

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Вятский государственный университет»

Институт биологии Коми научного центра  
Уральского отделения Российской академии наук

ФГУП «РосРАО»

**I Всероссийский форум «Утилизация и рециклинг  
отходов производства и потребления»**

**УТИЛИЗАЦИЯ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА  
И ПОТРЕБЛЕНИЯ: ИННОВАЦИОННЫЕ  
ПОДХОДЫ И ТЕХНОЛОГИИ**

Материалы  
Всероссийской научно-практической конференции  
с международным участием  
4 декабря 2019 г.

Книга 1

Киров 2019

УДК [628.39+502.1] (082)  
У844

Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием  
«Утилизация отходов производства и потребления:  
инновационные подходы и технологии»

Печатается по рекомендации Научного совета ВятГУ

**Ответственный редактор:**

**Т. Я. Ашихмина**, д-р техн. наук, профессор, зав. НИЛ биомониторинга Института биологии Коми НЦ УрО РАН и Вятского государственного университета

**Редакционная коллегия:**

**С. В. Дёгтева**, д-р биол. наук, **С. Г. Литвинец**, доцент, канд. с.-х. наук, **Л. И. Домрачева**, профессор, д-р биол. наук, **Л. В. Кондакова**, профессор, д-р биол. наук, **И. Г. Широких**, в. н. с., д-р биол. наук, **Т. А. Адамович**, доцент, канд. биол. наук, **Е. В. Дабах**, доцент, канд. биол. наук, **Е. А. Домнина**, доцент, канд. биол. наук, **Г. Я. Кантор**, с. н. с., канд. техн. наук, **Т. И. Кутявина**, с. н. с., канд. биол. наук, **С. Ю. Огородникова**, доцент, канд. биол. наук, **С. В. Пестов**, доцент, канд. биол. наук, **В. В. Рутман**, инженер, **С. Г. Скугорева**, доцент, канд. биол. наук, **Е. С. Соловьёва**, канд. биол. наук, **Н. В. Сырчина**, доцент, канд. хим. наук, **А. С. Тимонов**, н. с., **Е. В. Товстик**, канд. биол. наук, **А. И. Фокина**, доцент, канд. биол. наук, **С. В. Шабалкина**, доцент, канд. биол. наук.

У844 Утилизация отходов производства и потребления: инновационные подходы и технологии: Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Книга 1. (г. Киров, 4 декабря 2019 г.). – Киров: ВятГУ, 2019. – 290 с.

ISBN 978-5-98228-205-7  
ISBN 978-5-98228-207-1

В книгу вошли материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Утилизация отходов производства и потребления: инновационные подходы и технологии», которые посвящены проблемам обращения с отходами, методам и технологиям утилизации и обезвреживания неорганических и органических отходов. Особое внимание уделено методам в области биотехнологии утилизации отходов производства и потребления. Кроме того, в материалах конференции рассматриваются вопросы химии и экологии почв и водных объектов.

Материалы конференции предназначены для научных работников, преподавателей, специалистов экологов предприятий, природоохранных служб и ведомств, аспирантов, студентов высших учебных заведений.

За достоверность сведений, изложенных в статьях, ответственность несут авторы.

Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов материалов.

Конференция проводится в рамках Программы развития ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет» и Программы развития ФГУП «РосРАО».

УДК [628.39+502.1] (082)

ISBN 978-5-98228-205-7  
ISBN 978-5-98228-207-1

© ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет»  
ВятГУ), 2019

# СОДЕРЖАНИЕ

## СЕКЦИЯ 1

### МЕТОДЫ И ТЕХНОЛОГИИ УТИЛИЗАЦИИ НЕОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ КИСЛОТНО-ЩЕЛОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА, РТУТЬСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ И ЭЛЕКТРОХИМИИ

|   |    |
|---|----|
| <i>Ольшанская Л. Н., Татаринцева Е. А., Лазарева Е. Н., Баканова Е. М., Чернова М. А.</i> Инновационные способы утилизации никель-, цинк- и железосодержащих гальваношламов .....   | 9  |
| <i>Хитрин С. В., Фукс С. Л., Михалицына Ю. С.</i> Применение зольных отходов тепловых электростанций для получения композиционных электрохимических покрытий на основе никеля .....   | 15 |
| <i>Дьяченко С. А., Касаткина А. С., Фукс С. Л.</i> Разработка условий использования золы утилизационного котла Кировского биохимического завода при получении композитов .....  | 19 |
| <i>Чугайнова А. А., Рудакова Л. В.</i> Оценка возможности извлечения металлов из экранов мобильных телефонов .....  | 23 |
| <i>Шишкина С. В., Бервицкая О. С.</i> Электролиз растворов хлорида цинка .....  | 27 |
| <i>Манылов А. Ю., Лобанова Л. Л.</i> Пути повышения эффективности работы очистных сооружений машиностроительного завода .....   | 32 |
| <i>Хранилов Ю. П., Лобанова Л. Л., Еремеева Т. В., Бобров М. Н.</i> Утилизация никеля, хрома и меди из некоторых отходов гальванических производств .....   | 35 |
| <i>Богатырёва Н. Н., Сырчина Н. В.</i> Состав и возможные варианты переработки хвостов обогащения фосфоритов Вятско-Камского месторождения .....  | 39 |
| <i>Кучин А. В., Рябков Ю. И.</i> Использование техногенных отходов в производстве строительных материалов .....   | 42 |
| <i>Сырчина Н. В., Пилип Л. А.</i> Использование отходной серной кислоты для снижения эмиссии аммиака из помещений для содержания свиней .....   | 45 |
| <i>Грищенко А. С., Петренко Д. Б., Свердлова Н. Д., Васильев Н. В.</i> Разработка унифицированной экспрессной методики определения макрокомпонентного состава техногенных отходов и продуктов их переработки .....          | 49 |
| <i>Петров В. Г., Альес М. Ю., Шуилова М. А.</i> Производственно-технический комплекс «Камбарка» по переработке промышленных отходов, как важный элемент устойчивого развития межрегионального промышленного комплекса ..... | 53 |
| <i>Бекузарова С. А., Хубаева Г. П., Луценко Г. В.</i> Молибденоселиитовые отходы промышленности – ценное удобрение .....  | 57 |
| <i>Сырчина Н. В., Богатырёва Н. Н., Ашихмина Т. Я., Козловин В. А., Малышева А. В., Потапова И. А., Мельникова А. Е.</i> Глаукониты хвостов обогащения фосфоритов Вятско-Камского месторождения .....                       | 59 |

|   |    |
|---|----|
| <b>Богатырёва Н. Н., Сырчина Н. В., Терентьев Ю. Н.</b> К вопросу о возможности использования абгазной соляной кислоты в технологической схеме переработки эфелей Вятско-Камского фосфоритного рудника .....  | 63 |
| <b>Кривицын Е. А., Ходырева О. О., Мусихина Т. А.</b> Использование промышленных отходов в качестве изолирующего материала для пересыпки твердых коммунальных отходов. Анализ условий и расчет объемов .....  | 67 |
| <b>Бродский В. А., Колесников В. А., Малькова Ю. О., Гайдукова А. М.</b> Переработка и обезвреживание жидких промышленных отходов I и II классов с использованием современных физико-химических методов ..... | 69 |

## СЕКЦИЯ 2

### ТЕХНОЛОГИИ УТИЛИЗАЦИИ И ОБЕЗВРЕЖИВАНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ: НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ ШЛАМОВ, ТРАНСФОРМАТОРНЫХ МАСЕЛ И ОТХОДОВ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

|   |     |
|---|-----|
| <b>Глушанкова И. С., Рудакова Л. В.</b> Повышение эффективности технологии термической переработки нефтешламов нефтеперерабатывающих предприятий .....  | 76  |
| <b>Курченко А. Б., Печерская Л. Б.</b> Системы сбора и обезвреживания нефтяных отходов, образующихся при ликвидации последствий аварийных разливов нефти .....  | 81  |
| <b>Анчугова Е. М., Некрасова В. Н., Щемелинина Т. Н.</b> Биотехнология глубокой очистки щебеночного балласта железной дороги от нефтезагрязнений .....  | 84  |
| <b>Воронина Л. П., Липатов Д. Н., Кеслер К. Э., Юдин С. М.</b> Снижение содержания органических токсикантов в нефтезагрязненных шламах при использовании технологий микробиологической деструкции ..... | 87  |
| <b>Алексеев В. А., Усольцев В. П., Юран С. И., Шульмин Д. Н., Буранов Д. Н.</b> Контроль загрязнений в процессе рециклинга нефтезагрязненных отходов .....  | 92  |
| <b>Маркарова М. Ю., Анчугова Е. М., Щемелинина Т. Н., Надежкин С. М.</b> Технологии переработки нефтеотходов и рекультивации нефтешламовых амбаров .....  | 96  |
| <b>Великоредчанин Д. С., Широкова Е. С.</b> Возможности применения методов термического анализа в контроле качества сырья при производстве изделий из вторичных пластмасс .....                         | 101 |
| <b>Дружаккина О. П.</b> Рециклинг отходов: эколого-экономические аспекты .....  | 104 |
| <b>Вохмянин М. А., Веснин Р. Л.</b> Химический рециклинг отходов полиэтилентерефталата с получением нового пластификатора .....   | 107 |
| <b>Мансурова И. А., Солодянкин Е. А., Пислегина К. С., Земцова Е. А.</b> Полимерный адсорбционный материал на основе пиролизного углерода и вторичных полимеров .....                                   | 111 |

|   |     |
|---|-----|
| <b>Королев П. С., Пашкевич Е. Б.</b> Возможность применения соевой мелассы, отхода производства соевого белка, в качестве органического удобрения.....  | 115 |
| <b>Рубцова С. А., Логинова И. В., Лезина О. М., Изместьев Е. С., Кучин А. В.</b> Утилизация серосодержащих отходов целлюлозно-бумажного производства.....   | 117 |
| <b>Василевич М. И., Василевич Р. С., Груздев И. В., Елсаков В. В., Коковкин А. В., Кочанов С. К., Лаптева Е. М., Митюшева Т. П., Панюкова Е. В., Пыстина Т. Н., Силин В. И., Тихонова Т. В.</b> Риски от размещения крупных полигонов твердых коммунальных отходов на слабосоستانавливающих территориях Севера России (на примере ст. Шиес, Архангельская область)..... | 120 |
| <b>Удортина Е. В., Кузшинова Л. А., Щербакова Т. П.</b> Инновационные подходы к утилизации макулатуры.....  | 125 |
| <b>Носова М. В., Середина В. П.</b> Практические аспекты обезвреживания нефтезагрязненных аллювиальных почв.....  | 129 |
| <b>Елькин О. В., Бушуев А. Н., Толстобров И. В., Кряжевских В. А.</b> Пиролиз отработанных автомобильных шин. Методика эксперимента. Состав твердой фракции.....  | 133 |
| <b>Бушуев А. Н., Елькин О. В., Толстобров И. В., Кряжевских В. А.</b> Пиролиз отработанных автомобильных шин. Состав жидкой и газообразной фракций.....   | 137 |

### СЕКЦИЯ 3

#### БИОТЕХНОЛОГИЯ УТИЛИЗАЦИИ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА И ПОТРЕБЛЕНИЯ

|  |     |
|--|-----|
| <b>Пименов Е. В.</b> Экологическая биотехнология. Оценка возможности и эффективности биодеградациии углеводородов нефти.....   | 140 |
| <b>Четвериков С. П.</b> Микроорганизмы для биотехнологии утилизации фторсодержащих стойких органических загрязнителей.....   | 141 |
| <b>Есикова Т. З.</b> Бактериальное разложение олигомеров нейлона-6.....  | 144 |
| <b>Янишевская Е. С., Горячев А. А., Фокина Н. В.</b> Переработка бедных сульфидных руд и отходов обогащения в условиях Кольского Севера с применением ацидофильных хемолитотрофных микроорганизмов.....                | 148 |
| <b>Щемелинина Т. Н., Анчугова Е. М., Маркарова М. Ю., Уфимцев К. Г.</b> Утилизация нефтяных отходов с применением консорциума микроорганизмов в биомассу липидных метаболитов – перспективного источника биотоплива... | 151 |
| <b>Миндубаев А. З., Бабынин Э. В., Бадеева Е. К., Минзанова С. Т.</b> Биодеградация соединений фосфора культурой <i>Aspergillus niger</i> AM1.....   | 156 |
| <b>Ястребова О. В., Юдин Д. С., Плотникова Е. Г.</b> Выделение и характеристика смешанных культур и бактерий-деструкторов фталатов.....  | 160 |
| <b>Осокина А. С., Платунова Г. Р.</b> Возможность биодеструкции синтетических полимеров с использованием личинок <i>Galleria mellonella</i> L. ...   | 162 |

|   |     |
|---|-----|
| <b>Кучин А. В., Скрипова Н. Н., Никонова Н. Н., Ерофеевский Н. И., Хуришкайнен Т. В.</b> Комплексная переработка отходов лесозаготовок для получения ценных продуктов .....   | 167 |
| <b>Сазыкин И. С.</b> Роль очистных сооружений сточных вод в распространении генов резистентности к антибиотикам .....   | 171 |
| <b>Карманова А. В., Кочева Л. С.</b> Направления использования кородревесных отходов различного срока хранения .....  | 176 |
| <b>Скугорова С. Г., Кантор Г. Я., Домрачева Л. И., Шешегова Т. К.</b> Сорбция тяжелых металлов различными видами микромитцетов рода <i>Fusarium</i> .....   | 180 |
| <b>Соловьёва А. С., Сакаева Э. Х., Рудакова Л. В.</b> Оценка микробиологического состава и ферментативной активности почвогрунтов урбанизированных территорий при их загрязнении смазочно-охлаждающими жидкостями ..... | 185 |
| <b>Петраш В. В., Ильина Л. В., Хазагеров С. М., Сухонин П. Н.</b> Концептуальные направления интегрального эколого-гигиенического мониторинга .....   | 189 |
| <b>Лобанов А. Ю.</b> Технологическая линия переработки животноводческих отходов с помощью электрогидроимпульсной обработки .....  | 193 |
| <b>Дабах Е. В.</b> Формирование почв на техногенных отходах .....   | 196 |
| <b>Кондакова Л. В., Дабах Е. В.</b> Развитие альгофлоры на техногенных грунтах .....  | 199 |
| <b>Зобнина Н. Л., Цапок П. И.</b> Экспериментальное обоснование перспектив применения препарата на основе гидролизного лигнина в терапии сахарного диабета 2 типа .....   | 202 |
| <b>Колегова А. А., Комова Ю. В., Печерская Л. Б., Габова Е. В.</b> Пути решения проблемы мусорных свалок .....  | 206 |
| <b>Мусихина Т. А., Бурков А. А., Загоскин М. А., Касаткина А. С.</b> Альтернативные подходы к расчетам образующихся отходов потребления ...   | 208 |

#### СЕКЦИЯ 4

#### ХИМИЯ И ЭКОЛОГИЯ ПОЧВ И ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ

|  |     |
|--|-----|
| <b>Макарова Е. П.</b> Диоксины в окружающей среде: к методологии мониторинга фонового уровня содержания в почвах .....   | 212 |
| <b>Дремова А. А., Герцен М. М.</b> Влияние химической модификации гуминовых кислот торфов на стабилизацию эмульсии углеводов нефти.....  | 215 |
| <b>Русских А. Э., Скугорова С. Г.</b> Получение из торфа препарата, содержащего гуминовые вещества.....  | 220 |
| <b>Чепрасова А. С., Грищенко А. С., Новикова Н. Г., Зливко И. Ю., Петренко Д. Б.</b> Оценка загрязненности почв фтором в зоне воздействия предприятия по производству минеральных удобрений (г. Воскресенск, Московская область) ..... | 223 |

|  |     |
|--|-----|
| <i>Мелехина Е. Н., Маркарова М. Ю., Надежкин С. М., Канев В. А., Новаковский А. Б., Тарабукин Д. В., Таскаева А. А., Вележжанинов И. О., Расова Е. Е.</i> Загрязненные нефтью экосистемы субарктики: мультидисциплинарный подход в мониторинге и оценке эффективности методов рекультивации..... | 227 |
| <i>Носова М. В., Середина В. П.</i> Морфологические признаки почв как природные индикаторы экологического состояния пойменных экосистем в условиях локального загрязнения нефтью (Западная Сибирь) .....   | 232 |
| <i>Карпенко А. Ф.</i> Содержание бора в луговой и пахотной почвах .....  | 237 |
| <i>Уляшев Н. В., Старцев В. В., Дымов А. А.</i> Запасы углерода и азота в почвах разных высотных поясов Приполярного Урала .....   | 241 |
| <i>Свицова И. Д., Корецкая И. И.</i> Чувствительность методов определения фитотоксической активности почвы .....   | 245 |
| <i>Дабах Е. В., Кутявина Т. И.</i> Особенности почв Медведского бора .....   | 248 |
| <i>Баранова В. В., Макаренко З. П., Точилина О. А., Краев Н. А.</i> Исследования почв Кировской области по микробиологической активности.....  | 250 |
| <i>Широких И. Г.</i> Оценка антибиотической резистентности в почвах ООПТ Кировской области.....  | 252 |
| <i>Домрачева Л. И., Трушников П. А., Вахмянина С. А., Коротких А. И.</i> Оценка формирования биопленок цианобактерий, а также их эффективности в борьбе с микромицетом <i>Fusarium culmorum</i> .....  | 254 |
| <i>Товстик Е. В., Козвонин В. А., Сазанов А. В.</i> Оценка устойчивости к антибиотикам актинобактерий, выделенных из почв различных участков.....  | 256 |
| <i>Глушук М. А., Морозова М. Д., Гаевский Е. Е.</i> Оценка экологического качества естественных и антропогенных почв Центральной Беларуси с использованием микробиологических показателей .....  | 260 |
| <i>Пукальчик М. А., Терехова В. А.</i> Эволюция подходов к измерению интегральных индексов благополучия почв: методы оценки биоиндикационных показателей .....   | 262 |
| <i>Груздев И. В., Кондратёнок Б. М.</i> Определение гидрофильных органических токсикантов в водных средах методом ГХ-ДЭЗ/МС .....  | 265 |
| <i>Мусихина Т. А., Котряхова Е. В., Кожеевникова А. С., Клиндухова А. Д.</i> Анализ химических показателей р. Хлыновки в перспективных для организации ленточного парка створах .....  | 267 |
| <i>Мусихина Т. А., Трушников П. А., Гнусова И. В., Кузнецова Е. М., Кулаков В. Н., Иммамалиев Э. А.</i> Исследование качества воды р. Хлыновки по химическим показателям.....  | 269 |
| <i>Кутявина Т. И., Рутман В. В., Ашихмина Т. Я.</i> Применение интерполяции данных химического анализа воды для исследования крупных водоемов .....  | 272 |
| <i>Синцова И. В., Адамович Т. А.</i> Изучение физико-химического состава прудов пгт Оричи .....  | 275 |
| <i>Гордиенко А. П., Ерохин В. Е.</i> Морфологическая структура бактериопланктона открытых акваторий Средиземноморского бассейна .....  | 276 |

|   |     |
|---|-----|
| <i>Холмогорова Н. В.</i> Биоиндикация загрязнения реки Иж .....   | 280 |
| <i>Топегина В. А., Ботязова О. А.</i> Микробиологический контроль<br>водопроводной воды Заволжского и Фрунзенского районов г. Ярославля ..... | 282 |
| <i>Чуйко Г. М.</i> Методы биодиагностики в комплексной оценке качества<br>воды и экотоксикологического состояния водных объектов .....        | 285 |



3–4–5 циклами, впоследствии свойства материала катастрофически снижаются, что делает его непригодным для дальнейшего использования.

#### Литература

1. Производство и потребление полимеров в России. Основные показатели по итогам 2017 г [Электронный ресурс] unipack.ru URL: <https://article.unipack.ru/69211/> / (дата обращения: 25.08.2019)
2. Погрязли // Российская Газета rg.ru [Электронный ресурс] URL: <https://rg.ru/2018/06/28/chajka-nazval-regiony-s-nezakonnym-оборотom-othodov.html> (Дата обращения: 25.08.2019)
3. Пакетное сокращение: Роспотребнадзор хочет запретить пластиковые мешки // Известия iz [Электронный ресурс] URL: <https://iz.ru/933317/evgeniia-pertceva/paketnoe-sokrashchenie-rosпотреbnadzor-khochet-zapretit-plastikovye-meshki> (Дата обращения: 25.08.2019)
4. Шипина О. Т. Термический анализ в изучении полимеров: учебное пособие. Казань: КНИТУ, 2014. 99 с.
5. Кочнев А. М., Заикин А. Е., Галибеев С. С., Архиреев В. П. Физикохимия полимеров. Казань: Фэн, 2003. 512 с.
6. Макаров В. Г., Коптенармусов В. Б. Промышленные термопласты: справочное пособие. М.: Химия, 2003. 205 с.
7. Кулезнев В. Н. Смеси полимеров. М.: Химия, 1980. 304 с.
8. Мэнсон Д., Сперлинг Л. Полимерные смеси и композиты / пер. с англ. Ю. К. Годовского. М.: Химия, 1979. 412 с.

## РЕЦИКЛИНГ ОТХОДОВ: ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ

*О. П. Дружакينا*

*Удмуртский государственный университет, druzhakina@mil.ru*

В ходе работы рассмотрены полимерные отходы предприятия приборостроительной отрасли (г. Ижевск) – полиамида, АВС и полиэтилена, технологии их переработки с позиции получаемого вторичного сырья и направления их повторного включения в существующие на предприятии технологические процессы. Рассчитаны экономические показатели, обосновывающие внедрение технологии рециклинга полимерных отходов на самом предприятии с сокращением объемов отходов, вывозимых для депонирования на полигон, сокращением платы за негативное воздействие на окружающую среду, со снижением затрат на объемы закупаемого первичного сырья для производства продукции.

Актуальность вопросов переработки отходов, представляющих сырьевую ценность, возникшая еще более 20 лет назад, обусловлена как экологическими аспектами длительного разложения и накопления отдельных видов материалов в окружающей среде, так и возможностями получения большого спектра вторичных материалов и изделий на их основе.

С момента старта «мусорной» реформы ООО «Спецавтохозяйство» – официальный региональный оператор по обращению с отходами в Удмуртии, собрал 241 тыс. т отходов. Из них на сортировку отправил 13% или почти 32 тыс. т. Удмуртия сейчас превышает показатель по объемам отходов, которые

должны отправлять регионы на обработку: план 12% до конца 2019 г, прописанный в нацпроекте «Экология», республика перевыполняет на один процент [1].

Виды вторсырья, которые извлекли на сортировочной станции полигона «Чистый город»: стекло – 152,6 т, РЕТ-бутылка – 91,5 т, макулатура – 95,3 т, картон – 31,98 т, металл – 6,2 т, пленка – 22,06 т, полиэтилен низкого давления – 12,93 т, тетрапак – 225,94 т, итого: 638 тонн.

По прогнозам экспертов предполагаемый ежегодный темп роста мировой полимерной продукции промышленности будет составлять 2,7% и к 2030 г. объем мирового рынка полимерной продукции достигнет величины 4391 млрд долл. Согласно прогнозу ООН, население мира будет ежегодно увеличиваться на 50–70 млн человек и к 2030 г. достигнет 8,2 млрд, следовательно, объем потребления продукции полимерной промышленности будет расти.

Образование пластиковых отходов в России составляет значительную величину – около 3,3 млн т в год, 34% которых составляют отходы из полиэтилена (ПЭ), 20,4% – из полиэтилентерефталата (ПЭТФ), 17% – комбинированные материалы на основе бумаги и картона, 13,6% – из поливинилхлорида (ПВХ), 7,6% – из полистирола (ПС), 7,4% – из полипропилена (ПП). Объем полимеров в структуре ТБО в 2010 г. составил 3277,2 тыс. т, из которых лишь около 13% попали на переработку [2].

Экологическая ситуация усугубляется так же специфическими свойствами полимеров. Известно, что требуется более 100 лет на естественное разложение пластика. Разложение пластика опасно выделением химических веществ, нарушающих газообмен в почве и воде, негативно влияющих на организм человека и животных. Токсичность указанных материалов в первую очередь зависит от выделяющегося мономера (стирол, фенол, формальдегид, уретан и др.). Токсичными могут быть и вспомогательные компоненты (катализаторы, инициаторы, растворители, пластификаторы и т. п.), используемые при производстве полимерных материалов.

В Удмуртской Республике образуется около 8000 т полимерных отходов в год. На сегодняшний момент вторичной переработке подвергается не более 3% от общего количества полимерных отходов и резинотехнических изделий, 80–85% от общего объема образования пластиковых отходов составляют отходы потребления. Однако, переработка отсортированных отходов, имеющих инородные включения, осложняется необходимостью их подготовки к технологиям утилизации, что снижает рентабельность их вторичного применения и повышает стоимость вторсырья.

Производственные полимерные отходы состоят из: технологических отходов, образовавшихся в ходе наладки оборудования; брака в изделиях из полимеров; отходов тары и упаковки из-под сырья и материалов.

Еще одним параметром, по которому можно классифицировать пластиковые отходы, является сложность и цена утилизации. Выделяют:

– отходы, легко поддающиеся утилизации, чистые, рассортированные. При переработке возможно использование 70–90 % таких отходов;

– отходы, содержащие определенное количество загрязнений. Переработка этих отходов связана с издержками по сортировке, мойке и т. д., возможно использование 20–30% отходов;

– трудно утилизированные (сильно загрязненные, смешанные отходы). Возможна переработка только 3% подобных отходов.

Выделяют три основных способа обращения с пластиковыми отходами: сжигание, захоронение, переработка. В российских условиях переработке подвергается всего 13% отходов.

Этапами рециклинга полимерных отходов являются: сбор, сортировка, отмывка, сушка и только потом собственно производство. Такие стадии, как сбор, сортировка и очистка отходов от инородных включений являются ресурсо- и энергоемкими, что сказывается на себестоимости конечной продукции.

Рециклинг отходов пластмасс был рассмотрен на примере одного из крупнейших приборостроительных предприятий города – ОАО «Ижевский радиозавод» (ОАО «ИРЗ»). При использовании образующихся на предприятии отходов полимеров на 100% и 20% (в зависимости от особенностей технологии) основные экономические факторы можно выразить следующим образом: 1) сокращение платы за вывоз отходов и их захоронение; 2) сокращение расходов на закупку исходного сырья; 3) возможность освоения нового рынка за счет производства новой (однотипной) продукции.

Рассмотренные и рассчитанные в денежном эквиваленте параметры внедрения рециклинга полимерных отходов на рассматриваемом предприятии показаны на рисунке ниже.

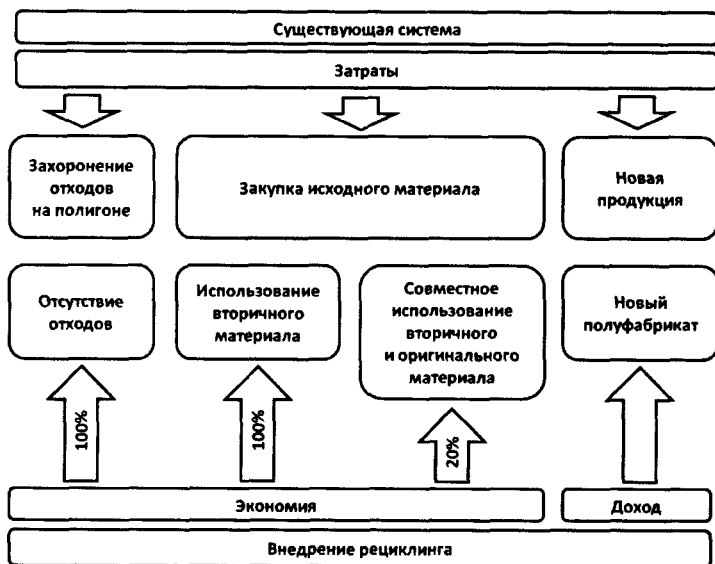


Рис. Сопоставление экономических факторов при внедрении рециклинга полимерных отходов (на примере ОАО «ИРЗ»)

Переработка твердых, жидких и газообразных отходов расширяет сырьевые ресурсы и уменьшает загрязнение окружающей среды. Интегральная экономическая оценка варианта переработки отходов должна учитывать расходы и ущерб от процесса переработки, снижение расходов и ущерб от получения и использования аналогичного природного сырья, расходы и ущерб от складирования или захоронения остатков переработки. При оценке должны учитываться и косвенные элементы изменения расходов. Например, длительное хранение отходов, образующихся при отливе полимерных изделий, должно производиться на специальных предприятиях и требует соответствующих издержек, но если отходы вывозить на полигоны, то фактически это означает изъятие из пользования вторичных материальных ресурсов [3].

Рециклинг полимерных производственных отходов экономически целесообразен, так как не имеет такого загрязнения как коммунальные полимерные отходы, и, следовательно, требует меньше затрат на подготовительном этапе.

Опыт ОАО «ИРЗ» и проведенные расчеты показывают, что существует реальная возможность использовать от 20 до 100% полимерных отходов могут в качестве вторсырья в тех же технологических процессах, что и исходные материалы. Восстановленные пластмассы могут поставляться как полимерные материалы, отвечающие заданным спецификациям. Вторичные пластмассы часто продают по цене, на 20–25% ниже цены за оригинальные аналоги, что снижает затраты на производства продукции.

#### Литература

1. Официальный сайт. Региональный оператор ООО «Спецавтохозяйство». [Электронный ресурс] <http://xn--80afebbua4aocifcc1afoc.xn--p1ai/> (Дата обращения: 12.11.2019).
2. Петов Н. А. Полимерные отходы: оценка образования и пути переработки // ТБО. 2008. № 7. С. 44–47.
3. Спица Е. А. Переработка пластмассовых отходов на ОАО «ИРЗ»: выпускная квалификационная работа по специальности 280201.65 «Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов». НОУ ВПО «Камский институт гуманитарных и инженерных технологий». Ижевск, 2012. 108 с.

## ХИМИЧЕСКИЙ РЕЦИКЛИНГ ОТХОДОВ ПОЛИЭТИЛЕНТЕРЕФТАЛАТА С ПОЛУЧЕНИЕМ НОВОГО ПЛАСТИФИКАТОРА

*М. А. Вохмянин, Р. Л. Веснин*  
*Вятский государственный университет,*  
*Vmisha7@gmail.com, vesninroman@mail.ru*

Полиэтилентерефталата (ПЭТ) является одним из самых распространенных полимерных материалов в мире. Ежегодно образуется более 13 миллионов тон отходов ПЭТ, что приводит к глобальным проблемам окружающей среды [1, 2].

Решение мировых экологических проблем связано с развитием эффективных и выгодных технологий переработки отходов пластмасс с получением