

А.А. Горячева, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры
«Биотехнологии и техносферная безопасность»

Р.А. Дяркин, аспирант

Пензенский государственный технологический университет, Пенза (Россия)

Аннотация: Объёмы образования и накопления отходов синтетических каучуков, подлежащих утилизации (ОСКУ) возрастают с каждым годом, а уровень их использования и применения в качестве вторичного сырья стабильно низкий. Качественная оценка применения отходов синтетических каучуков невозможна без биотестирования, результаты которого являются обоснованием направлений и возможности утилизации ОСКУ.

Ключевые слова: отходы синтетических каучуков, биотестирование, дафнии «*Daphnia magna straus*», водоросли «*Scenedesmus quadricauda*», редис «*Radix predos*».

Растущее количество непригодных к употреблению ОСКУ, отправляемых на пункты временного накопления или хранения, их несанкционированное сжигание или размещение в почве - говорит о слаборазвитой сфере утилизации. За последние 7 лет прирост объёма ОСКУ в России составляет около 9 - 12 % в год, в то же время рециклинг подвергается всего 1 - 2 %. Между тем, данная проблема утилизации ОСКУ существует в большинстве развитых стран мира, в частности, в Японии, Германии и США, где ежегодный объём каучукосодержащих отходов, подлежащих утилизации, составляет десятки миллионов тонн. Проблема эколого-экономической эффективности процесса переработки ОСКУ полностью не решена ни в одной стране [1, с. 963].

Очевидно, что *существующими методами рециклинга* отходов синтетических каучуков, *проблему стабильной переработки полностью решить невозможно. Необходим последовательный обоснованный алгоритм.*

Отходы синтетических каучуков входят в состав резиносодержащих смесей (40%...50%) [1, с. 964]. Резина – это многотоннажный продукт и эластичный материал строго определённого компонентного состава, с уникальным набором физико-химических свойств, являясь одним из конечных продуктов цепочки переработки нефти и газа, который широко используется в различных отраслях хозяйственной деятельности. Резина намного более устойчива к окислительному воздействию кислорода, и отличается высокой устойчивостью к воздействию водно-солевых растворов. Помимо этого, важной особенностью резины, является присутствие в её составе специальных химических веществ - антиоксидантов. Их присутствие обеспечивает увеличение устойчивости вяжущего материала к окислительной деградации в условиях эксплуатации.

Процессы старения при эксплуатационных температурах и в условиях нагрева до высокой технологической температуры длятся медленно.

Масштабы производства резиновых изделий весьма велики, и также велики масштабы образующихся отходов синтетических каучуков.

Поиск рациональных методов переработки и утилизации ОСКУ, по мнению авторов, должен включать в себя комплекс мероприятий по оценке и анализу технологических параметров процессов, главным из которых является обеспечение экологической безопасности в период получения вторичного сырья из каучуковых отходов и дальнейшее их применение в ресурсосберегающих отраслях. [2, с. 23]

Исследования негативного воздействия ОСКУ на растения и микроорганизмы, является одним из эффективных и актуальных способов обеспечения экологической безопасности биологических объектов [4, с. 137-138].

Для анализа экологической безопасности воздействия ОСКУ на биообъекты, в качестве тест-объектов предлагаются дафнии, водоросли и редис, оценка состояния которых проводится в соответствии со стандартными методиками [6, 7, 8].

Последовательное выполнение эксперимента с соблюдением вышеуказанных мероприятий даёт возможность предотвратить возможный ущерб окружающей среде (биологическим объектам) от применения и использования ОСКУ в ресурсосберегающих отраслях. [1, с. 963]

С целью определения возможности применения отходов синтетических каучуков в качестве вторичного сырья, выполнены исследования (процедуры) по биотестированию на острую токсичность базовых компонентов резиновой крошки фр. 2,2...3,2 мм. В качестве стандартных тест-объектов использовались: дафнии «*Daphnia magna straus*»; водоросли «*Scenedesmus quadricauda*» и редис «*Radix predos*», выращенные в лабораторных условиях [9, с. 203].

Принцип метода биотестирования, с использованием дафний «*Daphnia magna straus*», основан на определении смертности и изменений в плодовитости дафний при влиянии токсических веществ – ОСКУ, разбавленных в водном растворе, в сравнении с контрольной культурой в пробах, не содержащих таких токсических веществ [6].

Генетически чистые особи дафний выращены в климатостате с соблюдением требований освещённости и температуры. Питание дафний осуществлялось путём добавления дрожжевой суспензии в количестве 0,1 см³ на 100 см³ H₂O, в начале и середине эксперимента, в первый и четвёртый дни соответственно.

Исследования токсичности каждой пробы с разбавлением выполнялась в трёх параллельных повторениях, а для контроля применялась культивационная вода.

Водные вытяжки из базовых компонентов резиновой крошки фр. 2,2...3,2 мм, получены путём их помещения в воду с pH = 7,5 в соотношениях 1:10 масс, с последующим встряхиванием в течение 2 ч и настаиванием в течение 24 ч. После настаивания, ОСКУ фильтровались (использовался фильтр «синяя лента»), затем приготовлены модельные растворы с различной степенью разбавления [6].

Биотестирование выполнено с соблюдением условий качества культивационной воды, требуемой температуры и продолжительностью фотопериода, таблицы 1, 2.

Острое токсическое воздействие на дафний растворов из отходов синтетических каучуков определялось по их летальности за определённый период экспозиции [6]. В качестве критерия острой токсичности служит гибель 50 % и более *Daphnia magna straus* за 96 ч в исследуемых растворах, при условии, что в контрольном эксперименте летальность не превышает 10 %.

Как видно из таблицы 2, вытяжки из отходов синтетических каучуков не оказывают острого токсического действия на дафнии «*Daphnia magna straus*».

Принцип метода биотестирования, с использованием водорослей «*Scenedesmus quadricauda*», основан на регистрации снижения уровня флуоресценции хлорофилла и темпа роста клеток водорослей под действием – ОСКУ, разбавленных в водном растворе, в сравнении с контрольной культурой в пробах, не содержащих таких токсических веществ [7].

Для эксперимента использована альгологически чистая культура водорослей «*Scenedesmus quadricauda*» в экспоненциальной стадии роста.

Фильтрация проб вытяжек из ОСКУ выполнена по аналогии с предыдущим экспериментом, однако, в качестве фильтрующих элементов использованы пористые обеззоленные фильтры «белая лента», не задерживающие коллоидных веществ.

Таблица 1 - Условия испытаний количественного токсикологического анализа вытяжек из отходов синтетических каучуков.

Определяемая характеристика	Единицы измерений	Результат измерений, дни							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Температура	°С	22	22	22	22	22	22	22	22
pH	ед.	7,69	7,44	7,44	7,44	7,44	7,44	7,44	7,44
Кислород растворенный	мг/дм ³	8,92	6,82	6,82	6,82	6,82	6,82	6,82	6,82

Условия освещённости в люминисстаках: 900...920 люкс

Таблица 2 - Результаты тестирования растворов на острую токсичность (количество выживших дафний «*Daphnia magna straus*»).

Время, ч	Контроль	Разбавление: вытяжка/раствор, мл/мл							
		100/0	80/20	60/40	50/50	30/70	10/90	5/95	1/99
pH	6,82	7,84	7,73	7,64	7,33	7,28	7,12	6,90	6,79
дни	К	1	2	3	4	5	6	7	8
1 ч	10	10	10	10	10	10	10	10	10
2 ч	10	10	10	10	10	10	10	10	10
24 ч	10	10	10	10	10	10	10	10	10
48 ч	10	10	10	10	10	10	10	10	10
72 ч	10	9,67	10	10	10	10	10	10	10
96 ч	10	9,33	9,67	10	10	10	10	10	10

Биотестирование ОСКУ выполнялось в нормальных лабораторных условиях: температура воздуха в лаборатории - +23 °С, в люминисстаке для биотестирования - +24 °С и атмосферном давлении 750 мм рт.ст.

Ингибирующая концентрация отдельных веществ - ОСКУ на *Scenedesmus quadricauda* оценивалась путём подавления уровня флуоресценции хлорофилла водорослей или на 50 % и более по сравнению с контролем в течение 72-х часов экспозиции, таблица 3. [7]

Таблица 3 - Результаты тестирования растворов на острую токсичность (тест-объект водоросли «*Scenedesmus quadricauda*»).

Наименование пробы	Время хранения пробы, ч	Дата	Продолжительность наблюдений, ч	Результаты анализа	Оценка тестируемой пробы
Отходы синтетических каучуков (вытяжка)	24	06.12.2014	72	уменьшение флуоресценции 12,1 %	не оказывает острого токсического действия без разбавления

Условия освещённости в люминисстаках: 4500...4600 люкс

Уровень флуоресценции измерялся с помощью прибора «Флюорат 02-3М». Численность водорослей определялась под микроскопом «Levenhuk 870-T» методом прямого подсчёта в камере «Горяева» [7].

Как видно из таблицы – 3, остро токсического действия вытяжек из отходов синтетических каучуков на тест-объект водоросли «*Scenedesmus quadricauda*» не выявлено.

Биотестирование редиса на острую токсичность вытяжками из базовых компонентов резиновой крошки фр. 2,2...3,2 мм выполняли двумя способами: 1) путём оцен-

ки изменения длины корневой системы и массы корнеплода и 2) путём анализа химического состава контрольной и исследуемых культур *Radix predos* [8].

Посадка культуры редиса «*Radix predos*» выполнена на 4 участках (площадь каждого участка S = 1 м²), в том числе один контрольный участок. Срок созревания редиса составил 19 дней. Тестирование ОСКУ выполнялось в нормальных лабораторных условиях: при температуре воздуха в лаборатории +23 °С и атмосферном давлении 745 мм рт.ст.

Обработка (полив) контрольного участка осуществлялась водопроводной водой, очищенной от посторонних включений с pH = 7,5.

Измерения длины корневой системы и массы корнеплода выполнялись циклично - каждые 3 дня, с помощью измерительных приборов: линейки «Штрих 2» и лабораторных весов «Омега», результаты измерений представлены на рисунке 1 и в таблице 4 соответственно.

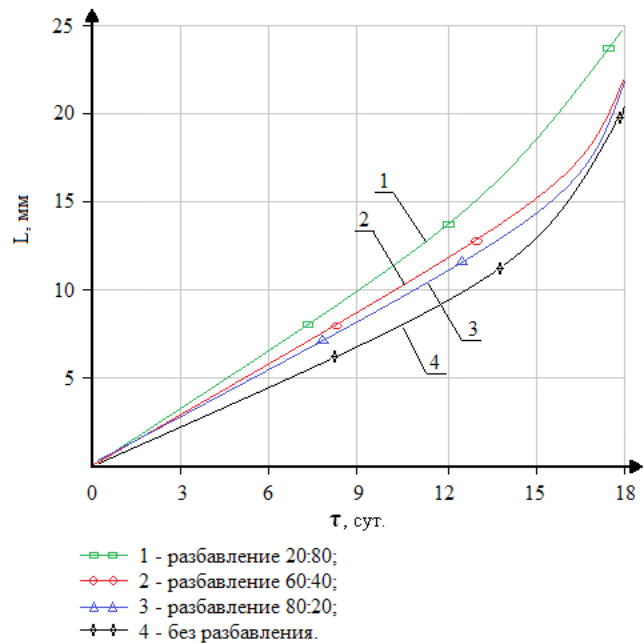


Рисунок 1. Графические зависимости изменения длины корневой системы от содержания вытяжки из ОСКУ в растворе.

Проведенный анализ изменения длины корневой системы, в сравнении с контрольным участком «К», показал увеличение роста корневой системы редиса в диапазонах от 1 до 5 % по всем 3 участкам, обрабатываемым вытяжками из ОСКУ, с разбавлением вода/вытяжка: участок № 1 - 20:80, участок № 2 – 60:40 и участок № 3 – 80:20.

Проведенный анализ изменения массы корнеплодов (таблица 4), в сравнении с контрольным участком «К», показал увеличение массы корнеплодов редиса в диапазонах от 1 до 4 % также по всем 3 участкам, обрабатываемым вытяжками из отходов синтетических каучуков, с разбавлением вода/вытяжка: участок № 1 - 20:80, участок № 2 – 60:40 и участок № 3 – 80:20.

Таблица 4 - Результаты измерений массы корнеплодов редиса «*Radix predos*».

Наименование участка	Срок созревания, дни	Масса корнеплода, г					
		3 сут.	6 сут.	9 сут.	12 сут.	15 сут.	18 сут.
Участок № 1	19	0,6	4,1	9,1	19,0	40,3	52,7
Участок № 2		0,6	4,0	9,0	19,0	40,1	52,3
Участок № 3		0,6	4,1	9,1	19,1	40,2	52,5
Участок «К»		0,6	3,9	9,0	18,8	39,0	50,8

Химический состав контрольной и исследуемых культур редиса «*Radix predos*» по показателям измерений: сухого вещества, аскорбиновой кислоты и моносахаров [5, с. 48], в контрольной и исследуемых пробах отличились лишь на величины погрешностей измерений. Превышений пищевых предельно-допустимых концентраций не зафиксировано.

Показателем качества отходов синтетических каучуков, как вторичного материального сырья, является характеристика их физико-химического постоянства на протяжении периода эксплуатации и перехода в изношенное состояние [1, с. 966].

Многие виды отходов синтетических каучуков представляют собой многокомпонентные материалы, обладающие устойчивостью к нагрузкам повторно-переменного механического воздействия.

Организация рециклинга ОСКУ на урбанизированных территориях, позволит предотвратить несанкционированное либо промышленное сжигание и размещение отходов синтетических каучуков, увеличить объемы ресурсосберегающих материалов и технологий, улучшить благоприятные условия жизнедеятельности населения [3, с. 60].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Горячева А.А., Дярькин Р.А. Эколого-экономическая оценка утилизации резинотехнических отходов во вторичное сырье // *Фундаментальные исследования*. — 2013. — № 10. — С. 963-967.

2. Вольф В.Г. Статистическая обработка опытных данных. — М.: Колос, 1966. С. 20-25.

3. Пиковский Ю.И., Солнцева Н.П. Комплексный глобальный мониторинг загрязнения окружающей природной среды // Третий Международный симпозиум, - Рига: Гидрометеиздат, - 1980. С. 57-61.

4. Рачинский Ф.Ю., Рачинская М.Ф. Техника лабораторных работ. — Л.: Химия, 1982. С. 134-139.

5. Ревич Б.А., Фвалиани С.Л., Тихонова И.Г. Окружающая среда и здоровье населения: региональная экологическая политика. - М.: ЦЭПР, - 2003. С. 47-52.

6. Методика определения токсичности воды и водных вытяжек из почв, осадков сточных вод, отходов по смертности и изменению плодovitости дафний / ФР.1.39.2007.03222. - М.: Издательство «АКВАРОС», 2007.

7. Методика определения токсичности вод, водных вытяжек из почв, осадков сточных вод и отходов по изменению уровня флуоресценции хлорофилла и численности клеток водорослей / ФР.1.39.2007.03223. - М.: Издательство «АКВАРОС», 2007.

8. Методические указания ВИР. Изучение и поддержание коллекции овощных растений (морковь, сельдерей, петрушка, пастернак, редька и редис). Составитель Л.В. Сазонова [и др.], 1981. - 190 с.

9. Фомин Г.С. Вода. Контроль химической, бактериальной и радиационной безопасности по международному стандарту // Энциклопедический справочник. — М.: Изд-во «Протектор», 1995. С. 201-215.

BIOTESTING OF WASTE SYNTHETIC RUBBER

© 2014

A.A. Goryacheva, candidate of agricultural sciences, professor of the department of «Biotechnology and techno sphere safety»

R.A. Dyar`kin, post-graduate student
Penza State Technological University, Penza (Russia)

Annotation: The volume of formation and accumulation of waste synthetic rubber to be recycled (OSCU) increase every year, and the level of use and use as secondary raw materials consistently low. Qualitative assessment of the application of the waste synthetic rubber impossible without biotesting, the results of which are study areas and recycling OSCU.

Keywords: waste of synthetic rubbers, biotesting, daphnids “*Daphnia magna straus*” algae “*Scenedesmus quadricauda*” radish “*Radix predos*”.