

УДК 504.064.45

ОЦЕНКА МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ, ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ КОТОРЫХ ИСПОЛЬЗУЮТСЯ ОТХОДЫ ПРОИЗВОДСТВА И ПОТРЕБЛЕНИЯ

© 2017 О.А. Максимова¹, В.А. Ермолаев², А.С. Бурый³, К.Ю. Михайличенко¹, Г.А. Кулиева¹

¹ Российский университет дружбы народов, г. Москва

² ООО «АКТИВ», г. Москва

³ ООО «ЭКОСПЭЙС», г. Москва

Статья поступила в редакцию 17.04.2017

Задача переработки твёрдых коммунальных и строительных отходов на сегодняшний день является актуальной во всём мире. Одним из возможных вариантов её решения авторы считают использование отходов в качестве вторичного сырья для производства строительных материалов, в частности экобетона. Авторами была проведена оценка микробиологической безопасности образцов измельчённых отходов до и после химической обработки, и образца экобетона, изготовленного из этих отходов. В результате проведённого исследования было установлено, что произведённые из обработанных отходов строительные материалы не являются источником микробиологической опасности.

Ключевые слова: Переработка твёрдых коммунальных и строительных отходов, экобетон, микробиологическая безопасность бетона, «Процесс Палиндженезис».

ВВЕДЕНИЕ

Проблема утилизации отходов производства и потребления – одна из самых актуальных проблем природопользования в настоящее время. В мировой практике основной тенденцией решения проблемы твёрдых коммунальных отходов (ТКО) и строительных отходов является постепенный переход от полигонного захоронения к промышленной переработке. Переработка отходов – это не только необходимое условие защиты окружающей среды, но и средство глобального ресурс- и энергосбережения. В начале XXI века на Филиппинах была апробирована технология, известная как «Процесс Палиндженезис» («Process Palingenesis»), позволяющая использовать ТКО и строительные отходы в качестве крупного заполнителя для бетонных блоков [1]. В состав таких блоков входит от 25 до 40 % отсортированных и измельчённых отходов. Для

производства строительных изделий с применением технологии «Процесс Палиндженезис» возможно использовать 61 наименование отходов по Федеральному классификационному каталогу отходов (ФККО). Завод по изготовлению бетонных изделий с использованием строительных и отсортированных коммунальных отходов (экобетона) несколько лет назад был построен и в России (Приморский край, г. Владивосток). Продукция завода – бордюры, плитка, брусчатка, кирпичи – предназначена для строительной промышленности.

Важным преимуществом производства экобетона является его невысокая себестоимость по сравнению с традиционными аналогами. Однако вопрос о безопасности такого материала для человека и окружающей среды до сих пор в России изучен не был. Единственным источником информации по данному вопросу является отчёт об экологической оценке самой технологии, проведённой отделом науки и технологий Института индустриально-технологического развития (ITDI) на Филиппинах в 2005 году [2].

Поскольку «Процесс Палиндженезис» является низкотемпературной технологией, обеззараживание заполнителя производится химическими методами. Химическая обработка измельчённых отходов является частью технологического цикла производства экобетона и осуществляется с использованием патентованных добавок.

Микробиологическая опасность ТКО может быть связана с возможным воздействием

Максимова Ольга Александровна, кандидат геолого-минералогических наук, доцент кафедры судебной экологии с курсом экологии человека и департамента инженерного бизнеса и менеджмента.

E-mail: maximova_oa@rudn.university

Ермолаев Владимир Анатольевич, генеральный директор.

E-mail: ermolaev2004@inbox.ru

Бурый Антон Сергеевич, инженер-эколог.

E-mail: buryuanton@gmail.com

Михайличенко Ксения Юрьевна, кандидат биологических наук, доцент кафедры судебной экологии с курсом экологии человека. E-mail: ksecofak@yandex.ru

Кулиева Гюльнара Александровна, кандидат биологических наук, доцент кафедры судебной экологии с курсом экологии человека. E-mail: gkulieva@mail.ru

на человека и окружающую среду патогенных микроорганизмов, способных сохраняться в отходах (главным образом, в макулатуре, текстиле и пищевых отходах) в течение длительного времени и при определенных условиях вызывать инфекционные заболевания. Например, возрастание температуры в условиях полигона влияет на увеличение интенсивности и скорости роста микроорганизмов и повышает риск распространения патогенных микроорганизмов за его пределы.

В зависимости от влияния, оказываемого на организм человека, микроорганизмы подразделяются на:

– *патогенные*, которые выступают в качестве потенциальных возбудителей инфекционных заболеваний человека за счёт их способности прикрепляться к клеткам (адгезия), размещаться на их поверхности (колонизация), проникать в клетки (инвазия) и противостоять факторам защиты организма (агрессия);

– *условно-патогенные* – постоянно обитают в нормальной микрофлоре человеческого организма, никак не проявляясь, но при определённых условиях (изменение условий обитания, снижение защитных сил организма) способны вызывать различные заболевания;

– *сапрофиты* – никогда не выступают в качестве возбудителей заболеваний человека, что обусловлено их неспособностью к размножению в тканях человеческого организма [3].

ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объекты исследования: образцы измельчённых отходов, образец эcobетона, изготовленный по технологии «Процесс Палиндженезис».

Целью работы являлось проведение оценки эффективности химической обработки подготавливаемых для использования отходов и микробиологической безопасности готового изделия.

Для достижения цели решались следующие задачи:

1. изучить количественное содержание микроорганизмов в пробах отходов до обработки;
2. изучить количественное содержание микроорганизмов в пробах отходов после обработки;
3. оценить возможность микробиологической опасности для здоровья человека при использовании бетонных блоков, изготовленных из обработанных ТКО и строительных отходов.

Микробиологическая безопасность эcobетона изучалась на Экологическом факультете Рос-

сийского университета дружбы народов в рамках инициативной научной темы в 2013-2015 гг.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Анализ количественного содержания микроорганизмов в исследуемых пробах

Исследование микробной контаминации выполнялось в ФГБУ «НИИЭМ им. Н.Ф. Гамалеи» Минздрава РФ.

Для микробиологического (бактериологического) исследования образцов измельчённых отходов до и после обработки, смывов с поверхности и с разлома бетонного камня проводили:

1) посев образца отходов в жидкие питательные среды и на чашки Петри с питательным агаром;

2) посев смывов с поверхностей эcobетона, сделанных с использованием стерильных тампонов, смоченных в стерильном физиологическом растворе, на чашки Петри с различными питательными средами.

В исследовании использовали следующие среды: Plate Count Agar, Liver Infusion Agar, Blood Agar Base (Дифко) с 5% бараньих эритроцитов, обогащенный питательный агар (Дифко), шоколадный агар, угольно-дрожжевой агар, агар Эндо, сыvороточный агар, среду Сабуро, а также селективные среды и АРІ наборы для идентификации выделенных микроорганизмов.

Среды с посевами инкубировали в термостате при температурах 20, 30 и 37 °С в течение 72 часов с проведением учёта чашек Петри ежедневно и в зависимости от свойств исследуемых культур.

Выросшие колонии характеризовали в отношении продукции факторов патогенности: гемолиза, лецитиназы, фосфолипазы [4].

Гемолиз представляет собой процесс разрушения кровяных клеток (эритроцитов) при воздействии веществ – гемолизинов, выделяемых некоторыми микроорганизмами. В зависимости от того, частично или полностью были разрушены эритроциты, гемолиз подразделяется на α -гемолиз (неполное разрушение, с сохранением клеточной стромы) и β -гемолиз (полное разрушение эритроцитов). В качестве примера микроорганизмов, способных к гемолизу, можно назвать представителей рода *Streptococcus sp.*

Лецитиназа представляет собой внеклеточный фермент, продуцируемый некоторыми микроорганизмами и способный к расщеплению лецитинов (комплекса фосфолипидов), являющихся основными структурными компонентами клеточной мембраны млекопитаю-

щих. Среди микроорганизмов, продуцирующих лецитиназу, можно выделить микроорганизмы родов *Bacillus*, *Staphylococcus*, входящие в группу пищевых токсикозов.

Фосфолипаза – фермент-токсин некоторых анаэробных бактерий, способных к разложению нуклеиновых кислот, лецитинов и других фосфолипидов, входящих в состав цитоплазматических клеточных мембран млекопитающих, что приводит к нарушению их проницаемости. Микроорганизмы, способные к продуцированию фосфолипазы – *Pseudomonas aeruginosa* (синегнойная палочка), *B. Cereus* – патогенный представитель рода *Bacillus* и др.

В исследовании определяли *общее микробное число* – показатель, указывающий на число образовавшихся колоний микроорганизмов в определенных объёмах исследуемых проб (в 1 г образца). Результаты исследования выражали в *колониеобразующих единицах на 1 г образца (КОЕ/1г)*.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты количественного содержания микроорганизмов в исследуемых пробах

Анализ количественного содержания микроорганизмов в исследуемых пробах показал, что:

– в отходах до обработки их содержание варьирует **от $2,2 \cdot 10^5$ до $1,4 \cdot 10^6$ КОЕ/г** образца;

– в отходах после обработки содержание микроорганизмов заметно снизилось – **от $3,1 \cdot 10^2$ до $2,5 \cdot 10^3$ КОЕ/г** образца;

– на поверхности бетона – рост отдельных колоний бактерий – **7 КОЕ/г** образца и отдельных колоний грибов – **4 КОЕ/г** образца;

– на поверхности разлома бетона – рост отдельных колоний бактерий – **3 КОЕ/г** образца и отдельных колоний грибов – **2 КОЕ/г** образца.

Выделенные микроорганизмы были, в основном, идентифицированы и включали в исходной пробе (до обработки) как представителей сапрофитов (сенная палочка *Bacillus subtilis*, актиномицеты *Actinomyces sp.*, плесневые грибы *Penicillium sp.*), не вызывающих заболеваний, так и условно-патогенных микроорганизмов (синегнойная палочка *Pseudomonas aeruginosa*, дрожжеподобные грибы *Candida sp.*, стрептококки *Streptococcus sp.*), которые при определенных условиях могут вызывать заболевания человека. Среди выделенных условно-патогенных микроорганизмов наиболее явным источником микробиологической опасности является *синегнойная палочка*, что обусловлено её способностью к выработке токсинов (эндотоксин,

экзотоксин), вызывающих различные инфекционные заболевания, высокой устойчивостью к действию антибиотиков и многих дезинфицирующих средств.

В ТКО и строительных отходах после обработки выделенные микроорганизмы включали только представителей сапрофитной микрофлоры (сенная палочка *Bacillus subtilis*, актиномицеты *Actinomyces sp.*, плесневые грибы *Penicillium sp.*). Это указывает на отсутствие микробиологической опасности обработанных отходов для здоровья населения.

На поверхности и на разломе строительных материалов также были выделены только представители сапрофитной микрофлоры (сенная палочка *Bacillus subtilis*, плесневые грибы *Penicillium sp.*). Это указывает на отсутствие микробиологической опасности обработанных отходов и изготовленных из них строительных материалов (бетонных блоков) для здоровья населения.

ВЫВОДЫ

Исследовано количественное содержание микроорганизмов в пробах ТКО и строительных отходов до обработки ($2,2 \cdot 10^5$ до $1,4 \cdot 10^6$ КОЕ/г образца), после обработки ($3,1 \cdot 10^2$ до $2,5 \cdot 10^3$ КОЕ/г образца), на поверхности и на разломе строительных материалов (отдельные колонии). Выделенные микроорганизмы были, в основном, идентифицированы и включали в исходной пробе (до обработки) как представителей сапрофитов, так и условно-патогенных микроорганизмов (синегнойная палочка). После обработки отходов строительные материалы содержали только сапрофитную микрофлору.

В ходе проведенного микробиологического исследования содержания микроорганизмов в ТКО и строительных отходах до и после обработки, на поверхности, а также на разломе изготовленных из них строительных материалов, было доказано, что обработка отходов приводит к значительному снижению содержания в них микроорганизмов. Следовательно, бетонные блоки, изготовленные по технологии «Процесс Палиндженезис» не являются источником микробиологической опасности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Новые технологии в области охраны окружающей среды [Электронный ресурс] // URL: <http://iprim.ru/news/20108/106480> (дата обращения 12.03.2017).
2. Процесс Палиндженезис [Электронный ресурс] // URL: <http://palingenes.ru/the-palingenes-process>

- (дата обращения 12.03.2017).
3. Основные понятия микробиологии и патогенные микроорганизмы [Электронный ресурс] // URL: <http://valeologija.ru/lekcii/lekcii-po-omz/457-osnovnye-ponyatiya-mikrobiologii> (дата обращения 12.03.2017).
4. *Супотницкий М.В.* Микроорганизмы, токсины и эпидемии. 2-е изд. М., 2005. 376 с.

ESTIMATION OF MICROBIOLOGICAL SAFETY OF BUILDING MATERIALS WHICH MANUFACTURES OF PRODUCTION AND CONSUMPTION WASTE WERE USED

© 2017 O.A. Maximova¹, V.A. Ermolaev², A.S. Buriy³, K.Yu. Mikhaylichenko¹, G.A. Kulieva¹

¹ Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University), Moscow

² LLC "ACTIV", Moscow

³ LLC "ECOSPACE", Moscow

The task of processing solid municipal and construction waste is today relevant all over the world. One of the possible options for its solution, the authors consider the use of waste as a secondary raw material for the production of building materials, in particular ekobetona. The authors assessed the microbiological safety of samples of crushed waste before and after chemical treatment, and a sample of eco-concrete made from these wastes. As a result of the conducted research it was established that the construction materials produced from the treated wastes are not a source of microbiological danger. *Keywords:* Processing of solid municipal and construction waste, eco-concrete, microbiological safety of concrete, «Palindzhenes Process».

Olga Maximova, Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Associate Professor at the Judicial Ecology with the Course of Human Ecology Department and Department of Engineering Business and Management.

E-mail: maximova_oa@rudn.university

Vladimir Ermolaev, General Director.

E-mail: ermolaev2004@inbox.ru

Anton Buriy, Engineer-ecologist.

E-mail: buryyantona@gmail.com

Kseniya Mikhaylichenko, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor at the Judicial Ecology with the Course of Human Ecology Department. E-mail: ksecofak@yandex.ru

Gulnara Kulieva, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor at the Judicial Ecology with the Course of Human Ecology Department. E-mail: ksecofak@yandex.ru