрязненных почв органическими компонентами отходов пищевой (пивоваренной) промышленности: дис. ... д-ра биол. наук. – Самара, 2015. – 352 с.

15. Кульман А. Искусственные структурообразователи почвы: учеб. – М.: Колос, 1982. – 160 с.

16. Каштанов А.Н., Заславский М.Н. Почвоводоохранное земледелие: учеб. – М.: Россельхозиздат, 1984. – 496 с.

17. Bioremediation of diesel oil-contaminated soil by composting with biowaste / K. Van Gestel, J. Mergaert, J. Swings, J. Coosemans, J. Ruyckboer // Environmental Pollution. – 2003. – Vol. 125. – P. 361–368.

18. Кауричева И.С. Почвоведение: учеб. – М.: Агропромиздат, 1989. – 720 с.

19. Экологическая эпидемиология/ Б.А. Ревич, С.Л. Тихонов, Г.И. Тихонова. – М.: Академия, 2004. – 384 с.

20. Азматова Е.С., Ташкинова И.Н. Исследование фитотоксичности почв, загрязненных amino- и нитроароматическими соединениями в результате аварийного пролива химического сырья // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Прикладная экология. Урбанистика. – 2015. – № 2 (18). – С. 85–99. – DOI: 10.15593/2409-5125/2015.02.07.

21. Багдасарян А.С. Биотестирование почв техногенных зон городских территорий с использованием растительных организмов: дис. ... канд. биол. наук. – Ставрополь, 2005. – 159 с.

22. Волкова И.Н., Кондакова Г.В. Экологическое почвоведение: лабораторные занятия для студентов-экологов (бакалавров): метод. указания / Ярослав. гос. ун-т. – Ярославль, 2002. – 35 с.

23. Гуськова В.П., Сизова Л.С. Химические методы исследования свойств сырья и продукции: учеб. пособие / Кемер. технол. ин-т пищ. пром. – Кемерово, 2007. – Ч. 2. Лаб. практик. – 29 с.

References

1. Aksenova L.L., Bugaenko L.V., Khlebenskikh S.N. Pererabotka i utilizatsiya stroitel'nykh otkhodov dlya polucheniya effektivnykh zelenykh kompozitov [Processing and recycling of construction waste to produce efficient green composites]. *Materialy III Mezhdunarodnoj nauchnoj konferentsii «Sovremennye tendentsii tekhnicheskikh nauk»*. Kazan': Buk, 2014, pp. 63–65.
2. Olejnik P.P. *Osnovy organizatsii i upravleniya v stroitel'stve* [Fundamentals of organization and management in construction]. Moscow: Izdatel'stvo ASV, 2014. 200 p.
3. Problema utilizatsii stroitel'nykh otkhodov v Rossii [The problem of disposal of construction waste in Russia]. *Mezhregional'naya ekologicheskaya obshchestvennaya organizatsiya «Zelenyj front»*. 2014, available at: <http://greenfront.su/post/1292> (accessed 01 June 2016).
4. Federal'naya sluzhba gosudarstvennoj statistiki, available at: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics (accessed 01 June 2016).
5. Lesovik V.S., Murtazaev S.-A.Ju., Sajdumov M.S. *Stroitel'nye kompozity na osnove otsevoj drobleniya betonogo loma i gornykh porod* [Building composites on the basis of screenings of crushing concrete scrap and rocks]. Groznyj: Tipografiya, 2012. 192 p.
6. Bobovich B.B., Devyatkin V.V. *Pererabotka otkhodov proizvodstva i potrebleniya* [Recycling of production and consumption waste]. Moscow: Internet-Inzhiniring, 2000. 496 p.
7. Kaveshnikov N.T., Karev V.B., Kaveshnikov A.N. *Upravlenie prirodopol'zovaniem* [Environmental management]. Moscow: Kolos-S, 2006. 360 p.
8. Problemy ratsional'nogo ispol'zovaniya okhrany zemel'nykh resursov v Rossijskoj Federatsii [Problems in the rational use of land conservation in the Russian Federation]. *Zemel'nye resursy*, available at: <http://kitaphana.kz/en/articles/abstracts-in-russian/145-geographia/1848-zemelnie-resursi.html> (accessed 01 June 2016).
9. Chto proiskhodit so stroitel'nym musorom posle vyvoza? [What happens to the construction waste after the removal?]. *Eko Progress*, available at: http://ecoprogress.pro/econews/latest-issue/actual/actual_409.html (accessed 01 June 2016).
10. Saltarovich V.M., Dolidovich A.V., Zakharchenko V.V. *Zashchita naseleniya i hozyajstvennykh ob'ektov v chrezvychajnykh situatsijakh. Radiatsionnaya bezopasnost'* [Protecting the population and economic facilities in emergency situations. Radiation safety]. Minsk, 2007. 223 p.
11. Shvetsova I.N., Batrakova G.M., Shirinkina E.S. *Otsenka ekologicheskoy opasnosti stroitel'nykh materialov posle ekspluatatsii v agressivnoj proizvodstvennoj srede* [Assessment of environmental hazard of building materials after use in aggressive industrial environments]. *Stroitel'nye materialy*, 2012, no. 8, pp. 46–48.
12. Bor'ba s istoshcheniem zemel'nykh resursov [The fight against the depletion of land resources], available at: <http://greenplaneta.3dn.ru/publ/problems/3-1-0> (accessed 01.07.2016).
13. Golovanov A.I., Zimin F.M. *Vvedenie v prirodoobustrojstvo* [Introduction to Environmental Engineering]. Moskovskij gosudarstvennyj universitet prirodoobustrojstva, 2003. 63 p.
14. Rudenko E.Yu. *Bioremediatsiya neftezagryaznennykh pochv organicheskimi komponentami otkhodov pishchevoj (pivovarennoj) promyshlennosti* [Bioremediation of

oil-contaminated soil organic components of food waste (brewing) industry]. Thesis of Doctor's degree dissertation of Biological Sciences. Samara, 2015. 352 p.

15. Kul'man A. Iskusstvennye strukturoobrazovateli pochvy [Artificial soil structurants]. Moscow: Kolos, 1982. 160 p.

16. Kashtanov A.N., Zaslavskij M.N. Pochvovodookhrannoe zemledelie [The soil-water safety agriculture]. Moscow: Rossel'khozizdat, 1984. 496 p.

17. Van Gestel K., Mergaert J., Swings J., Coosemans J., Ryckeboer J. Bioremediation of diesel oil-contaminated soil by composting with biowaste. *Environmental Pollution*, 2003, vol. 125, pp. 361–368.

18. Kauricheva I. S. Pochvovedenie [Pedology]. Moscow: Agropromizdat, 1989. 720 p.

19. Revich B.A., Tikhonov S.L., Tikhonova G.I. Ekologicheskaya epidemiologiya [Environmental epidemiology]. Moscow: Akademiya, 2004. 384 p.

20. Azmatova E.S., Tashkinova I.N. Issledovanie fitotoksichnosti pochv, zagryaznennykh amino- i nitroaromaticeskimi soedineniyami v rezul'tate avarijnogo proliva khimicheskogo syr'ya [Research of phytotoxicity of soils contaminated with amino and nitroaromatic compounds as a result of accidental spills of chemical raw materials]. *Vestnik Permskogo natsional'nogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta. Prikladnaya ekologiya. Urbanistika*, 2015, no. 2 (18), pp. 85–99. DOI: 10.15593/2409-5125/2015.02.07.

21. Bagdasaryan A.S. Biotestirovanie pochv tekhnogennykh zon gorodskikh territorij s ispol'zovaniem rastitel'nykh organizmov [Soil biotesting of technogenic zones at the urban areas by plant organisms]. Ph.D. thesis. Stavropol', 2005. 159 p.

22. Volkova I.N., Kondakova G.V. Ekologicheskoe pochvovedenie [Environmental pedology]. Yaroslavskij gosudarstvennyi universitet, 2002. 35 p.

23. Gus'kova V.P., Sizova L.S. Khimicheskie metody issledovaniya svojstv syr'ya i produktsii [Chemical investigation methods of materials and products properties]. Kemerovskij tekhnologicheskij institut pishchevoj promyshlennosti, 2007. Part 2. 29 p.

Получено 19.06.2016

E. Azmatova, A. Myakisheva, I. Tashkinova

**THEORETICAL AND EXPERIMENTAL JUSTIFICATION
OF USING CONSTRUCTION AND DEMOLITION
WASTES FOR DISTURBED AREAS REHABILITATION**

The paper considers the issue of using construction and demolition wastes in Russia: demand at the raw materials market, competitive advantages, disadvantages and regulatory requirements which make recycling and reusing of such wastes obligatory. The authors have identified where construction and demolition wastes can be used, for example in production of a structure-forming agent for recovery of disturbed and contaminated areas. It has been proved that the structure-forming

agent made of construction and demolition wastes from organic synthesis facilities can be used. In order to protect environment from harmful effects of artificial structure-forming agents, phytoindication methods have been proposed. These methods allow an accurate, quick and accessible (in technical terms) assessment of the environmental safety of soils containing the structure-forming agent.

In order to test the experimental approach of justifying the use of construction and demolition wastes for reclamation, we used samples taken at the liquidation site of a typical factory dealing with organic synthesis. The tested wastes contained aniline and nitrobenzene, the toxic effect of which was seen in the phytoindication experiments.

It is proved that the proposed approaches and methods make it possible to establish the ecological safety of products on the basis of construction and demolition waste and identify an ultimate residual value of toxic organic substances that do not contaminate plants. The structure-forming agent based on construction and demolition wastes of organic production is considered to be environmentally safe. Thus, it makes it possible to crush, grade and use the structure-forming agent for reclamation of disturbed and contaminated lands.

Keywords: construction and demolition wastes, waste management, structure-forming agent, disturbed areas, elimination, environmental safety, phytotoxicity, recovery, reclamation.

Азматова Елена Сергеевна (Пермь, Россия) – магистрант кафедры охраны окружающей среды, Пермский национальный исследовательский политехнический университет (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, e-mail: azmatova.es@gmail.com).

Мыкишева Александра Владимировна (Пермь, Россия) – магистрант кафедры охраны окружающей среды, Пермский национальный исследовательский политехнический университет (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, e-mail: myakishева.aleks93@gmail.com).

Ташкинова Ирина Николаевна (Пермь, Россия) – канд. техн. наук, доцент кафедры охраны окружающей среды, Пермский национальный исследовательский политехнический университет (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, e-mail: i.tashkinova@pstu.ru).

Azmatova Elena (Perm, Russian Federation) – Undergraduate Student, Department of Environmental Protection, Perm National Research Polytechnic University (29 Komsomolsky prospekt, Perm, 614990, e-mail: azmatova.es@gmail.com).

Myakishева Aleksandra (Perm, Russian Federation) – Undergraduate Student, Department of Environmental Protection, Perm National Research Polytechnic University (29 Komsomolsky prospekt, Perm, 614990, e-mail: myakishева.aleks93@gmail.com).

Tashkinova Irina (Perm, Russian Federation) – PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Department of Environmental Protection, Perm National Research Polytechnic University (29 Komsomolsky prospekt, Perm, 614990, e-mail: i.tashkinova@pstu.ru).